AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin
100 illik yubileyinə həsr olunur

TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ

BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANSIN

MATERİALLARI

(24-25 may 2018-ci il)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

ACTUAL ISSUES APPLIED PHYSICS AND OF ENERGY

SUMQAYIT-2018

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin
100 illik yubileyinə həsr olunur

TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN

AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ

BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANSIN

MATERİALLARI

24-25 may 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Посвящается 100-летнему юбилею
Азербайджанской Демократической Республики

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

24-25 мая 2018

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC

SUMGAIT STATE UNIVERSITY

Is dedicated to 100th anniversary
of Azerbaijan Democratic Republic

MATERIALS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE FOR THE

ACTUAL ISSUES APPLIED PHYSICS AND OF ENERGY

24-25 may 2018

TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
ORGANİZİNG COMMİTTEE

SƏDR:	
Elxan Hüseynov	Rektor, professor
SƏDR MÜAVİNİ:	
Ramazan Məmmədov	Elm və innovasiyalar üzrə prorektor, professor
ÜZVLƏR:	
Natiq Talıbov	Tədrisin təşkili və təlim texnologiyaları üzrə prorektor, dosent
Qafar Atayev	Qiyabi, distant və əlavə təhsil üzrə prorektor, dosent
Ramiz Hüseynov	Humanitar məsələlər üzrə prorektor, dosent
Naib Hacıyev	İqtisadi məsələlər üzrə prorektor
Tamella Əhmədova	Fizika və elektroenergetika fakültəsinin dekanı, dosent
Sabir Xəlilov	Doktorantura və magistratura şöbəsinin müdiri, dosent
Məhəmmədəli Zərbəliyev	Bərk cisim və yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri, professor
Nadir Hacıbalayev	Elektrotexnika və energetika kafedrasının müdiri, dosent
Samir Orucov	Elmi hissənin müdiri, dosent
T.K.Hüseynov (məsul katib)	Elektromexanika kafedrasının müdiri, dosent

PROQRAM KOMİTƏSİ
ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ
PROGRAM COMMITTE

Abdulkadırov Abdula İlyasoviç	Professor, Azərbaycan
Adamiya Zurab Aleksandroviç	Professor, Gürcüstan
Babayeva Rəna Fikrət qızı	Professor, Azərbaycan
Bayramov Ayaz Hidayət oğlu	Professor, Azərbaycan
Barxalov Barxal Şaban oğlu	Professor, Azərbaycan
Əhmədov Məhəmməd Aydın oğlu	Professor, Azərbaycan
Əhmədova Tamella Əhməd qızı	Dosent, Azərbaycan
Gilmutdinov Albert Xarisoviç	TR EA-nın akademiki, Rusiya
Hacıbalayev Nadir Mirzəbala oğlu	Dosent, Azərbaycan
Həmzətov Adler Qudretdinoviç	Böyük Elmi İşçi, Rusiya
Həsənli Nizami Məmməd oğlu	Professor, Türkiyə
Həsənov Afiq Rəşid oğlu	AMEA-nın müxbir üzvü, Azərbaycan
Həşimov Arif Məmməd oğlu	AMEA-nın həqiqi üzvü, Azərbaycan
Qocayev Eldar Mehrəli oğlu	Professor, Azərbaycan
Hüseynov Aqil Həmid oğlu	Professor, Azərbaycan
Hüseynov Ramiz Ağəli oğlu	Dosent, Azərbaycan
Hüseynov Turqay Kilim oğlu	Dosent, Azərbaycan
Zərbəliyev Məhəmmədəli Məzahir oğlu	Professor, Azərbaycan
Lazımov Tahir Müdhəd oğlu	Professor, Azərbaycan
Kalinin Yuriy Yeqoroviç	Professor, Rusiya
Kantor Yevgeniy Abramoviç	Professor, Rusiya
Korovkin Nikolay Vladimiroviç	Professor, Rusiya
Kritskaya Tatyana Vladimirovna	Professor ,Ukrayna
Kazımov Nadir Məmmədəli oğlu	Professor, Azərbaycan
Məmmədov Cavanşir Firudin oğlu	Professor, Azərbaycan
Məmmədov Fuad Əziz oğlu	Dosent, Azərbaycan
Mustafayev Rauf İsmayıl oğlu	Professor, Azərbaycan
Mustafayeva Solmaz Nəriman qızı	Professor, Azərbaycan
Nurullayev Yusif Quşu oğlu	Professor, Azərbaycan
Odjayev Vladimir Borisoviç	Professor, Belarus
Pavlova Zuxra Xasanovna	Professor, Rusiya
Səidov Amin Səfərbayeviç	Professor, Özbəkistan
Salmanov Vaqif Müseyib oğlu	Professor, Azərbaycan
Şamsutdinov Emil Vasiloviç	Professor, Rusiya
Seong-ChoYu	Professor, Cənubi Koreya
Yusifbəyli Nurəli Adil oğlu	Professor, Azərbaycan
Yanuşkeviç Kazimir İosifoviç	Professor, Belarus

PLENAR İCLAS

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

PLENARY SESSION

AZƏRBAYCAN ENERJİ SİSTEMİNİN İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ VƏ ENERJİ EFFEKTİVLİYİ

Əhmədova T.Ə.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Məlumdur ki, elektroenergetika sektoru hər bir dövlətin yanacaq-energetika kompleksinin ən vacib sahələrindən olmaqla generasiya mənbələrini, elektrik enerjisinin istehsal və ötürülməsi sistemlərini, enerji resurslardan istifadəni, istehsalat qurğularını, istilik enerjisinin ötürülməsini, elm və texnikanı, iqtisadiyyatın əsaslarındakı göstəriciləri, texniki inkişaf proseslərini, əhalinin həyat tərzini və nəhayət istehsalat mədəniyyətini və məişətini özündə birləşdirən dinamik inkişafda olan təsərrüfat obyektidir.

Dövlətin elektroenergetika sisteminin (EES) gücü, elektrik enerjisinin istehlak strukturu və miqyası, ondan istifadənin effektivlik səviyyəsi ölkənin iqtisadi potensialının vacib xarakteristikası olmaqla yanaşı, eyni zamanda cəmiyyətdə aparılan iqtisadi islahatların dinamikliyinin və həyat səviyyəsinin göstəricisidir. Bu baxımdan elektroenergetika sektorunun inkişafı, ötən illərdə olduğu kimi, gələcəkdə də dövlətlərin milli təhlükəsizliyində enerji siyasətinin mühüm komponenti olaraq qalacaqdır.

Bu gün müstəqil Azərbaycanda ötən əsrin ikinci yarısından başlayaraq ölkə iqtisadiyyatını və əhalisini elektrik enerjisi ilə təmin edən ən böyük elektroenergetika obyektlərinin tikintisi uğurla davam etdirilərək güclü enerji sistemi yaradılmışdır.

Azərbaycan enerjisistemi Cənubi Qafqaz Birləşmiş Enerjisisteminin tərkibindəki fəaliyyəti dövründən regionda müsbət balansa malik olmuşdur.

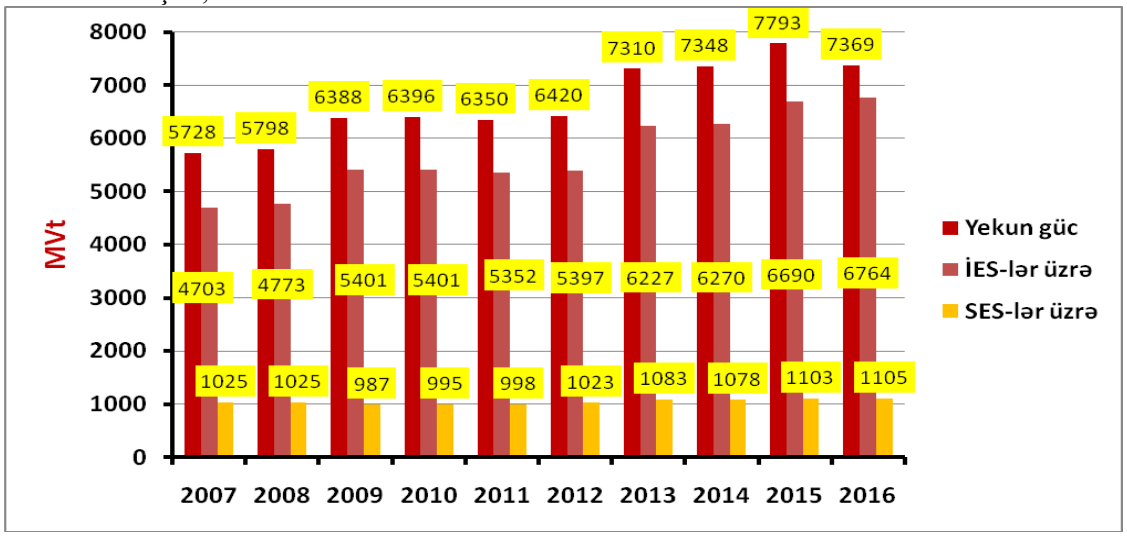
Bu gün artıq Azərbaycan enerjisistemi orta hesabla 8000 MVt-a yaxın qoyuluş gücü olan və uzunluğu 7200 km-dən artıq inkişaf etmiş sistemtəşkiledici elektrik veriliş xətləru olan şəbəkəyə malikdir. Generasiya güclərinin dəyişmə dinamikası şəkil 1-də göstərilmişdir.

İnkişaf Proqramına görə 2020-ci ilə elektrik stansiyalarının qoyuluş gücünü 9000 MVt səviyyəsinə çatdırmaq nəzərdə tutulur ki, bu da 1990-cı illərlə müqayisədə 3 dəfə çoxdur. Artıq adambaşına düşən elektrik enerjisinin miqdarına görə Azərbaycan sənaye cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrin səviyyəsindədir.

İnkişaf proqramının hazırlanması və tətbiqi mərhələləri aşağıdakı 5 prinsipləri nəzərdə tutur.

I. Müasir ekoloji standartlara cavab verən yüksək effektivli texnologiyalar əsasında yeni generasiya güclərinin, o cümlədən intensiv olaraq bazis və yarımpik generasiya mənbələrinin yaradılması və fəaliyyətdə olan avadanlıqların ekotexniki parametrlərinin yaxşılaşdırılması məqsədilə sistemin yenidənqurulması və modernləşdirilməsi;

II. Elektrik enerjisinin ötürülmə sisteminin, o cümlədən sistemtəşkiledici və sistemlərarası EVX-lərin tikintisi və inkişafı;



Şəkil 1. Generasiya güclərinin dəyişmə dinamikası

I. Azərbaycanda Müasir ekoloji standartlara cavab verən yüksək effektivli texnologiyalar əsasında yeni generasiya güclərinin alınması məqsədilə dünyanın bir çox ölkələrində geniş istifadə olunan porşen tipli aqreqatlardan ibarət elektrik stansiyaları tikilərək enerjisistemə qoşulmuşdur. Belə ki, inkişaf Planına uyğun olaraq zəruri güc ehtiyatlarının yaradılması üzrə qeyd olunan məsələnin həlli üçün əsasən defisit bölgə hesab olunan Abşeron yarımadasında 650 MVt-dan artıq yeni generasiya (BQ, QT, SES) mənbələri istismara təhvil verilmiş, respublikanın müxtəlif bölgələrində daxili yanma mühərriklərinin bazasında ümumi gücü 753 MVt olmaqla generasiya güclərinin paylanmış strukturu prinsiplərinə əsaslanan müasir texnoloqiyalı 70 aqreqatdan ibarət 6 ədəd yeni elektrik stansiyası enerjisistemə qoşulmuşdur.

Bu tipli elektrik stansiyalarının bir sıra üstünlükləri vardır. Belə ki, bu stansiyalar qaz yanacağı ilə işləyir və yanacaq sərfiyyatı azdır. Müqayisə üçün deyək ki, köhnə elektrik stansiyası kimi "Azərbaycan" İES-də bu göstərici 389 qr/kVt-saat, "Şirvan" İES-də isə 443 qr/kVt-saat-dırsa, ancaq yeni yaradılmış stansiyalarda bu göstərici 268,8 qr/kvVt-saat təşkil edir.

İES-də hər hansı bir aqreqatın qəza zamanı açılması enerjisistemdə müəyyən məhdudiyyətlərin aparılmasına səbəb olur. Ehtiyatda olan avadanlıqların işə buraxılmasına isə 7-8 saat vaxt lazım gəlir. Amma bu stansiyalarda həmin proses 10 dəqiqə müddətində həyata keçirilir.

Digər üstün cəhətlərdən biri də odur ki, köhnə stansiyalarda 44 min saatdan sonra güc və faydalı iş əmsalı bərpa olunmayan dərəcədə aşağı düşdüyü halda, bu stansiyalarda belə problem yaranmır. Belə stansiyaların işlədiyi müddətdə güc və faydalı iş əmsalları dəyişməz qalır.

Bundan əlavə, köhnə stansiyaların texniki su təchizatı məsələsi ekoloji problemlər yaradır. Lakin porşen tipli aqreqatlardan ibarət olan stansiyalarda bu problem ümumiyyətlə yoxdur. Həmin stansiyaların digər müsbət keyfiyyətləri isə ondan ibarətdir ki, tikinti və quraşdırma işləri tez başa gəlir, sistemdə olan qəza açılmaları kimi hallar onların iş prinsipinə təsir göstərmir, işə buraxma əməliyyatı avtomatlaşdırılmış şəkildə həyata keçirilir və kompüterlər vasitəsilə idarə edilir.

Sumqayıt ES-də 525 MVt-lıq hasilat iki qaz və bir buxar aqreqatı vasitəsilə alınır. 1kVt-s elektrik enerjisi istehsalı üçün 235 qram şərti yanacaq sərf olunur və f.i.ə 52,8 faizdir. Bu müasir elektroenergetikada ən yüksək göstəricilərdən biridir.

Şirvan şəhərində gücü 780 MVt olan, Abşeron yarımadasının və cənub bölgəsinin enerji təhlükəsizliyinin daha da möhkəmləndirilməsində, enerjinin ötürülməsi və paylaşdırılması sistemlərinin etibarlı və sabit işləməsinin təmin edilməsində böyük rol oynayan yeni "Cənub" ES istifadəyə verilmişdir. Burada həm qaz, həm də mazut yanacağından istifadə edilməsinə imkan verən müasir texnologiyalar tətbiq olunur.

Qubada, Ləzə dağ-xizək idman kompleksinin elektrik enerjisi təchizatının təmin edilməsi və həmçinin Quba və Qusar rayonlarının enerji təchizatının yaxşılaşdırılması məqsədilə 12 aqreqatdan ibarət, ümumi gücü 104 meqavat olan qazla işləyən "Quba" Elektrik Stansiyası istismara verilmişdir . Füzuli və Beyləqan bölgəsinin enerji təhlükəsizliyinin daha da möhkəmləndirilməsi, enerjinin ötürülməsi və paylaşdırılması sistemlərinin etibarlı və sabit işləməsinin təmin edilməsilə və pik güclərinin artırılması istiqamətində atılan addımlardan biri də 25MVt gücündə "Füzuli" Su Elektrik Stansiyası istifadəyə verilməsi olmuşdur.

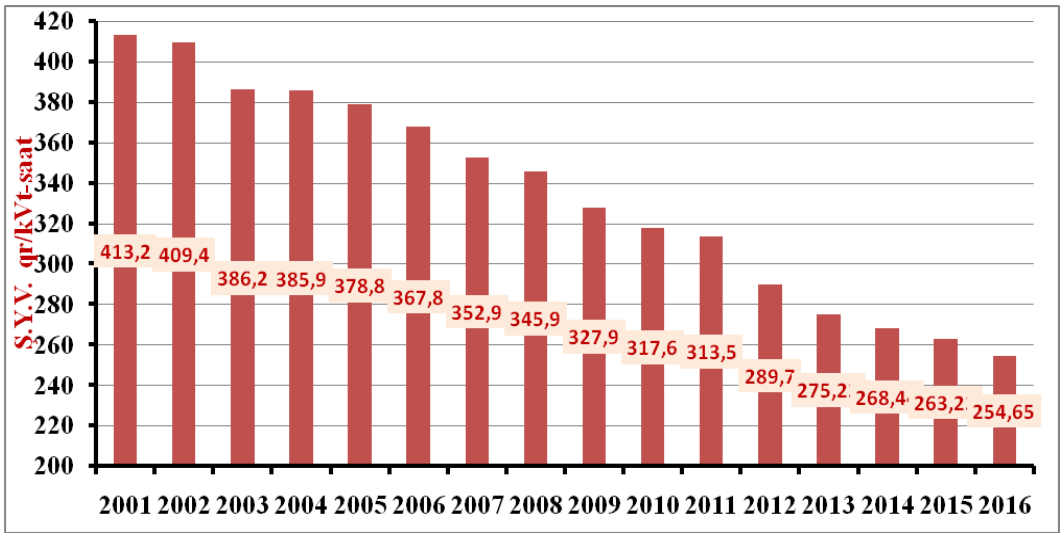
Ermənistanın təcavüzü nəticəsində blokada şəraitində yaşayan Naxçıvan Muxtar Respublikasının enerji təchizatının yaxşılaşdırılması istiqamətində bir sıra mühüm işlər həyata keçirilmişdir. 87 MVt gücündə yeni elektrik stansiyasının və 50 MVt gücündə Naxçıvan dizel elektrik stansiyasının qaz yanacağı ilə işlədilməsi rejiminə keçirilərək istifadəyə verilməsi, qoyuluş gücü daxili istehsalın səviyyəsini 160 meqavata çatdırılmışdır. Bundan əlavə, təbii qazın verilməsi nəticəsində, Naxçıvan Muxtar Respublikası müstəqil enerji sisteminə malik olmuşdur. Nəticədə 2007-ci ildən Türkiyədən elektrik enerjisi alınması dayandırılmışdır. İran İslam Respublikası ilə isə qarşılıqlı mübadilə aparılır.

2008-2010-cu illər ərzində Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisində 45 MVt gücündə "Ordubad" Su Elektrik stansiyası inşa edilmişdir. Bu layihə gerçəkləşdikdən sonra Muxtar Respublikanın İran və Türkiyəyə elektrik enerjisi ixrac etmək imkanı yaranmışdır.

Beləliklə, 2003-2016-cı illər ərzində generasiya güclərinə görə defisit bölgə sayılan Abşeron yarımadası və respublikanın digər bölgələrində yeni texnologiyalara əsaslanan və ekoloji cəhətdən müasir tələblərə cavab verən 2100 MVt-dan artıq generasiya mənbəyi fəaliyyətə başlamışdır ki, bu da enerjisistem üzrə yekun qoyuluş gücünün orta hesabla 30 %-ni təşkil edir.

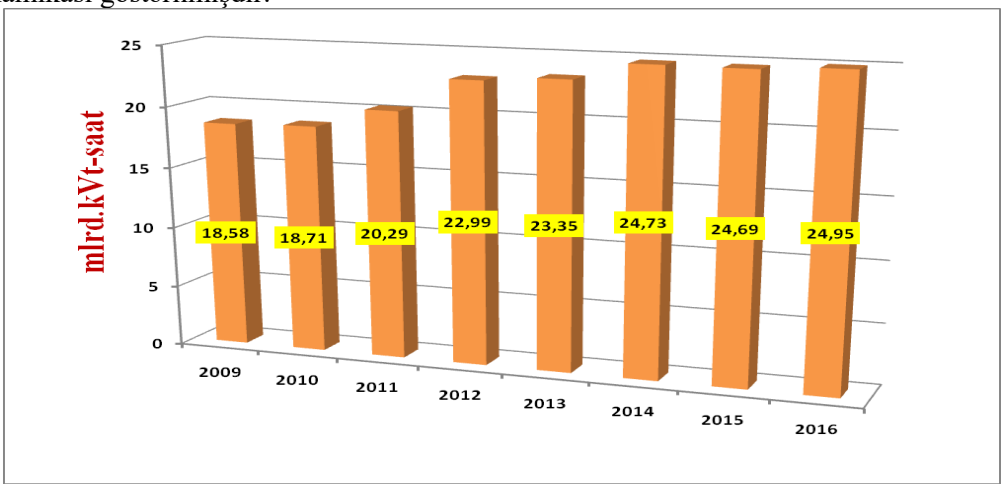
Qeyd olunan bu tendensiya enejisitemin texniki-iqtisadi göstəricilərinin də kifayət qədər yaxşılaşmasına öz müsbət təsirini göstərmişdir. Əgər 2001-ci ildə 1 kVt-s elektrik enerjisnin istehsalına 413,2 qram şərti yanacaq sərf olunurdusa, daha effektli texnologiyalar tətbiq etməklə və mövcud generasiya güclərinin yenidən qurulması hesabına artıq 2016-cı ildə bu göstərici 254,65 qr.ş.y olmuşdur. 2000-2016-cı

illər üzrə elektrik enerjisi istehsalına sərf edilən yanacağın xüsusi sərfinin dinamikası şəkil 2-də təsvir olunmuşdur.



Şəkil 2. 2010-2016 -cı illər üzrə elektrik enerjisinin istehsalına sərf edilən yanacağın xüsusi sərfinin dinamikası

Ümumilikdə 2016-cı ildə Azərbaycanda 24,95 mlrd. kVt-saatdan artıq elektrik enerjisi istehsal edilmişdir. İstilik elektrik stansiyalarında 22,75 mlrd. kVt-saat, su elektrik stansiyalarında isə 1,96 mlrd.kVt-saat elektrik enerjisi istehsal olunmuşdur. Şəkil 3-də 2009-2016-cı illər üzrə elektrik enerji istehsalının dəyişmə dinamikası göstərilmişdir.



Şəkil 3. Elektrik enerji istehsalının dəyişmə dinamikası

Bununla yanaşı fəaliyyətdə olan enerji bloklarının güc balansında iştirakının effektivliyini artırmaq, texniki-iqtisadi və xüsusən ekoloji parametrlətini yaxşılaşdırmaq məqsədilə bir sıra qurğularda yenidənqurma işləri həyata keçirilmişdir. Nəticədə atmosferə atılan zərərli qazların və külün miqdarının azalma dinamikasına nail olunmuşdur.

II. Qəbul olunmuş inkişaf strategiyasının prinsiplərinə uyğun olaraq və yuxarıda qeyd olunan enerji mənbələrinin intensiv istismara verilməsi və elektrik enerjisinin ötürülməsi sistemində yeni elementlərin daxil edilməsi zəruriyyətini yaratmışdır.

Mövcud elektrik verilişi xətlərinin əksəriyyətinin istismar müddəti bitdiyindən yüksək gərginlikli elektrik şəbəkələrinin inkişaf etdirilməsi üçün 330 kilovoltluq 2-ci "Parsabad" EVX-nin tikintisi, 330kV-lik "İmişli" yarımstansiyasının genişləndirilməsi ilə 330kV-lik "İmişli" – "Şirvan" EVX-nin tikintisi, 220kV-lik "Salyan" yarımstansiyasının inşası, 220kV-luq -Masallı – Astara" EVX-nin tikintisi yerinə yetirilmişdir.

Layihə çərçivəsində yeraltı 110/35/10kV-luq yarımstansiya dağ-xizək idman kompleksinin ərazisində tikilmiş və 31 km uzunluğunda 110kV-luq kabel xətti çəkilmişdir. Etibarlılığını artırmaq məqsədilə "Quba" və "Xaçmaz" elektrik stansiyaları arasında 40 km uzunluğunda 110kV-luq ikidövrəli elektrik verilişi xətti çəkilmişdir.

Azərbaycan və Rusiya Federasiyası enerjisistemləri arasında enerji mübadiləsini artırmağa imkan yaradan, gücü 400MVA, gərginliyi 330/110kV olan "Xaçmaz" yarımstansiyasının tikintisi başa çatdırılmış və istifadəyə verilmişdir.

Hazırda Bakı şəhərinin Babək prospektində, yeraltı yarımstansiya inşa edilir. Azərbaycan enerji sisteminin dispetçer idarəetməsi kompleksinin köklü modernləşməsi üzrə işlərə də başlanmışdır. Artıq Bakı şəhərində Milli Dispetçer Mərkəzinin mikroprosessor əsaslarda ən müasir texnologiyaların tətbiqi ilə modernləşdirilməsi işləri həyata keçirilir.

Qəza prosesləri dəqiq araşdırılaraq onun qarşısının alınması və təkrar baş verməməsi üçün təcili tədbirlərin həyata keçirilməsi zərurətini nəzərə alaraq, son zamanlar "Azərenerji" sistemində **AURA** tipli qeydedici rəqəmsal sistemlərin tətbiqinə başlanılmışdır

Həmçinin qeyd olunmalıdır ki, elektoenergetika sektorunda aparılan tarif islahatları, uçot sisteminin təkminlləşdirilməsi və yeni texnologiyaların tətbiqi enerjisitemin işinin effektivliyinin yaxşılaşdırılmasına şərait yaratmış və ödəniş səviyyəsinin kəskin artmasına gətirib çıxarmışdır. Görülən bu tədbirlər nəticəsində Azərenerji sisteminin elektrik şəbəkələrində elektrik enerji itkiləri əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır.

Azərbaycan-Gürcüstan-Türkiyə enerji dəhlizi layihəsi üzrə işlər başa çatdırılmış və istifadəyə verilmişdir. 2012-ci ildən isə Azərbaycan-Gürcüstan-Türkiyə dəhlizindən elektrik enerjisinin ixracı üçün texniki imkan yaranmışdır.

III. Azərbaycan Respublikası yanacaq – enerji kompleksinin prioritet inkişaf istiqamətlərindən birini bərpaolunan enerji mənbələrinin inkişafı təşkil edir.

Yanacaq – enerji ehtiyatlarının məhdudluğu, onların hasil edilməsi və nəqli prosesinin mürəkkəbliyi və bahalaşması, Kiot protokolu üzrə ölkə qarşısında qoyulan öhdəlikləri müasir dövrdə hidroenergetika potensialından daha geniş və səmərəli istifadə olunması zəruriyyətini yaradır.

Respublikadakı çayların üzərində və su təsərrüfatı obyektlərində ümumi təyin olunmuş gücü 871, 26 MVt (illik istehsal gücü 4,0 mlrd. kVt-saat) olan 294-də çox kiçik SES yerləşdirmək mümkündür. Bu istiqamətdə respublikanın müxtəlif bölgələrində ümumi gücü 17 MVt olan 11 ədəd Kiçik Su Elektrik Stansiyasının (KSES) layihəsi hazırlanmışdır (illik istehsal gücü 76 mln.kVt-saat).

Artıq Göyçay inzibati rayonunun Yuxarı Şirvan Kanalı üzərində "Göyçay–1" və Balakən inzibati rayonunun Balakənçayı üzərində "Balakən–1", Qusarqolu kanalı üzərində "Qusar – 1" və Astara inzibati rayonunun İstisu çayı üzərində Astara-1 KSES-ları istismara verilmişdir. 2010 – 2018-ci illərdə daha bir neçə KSES-lərin istismara verilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Bundan əlavə respublika ərazisində bir sıra külək elektrik stansiyası tikintilmişdir və bu istiqamətdə qoyuluş gücü 30-60-100 MVt olan külək elektrik stansiyalarının sınaq sazlama işləri həyata keçirilir.

IV. Elektroenergetika sektorunun inkişaf strategiyasında mühüm yerlərdən birini SCADA (supervisiory control and data acqusiation) operativ idarə sisteminin tətbiqi layihəsi tutur. İntellektual çəkisinə və tətbiq məkanının miqyasına görə bu, son illərdə Azərbaycanda həyata keçirilən ən önəmli layihələrdən biridir. SCADA sistemi ən son elmi-texniki naliyyətlər bazasında qurulmuşdur. SCADA idarəetmə sisteminin tətbiqi enerji sistemindəki mövcud stansiyaların və şəbəkələrin işi avadanlıqların vəziyyəti haqqında məlumatların mərkəzləşdirilmiş qaydada avtomatik alınmasına, emalına və zəruri hallarda avtomatik və ya operativ müdaxilə etməklə enerjisistemin dayanıqlı iş rejimini təmin etməyə imkan vermişdir.

V. Ölkə elektroenergetika sisteminin müasir inkişaf səviyyəsi ötən əsrin 90-cı illərində quraşdırılmış əks-qəza idarəetmə sisteminin yenidənqurulmasını və mikroprosessor əsaslı yeni avadanlıqların tətbiqini tələb edir.

Son illərdə elektroenergetika sistemində müasir tələblərə cavab verən elementlərin tətbiqi, sistemin konfiqurasiyası dəyişdiyindən yeni tipli əks-qəza avtomatikasının tətbiqini zəruri etmişdir. Bu istiqamətdə Enerjisistemidə en kəsiyi üzrə rəqəmsal tipli avadanlıqlar quraşdırılmışdır.

Beləliklə bütün yuxarıda qeyd olunan bu və ya digər faktorları nəzərə alaraq deyə bilərik ki, Azərbaycan elektroenergetika kompleksinin inkişaf proqramının tətbiqi onun fəaliyyətinin effektivliyinin və enerji təhlükəsizliyinin yüksəldilməsi ilə müşahidə olunur və bu faktorlar həmçinin yaxın gələcəyin inkişaf perspektivinin əsasını təşkil edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Azərbaycan energetikası. Statistik məcmuə Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsinin rəsmi nəşri, 2017

1. Azərbaycan rəqəmlərdə.Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsi, Statistik məcmuə, 2017.

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Гусейнов А.Г.
Национальная академия авиации Азербайджана

Реализация современных радиотехнических систем обработки сигналов, отличающиеся высокой сложностью, базируется, в основном, на достижениях радиоэлектроники. Однако порой обработка больших массивов данных существующими электронными средствами становится невыполнимой задачей. Именно поэтому исследования, направленные на решение различных проблем обработки данных с привлечением достижений других областей науки, в том числе акустооптики, имеют высокую научно-практическую ценность.

Акустооптика - область науки, которая изучает взаимодействие акустических и оптических волн в фотоупругих средах (акустооптический эффект).

Акустооптический эффект реализуется в акустооптическом модуляторе (АОМ), представляющим собой изготовленную из стекол или кристаллов фотоупругую среду (ФУС), к одному торцу которой прикреплен электроакустический преобразователь (ЭАП), а к другому – акустический поглотитель (АП). В АОМ электрический сигнал преобразуется ЭАП в упругие волны (УВ), распространяющиеся в ФУС к АП. Просвечивающий АОМ пучок лазера модулируется при дифракции на неоднородностях диэлектрической проницаемости, вызываемых обусловленными УВ деформациями материала ФУС.

Различают дифракции Рамана-Ната и Брэгга [1]. Дифракция Рамана-Ната наблюдается при перпендикулярном падении лазерного луча на поверхность ФУС (рис. 1). После акустооптического взаимодействия появляются симметричные дифракционные порядки (на рисунке отображены только два порядка, что соответствует слабому акустооптическому взаимодействию).

Акустооптические устройства, основанные на использовании дифракции Рамана-Ната, достаточно широко применяются в системах обработки сигналов, работающих в области промежуточных радиочастот (до 100 МГц).

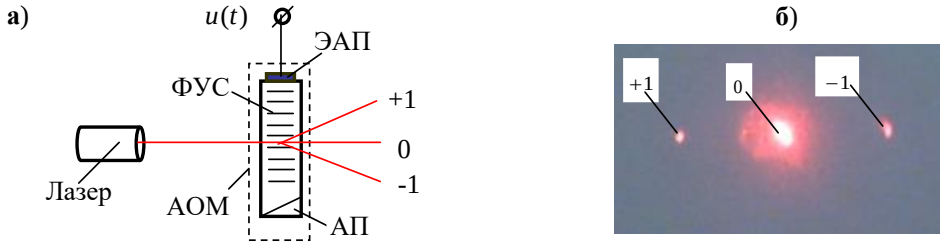


Рис.1. Дифракция Рамана-Ната: а) - схематическое представление, б) - реальная картина

При дифракции Брэгга (рис. 2) лазерный луч падает в апертуру ФУС под углом Брэгга - $\theta_B = 0{,}5\lambda/\Lambda$, где λ - длина волны лазерного излучения, Λ -длина УВ. Основным внешним отличием дифракции Брэгга является то, что отклоненный свет сосредоточивается в одном дифракционном порядке.

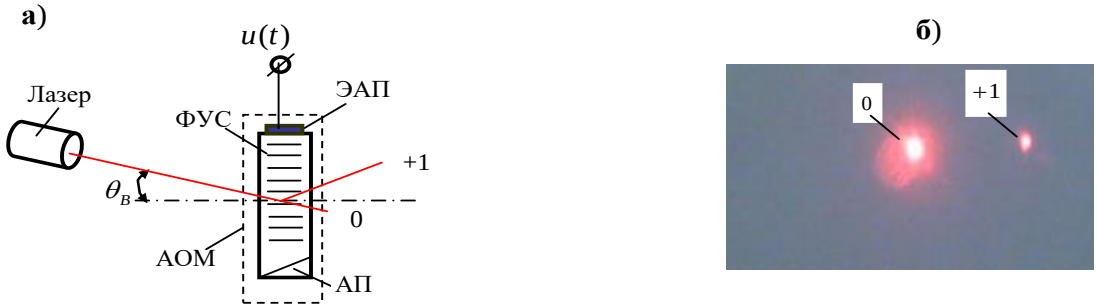


Рис.2. Дифракция Брэгга: а) - схематическое представление, б) - реальная картина

Акустооптические устройства, использующие дифракцию Брэгга, применяются в системах обработки информации, работающих в области частот от нескольких десятков МГц до единиц ГГц.

Интенсивность, частота и направление распространения продифрагировавшего светового

пучка являются функциями соответствующих параметров входного электрического сигнала. Кроме того, реакция фотодетектора, установленного на пути отклоненного света, отстает от воздействия на входе АОМ на время $\tau = x/\upsilon$, где x - расстояние от ЭАП до точки акустооптического взаимодействия; υ - скорость распространения упругого волнового пакета в ФУС.

Вышеуказанные особенности взаимодействия оптических и упругих волн в акустооптических ячейках позволяют использовать последние в качестве запоминающих устройств и реализовать на их основе широкополосный временной модулятор непрерывного действия. Отметим, что полоса пропускания АОМ составляет $40-60\,\%$ от его центральной частоты.

Эти устройства могут быть использованы для эффективного решения ряда радиоэлектронных задач, в которых требуется произвести обработку сигналов на временной оси. К числу таких задач относятся: плавноуправляемая задержка и преобразование временного масштаба видео- и радиосигналов; широтноимпульсная модуляции последовательности прямоугольных импульсов и т.д.

Рассмотрим особенности реализации акустооптической линии задержки (АОЛЗ). В зависимости от типа обрабатываемого сигнала различают АОЛЗ видео- и радиосигналов [2].

Основными узлами АОЛЗ видеосигналов (рис.3) и АОЛЗ радиосигналов (рис.4) являются: лазер, АОМ и фотоприемник (ФП). Однако применяемые для обработки видео- и радиосигналов АОЛЗ имеют ряд отличительных особенностей.

Как было отмечено выше, АОМ работают на частотах от нескольких десятков МГц до единиц ГГц. Соответственно, при обработке видеосигналов требуется перенос его спектра (как правило, низкочастотный) в область рабочих частот АОМ. Следовательно, в структуре АОЛЗ видеосигналов наличие амплитудного модулятора (АМ), генератора высокой частоты (ГВЧ) и видеоусилителя (ВУ) является обязательным условием (рис.3). Это устройство также называют АОЛЗ с прямым детектированием.

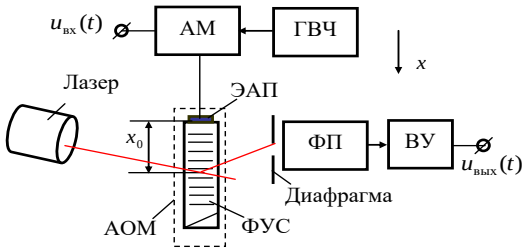


Рис.3. АОЛЗ для обработки видеосигналов

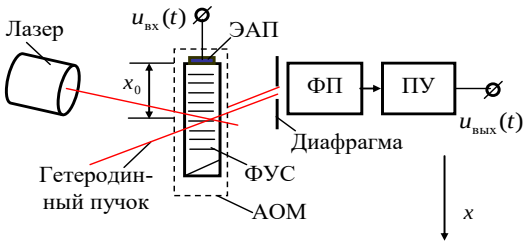


Рис.4. АОЛЗ для обработки радиосигналов

При обработке радиосигналов достаточно изготовить АОМ и полосовой усилитель (ПУ) с соответствующими параметрами (рис.4). Это устройство называют АОЛЗ гетеродинного типа. В этом устройстве необходимо формировать гетеродинный пучок света. К тому же, использование особенностей эффекта оптического гетеродинирования предъявляет высокие требования к параметрам лазера и ФП [3]. Удовлетворительные результаты удается получить с помощью маломощного газового лазера ЛГ-78 и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-29.

Установленные утверждения были апробированы экспериментально.

Макет АОЛЗ с прямым детектированием выполнен на АОМ с центральной частотой $f_0 = 80МГц$, который изготовлен на стеклообразном фотоупругом материале ТФ-7. ЭАП изготовлен из ниобата лития ($LiNbO_3$). Оптическая апертура АОМ составляет примерно 20 мм. Такая апертура обеспечивает плавноуправляемую задержку видеосигналов примерно в пределах 1-5 *мкс*.

В качестве источника когерентного света использован полупроводниковый лазер с длиной волны излучения λ=0.63 мкм, мощностью $P_0 \approx 5$ мВт и диаметром светового пучка 3 мм.

Другим важным узлом АОЛЗ является фотоприемное устройство (ФПУ). Требования к характеристикам этого узла определяются максимальной частотой обрабатываемого сигнала. Пригодные к применению в АОЛЗ типы фотоприемных устройств рассматриваются в работе [4]. Макет АОЛЗ был исследован с ФПУ на фотоэлектронном умножителе типа ФЭУ-110.

В качестве источника модулирующего процесса был использован генератор DC5351. Амплитудно-манипулированный сигнал с несущей частотой 80МГц формировался в генераторе Г4-107. Осциллограмма выходного сигнала фиксировалась осциллографом MSO4052, который синхронизировался импульсом от генератора DC5351. Выделенный экраном со щелью сигнальный пучок падает на фоточувствительную поверхность ФПУ.

Осциллограммы входного прямоугольного импульса длительностью 1мкс и отклик АОЛЗ с прямым детектированием на этот импульс изображены на рис. 5.

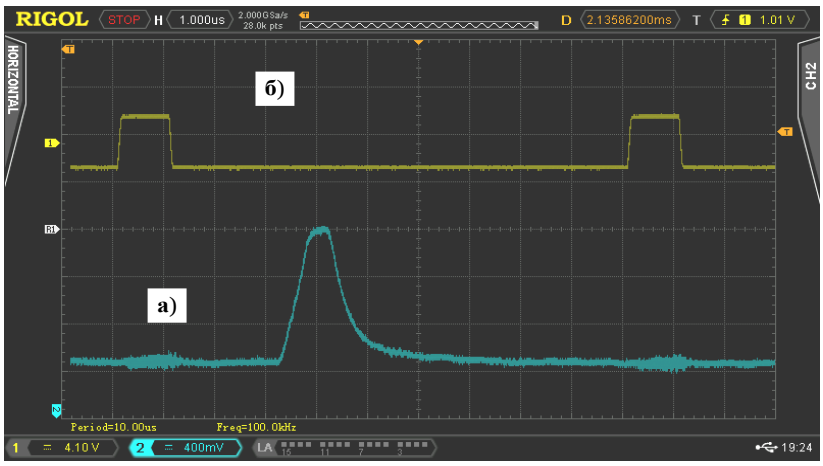


Рис. 5. Отклик АОЛЗ с прямым детектированием (а) на прямоугольный входной импульс (б)

Заключение

Возможность обработки больших массивов данных со скоростью света является непревзойденным достоинством акустооптических процессоров. Поэтому область применения акустооптических устройств и подсистем, построенных на их основе, расширяется с каждым годом. Этому способствуют поиск новых фотоупругих материалов с лучшими показателями, разработка эффективных методов крепления электроакустического преобразователя к акустооптической ячейке, успехи в области разработки источников когерентного света и фотодетекторов.

Акустооптические методы обработки сигналов открывают новую область применения особенностей фотоупругого эффекта, где некоторые важные проблемы радиотехники решаются на более высоком уровне относительно простыми техническими средствами. Создание акустооптических устройств в виде микросборок, предназначенных для решения сложных радиотехнических задач, является одним из основных направлений в этой области.

Список литературы

1. Балакший В.И., Парыгин В.И., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. - М.: Радио и связь, 1985. - 280с.

2. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А. Акустооптические линии задержки низкочастотных и высокочастотных электрических сигналов // Специальная техника, 2013, №1, с. 11-21.

3. Протопопов В.В, Устинов Н.Д. Лазерное гетеродинирование. М.: Наука, Главная редакция физико-математич. литературы. 1985, 288с.

4. Гасанов Р.А**.** Фотоприемные устройства для акустооптических линий задержки //Приборы и системы: управление, контроль, диагностика, 2015, № 12, с.31-36.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Коровкин Н.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Введение

Управление режимами ЭЭС направлено на обеспечение надежного электроснабжение потребителей энергией требуемого качества при минимуме эксплуатационных затрата [1]. Традиционный подход к оптимизации основан на разбиении задачи оптимизации на несколько подзадач. Сначала решается задача оптимального распределения активной мощности между отдельными агрегатами и станциями с приближенным учетом потерь активной мощности и учетом ограничений по потоку активной мощности по линиям. Далее фиксируются полученные активные мощности узлов и из условия минимума потерь в сети определяются реактивные мощности генераторных узлов [2]. В традиционном подходе все этапы оптимизации режимов ЭЭС представляют собой задачу оптимизации по скалярным критериям издержек с ограничениями. Данный способ поиска оптимального режима представляется

несовершенным, так как режим ЭЭС имеет различные (и несравнимые непосредственно) критерии оптимальности – технические, экономические, социальные. Соответственно и принятие решения об изменении режима ЭЭС должно основываться [3] на оптимизации векторного критерия.

В иностранной литературе активно публикуются результаты исследований по применению методов многокритериальной оптимизации для планирования режимов ЭЭС [4]. В большинстве публикуемых работ в качестве критериев оптимальности выбираются критерии, соответствующие надежности и экономичности, например, в [5], [6] рассматривается задача оптимизации режима по двум критериям: минимуму приведенных затрат и отклонению напряжения. Также активно публикуются результаты по проектированию ЭЭС [7], с распределенными [8] и возобновляемыми [9] источниками электроэнергии с применением многокритериальной оптимизации.

Многокритериальная (векторная) оптимизация

Планируя режим исполнитель одновременно (и, зачастую, интуитивно) оценивает ряд его характеристик: уровни напряжения в узлах сети, величины потоков мощности сквозь контролируемые сечения, запасы статической устойчивости и т.д. Эти оценки субъективны, отражают его представление об оптимальности режима. Если для принятия решения используется метод линейной свертки, то исполнитель, исходя из своего опыта, оценивает значимость критериев, выбирая весовые коэффициенты. Здесь субъективизм также очевиден, так как опыт разных исполнителей различен. При использовании минимаксного метода [10] как и в методе линейной свертки необходимо задать весовые коэффициенты, с соответствующей проблемой неоднозначности их выбора. Альтернативный рассмотренным − метод главного критерия предполагает скалярную оптимизацию режима ЭЭС по одному (главному) критерию, выводя остальные критерии в ограничения. Субъективизм применения этого метода проявляется в необходимости определить, как главный критерий, так и уровни ограничения на второстепенные критерии [10]. Таким образом, перечисленные методы позволяют получить только одно субъективно окрашенное эффективное решение.

Многокритериальная оптимизация состоит в одновременной оптимизации двух или более не сводимых друг к другу целевых функционалов (критериев) в заданной области изменения варьируемых параметров [10].

Важным для понимания принципов многокритериальной оптимизации являются понятия предпочтительности, эффективного решения и множества Парето. Пусть X', X'' являются допустимыми решениями. Если для всех рассматриваемых критериев качества решение X' не хуже решения X'' и, как минимум, по одному критерию лучше, то X' предпочтительнее X'' или как принято в зарубежной литературе X' *доминирует* X'' [11]. Решение называют эффективными, если в области допустимых решений отсутствуют доминирующие его решения. Множество Парето – множество эффективных оценок. Очевидно, что решение многокритериальной задачи оптимизации нужно выбирать из множества Парето. Таким образом, многокритериальная оптимизация состоит из двух подзадач: поиска множества Парето и выбор лучшего решения из найденного множества.

Применение понятия множества Парето и эффективных оценок, построение которых рассматривается ниже, наглядно представляют диспетчеру все возможные оптимальные решения и только их. В статье ставится показать на примерах оптимизации режимов работы ЭЭС РФ, что дальнейший выбор конкретного режима из этих множеств (естественно, субъективный) обладает значительными преимуществами в сравнении методами линейной свертки, главного критерия и им подобным.

На рис. 1 представлены типичные виды Парето множеств, характерные для задач оптимизации режимов работы ЭЭС. Приведено решение задачи оптимизации режима ЭЭС (кольцо БРЭЛЛ – Белоруссия. Россия, Эстония, Литва, Латвия) по трем критериям. Схема замещения БРЭЛЛ содержит модель ОЭС Северо-Западной, ОЭС Центра, энергосистемы стран Балтии (Эстония, Латвия, Литва) и Белоруссии, включающей ~2 тыс. узлов, ~4 тыс. ветвей и ~52,5 ГВт нагрузки. Соответственно Парето множества представляют собой в пространстве функционалов некоторые 2D поверхности. Поверхность на Рис. 1. в совокупность оптимальных режимов по критериям: Поверхность на Рис. 1. г совокупность оптимальных режимов по критериям: Как можно видеть поверхность на Рис. 1. г вырождается в кривую, то есть, фактически, в 1D размерное множество. Весьма важный для планирования режимов результат – изменение одного из критериев однозначно изменяет два других (при оптимальном состоянии, естественно).

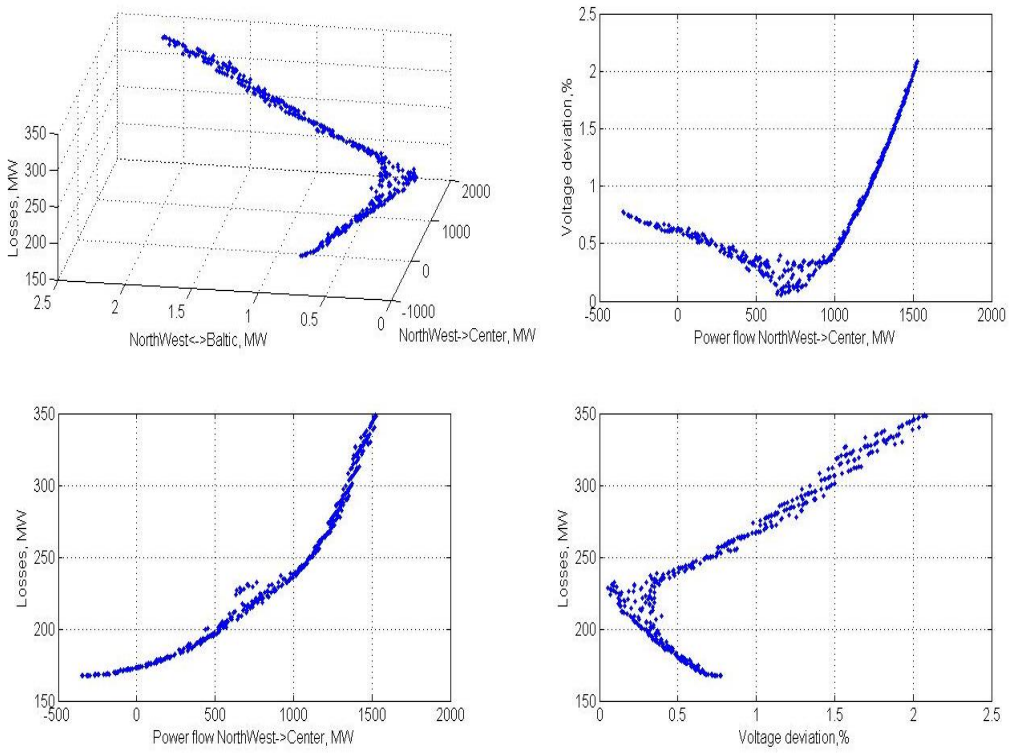


Рис. 1. Вид Парето множества и его проекций

Многокритериальная оптимизация настроек фазоповоротного трансформатора (ФПТ) на ПС 500 кВ Ульке

В качестве первого примера рассмотрена задача выбора отпаек ФПТ, установленного на ПС 500 кВ Ульке в Актюбинском районе Казахстана. Актюбинский район является дефицитным и его электроснабжение осуществляется по ВЛ 500 кВ Житикара – Ульке и трем ВЛ 220 кВ Новотроицкая – Ульке, Орская – Кимперсай и Орская – Актюбинская, причем ВЛ 500 кВ Житикара – Ульке (Казахстан) шунтирована тремя российскими ВЛ 220 кВ. Параллельная работа сетей 220 и 500 кВ приводит к существенному недоиспользованию линии 500 кВ и перегрузке российских линий. Выбор отпаек ФПТ, установленного на ПС 500 кВ Ульке, выполнялся в соответствии со следующими критериями качества:

1. Максимизация потока по ВЛ 500 кВ Житикара – Ульке ($P_{ВЛ}$ МВт);

2. Минимизация потерь активной мощности в сетях 110 кВ и выше Актюбинского района (ΔP МВт);

3. Минимизация отклонений от заданных значений напряжений узлов нагрузки Актюбинского района (ΔU %).

Расчеты установившихся режимов проводились в программно-вычислительном комплекса «RastrWin». Расчетная модель представляет однолинейную схему замещения сетей 110 кВ и выше ОЭС Сибири, Урала и ЭС Казахстана, сформированную по данным контрольных замеров 2014 г.

Расчет параметров схемы замещения ФПТ не рассматривался, параметры схемы замещения использованы согласно [12]. Расчетная модель содержит 1598 узлов, 2518 ветвей, общая нагрузка − 79,2 ГВТ, нагрузка Актюбинского района − 712 МВт.

За счет изменения коэффициентов трансформации между обмотками ВН и СН (РПН±8×1,5%), а также между возбуждающей и регулировочной обмотками (РПН+16×6,25%) ФПТ обеспечивает распределение активной мощности между сетью 500 и 220 кВ.

Поиск множества Парето для данной задачи может быть осуществлен перебором, т.к. всего 289 возможных состояний отпаек ФПТ. Графическое представление полученного множества решений и эффективных оценок в пространстве критериев показано на рисунке 2.

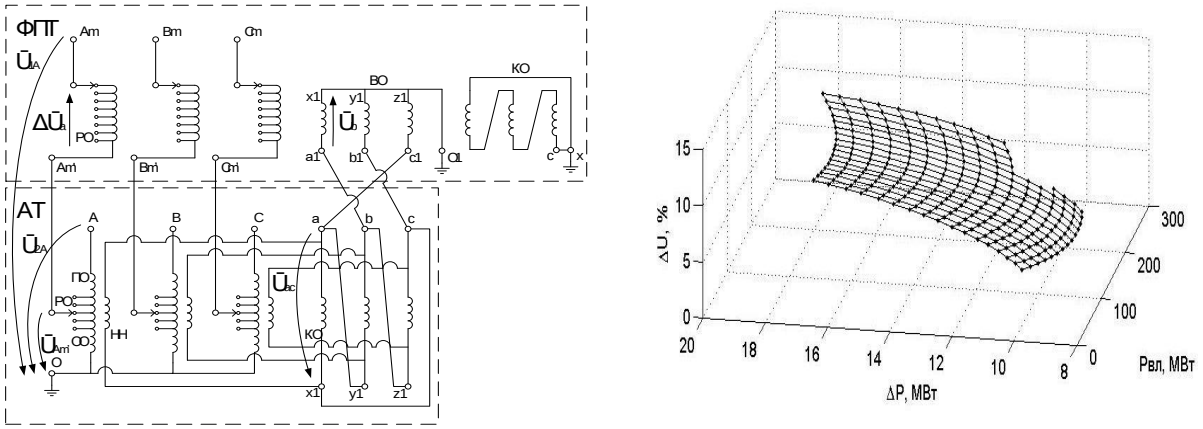


Рис .2. а) схема соединений обмоток ФПТ, б) множество решений и множество эффективных оценок для оптимизации настроек ФПТ

Множество эффективных оценок этой задачи показывает, что при использовании трех критериев 269 решений из 289 являются эффективными Сужение области выбора незначительное, из чего можно сделать вывод, что использование большого набора критериев качества нецелесообразно, т.к. ведет к большому числу эффективных решений и фактические не упрощает задачу выбора лучшего решения.

Множество эффективных оценок при учете только двух критериев качества – потока мощности по ВЛ 500 кВ и потерь активной мощности состоит из 100 решений. Представленная зависимость потерь от потока мощности хорошо аппроксимируется квадратичной функцией, что отражает квадратичную зависимость потерь от тока. Таким образом, анализируя множество эффективных оценок можно находить характерные зависимости между критериями качества.

Стоит также отметить, что одному значению потока активной мощности (например, 250 МВт) по ВЛ 500 кВ может соответствовать несколько различных комбинаций положений РПН ВДТ и АТ, однако оптимальным будет только одно решение. Для потока мощности 250 МВт по ВЛ 500 кВ снижение потерь при выборе оптимального по Парето решения составит 0,7-1,7 МВт (4-10%).

Предложенные в статье методы могут с успехом использоваться и для оптимизации групповой настройки АРВ при проектировании и планировании режимов работы ЭЭС. Настройку АРВ генераторов более полно отражают время затухания возмущения и перерегулирование, т.к. интегральные и корневые критерии являются косвенными оценками переходного процесса. Для настройки АРВ целесообразно использовать векторный критерий качества, включающий в себя время затухания возмущения и перерегулирование, чем косвенные критерии.

Для сравнения результатов оптимизации групповой настройки АРВ в качестве тестовой схемы для групповой настройки АРВ генераторов использовалась тестовая 57-ми узловая схема IEEE [7]. Схема содержит три генераторных узла, принимается что настройка АРВ проводится для всех трех узлов одновременно. В качестве переменного параметра взят коэффициент усиления K_S.

На рисунке 3 в пространстве критериях перерегулирования и времени затухания нанесены:

– множество эффективных решений, полученное простым перебором всех возможных значений параметра K_S (всего Парето 15 эффективных решения);
– стандартное значение K_S;
– интегральный критерий (2);
– корневой критерий (5);

Анализируя данные рисунка 3 можно сделать следующие вывод, что при оптимизации по критерий (5) полученное решение не является Парето эффективным, существуют решения предпочтительнее по всем параметрам. При применении интегрального критерия(2) для данной задачи полученное решение, соответствует минимальному времени затухания.

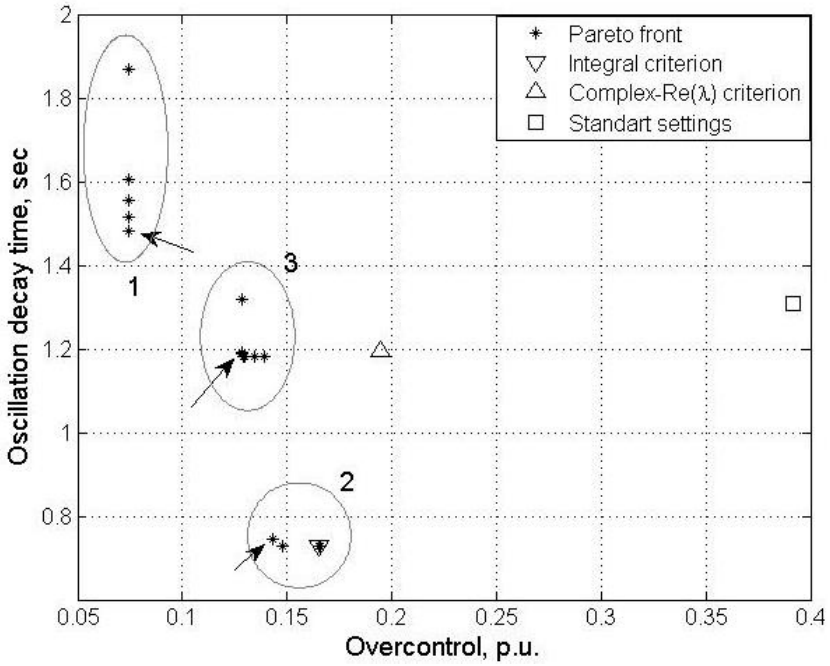


Рис. 3. Парето фронт и решения, полученные при оптимизации различных критериев качества

При оптимизации по критерию качества хотя и получаются эффективные решения, однако возможно улучшение одного из критериев, при незначительном ухудшении другого критерия. Например при оптимизации по перерегулированию полученное решение соответсвует векторному критерию качества (0,0741о.е. 1,8721сек.), однако среди эффективных решений есть решение с критерием качества равным (0,0746о.е. 1,4845сек.).

Выбор настроек можно проводить анализируя распределение Парето эффективных решений. Парето фронт состоит из трех групп решений, 1-я соответствует минимальным значениям перерегулирования, 2-я минимальным значениями времени затухания, 3-я компромисс между 1-ой и 2-ой группами. В группе незначительное улучшение одного из критериев качества возможно только при резком ухудшении другого критерия, поэтому в качестве возможного решения стоит выбирать одно из трех, отмеченных стрелкой н а рис. 3.

Многокритериальная оптимизация режима работы Кольской ЭЭС

Аналитически найти или построить с помощью перебора множества Парето для большинства задач при планировании режима невозможно, однако можно использовать генетические алгоритмы (ГА), для построения множества, максимально близкого к множеству Парето.

Положительными качествами ГА, важными для решения задач рассматриваемого здесь типа являются:

- возможность использовать ГА для многокритериальной оптимизации;
- возможность использовать ГА для оптимизации как непрерывных, так и дискретных функций;
- высокая робастность и значительный успешный опыт использования ГА, подтверждаемые в большим числом публикаций и продолжающимся активным развитием.

Отметим также и недостатки ГА:

- Парето-оптимальность полученных решений не гарантируется;
- использование ГА сопряжено с большим количеством вычислений критериев.

Отметим разработанные авторами методы ускорения оценки численных значений целевых функций (критериев), рассмотренные [13], [14], [15].

В качестве второго примера рассмотрена оптимизация режима работы Кольской ЭЭС с помощью NSGA (Non-dominated Sorting Genetic Algorithms) [16], [17]. Схема замещения Кольской ЭЭС содержит 452 узла, 527 ветвей и распределяет совокупную нагрузку в 1810 МВт. Оптимизация режимов проводится с учетом ограничений по току в ветвях, напряжению в узлах и ограничения на величину потока активной мощности по контролируемым сечениям. Переменными величинами являются:

- генерация реактивной мощности генераторных узлов (13 узлов),
- отпайки трансформаторных ветвей (14 ветвей).

В качестве целевых функционалов рассматривались:

- потери активной мощности (ΔP МВт),
- отклонение модуля напряжения в узлах нагрузки (ΔU %).

На рис. 2 представлены множества эффективных оценок, полученных при различном числе расчета целевых функционалов, также для сравнения приведено множество оценок, полученное простым случайным поиском. Скорость вычисления целевых функционалов составила примерно 20 шт./сек при следующих параметрах ПК: IntelCore2 DUO 3 ГГц, ОЗУ 4 ГБ. В рассмотренной задаче, с количеством возможных комбинаций входных переменных более чем 9×10^{14}, для получения приближения к множеству эффективных оценок достаточно 25000 вычислений целевых функционалов, что потребовало 2 минуты.

Список литературы

1. Идельчик В.И., Электрические системы и сети, М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 С.
2. Веников В.А., Журавлев В.Г. и Филиппова Т.А., Оптимизация режимов электростанций и энергосистем, М.: Энергоатомиздат, 1990. - 352 с..
3. М. Ш. Мисриханов и Русина А.Г., «Инновационный подход к решению режимных задач при управлении электроэнергетическими системами,» *Вестник ИНЭУ,* № 3, pp. 1-6, 2012.
4. Van Hertem D., Rimez J. и Belmans R., «Power Flow Controlling Devices as a Smart and Independent Grid Investment for Flexible Grid Operations: Belgian Case Study,» *IEEE Transactions on Smart Grid,* т. 4, № 3, pp. 1656-1664, September 2013.
5. Lukomski R. и Wilkosz K., «Optimization of rezctive power flow in a power system for different criteria: Stability problems,» в *Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2013 8th International Symposium on,* pp.1-6, 23-25 May 2013.
6. Asghari M. и Mohammadi J., «Fuzzy Multi-Objective OPF Considering Voltage Security and Fuel Emission Minimization,» в *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2012 Asia-Pacific,* pp.1-6, 27-29 March 2012.
7. Belazzoug M. и Boudour M., «Systems Signals and Devices (SSD), 2010 7th International Multi-Conference on,» в *FACTS placement multiobjective optimization for reactive power system compensation,* pp.1-6, 27-30 June 2010.
8 . Lombardi P., Stotzer M., Styczynski Z. и Orths A., «Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE,» в *Multi-criteria optimization of an energy system within a Virtual Power Plant architecture,* pp.1-6, 24-29 July 2011.
9. Xu, Daming и Kang, Longyun, «Telecommunications Energy Conference 'Smart Power and Efficienty' (INTELEC), Proceedings of 2013 35th International,» в *Multi-criteria Optimization of Off-grid Renewable Energy Systems,* pp.1-5, 13-17 Oct. 2013.
10. Черноруцкий И.Г., Методы принятия решений, СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 408 С.
11. Luke S., «Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes,» [В Интернете]. Available: http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/Essentials.pdf.
12. Евдокунин Г.А. и др., «ФПТ впервые в СНГ применен в Казахстане,» *Новости электротехники,* № 6(48), pp. 38-41, 2008.
13. Коровкин Н.В.;, Беляев Н.А., Фролов О.В. и Чудный В.С., «Управление активно-адаптивной сетью и оптимизация потоков мощности в интеллектуальных энергосистемах,» *ОАО "НТЦ ФСК", "Энергия единой сети",* № 4, pp. 80-87, 2013.
14. Беляев Н.А., Егоров А.Е., Коровкин Н.В. и Чудный В.С., «Расчет оперативного резерва мощности в энергосистемах,» *Известия НТЦ Единой энергетической системы,* № 2(69), pp. 50-68, 2012.
15; Коровкин Н.В., Фролов О.В., Лисицын А.А. и Язенин Р.А., «Методика определения зависимостей параметров установившегося режима энергосистемы от потенциальных управляющих воздействий,» *Известия НТЦ Единой энергетической системы,* № 2(67), pp. 26-34, 2012.
16. Srnivas N. и Deb K., «Multi-objective Optimization using Nondominated sorting in Genetic Algorithms,» *Evolutionary Computations,* т. 2, № 3, pp. 221-248, 1993.
17. Deb K., Pratap A., Agarwal S. и Meyarivan T., «A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II,» *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on,* т. 6, № 2, pp. 182-197, 2002.

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Шамсутдинов Э. В.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Казанский государственный энергетический университет (далее – КГЭУ) является одним из трёх специализированных энергетических вузов России и занимает одно из ведущих мест в регионе по уровню образования, технической оснащенности и условиям для научной работы и учебного процесса. Созданный 18 июля 1968 г. как филиал Московского энергетического института, в 1999 году в соответствии с решением Правительства России вуз получил статус самостоятельного учебного заведения – Казанского государственного энергетического института, а 18 октября 2000 г. институт получил статус университета и переименован в Казанский государственный энергетический университет. В 2018 году КГЭУ отмечает свое 50-летие.

КГЭУ осуществляет подготовку и переподготовку кадров для предприятий топливно-энергетического и жилищно-коммунального комплексов в рамках бакалавриата и магистратуры по 18 направлениям и 78 образовательным программам, в аспирантуре по 10 направлениям и 13 образовательным программам, в докторантуре по 5 научным специальностям. В университете 4 института, 34 кафедры, более 80 научных центров и тематических учебных и научно-исследовательских лабораторий. КГЭУ имеет 6 учебно-лабораторных корпусов, три общежития. В вузе учится порядка 10 000 студентов, в том числе из 29 стран дальнего и ближнего зарубежья. 76% научно-педагогических работников вуза имеют ученые степени кандидата и доктора наук. В университет работают два специализированных совета по защите ученой степени доктора и кандидата наук по 5 научным специальностям. С 1999 года на базе университета издается научно-технический и производственный журнал «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики», с 2008 года - журнал «Вестник Казанского государственного энергетического университета». Благодаря систематической работе в области подготовки научно-педагогических кадров эффективность аспирантуры составляет 47%.

КГЭУ – сравнительно молодой, но динамично развивающийся в области подготовки (переподготовки) кадров и в научной сфере университет, активное развитие которого подтверждается увеличением в период с 2011 по 2017 годы:

- годовых объемов НИОКР в расчете на 1 НПР в 6 раз.
- количества статей, в т.ч. в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, в 6 раз;
- количество цитирований публикаций ученых университета в 7 раз;
- общего числа зарегистрированных патентов в 7 раз;
- эффективности работы аспирантуры в 2,5 раза.

Рост показателей деятельности КГЭУ обусловлен курсом на интеграцию с производством и активным развитием образовательной и научно-исследовательской инфраструктуры, создания значительного числа новых научно-исследовательских лабораторий и оснащение их современным высокотехнологическим оборудованием. В рамках активно действующего Научно-образовательного кластера «Казанский государственный энергетический университет» по заказу и поддержке правительства Республики Татарстан (далее – РТ), предприятий отрасли, российских и зарубежных производителей оборудования за 2013-2017 гг. в КГЭУ создано и модернизировано порядка более 20 объектов научно-образовательной инфраструктуры университета: Центр компетенций и технологий в области энергосбережения РТ (создан в 2014 году благодаря поддержке руководства РТ и Минэнерго РФ), учебно-исследовательские полигоны «Подстанция 110/10кВ» и «Распределительные сети 0,4-10кВ» (не имеющие аналогов в России), лаборатории цифровых технологий в энергетике, научно-образовательный центр «Компьютерные тренажеры в тепло- и электроэнергетике»; научно-технические центры и учебные классы компаний *Schneider Electric, Bosch,* Danfoss, *IEK, Sarad, Московский завод тепловой автоматики и т.д.*. Университетом создана современная образовательная среда электронного обучения на основе информационных технологий – «Электронный университет», позволяющая обучающимся и преподавателям получить доступ к мультимедийному образовательному контенту из любой точки мира с мобильного устройства или компьютеризированного рабочего места. В 2017 году открыта новая кафедра «Возобновляемые источники энергии», созданы Институт цифровых технологий и Институт дополнительного профессионального образования, Центр подготовки прикладных квалификаций «Электроскиллс» (для

подготовки по рабочим профессиям «Электромонтажник» и «Электромонтер» по стандартам мирового движения WorldSkilss).

КГЭУ является участником технологических платформ РФ: Интеллектуальная энергетическая система России, Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности; Малая распределенная энергетика; Перспективные технологии возобновляемой энергетики. Научно-исследовательская деятельность университета носит прикладной и внедренческий характер с уклоном на интеграцию с предприятиями реального сектора экономики и направлена на реализацию Приоритетных направлений Стратегии национально-технологического развития России, в первую очередь следующих:

– переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования;

– переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

– переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству;

– противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства;

– связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем.

Доля фундаментальных, прикладных и опытно-конструкторских работ в общем объеме проводимых НИОКР в университете составляет соответственно 10%, 25% и 65%. В рамках исследовательских и внедренческих проектов основными партнерами КГЭУ выступают проектные институты и предприятия топливно-энергетического и машиностроительного комплексов страны, такие как ФСК, Россети, СО ЕЭС, Сетевая компания РТ, Татнефть, ТГК-16, Татэнерго, Татэнергосбыт, группа компаний ТАИФ, ТаграС-ЭнергоСервис, Татэлектромонтаж, Диагностика-ЭнергоСервис, Татавтодор, Тепло-ЭнергоСервис, Инжетех, Махим, Энергосила и другие.

В рамках Федеральных целевых программ КГЭУ с 2014 г. по 2019 г. реализовано (реализуется) 5 крупных проектов с общим объемом финансирования 474 млн.руб.: «Разработка экспериментального образца обратимой электрической машины возвратно-поступательного действия мощностью 10-20 кВт для тяжелых условий эксплуатации» и «Разработка многоканальной централизованной системы управления распределительным устройством для напряжений 6-35 кв с адаптивными интеллектуальными алгоритмами релейной защиты и автоматики» (совместно с компанией Технокомлект, г.Дубна); «Разработка линейки модулей различной модификации для беспроводных сетей в составе систем автоматизации различного применения» (совместно с компанией Ферекс, г.Казань); «Разработка энергоэффективных ресурсосберегающих систем водопользования с применением модульных электромембранных аппаратов на предприятиях большой энергетики» (совместно с компанией ТГК-16, г.Нижнекамск); «Разработка и экспериментальная апробация технических решений по созданию высокочувствительных устройств защиты в виде универсального многофункционального локационного комплекса мониторинга воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кв на переменном токе с определением места повреждения и обнаружением гололеда на них в многоканальном варианте» (совместно с ООО «Промэнерго», г.Каменс-Уральский).

С 2017 года в КГЭУ начал работу Инжиниринговый центр «Компьютерное моделирование и инжиниринг в области энергетики и энергетического машиностроения», созданный при поддержке гранта Минобрнауки и Минпромторга России, направленный на оказание инжиниринговых услуг в интересах предприятий и продвижение инновационных разработок ученых университета. Бюджет проекта на 2017-2021 гг. реализации составляет 783,4 млн.руб., из которых 112 млн.руб. – инвестиции в развитие, 671,4 млн.руб. – объем оказанных инжиниринговых услуг.

В 2017 г. КГЭУ совместно с АО «Чебоксарский электроаппаратный завод» выигран конкурс (в рамках постановления правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218) на реализацию проекта «Создание серии электроприводов на базе российских высокоэффективных синхронных двигателей для станков-качалок нефти с применением беспроводных систем передачи данных и адаптивной системой управления для «умных» месторождений». Срок реализации: 2018 – 2020 гг. Общий объем финансирования - 460 млн.руб., в т.ч. 210 млн.руб. – из федерального бюджета.

В научно-инновационной и образовательной сферах КГЭУ успешно сотрудничает более чем с 30 ведущими университетами и компаниями Германии, Франции, Чехии, Финляндии, Словакии,

Румынии, Турции, Ирака, Ирана, Египта, Армении, Таджикистана, Казахстана, Кыргызстан, Китая, Японии, Вьетнама, Австралии, США, Мексики и Канады.

С 2017 года университет участвует в реализации приоритетного проекта Минобрнауки России «Вузы как центры пространства создания инноваций». С правительством РТ согласованы Программа трансформации КГЭУ в университетский центр инновационного, технологического и социального развития РТ на 2017-2019 гг. (далее – Программа трансформации), а также Дорожная карта мероприятий по трансформации университета в университетский центр и достижения целевых показателей результативности (далее – Дорожная карта). С целью реализации Программы трансформации осенью 2017 года между правительством РТ и КГЭУ подписано 5 соглашений: О сотрудничестве при реализации ключевых проектов Стратегии – 2030; О создании на базе КГЭУ проектного офиса по участию в реализации отдельных мероприятий Стратегии – 2030; Об оказании экспертно-консультационной поддержки реализации и актуализации Стратегии – 2030; О софинансировании ключевых проектов, связанных с научными, научно-техническими, творческими разработками и услугами, направленных на социально-экономическое развитие РТ; О безвозмездном предоставлении объектов инновационной инфраструктуры и на реализацию ключевых проектов, связанных с научными, научно-техническими, творческими разработками и услугами, направленных на социально- экономическое развитие РТ. С целью реализации определенных в Дорожной карте проектов, с 2017 по 2021 гг. в соответствии с решением руководства РТ ведущие энергокомпании оказывают адресную целевую финансовую поддержку КГЭУ, в том числе на создание новых и переоснащение существующих научных лабораторий.

КГЭУ участвует в реализации таких государственных программ развития Республики Татарстан (далее – РТ) как: Стратегия социально-экономического развития РТ на период до 2030 года (далее – Стратегия – 2030), «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в РТ на 2014 – 2020 годы», Концепция создания территориально обособленного инновационно-производственного центра «ИнноКам» в Республике Татарстан», Стратегия экологической безопасности и развития природно-ресурсного комплекса РТ на 2017-2021 годы и на перспективу до 2030 года, «Развитие рынка интеллектуальной собственности в РТ на 2013-2020 годы», «Стратегическое управление талантами в РТ на 2015-2020 годы», «Развитие водохозяйственного комплекса РТ на 2013-2020 годы», Комплексный план мероприятий по развитию аквабиокультуры в РТ на 2017–2022 годы. Университет входит в состав Камского инновационного территориально-производственного кластера, Ассоциации машиностроителей Республики Татарстан. В рамках соглашений о сотрудничестве КГЭУ работает с ведомствами и общественными объединениями РТ: Министерство промышленности и торговли; Министерство строительства, архитектуры и ЖКХ; Министерство экологии и природных ресурсов; Министерство экономики, Министерство образования и науки; Союз коммунальных предприятий; центры поддержки детского технического творчества и т.д.

В рамках регионального государственного заказа осуществляется реализации проектов «Проведение ветромониторинга на территории РТ, с целью оценки ветроэнергетического потенциала РТ под создание ветропарков» (2017-2019 гг.), «Разработка комбикормов для осетровых, форелевых и карповых рыб из ингредиентов местного производства» (2017-2018 гг). В рамках муниципального заказа от администрации города Казани в 2017 году реализован проект «Схема теплоснабжения в административных границах муниципального образования город Казань по 2033 год».

По состоянию на начало 2018 года КГЭУ является патентообладателем и правообладателем исключительных прав на 1318 объектов интеллектуальной собственности, в том числе 265 патентов на изобретения, 771 патент на полезные модели,281 свидетельство на программы для ЭВМ,1 свидетельство на товарный знак. В 2017 году заключено 8 лицензионных договоров (с ведущими российскими предприятиями, а также с Северо-Западным политехническим университетом Китая) на общую сумму 5,5 млн.руб.

С 2012 года в КГЭУ действует Молодежный инновационный центр «Энергия», с 2017 года - Молодежный бизнес-инкубатор, основными направлениями деятельности которого являются образовательная (семинары, мастер-классы и тренинги); проектная (грантовая и конкурсная деятельность с поддержкой проектов); предпринимательская (поддержка и сопровождение предпринимательских проектов резидентов, помощь в юридических и финансовых вопросах, вывод на международный рынок). В 2017 году принято решение о создании на базе университета Российско-Китайский молодежного бизнес-инкубатора, организаторами которого являются Общероссийская общественная организация «Российский Союз Молодежи», Всекитайская Федерация молодежи, КГЭУ, правительство Республики Татарстан. Проект направлен на

активизацию инновационной деятельности в сфере молодежного предпринимательства в России и Китае. Осенью 2018 года площадка примет по 10 лучших китайских и российских предпринимателей.

ВЫРАЩИВАНИЕ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$ НА Si ПОДЛОЖКАХ ИЗ ЖИДКОЙ ФАЗЫ

Саидов М.С., Усмонов Ш.Н.

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,

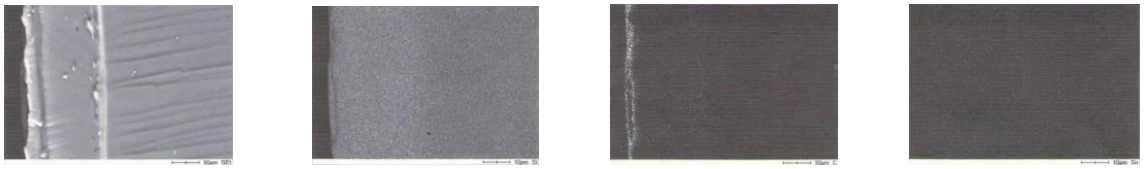
С целью исследования влияния атомов углерода на электрофизические свойства кремниевых структур были получены эпитаксиальные слои твердого раствора (ТР) $Si_{1-x-y}C_xSn_y$. Слои были выращены методом жидкофазной эпитаксии из оловянного раствора-расплава, насыщенного техническим кремнием марки КР3 в атмосфере водорода, очищенного палладием. В качестве подложек были использованы монокристаллические Si пластины диаметром 20 мм и толщиной 350 мкм, вырезанные в направлении (111) из монокристаллического Si *p*-типа проводимости с удельным сопротивлением 3 Ом·см. Эпитаксиальные слои с зеркальными поверхностями и с наилучшими параметрами получались при толщине раствора-расплава равной 1 мм, температуре начала кристаллизации 1050° С и скорости охлаждения 1 град/мин. При этом скорость кристаллизации слоев составляла 0,1÷0,2 мкм/мин, а толщина ~ 35 мкм. Специально не легированные слои имели электронный тип проводимости с удельным сопротивлением ~ 0,5 Ом·см.

При охлаждении раствора-расплава на Si подложках происходит кристаллизация Si слоя. Так как раствор-расплав при выбранной температуре был пересыщен по Si. В работе [1] показано, что при очистке технического кремния шестикратной переплавкой на солнечной печи содержание примесей уменьшается с 13,5% до 0.9%. Содержание примесей в исходном техническом кремнии составляло: Si – 86.85%, Fe – 3.65%, Al – 2.88%, Ca – 1.82%, P – 0.93%, C – 0.88%, Mn – 0.14%, Ti – 0.112%, B – 0.08%, Cu – 0.0435%, Cr – 0.0145% и прочие ~ 2,6%, а после очистки: Si – 99,0%, Fe – 0.31%, Al – 0,02%, Ca – 0,17%, P – 0.01%, C – 0.01%, Mn – 0.02%, Ti – 0.02%, B – 0.001%, Cu – 0.03%, Cr – 0.009% и прочие ~ 0,4%. Поскольку, технический Si содержит много различных примесей, то в растворе-расплаве имеются растворенные атомы различных примесей, в частности Fe, Al, Ca, P, C, Mn, Ti, B, Cu, Cr, а также молекул их соединений. За счет отличия ковалентных радиусов и валентности атомов примесей и кремния, а также типа кристаллических решеток Si и прочих примесей при кристаллизации слоя алмазаподобная кристаллическая решетка Si вытесняет чужеродные атомы.

Распределение компонентов и химический состав пленок было исследовано на основе растровых снимков (рис. 1), сделанных по сколу и по поверхности пленок, и результатов рентгеновского микрозондового анализа, полученных на рентгеновском микроанализаторе «Jeol» JSM 5910 LV-Japan.

Анализ рис. 1 a показывает, что вся поверхность подложки была покрыта сплошной эпитаксиальной пленкой с хорошей адгезией. Рис. 1 b свидетельствует о том, что пленка является однородным, без металлических включений, в пленке присутствуют атомы C (рис.1 c) и Sn (рис. 1 d).

На основе результатов рентгеновского анализа был построен профиль распределения атомов компонентов эпитаксиального слоя (рис. 2). Из рис. 2 видно, что в эпитаксиальном слое присутствуют атомы углерода и олова. В переходной области подложка-пленка толщиной ~ 5-7 мкм содержание атомов углерода постепенно увеличивается до ~ 4.5%, а затем с ростом пленки при толщинах ~ 25 мкм медленно уменьшается до ~ 3%. Содержание Sn в эпитаксиальном слое колеблется в пределе 0.6–0.86 ат.%. Отличие сумма ковалентных радиусов атомов молекул Si_2 и SiSn составляет 9.8%. Следует отметить, что большая концентрация атомов Sn в эпитаксиальном слое ТР $Si_{1-x}Sn_x$ ($0 \le x \le 0.04$), выращенного на Si (111) подложках из Sn раствора-расплава, разбавленного чистого полупроводникового материала кремния было наблюдено в работе [2]. Однако отличие сумм ковалентных радиусов атомов молекул Si_2 и SiC составляет 17%, что гораздо больше, чем предела образования ТР замещения. По-видимому, в техническом кремнии марки КР3 содержится примеси карбида кремния кубической модификации β-SiC.



a) b) c) d)

Рис. 1. Растровые картины скола эпитаксиального слоя твердого раствора $Si_{1-x-y}C_xSn_y$, полученные методами: a – вторичной электронной эмиссии (SEI), b – $Si_{K\alpha}$, c – $C_{K\alpha}$, d – $Sn_{K\alpha}$.

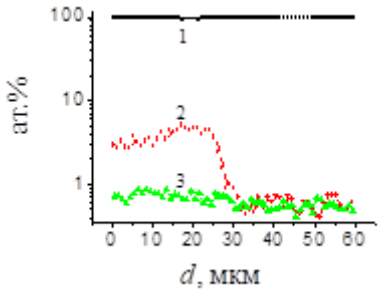


Рис. 2. Профиль распределения атомов Si - 1, C - 2, Sn - 3 в эпитаксиальном слое ТР $(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$ ($0 \le x \le 0.045$; $0 \le y \le 0.008$).

При выращивании пленок с уменьшением температуры раствор-расплав насытится не только по отношению к Si, но и по SiC. Следовательно молекулы SiC входят в пленку, образуя субкристаллиты карбида кремния, аналогично тому как образуются субкристаллиты фазы Sn с ориентацией (101), (100) и размерами 8 и 12 нм, соответственно, в ТР $Si_{1-x}Sn_x$ ($0 \le x \le 0.04$) [2]. Когерентное расположение нано субкристаллитов SiC не сильно деформируют кристаллическую решетку Si и обеспечивает большую концентрацию атомов углерода в эпитаксиальном слое, как это наблюдается в эксперименте (рис. 2, кривая 2). Следует отметить, что отличие сумм ковалентных радиусов атомов молекул Si_2 ($r_{Si} + r_{Si}$ = 2,34 Å) и SnC ($r_{Sn} + r_C$ = 2,17 Å) составляет ~ 7.2%. Следовательно, замещение некоторых атомных узлов Si атомами Sn в подрешетке SiC энергетически более выгодно, чем замещения в подрешетке Si_2. Такое замещение атомов Si и Sn способствует возникновения небольшого содержания Sn в эпитаксиальном слое, что и наблюдается в эксперименте (рис. 2, кривая 3). На рис. 3 показана возможная пространственная конфигурация тетраэдрических связей ТР замещения $(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$. Рентгеновский микрозондовый анализ показал, что содержание остальных прочих примесей в эпитаксиальном слое составляет не более 0.2 ат%. Таким образом выращенную пленку можно рассмотрит как ТР вида $(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$ ($0 \le x \le 0.045$; $0 \le y \le 0.008$).

Работа выполнена по гранту ФА-Ф2-003 Республики Узбекистан.

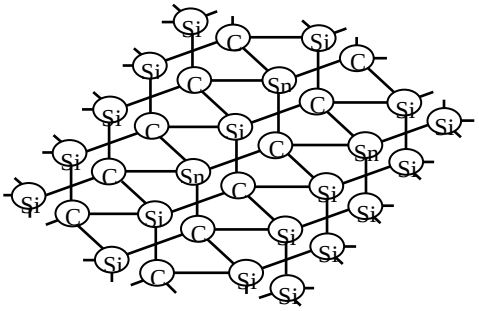


Рис. 3. Пространственная конфигурация тетраэдрических связей твердого раствора замещения $(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$.

Список литературы

1. Саидов А.С., Абакумов А.А., Ниёзов Ш.К. Очистка металлургического кремния в солнечной печи // Труды III национальной конференции «Рост, свойства и применение кристаллов». 22-23 октября 2002 г., Ташкент. С.22-23.

2. A.S. Saidov, Sh.N. Usmonov, M.U. Kalanov, A.N. Kurmantayev, and A.N. Bahtybayev Structural and Some Electrophysical Properties of the Solid Solutions $Si_{1-x}Sn_x$ ($0 \le x \le 0.04$) // Physics of the Solid State, 2013, Vol. 55, No. 1, pp. 36–44.

THE MAGNETOCALORIC EFFECT ON MAGNETIC MATERIALS

Seong-Cho Yu

Department of Physics, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Chungbuk, South Korea

Electronic mail: scyu@chungbuk.ac.kr

Refrigeration (MR) technology based on magnetocaloric effect (MCE) has exhibited the outstanding advantages in comparison with conventional gas compression (CGC) technique. Besides the higher cooling efficiency as well as environmental friendliness, the magnetic refrigerators can be built more compactly and easily. It is also believed that the magnetic materials with the suprior magnetocaloric properties in addition to cheap materials processing cost will be the option of future magnetic refrigeration technology. The working materials can be synthesized in types of bulk, thin film, or powder to fit the design of a cooling system. Families of magnetocaloric materials have been chosen and prepared in different forms (single/polycrystalline), different sizes (micro/nano particles, nanowires) depending on expected values and working temperature ranges. Moreover, the easily tunable properties by doping and synthesis conditions have created an abundance of potential materials for active magnetic refrigeration (AMR). Therefore, a thorough understanding of magnetocaloric properties of existing magnetic refrigerant materials has been an important issue in magnetic.

This presentation reviews a new class of magnetocaloric materials that are: (i) ferromagnetic perovskite maganites, (ii) Heusler alloys, (iii) amorphous ribbons and wires. Particularly, the report focuses on preparation and outstanding results of MCE in these materials.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ХАЛЬКОИНДИАНАТЫ ТАЛЛИЯ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

[1]Зарбалиев М. М., [2]Годжаев Э.М., [3]Алиев Ф. Ф.

[1]Сумгаитский Государственный Университет, Сумгаит, Азербайджан.

[2]Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан.

[3]Институт Физики Национальной Академии Наук Азерб. Баку, Азербайджан.

zarbalievmm51@mail.ru

Известно, что особые и весьма интересные свойства редкоземельных элементов в первую очередь связаны с особенностями структуры электронной оболочки атомов данных веществ, а именно с наличием в этой оболочке достраивающегося глубинного 14-местного $4f$- слоя [1].

Конфигурация ионов лантанидов имеет в своей основе структуру ксенона $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6)$ и сверх нее электроны на частично заполненной $4f$-оболочке и два или три внешних электрона $(6s^2 или\ 5d\ 6s^2)$. Появление $4f$- электронов в начале ряда лантанидов означает, что заряд ядра становится достаточно большим для того, чтобы удерживать их на этой орбите. Можно было предположить, что $4f$- электроны должны оккупировать самые дальние орбитали, однако все с очевидностью указывает на то, что они расположены внутри $5s$- оболочек. $4f$- оболочки достаточно компактны и хорошо экранируется близко к ним расположенными замкнутыми $5s\ 5p$- оболочками, так что прямое перекрытие $4f$ - электронов соседних ионов оказывается пренебрежимо малым. Поэтому имеют место косвенные взаимодействия, в которых участвуют $6s\ 6p\ 5d$ - электроны, а также электроны замкнутых $5s\ 5p$-оболочек. Самые наружные $6s\ 6p\ 5d$ - электроны, образуют полосу (зону) проводимости, оставляя редкоземельные в твердом теле трехвалентными. Свойства этой полосы определяют их электрические, оптические свойства и явления переноса.

В решетках $TlSe$ атомы таллия проявляют переменную валентность. Благодаря особой

электронной конфигурации и объемным данным соответствующих металлических компонентов, решетки $TISe \rightarrow TI^{+}[TI^{3+}Se_2]$ оказываются составленными из двух самостоятельных структурных единиц–из восьмивершинника, с ионным характером связи $M^{I}-X(TI^{+}-Se)$ и тетраедра, с ковалентной связью между $M^{III}-X(TI^{3+}-Se)$. С точки зрения пространственно-геометрических соображений определяющим из них является восьмивершинник, а в смысле химической связи– тетраэдр. Следовательно, ответственными в формировании кристаллических решеток данного типа являются одновалентные ионы таллия и индия в октоэдрах, в то время как полупроводниковые особенности соединений с данной структурой определяются, главным образом, трехвалентными ионами (TI^{3+},In^{3+}) в тетраэдрах[2,3,4].

По этим же соображениям при частичном замещении атомов In в $TIInX_2$ атомами лантанидов нами получены четверные соединения по следующей схеме [5]:

$$TI^{+}TI^{3+}X_2^{VI} \rightarrow TI^{+}In^{3+}X_2^{VI} \rightarrow TI_2^{+}In^{3+}Ln^{3+}X_4^{VI} \rightarrow TI^{+}Ln^{3+}X_2^{VI}$$

В этих соединениях, по нашему мнению, внешние электронные оболочки двух пар атомов халькогенов достраиваются до нейтрального аргона, криптона и ксенона за счет $6p^1$- электронов TI, $5s^25p^1$- электронов индия $5d^16s^2$- лантанидов.

Во всех исследованных нами тройных $TIInX_2^{VI}$, $TILnX_2^{VI}$, $TI_2InLnX_4^{VI}$, соединениях атомы таллия проявляют одновалентное, а атомы индия и лантанидов трехвалентное состояние [6-8].

Физико-химическими, рентгенофазовыми, микроструктурными анализами, изучением микротвердости и плотности построены диаграммы состояния систем $TIInS_2(Se_2,Te_2)$-$TILnS_2(Se_2,Te_2)$, в которых наблюдаются области растворимости на основе $TIInS_2(Se_2,Te_2)$ и новые четверные соединения с общей формулой $TI_2InLnS_4(Se_2,Te_2)$. Твердые растворы в системах $TIInX_2$ - $TILnX_2$и новые фазы TI_2InLnX_4, кристаллизуются в одной и той же тетрагональной сингонии, параметры решетки твердых растворов на основе тройных соединений типа $TIInX_2$ с увеличением содержания лантанидов увеличиваются по закону аддитивности[7,8].

Характерной особенности кристаллов твердых растворов $TIIn_{1-x}Ln_xTe_2$ является наличие в их кристаллической решетке стехиометрических вакансий с высокой концентрацией $(10^{18}-10^{19}см^{-3})$ и связанных с ними локализованных состояний в запрещенной зоне [6,7], и эта величина растет с ростом относительного количество лантанидов в составе твердых растворов. Образование твердых растворов приводит к изменениям электронной и решеточной подсистем кристалла, вызывая статическую деформацию решетки и возмущение электронного спектра. С ростом концентрации вакансий в твердом растворе среднее расстояние между атомами растворенного вещества $TILnTe_2$ достигает значений, при которых межпримесное взаимодействие начинает вносить заметный вклад в энергию кристалла растворителя $TIInTe_2$, и это приводит к появлению принципиально новых свойств, не характерных для исходного материала [9].

При высоких концентрациях примесей зона расщепляется, примесные уровни приближаются ко дну зоны проводимости, сливаются с ним и исчезают все наблюдаемые особенности. В этих кристаллах ширина запрещенной зоны достаточно велика, концентрация носителей заряда для исходных кристаллов мала, они легко легируются и небольшие отклонения от стехиометрии также создают акцепторные уровни. Для подтверждения наличия в них акцепторной зоны были анализированы кривые $R_x(T)$, $\alpha(T)$ и $\sigma(T)$ результаты которых хорошо согласуются со значениями, полученными на основании данных электрических свойств в сильных электрических полях[8]. Широком интервале температур и полей, свидетельствует об экспоненциальном росте электропроводности в зависимости от напряженности электрического поля. Экспериментальные данные по изменению электропроводности исследованных образцов в сильных электрических полях качественно объясняется теорией Френкеля, по которой при термоэлектронной ионизации энергия активации носителей заряда линейно уменьшается с ростом напряженности поля:

$$\Delta E = \Delta E_g - 2e\sqrt{e\,E/\varepsilon} = \Delta E_g - \Delta E_n, \qquad (1)$$

где ΔE_g- энергия активации в отсутствии электрического поля,

ΔE – изменение энергия активации под влиянием электрического поля.

По зависимостям энергии активации носителей заряда от напряженности электрического поля методом экстраполяции были найдены значения энергии активации носителей заряда в отсутствии электрического поля для различных составов твердых растворов $TIIn_{1-x}Ln_xS_2(Se_2,Te_2)$ и соединений $TIInS_2(Se_2,Te_2)$ и $TI_2InLnS_4(Se_4,Te_4)$.

Исследование электропроводности монокристаллов тройных соединений $TlInS_2(Se_2,Te_2)$ и твердых растворов на их основе показало, что проводимость в направлении параллельном слоям ($\sigma_{\parallel}$) много больше, чем в направлении, перпендикулярном к слоям тетраэдров $(\sigma_{\perp})$. Установлено, что отношение $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}$ в соединениях $TlInS_2(Se_2,Te_2)$и твердых растворах $TlIn_{1-x}Ln_xS_2(Se_2,Te_2)$ с ростом напряженности электрического поля и с уменьшением температуры увеличивается. Это означает, что $\sigma_{\parallel}$ слабее зависит от температуры, чем $\sigma_{\perp}$, что подтверждает рассуждения о структуре и химических связях в исследованных образцах.

Полученные результаты можно интерпретировать с позиции теории Френкеля- Пула, которая дает основание полагать, что рассмотренные зависимости электропроводности σ, энергии активации ΔE и коэффициента β от напряженности электрического поля и температуры в сильных электрических полях обусловлены увеличением концентрации носителей заряда в твердых растворах систем $TlInX_2$ - $TlLnX_2$ за счет действия механизма термоэлектронной ионизации [8].

Одной из нерешенных проблем в микроэлектронике является разработка твердотельных индуктивных элементов, так как до сих пор не предложен метод локализации магнитного поля в полупроводнике. Поэтому приходится использовать косвенные методы создания индуктивностей, вернее т.н. аналогов индуктивностей. Для этого необходимо, чтобы аналог индуктив- ности обладал инерционностью к изменению тока и обеспечивал сдвиг фаз между током и напряжением на угол $\varphi = \pi/2$.Такие явления имеют место в приборах с отрицательным сопротивлением (ОС) при наличии положительной обратной связи (ПОС) между выходом и входом. Обратная связь может быть двух типов – по току и по напряжению. ПОС по току должна приводить к нарастанию тока через прибор, а ПОС по напряжению –к росту напряжения. В первом случае элемент проявляет индуктивные свойства, а втором – емкостные [10,11].

При положительной обратной связи по току (ВАХ S-типа) ток запаздывает относительно напряжения, поэтому в приборах с ОС S-типа реактивная составляющая импеданса носит индуктивный характер. Аналогично в приборах ОС N-типа с ПОС по напряжению изменение напряжения запаздывает по отношению к току, поэтому они имеют реактивную составляющую импеданса емкостного характера [10].

Исследование вольтамперных характеристик сплавов систем $TlInS_2(Se_2,Te_2)$-$TlLnS_2(Se_2,Te_2)$, показало, что все они обладают переклю- чающими свойствами с памятью. Параметры которые характеризуют эффект переключения, исследованы в зависимости от температуры, толщины активной области. На ВАХ выделяются следующие участки линейной, квадратичной, область резкого роста тока, область отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС) и участки малых положительных дифференциального сопротивления [12].

На основе экспериментальных данных, получено, что пороговое напряжение слабо зависит от температуры и толщины образца. Такая слабая зависимость порогового напряжения от температуры обусловлена тем, что при температурах 77-200К имеет место преимущественно электронной механизм переключения, т.е. в результате уменьшения рассеиваемой мощности тепловой пробой при низких температурах переходит в электронный. А при более высоких температурах (Т-200-350К) имеет место преимущественно тепловой механизм переключения.

Перспективность исследованных составов очевидна, поскольку на их основе методами микроэлектроники можно изготавливать запоминающие элементы, полупроводниковые аналоги индуктивности, управляемые светом генераторы колебаний, без усложнения технологии и констукции соответствующих устройств.

В работе [7,8] показано, что $TlIn_{1-x}Ln_xTe_2$ характеризуется дефектами (по мнению авторы эти дефекты являются точечными), вакансиями In (или Ln) междоузелях, появляющимся за счет статически распложенных атомов In в подрешетке. Поэтому нужно учесть вклад подвижности μ_d, рассчитанный с помощью времени релаксации при механизме рассеяния на точечных дефектах для стандартной зоны

$$\tau_d(T) = \frac{\pi\hbar^4}{(2m^*kT)^{1/2}m^*V_0^2N_d^{|}}\left(\frac{E}{kT}\right)^{-1/2}, \qquad (2)$$

где V_0 – постоянная, характеризующая амплитуду δ потенциала, $N_d^{|}$ – концентрация точечных дефектов, которую принялись как $N_d^{|} \approx N_a$. Учитывая значения $V_0, N_d^{|}$ и m^* в соответствующих

выражениях [9] , определяем $\tau_d(T)$, после чего можно определить $\mu_d(T)$. Тогда эффективную подвижность определим следующим образом:

$$\mu_3 = (\frac{1}{\mu_{i,ac}} + \frac{1}{\mu_{op}} + \frac{1}{\mu_d})^{-1} \quad , \qquad (3)$$

откуда были рассчитаны $\sigma(T)$ и $\alpha(T)$ [9].

Количественное сопоставление данных по $\mu_p(T)$ показало, что расчетные значения подвижности дырок больше экспериментальных. Это может быть связано с двумя причинами: 1) в $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ значение радиуса экранировки отличается от значения постоянной решетки, 2) в этом материале дырочный газ сильновырожденный. Вторая причина более вероятна. Для подтверждения данного предположения были определены приведенные химические потенциалы (η^*) и получено, что для всех образцов при T=100K $\eta^* \geq 10$. С ростом температуры снимается вырождения в результате чего увеличивается разброс между расчетными и экспериментальными данными. По экспериментальным данным $\mu_p(T)$ количественно трудно отличить рассеяние на акустических и оптических фононах в сильновырожденных случаях. Превалирующий механизм рассеяния легко выделить из концентрационной зависимости $\mu(n)$. Как отмечалось в [17], $\mu_{ac} \sim n^{-1}$, $\mu_{op} \sim n^{1/3}$, $\mu \sim n^{2/3}$.Из полученных данных видно, что в зависимости $\mu_p \sim T^{-\alpha_0}$ показатель степени $\alpha_0 \approx 0.7$ и α_0 почти не зависит от концентрации дырок. Это означает, что до $T \leq 700K$ механизм рассеяния дырок носит смешенный характер. По сравнению с другими узкозонными полупроводниками [9] подвижность электронов и дырок в $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ мала, вероятной причиной чего является большая эффективная масса носителей заряда в них.

Итак, в исследованной области температур твердый раствор $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ $(0 \leq x \leq 0{,}10)$ обладает дырочной проводимостью при сильновырожденном состоянии дырочного газа. При $T \geq 700K$ наблюдается область собственной проводимости и характер температурных зависимостей σ и α объясняется наличием двух типов носителей заряда. Начиная с x=0.05, при переходе от $TlInTe_2$ к $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$, температурный ход $\sigma(T)$ качественно и количественно сильно отличаются. Предполагается, что этот переход сопровождается переходам от полупроводника к узкозонному полупроводнику. Предложенная модель с одними (дырки) и двумя (электроны и дырки) типами носителей заряда с учетом рассеяния носителей заряда на ионных центрах, на акустических и оптических фононах, а также на дефектах хорошо описывает электрические и термоэлектрические свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ при $0.05 \leq x \leq 0.10$ [13].

Исследована температурная зависимость коэффициента теплопровод- ности соединений $TlInS_2(Se_2, Te_2)$, $Tl_2InLnS_4(Se_4, Te_4)$, $TlLnS_2(Se_2, Te_2)$ и твердых растворов $TlIn_{1-x}Ln_xS_2(Se_2, Te_2)$, в интервале температур $80 \div 450K$. Расчет электронной части теплопроводности показал, что она много меньше общей во всех исследованных образцах и ею можно пренебречь [7,8,14,15].

В монокристаллах $TlInS_2(Se_2, Te_2)$ во всем изученном интервале температур имеет место ярко выраженная анизотропия решеточной теплопроводности. В ряду $La \rightarrow Yb$ теплопроводности соединений $TlInX_2$ и Tl_2InLnX_4, как для сульфидов и селенидов, так и для теллуридов уменьшаются, что может быть объяснено частичным изменением жесткости кристаллической решетки сульфидов при замене в ней атомов металла аналогами с большими зарядовыми числами, вследствие чего ослабляется прочность ионных связей между атомами металла и халькогена. Аналогичным образом можно объяснить изменение теплопроводности для одних и тех же соединений в ряду $S \rightarrow Se \rightarrow Te$. Теплопроводность трехкомпонентных соединений типа $TlTlTe_2$ с вариацией катионного состава в направлении увеличения атомных весов катионов замещения закономерно уменьшается. Однако с переходом от соединений с упорядоченным расположением атомов к твердым растворам замещения на их основе наблюдается отклонение от обычной закономерности изменения теплопро- водности от атомного веса. Данное обстоятельство, вероятно, вызвано тем что для смешанных кристаллов переменного состава $TlIn_{1-x}Ln_xX_2$ превалирует рассеяние фононов от локальных точечных дефектов, и основным фактором, влияющим на тепловое сопротивление, обусловленными точечными дефектами, является локальное изменение плотности и упругих свойств среды. Локальное изменение плотности в основном зависит от средних атомных весов, а локальное изменение упругих свойств от разности атомных радиусов растворителя и растворенного вещества.

Кристаллы переменного состава типа $TIIn_{1-x}Ln_xX_2$ по кристаллоструктурным соображениям, представляются исключительно удобными для проверки развитой за последние годы теорий рассеяние фононов от локаль- ных искажений кристаллических решеток. Кристаллы твердых растворов $TIIn_{1-x}Ln_xX_2$ представляются нам следствием частичного замещения разноименных элементов катионов на базе решетки соединений типа $TISe$, что подкрепляется также результатами структурных и электрофизических исследований. При проверке теории взаимодействия фононов с точечными дефектами задача упрощается тем обстоятельством, что в результате частичного замещения атомов индия атомами лантанида в соединениях $TIInX_2$ природа межатомных связей остается совершенно без изменения, так как атомы замещения изовалентны между собой и существенно различаются по массе. Таким образом, указанная модель ближе в той идеализированной модели, где локальные изменения плотности в решетки не сопровождаются соответствующим (локальным) изменением упругих свойств. Результаты интерпретированы в рамках теории, учитывающей роли трех фононных процессов переброса (U-процессов) и нормальных процессов (N-процессов), а также точечных дефектов в рассеянии фононов, приведены результаты исследования термоэлектрических свойств указанных соединений и твердых растворов, построены « состав-тепловые свойства» систем $TIInS_2(Se_2,Te_2)$- $TILnS_2(Se_2,Te_2)$.

Установлено, что в интервале температур 80-450 К в рассеянии фононов в указанных соединениях основную роль играют трехфононные процессы переброса (U–процессы), а в твердых растворах одновременно с

U– процессами активную роль играют нормальные процессы (N–процессы) и рассеяние на точечных дефектах.

Нами конструирован совершенно новый системой регистрации и передачи удлинения, позволяющий проводить измерения по тепловому расширению и изометрической сжимаемости твердых тел в широком интервале температур, приведены результаты исследования теплового расширения и изотермической сжимаемости соединений и твердых растворов систем $TIInS_2(Se_2,Te_2)$- $TILnS_2(Se_2,Te_2)$ [8].

Разработанная принципиальная схема регистрации удлинения, состоящая из колебательного контура генератора и усилителя высокой частоты на одним транзисторе имела некоторые недостатки. В частности, в ней не было надежного согласования между выходом схемы и входом цифровых измерительных приборов и имело место отрицательное влияние синусоидальных колебаний на работу цифровых частотомеров. Поэтому для устранения этих недостатков в схему был введен дополнительный преобразователь синусоидальных колебаний в цифровой. Он состоит и трех элементов «и-не». Первый элемент микросхемы выполнен как пороговый усилитель, выход которого является цифровым. В дальнейшем сигнал проходит через два элемента «и-не» и окончательно формировавшись, поступает на вход цифрового частотомера. Плавному и равномерному изменению температуры всех частей образца. При 4,2-77,3К температура образца измерялась угольным термометром сопротивления, а при 77,3-400К медьконстантановой термопарой. Для надежности измерений брались три пары термопар, которые приклеивались к верхней, средней и нижней частям образца. Затем образец приклеивают к концу толкателя в нужном положении, откачивают установку и в сосуд Дьюара заливают жидкий азот, после чего частотомером измеряется частота колебаний в системе регистрации удлинения и это положения фиксируется. Затем с помощью нагревателя изменяется температура образца. В результате теплового расширения образца ферритовый стержень еще больше в катушку и ее индуктивность возрастает, а это приводит к уменьшению частоты колебаний в колебательном контуре, что регистрируется частотомером. Таким образом, определение изменения длины образца с температурой сводится к изменению величины соответствующего изменения частоты в системе регистрации удлинения при данной разности температур.

Результаты вычислений показали, что с ростом содержания лантанида в составах твердых растворов уменьшается температура Дебая, а среднеквадратичное динамическое смещение атомов в кристаллической решетке, модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона и скорость распространения продольных ультразвуковых волн увеличиваются. Это связано с тем, что при образовании тройных соединений $TIInX_2$ в химической связи от каждого атома индия участвуют три электрона. При этом часть этих электронов, находящихся в коллективизированном состоянии, смещается к оставам атомов халькогена, а часть их остается в локализованном виде в окрестностях атомов индия и участвует в образовании ковалентной связи.

Список литературы

1. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. Изд. Мир. Москва 1974. с. 376
2. Hahn H., Weltman B. Üderternare chalkogenide des Thalliums mit Gallium und Indium // Natur wissenschaften, v.54, №2, pp.42
3. Müller D., Eulenberger G.und Hahn H. Uber ternare Thalliumchalkogenide mit thalliums-Selenid-struktur // Z.anorg.allg. chem 1973.v.398, №2, pp. 207-220
4. Guseinov G.D., Mooser E., Kerimova E. M.et.al. On Some properties of $TIInS_2(Se_2,Te_2)$ syngle crystals // Phys.Stat. Sol., 1969, v.34. pp. 33- 44
5. Годжаев Э. М., Зарбалиев М. М., Рзаева К. М. и др. Получение четверных сплавов типа $TISe$ с редкоземельными элементами. Журнал. Физ. химии. 1975. Т. 49. с. 2458-2459.
6. Годжаев Э. М. Структура электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе SP- и $4f$- элементов. Диссертация ... докт. физ. мат. наук. Баку, ФНАН Азерб. ССР, 1985, с. 361.
7. Зарбалиев М. М. Твердые растворы замещения в системе $TIInTe_2 - TIYbTe_2$. Неорганические материалы. 35. (1999). с. 560-564.
8. Зарбалиев М. М. Явления переноса заряда и тепла в системах. $TIInS_2(Se_2,Te_2) - TILnS_2(Se_2,Te_2)$. Диссертация доктора физ.мат. наук. 2001. БГУ. с. 285.
9. Алиев Ф. Ф., Юзбашов Э. Р., Эминова В. И., Пашаев Г. П., Агаева У. М., Зарбалиев М. М. Термоэлектрические свойства $TIIn_{1-x}Yb_xTe_2(0 \leq x \leq 0{,}10)$. Известия НАНА. Серия техн-и. Физика и астрономия. 2017. №2.с. 49-55.
10. Касимов Ф.Д. Полупроводниковые аналоги индуктивности. Труды пятой межд.научно-технич.конф. МЭПП,декабрь 2005,с.11-13
11. Касимов Ф.Д., Филинюк Н.А. Негатроника 20 лет спустя. Материалы МНТК, посвященной 70-летию акад.А.Ш. Мехтиева, Баку, декабрь 2004,с.381-383
12. Годжаев Э. М., Зарбалиев М.М. Эффект переключения в сплавах систем $TlInTe_2$-$TlLn\ Te_2$. Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1979. Т.15. № 9, с. 1558-1560.
13. Алиев Ф. Ф., Юзбашов Э. Р., Эминова В. И., Пашаев Г. П., Агаева У. М., Зарбалиев М. М. Термоэлектрические свойства $TIIn_{1-x}Yb_xTe_2(0 \leq x \leq 0{,}10)$. Известия НАНА. Серия техн-и. Физика и астрономия. 2017. №2. с. 49-55.
14. Зарбалиев М. М. Твердые растворы замещения в системе $TlInTe_2$-$TlYbTe_2$. Российская АН. Неорганические материалы. 1999.Т.35. №5. с. 560-564.
15. Зарбалиев М. М. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Te_2YbS_2$. Российская АН. Неорганические материалы. 2000.Т.36. №5. с. 619-623.

МАГНИТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДОВ 3*d*-ЭЛЕМЕНТОВ

[1]Асадов М.М, [2]Зарбалиев М. М, [3]Рагимов Р.Н., [4]Янушкевич К.И.

[1]Институт катализа и неорганической химии НАН Азербайджана,

[2]Сумгаитский государственный университет,

[3]Институт физики НАН Азербайджана

[4]Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению,

kazimir@ifttp.bas-net.by

Введение

Синтез полупроводниковых композиционных материалов сложного состава, одна из компонент которых обладает магнитным упорядочением, является актуальной задачей физики конденсированного состояния по причине востребованности таких материалов электронной промышленностью. Соединения на основе серы, селена, теллура и *3d*-элементов периодической таблицы Д.И.Менделеева, носящих общее название халькогениды переходных металлов применяют в технических устройствах и в химической промышленности. Интерес к халькогенидам *3d*-элементов обусловлен тем, что в них реализуются практически все известные типы магнитного упорядочения и электрической проводимости. Халькогениды переходных металлов, обладающие фазовыми превращениями «магнитный порядок - магнитный беспорядок», «полупроводник - металл», перспективны для использования их в качестве инжекторов спин - поляризованных электронов [1,2].

В ряду новых синтезируемых веществ важной составляющей являются твердые растворы и композиционные материалы [3-5]. Синтез твердых растворов с некоторой долей предсказуемости позволяет получать вещества с необходимыми характеристиками для нужд микроэлектроники и химии. Свойства магнитных полупроводников, как правило, обусловлены сложным характером взаимодействия *s*- либо *d*- носителей заряда с магнитными моментами незаполненных *d*- либо *f*-электронных оболочек ионов металла, образующих магнитную подрешетку. Взаимосвязь магнитной и проводящей подсистем создаёт условия для изменения величин их характеристик при воздействии внешних магнитных полей, что невозможно для полупроводниковых материалов, не обладающих магнитным упорядочением с необходимыми величинами удельной намагниченности.

Магнитные свойства твердых растворов халькогенидных систем

Магнитные полупроводники на основе халькогенидов *3d*-элементов обладают небольшими величинами удельной намагниченности (от десятых долей до десятков единиц $Emu/gram \approx A \cdot m^2/kg = Гаусс \cdot см^3/г$). В качестве примера диапазона удельных намагниченностей халькоген содержащих материалов на рис.1-2 приведены температурные зависимости удельной намагниченности твердых растворов систем $Fe_xMn_{1-x}S$ и $Mn_{1-x}Cr_xTe$ [1, 2]. Гамильтонианы, используемые для интерпретации магнитных свойств халькогенидных систем, достаточно сложны. На примере твердых растворов $Fe_xMn_{1-x}S$ гамильтониан можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} H = &- \sum_{\alpha,\beta=A,B} I_{\alpha\beta} \sum_{ih} P_\alpha(i) P_\beta(i+h) \vec{S}_\alpha(i) \vec{S}_\beta(i+h) - \\ &- \sum_{\alpha,\beta=A,B} K_{\alpha\beta} \sum_{ih} P_\alpha(i) P_\beta(i+\Delta) \vec{S}_\alpha(i) \vec{S}_\beta(i+\Delta) - \\ &- \sum_{\alpha} D_\alpha \sum_{i} P_\alpha(i) [S_\alpha^z(i)]^2 - \sum_{\alpha} H \sum_{i} P_\alpha(i) S_\alpha^z(i), \end{aligned} \qquad (1)$$

для модели случайных узлов с обменными магнитными взаимодействиями в 1-ой и 2-ой координационных сферах и конкурирующими анизотропиями, где $I_{\alpha\beta}$ и $K_{\alpha\beta}$ - константы обменного взаимодействия между ближайшими и следующими за ближайшими соседями. $\vec{S} = \tilde{\vec{S}} / \sqrt{S_0(1+S_0)}$ - нормированный классический спин, локализованный в узле решетки, $d_\alpha = D_\alpha / I_{AA}$ - случайная константа анизотропии типа "легкая ось" $(d_{\|})$ для атомов сорта *A* и типа "легкая плоскость" $(d_\perp)$ для атомов сорта *B*; *H* –напряженность внешнего магнитного поля. Оператор проектирования $P_\alpha(i)$ равен единице на узле, занятом спином S_α, и нулю в прочих случаях. Решение задач моделирования методом Монте-Карло дает хорошее согласие результатов эксперимента и расчетов.

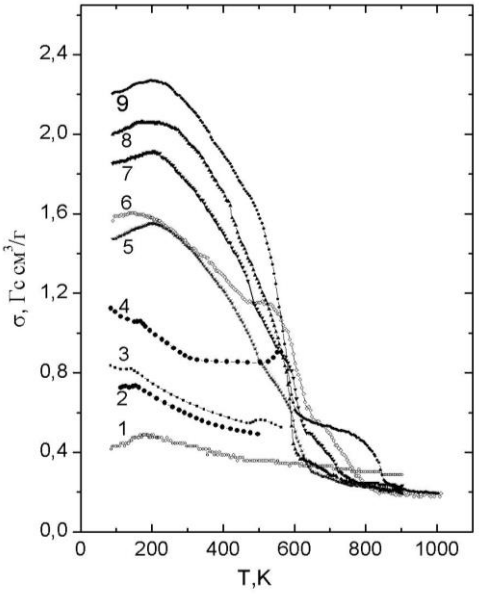


Рис.1.Температурные зависимости намагниченности системы $Fe_xMn_{1-x}S$ в поле *H* = 8,6 кЭ для составов *x*: 0 (1) *α-MnS* монокристалл, 0 (2) *α-MnS* поликристалл, 0,05 (3), 0,15 (4), 0,25 (5), 0,29 (6), 0,27 (7), 0,32 (8), 0,38 (9).

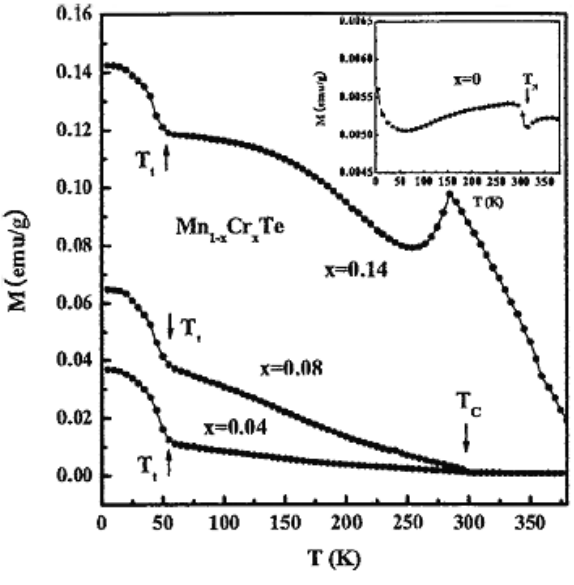


Рис.2. Температурные зависимости удельной намагниченности твердых растворов $Mn_{1-x}Cr_xTe$ концентрации *x*= 0,04; 0,08; 0,14.

Особенности электрических свойств магнитных полупроводников халькоген содержащих материалов

Одним из эффективных методов исследования механизмов проводимости в магнитных полупроводниках является эффект Холла, который позволяет определить тип, концентрацию и подвижность носителей заряда. На рис.3 представлены температурные зависимости постоянной Холла (*а*), подвижности (*б*) и концентрации носителей заряда (*с*) $Fe_xMn_{1-x}S$ (x=0,29) в разных магнитных полях *H*: 5 кЭ (1), 10кЭ (2), 15кЭ (3), а на рис.4 полевые зависимости удельного электросопротивления (*а*), концентрации носителей заряда (*б*), и намагниченности (*с*) этого же состава при 160 К.

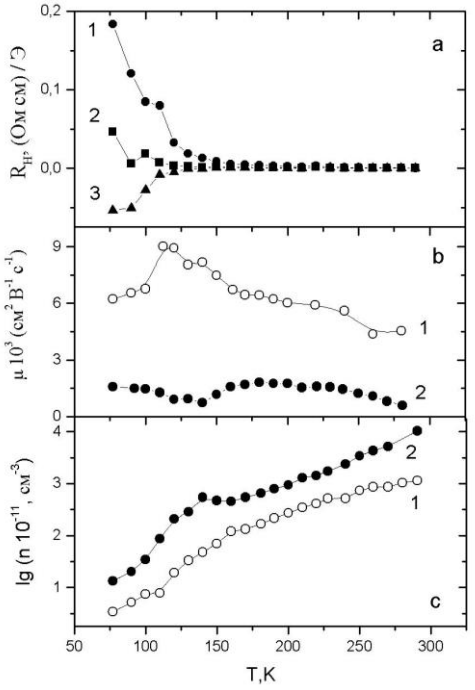


Рис.3. Температурные зависимости постоян-ой Холла (a), подвижности (b) и концентрации носителей заряда (c) системы $Fe_xMn_{1-x}S$ ($x \sim 0{,}29$) в полях *H*: 5 кЭ (1), 10 кЭ (2), 15 кЭ (3).

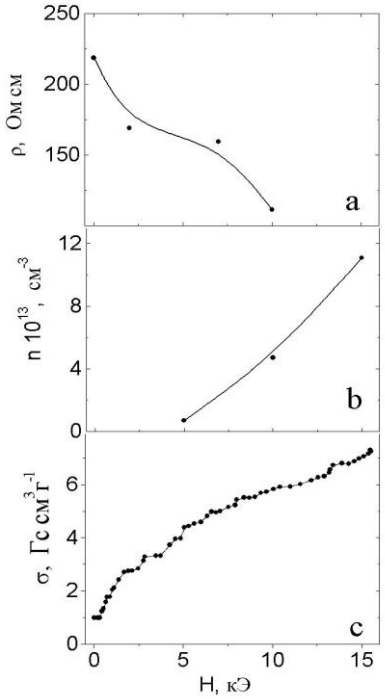


Рис.4. Полевые зависимости удельного электросопротивления (a), концентрации носителей заряда (b) и намагниченности (c) для $Fe_xMn_{1-x}S$ ($x \sim 0{,}29$) при $T = 160$ К.

На основании данных эксперимента, представленных на рис.3 и рис.4 можно сделать вывод, что для $Fe_xMn_{1-x}S$ с концентрацией $x \le 0{,}25$ характерен *p*-тип проводимости с низкими значениями подвижности. При увеличении концентрации железа в заданном магнитном поле подвижность носителей заряда увеличивается, достигая максимального значения для состава $x \sim 0{,}29$ ($\mu \sim 10^4$ см^{2}В$^{-1}$с$^{-1}$ в магнитном поле 5 кЭ при $T \sim 120$ К). При этом концентрация *p*-носителей уменьшается для составов $0 \le x \le 0{,}29$ от 10^{18} см$^{-3}$ до 10^{13} см$^{-3}$. Следует отметить, что результаты изучения температурных зависимостей коэффициента термоЭДС твердых растворов $Mn_{1-x}Fe_xSe$, $Mn_{1-x}Cr_xSe$, $Mn_{1-x}Cr_xTe$, $(FeSe)_{0.96}(GeTe)_{0.04}$, $Mn_{1-x}Gd_xSe$, $Mn_{1-x}Yb_xS$, $MnSe_{1-x}Te_x$ при низких температурах также показывают на наличие *p*- типа проводимости. Важной составляющей свойств исследованных составов магнитных полупроводников является проявление у большинства составов эффекта магнетосопротивления достаточной величины для использования в практических целях.

Исследования свойств магнитных полупроводников поддерживаются Фондом развития науки при Президенте Республики Азербайджан (грант EİF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/05/1) и ФФИ Республики Беларусь (проект T18Аз-029) .

Список литературы

1.С.С. Аплеснин, О.Б. Романова, О.Ф. Демиденко, К.И. Янушкевич/ Магнитные фазовые переходы и кинетические свойства халькогенидов 3d-металлов// (монография) – СибГАУ, Красноярск, 2017. – 208 с. ISBN 978-5-86433-713-4

2. Янушкевич К.И. Твердые растворы монохалькогенидов *3d*-металлов –Минск.: 2009 – 229 с.

3.Асадов М.М., Алиев О.М., Гасанова У.А., Никитов С.А, Янушкевич К.И. / Материаловедческие основы разработки перспективных магнитных материалов систем FeS–PbS–In_2S_3 (Ga_2S_3) // Материалы конференции «Актуальные проблемы физики твердого тела».- Минск, 2018, сентябрь

3.М.М.Асадов, О.Ф.Демиденко, А.И.Галяс, Г.И.Маковецкий, Ф.М.Мамедов, К.И.Янушкевич, Ю.А.Федотова, В.Г.Баев. Синтез и свойства $(FeSe)_{0.96}(GeTe)_{0.04}$ // Сборник докладов XIV НКРК 2010 и IV Международной конференции «Кристаллофизика XXI века», Москва, Институт Кристаллофизики РАН, 6-10 XII 2010 года, Том.1, С.273.

4.И.Х.Мамедов, К.И.Янушкевич, М.И.Алиев, Д.Г.Араслы, Р.Н.Рагимов, А.А.Халилова, А.И. Галяс. Магнитные свойства эвтэктики GaSb-$FeGa_{1.3}$ // Azərbaycan milli elmlər akademiyasinin xəbərləri – Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya (Доклады академии наук Азербайджана) 2013, том XXXIII, №5, С.26-30

5.Ф. К. Алескеров, С. Ш. Кахраманов, М. М. Асадов, К. Ш. Кахраманов Формирование наноструктур примесей на поверхности (0001) $Bi_2Te_{2.96}Se_{0.04}$ <Ag> и Bi_2Te_3<Ni> // Конденсированные среды и межфазные границы, Том 11, № 4, С. 277—2795.

I BÖLMƏ

ELEKTRON TEXNİKASININ MATERİALLARI VƏ TEXNOLOGİYALARI

I СЕКЦИЯ
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

PART II
MATERİALS AND TECHNOLOGIES OF ELECTRONIC TECHNIQUES

POLİPROPİLEN/Na^+-MONTMORİLLONİT TİPLİ NANOGİL ƏSASLI KOMPOZİTLƏRİN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ

[1]Məmmədova R. L., [2]Məhərrəmov A. M., [3]Şahsuvarova Q. Ə., [4]Ayvazova Z. N.

[1, 3, 4]Sumqayıt Dövlət Universiteti

[2]AMEA, Radiasiya Problemləri İnstitutu

Son illərdə yeni nanomaterialların sintezinə maraq daha da artıb, belə ki, böyük xususi səthə malik nanodoldurucuların kicik ölcüyə malik olması səthin effektiv sahəsinin artmasına gətirib cixarmalıdır. [1]. Yüksək sıxlıqlı polietilen və yaxud polipropilen(PP) və onlar əsasında alınan kompozitlər sabit dielektrik parametrlərinə (ε və tgδ) malik olmalıdırlar. Bundan başqa polimer kompozitlər eyni zamanda zərbəyə və şaxtaya davamlı olmalıdır. Ekstremal rejimlərdə istismar edilən kompozitlərin yaşama müddəti həmcinin fazalar arası qarşılıqlı təsirin öyrənilməsində vacib əhəmiyyət kəsb edir [2,3].

Yüksək istismar xüsusiyyətlərinə malik yeni polimer qarışıqlarının yaranması oblastındakı uğurlar çox vaxt polimer-polimer və polimer-doldurucu fazaları arasındakı təbəqənin qalınlığından (δ) və quruluşundan asılı olur[1-2]. Polimerlərlə doldurulmuş və aşılanmış polimer qarışıqların və bloksopolimerlərin mexaniki, möhkəmlik, elektroaktivlik, relaksasiya və s. xüsusiyyətlərin öyrənilməsi üzrə aparılmış cox sayda eksperimental göstəricilər öz izahını, fazalar arası təbəqənin olması fikri ilə izahını tapmışdır. Belə hesab olunur ki, fazalar arasi təbəqələr oblastında polimerlərin komponentləri seqmentlər səvyyəsində "həll olurlar" və onlarda C-C əlaqəli coxlu sayda seqmentli makromolekulun və üstmolekulyar quruluşun digər yeni konformasiya səviyyələri formalaşır. PP-nə doldurucuların daxil edilməsi ilə elektroaktiv olaraq xasələrinin yaxşılşdırılması əsasən iki vəziyyət ilə əlaqəlidir: birincisi doldurucuların zərrəcikləri quruluşəmələgətirən mərkəz rolunu oynayır və ikinci-polimer doldurucu sərhədyanı təbəqəsi xüsusi yükdaşıyıcıların stabilləşdiyi müxtəlif tələlər zəbt olunma mərkəzləri rolunu oynayır.[4-8].

Bundan başqa qeyd etmək lazımdır ki, PP+Na^+-montmorillonit nanokompozitlərində dielektrik xarakteristikaları, elektrik keçiriciliyi, polyarlaşma və relaksasiya prosesləri dəyişən cərəyanda az öyrənilmişdir.

İşin məqsədi polipropilen əsaslı Na^+-montmorillonit PP/Na^+MMT kompozitlərdə dielektrik relaksasiya proseslərini tədqiq etməkdir.

PP və Na^+MMT –5-7 nm ölçülü komponentlərindən müxtəlif wt% nisbətində qarışıqlar hazırlanmış və sonra isti presləmə metodu ilə polimer matrisanın ərimə temperaturunda 15 MPa təzyiq altında 10-dəq ərzində saxlandıqdan sonra 30dər/san-sürətilə, buz-su qarışığında yerləşdirilməklə soyudulmuşdur.

Dielektrik ölçmələr E7-20 cihazı vasitəsilə 10^6-Hs tezliyə qədər aparılmışdır. tgδ(T) və ε(T)-temperatur asılılığı 2dər/dəq sürətilə, temperaturu tədricən qaldıraraq alınmışdır. İYT sahələrdə tgδ və ε-parametrləri 12723-77 standartları üzrə təyin olunmuşdur [2].

PP və Na^+-montmorillonit əsaslı nano kompozit nümunələri ücün ε və tgδ- nın qiymətləri müxtəlif düsturlrla da hesablanmışdır və nəticələr təcrübi qiymətlərlə müqayisə edilmişdir:

-Odelevski düsturu ilə [8].

$$\varepsilon = \varepsilon_2 \left[1 + \frac{y_1}{(1-y_1)/3 + \varepsilon_2/(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}\right] \quad (1)$$

ε_1 və ε_2- kompozitlərin dielektrik nüfuzluqları, y_1-nanodoldurucunun konsentrasiyasıdır.

$$\varepsilon_{nk} = \frac{\varepsilon+2}{3} \cdot \varepsilon\left(1 + \frac{1}{3}\frac{\varphi}{\varepsilon_0} \cdot \frac{d^2_{max}}{V_0 \cdot kT}\right) \quad (2)$$

Burada ϕ=0,03-0,05 wt%, d_{max}- dipol momentinin maksimal qiyməti, k- Bolsman sabiti, ε_0-dielektrik sabiti, $V_0=4/3\pi r^3$-sərbəst həcm.

Disk formalı doldurucularda isə [8]

$$\nu_1 \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon)} + \nu_2 \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon)}{(\varepsilon_2 + \varepsilon)} = 0 \quad (3)$$

ε_1 və ε_2- kompozitlərin dielektrik nüfuzluqları qiyməti, ν_1 və ν_2- kompzitdə komponentlərin miqdarıdır.

Cədvəl 1. PP/Na^+ - MMT nanokompozit nümunələrinin dielektrik nüfuzluğunun (ε) və dielektrik itgilərin tgδ,(10^{-3}) müxtəlif modellər üzrə təcrübi qiymətləri.

Na^+MMT-in PP-də tərkibi , wt%	Təcrübə		hesablama (1)-ilə	hesablama (2) -ilə	hesablama (3) -ilə	hesablama (4) -ilə
	ε	tgδ	ε_p	ε_p	ε_p	ε_p
0	2,30	0,57	-	-	-	-
3	2,86	2,15	4.30	4.26	2,36	2,46
10	4,10	2,34	3,89	4,25	2,47	2,48
20	3,74	2,63	3,84	3,93	2,65	2,65
30	3,46	3,52	3,45	3,51	2,84	2,94

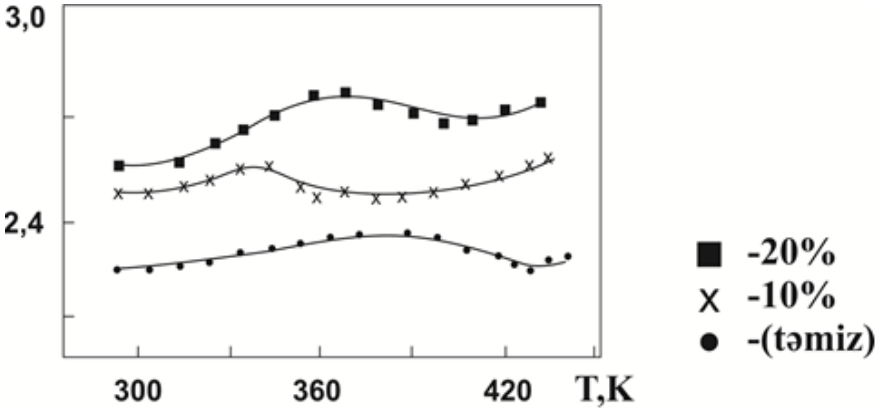
C-tutumunu və nümunələrin həndəsi ölçülərini bilməklə kompleks dielektrik nüfuzluğu ε- nun qiyməti müstəvi kondensatorun düsturu olan $\varepsilon=Cd/\varepsilon_0 S$-ilə hesablanır. Nanokompozitlərə tətbiq edilən elektrik sahəsinin tezliyi 25Hs-dən 10^6 –Hs-ə qədər, temperaturu isə t=20-50^0 C dəyişmişdir. Əldə olunmuş nəticələr kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin (ε) temperaturdan asılılığı şəkil 1-də verilmlşdir.

Əgər doldurucu metallik keçiriciliyə malikdirsə kompozisiyanın dielektrik nüfuzluğu ε_k Lixteneker düsturu ilə [6] hesablanır:

$$\log \varepsilon_к = y_1 \log \varepsilon_1 + y_2 \log \varepsilon_2 \quad (4)$$

Dielektrik nüfuzluğu və dielektrik itgilərinin temperatur asılılıqları şəkil 1-də verilmişdir.

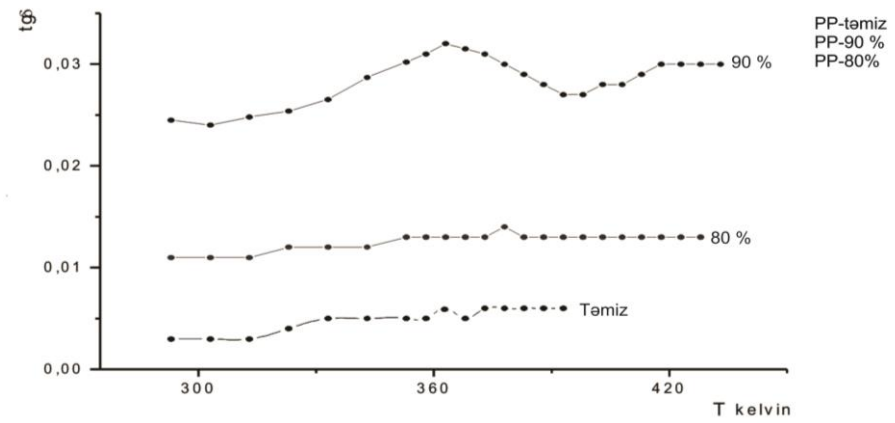
PP+ Na^+-MMT nanokompozitləri üçün ε və tgδ-nın tezlik və temperatur asılılıqları 300K-də alınmışdır. Şəkillərdən göründüyü kimi bu nümunələrdə, tezliyin artması ilə ε-nin qiymətində əhəmiyyətli dəyişiklik müşahidə edilmir. Tezliyin 10kHs-dən sonrakı artımı ilə ε-nin cüzi artımı hiss olunur. Aşağı tezliklədə dielektrik itgisinin bu xarakteri nanokompozitlərin ayri-ayri quruluş elementlərinin mütəhərrikliyinin kinetikası ilə əlaqədar ola bilər. Bu quruluş elementləri tezlik artdıqca relaksasiya proseslərində iştirak edə bilərlər.



Şəkil1.PP+Na^+-MMT-nanokompozitlərinin dielektrik nüfuzluğunun ν=1kHs-dəki temperatur asılılığı.

Qeyd edildiyi kimi, PP+Na^+MMT nanokompozit quruluşunda matrisanın ayrı ayrı yerlərində nanogil hissəciklərinin bir yerə toplanması baş verə bilər. Bu yığılmış hissəciklər–klasterlər PP matrisasında nizamsız paylanırlar. Onların həcmi miqdarı artdıqca klasterlərin sayı da artır. Alınan nümunələrin eni boyunca qapalı şəkildə düzülmüş klasterlərə aktiv müqavimət kimi baxmaq olar. Baxmayaraq ki, PP-yə nəzərən nanogil keciriciliyi cox yüksəkdir, hesab etmək olar ki, nanokompozitin müqaviməti nanogil hissəciklərinin öz aralarında bir-birinə toxunması ilə hesablana bilər. Bu klasterlər ε-nu az olan incə PP təbəqələri ilə əhatə olunmuşdur.

Təcrübələrdə müşahidə olunan elektrik möhkəmliyinin Na^+MMT –in miqdarından asılı olaraq azalması [11]faktı da göstərir ki, klasterlərin sərhədlərində dəyişən elektrik sahəsində sərbəst elektrik yüklərinin toplanması və yenidən paylanması olan Maksvell-Vaqner həcmi polyarlaşması baş verir. Elektrik möhkəmliyinin Na^+MMT –in miqdarından asılı olaraq azalmasını da bununla izah etmək olar. Bu cür yaranan həcmi polyarlaşma xarici elektrik sahəsi təsir etmədikdə nanokompozitin malik olduğu daxili elektrik sahəsini təhrif edir. Məlumdur ki, [5-10] daxili elektrik sahəsi aşağı tezliklərdə keciriciliyə uyğun, yüksək tezliklərdə isə dielektrik nüfuzluğuna görə paylanırlar. Deməli sahənin tezliyinin artması ilə ε-azalması nanogil klasterlərində yüksək daxili sahənin yaranması ilə izah oluna bilər.



Şəkil 2. PP+Na^+ MMT nanokompozitlərinin dielektrik itkisinin (tgδ) ν=1kHs-dəki (T) asılılıqları.

Nanokompozitlərin tgδ-nin tezlikdən asılılıq əyriləri [11] göstərir ki, $\nu=10^5$ Hs qiymətində maksimum müşahidə olunur. $\nu=10^2$ - 10^5 Hs tezlik aralığında nümunələrdə tgδ-nin qiymətinin artması hesabına müsbət dielektrik effekt müşahidə olunur. Tezliyin sonrakı artması ilə nanokompozitin quruluşunda fəza yüklərinin formalaşmasında ləngimələr olduğundan tgδ azalır. Relaksasiya itgisi müxtəlif dərəcədə hərəkətliliyə malik olan nanokompozit materialların quruluş elementləri ilə bir sıra aşağı molekullu birləşmələr, CO polyar qrupların əmələ gəlməsi ilə əlaqəli baş verə bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Магеррамов А.М. Структурное и радиационное модифицирование электретных, пьезоелектрических свойств полимерных композитов. Баку, Элм, 2011,с. 81-88.

2. Рустамова Д.Ф., Магеррамов А.М., Багирбеков Х.В., Нуриев М.А. Диэлектрические свойства и особенности радиотермолюминеценции высоконаполненных композиций полипропилен // α-Al_2O_3. Электронная обработка материалов. 2013, 49(2), стр.87-90.

3. Багирбеков Х.В., Чеботаревский А. Э., Магеррамов А.М., Абдуллаева А. И. О структуре межфазных слоев и особенности радиотермолюминеценции композиций полиэтилена с дивинилстирольным блоксополимером ДСТ-50. Проблемы энергетики, 2011,№4. с.44-51.

4. Магомедов Г.М., Хаширова С.Ю., Рамазанов Ф.К., Микитаев А.К. Релаксационные свойства и структура полимерных нанокомпозитов на основе модифицированных органоглин // Высокомолекулярные соединения, сер.А, т.56, 2014, №5, с.542-552.

5. Ализаде Р.А. Диэлектрическая проницаемость нанокомпозитов на основе наночастиц магнетита и полимерной матрицы (коллаген, полистирол) // Phuzical chem. 2010., v. 84,№9, p.1722-1727.

6. Магеррамов А.М., Рустамова Д.Ф. Диэлектрические и электретные свойства нанокомпозитов полиэтилен Fe_3O_4, закристаллизованных в постоянном магнитном поле. // Перспективные материалы ,2016,№3,с.27-34.

7. Magerramov A. M. Safarov N.Y. Electrification and electret properties of polymer mixtures // Turk.J.of Phus.,1996, v.20, №12,pp.250-255.

8. Сажин Б. И., Лобанов А.М., Романовская О.С. и др. Электрические свойства полимеров. Под. Ред. Сажина Б.И. Л.: Химия, 1986. 80-127 с.

9. Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов. М.: Энергоиздат, 1982.165-195 с.

10. Гочжун Цаоин Ван. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойсва и применение. Научный Мир, 2012, 515 с.

11.Hadıyeva A.Ə., PP+ D_{k1} nanogil əsaslı kompozitlərin quruluşunun onların möhkəmlik və elektrofiziki xassələrinə təsiri, Dissertasiya işi, Bakı, BDU, 2015, 153 səh.

12.Иванюков Д.В. Фридман М. Л. Полипропилен. М.: Химия, 1974, с.124-165.

13.Мамедова Р.Л., Магеррамов А.М., Исмаилов И.М. Температурный гистерезис диэлектрической проницаемости нанокомпозитов на основе Na^+- монтмриллонит и полипропилена /Intern.scient.and peact.conf.Devodet to 80th anniver of T.M.Panahov, Baku, 2016.

$Cu_{1.80}Cr_xS$ SİSTEMİ MONOKRİSTALLARININ ALINMASI VƏ RENTGENOQRAFİK TƏDQİQİ (X=O.O3, 0.O6, 0.09 at. *%)*

***Qasımov* H.B., Rzayev R.M.**

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC)

$Cu_{2-x}S$ qeyri- stexiometrik sisteminin birləşmələri: $Cu_{1.96}S$ –yurlit, $Cu_{1.80}S$ -digenit, $Cu_{1.75}S$ –anilit üçün çoxfazalılıq və polimorfizm xarakterikdir [1,2]. Otaq temperaturunda bu birləşmələrin kristalları isə ikifazalıdır. Bu fazalardan biri: $Cu_{1.96}S$ –yurlit fazası, o biri isə $Cu_{1.75}S$ –fazasıdır [3]. Bu fazalar üçün aşagıdakı elementar kristal qəfəs parametrləri müəyyən edilmişdir: a=7.89Å, b=7.84Å ,c=11.01Å, F.qr.Pnma, z=4 ortorombik quruluşda kristallaşan $Cu_{1.75}S$ - anilit üçün; a=26.897Å, b=15.745Å, c=13.565Å, F.qr.P2/n, z=8 $Cu_{31}S_{16}$ monoklin quruluşda kristallaşan $Cu_{1.96}S$ –yurlit üçün [1,2]. $Cu_{2-x}S$ sistemi kristalları 293÷593K temperatur intervalında qeyri stabildirlər və bir neçə faza keçidinə məruz qalırlar [4]. Otaq temperaturunda hər iki fazaya aid olan üzdən mərkəzləşmiş yüksək temperatur kub $(ÜMK)_1$və($ÜMK)_2$ fazaları metastabil formada uzun müddət qalır.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün kimyəvi cəhətdən yüksək təmizliyə malik olan Cu, Cr və S kimyəvi elementləri məlum stexiometrik nisbətdə (x=0.03, 0.06, 0.09 at.%) çəkilərək kvars ampulaya doldurulmuş, 10^{-2} mm.civə süt. həddində vakuum yaradilaraq, birbaşa əridilmə üsulu ilə sintez edilmişdir. Sonra sintez edilmiş nümunələr xırdalanaraq monokristalın alınması üçün xüsusi kvars ampulaya doldurularaq Bridcman üsulu ilə alınmışdır. Alınmış $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi monokristalları (111) atom müstəviləri üzrə asanlıqla laylara ayrılır və onlardan alınan laueqrammalar onların tam monokrisal olduqlarını göstərir. Alınmış $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi monokristal nümunələrinin birfazalılıgını müəyyən etmək məqsədi ilə onlar toz halına salınmış və DSC-910, ADVNCE-8Dt ipli rentgendifraktometrinə əsasən rentgenfaza analizi aparılmışdır. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, alınmış monokristal nümunələr $Cu_{1.80}S$-digenit birləşməsi kimi ikifazalıdır. Bu fazalardan biri $Cu_{1.96}S$ – yurlit, o biri isə $Cu_{1.75}S$ - anilit fazasıdır.

Aparılan rentgenfaza analizinin nəticəsi cədvəl 1-də verilmişdir.Cədvəl 1-dən bu nümunələr üçün hesablanmış elementar kristal qəfəs parametrləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi kristal quruluşda əvəzedən və əvəzolunan metal ionlarının konsentrasiyası (x) artdıqca, $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristallarının elementar kristal qəfəs parametrləri də uyğun olaraq müəyyən qədər arartır. Bu isə kristal quruluşda izovalent əvəzedən Cr^{2+}- 0.83Å və əvəzolunan C_u^{2+}– 0.80Å metal ionlarının radiuslarının fərqli olması ilə əlaqləndirilir. İzovalent əvəzolunma zamanı əvəzedən və əvəzolunan metal ionlarının radiuslarının fərqi 3.75 % təşkil edir və elementar kristal qəfəsin elektroneytrallığı pozulmur. Göründüyü kimi, bu fərq izovalent izomorfizmin yaranma şərti (Qoldşmid şərti) daxilindədir (15%).

$Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristallarının poroşkoqramlarının hesabatı.

CuK_α-şüalanma, λ=1.5418Å, 40kv, 40mA, T=293K

Cədvəl 1

№	$Cu_{1.80}S$	0.03	0.06	0.09	$Cu_{1.75}S$ – faza		$Cu_{1.96}S$ - faza		$(ÜMK)_1$-faza		$(ÜMK)_2$-faza	
	$d_{təc}$.Å	$d_{təc}$.Å	$d_{təc}$.Å	$d_{təc}$.Å	$d_{nəz}$..Å	hkl	$d_{nəz}$.Å	hkl	$d_{nəz}$.Å	hkl	$d_{nəz}$.Å	hkl
1	3.3470	3.3510	3.3550	3.3593	3.3447	121	-	-	-	-	-	-
2	3.2204	3.2242	3.2280	3.2319	-	-	-	-	-	-	3.2242	111
3	3.2058	3.2090	3.2128	3.2166	3.1932	202	3.1938	333	3.2070	111	-	-
4	2.7712	2.7743	2.7771	2.7799	2.7679	004	2.7855	234	-	-	-	-
5	2.6931	2.6957	2.6984	2.7010	2.6870	203	2.6997	10.0.0	-	-	-	-
6	2.1398	2.1430	2.1463	2.1495	2.1372	231	2.1349	072	-	-	-	-
7	1.9703	1.9730	1.9757	1.9784	1.9606	400	1.9681	080	-	-	-	-
8	1.7586	1.7606	1.7628	1.7649	1.7568	332	1.7540	437	-	-	-	-
9	1.6990	1.7098	1.7117	1.7137	1.6960	413	1.6956	292	-	-	-	-
10	1.6130	1.6148	1.6165	1.6182	-	-	1.6145	675	-	-	1.6121	222
11	1.6010	1.6027	1.6044	1.6061	1.5966	404	1.5991	666	1.6035	222	-	-
12	1.3901	1.3924	1.3937	1.3955	1.3903	440	1.4005	0.11.2	-	-	-	-
13	1.1371	1.1385	1.1400	1.1414	1.1357	624	1.1350	5.7.10	1.1306	422	-	-
14	1.1210	1.1227	1.1244	1.1261	1.1200	070	1.1206	9.11.6	-	-	-	-
15	1.0708	1.0717	1.0799	1.0808	1.0733	545	1.0739	9.11.7	-	-	1.0740	333
16	1.0667	1.0681	1.0695	1.0710	1.0666	606	1.0661	999	1.0660	333	-	-

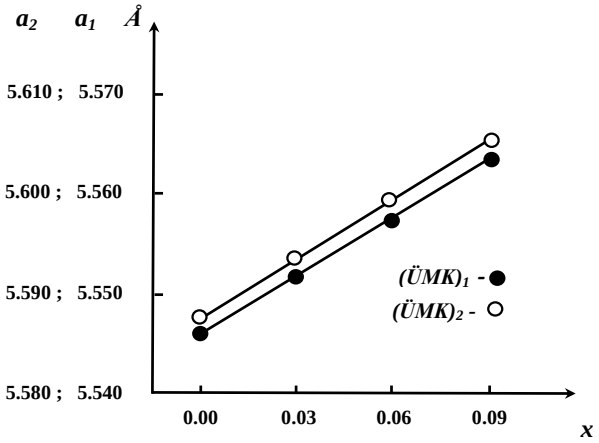
$Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristallarının üzdən mərkəzləşmiş kub fazalarının kristal qəfəs parametrləri. CuK_α-şüalanma, λ=1.5418Å, 40kv, 40mA, T=293K

Cədvəl 2

a,b,c, Å	$Cu_{1.80}Cr_xS$								T,K
	$Cu_{1.75}S$-anilit				$Cu_{1.96}S$-yurlit				
	x=0.00	x=0.03	x=0.06	x=0.09	x=0.00	x=0.03	x=0.06	x=0.09	
a	7.8812	7.892	7.9028	7.9136	26.931	26.957	26.984	27.010	293
b	7.847	7.8589	7.8708	7.8827	15.7624	15.784	15.8056	15.8272	
c	11.0848	11.0972	11.1084	11.1196	13.592	13.6784	13.6936	13.7096	
a,Å	$(ÜMK)_1$-faza				$(ÜMK)_2$-faza				
a	5.5460	5.5519	5.5578	5.5637	5.5876	5.5938	5.5997	5.6056	
(ÜMK)-faza									500
a,Å	5.6330								

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, x-in artması ilə $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristallarının difraksiya xətlərinin sayı, eləcə də elementar kristal qəfəsdəki molekulların sayı dəyişmir. Lakin bu zaman müəyyən difraksiya xətlərinin (xüsusi ilə quruluşca həssas olan) intensivliyində ya azalma, yaxud da artma müşahidə olunur. Bu onu göstərir ki, alınmış $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristalları bərk məhluldur və $Cu_{1.80}S$-digenit birləşməsi əsasında yaranır. Otaq temperaturunda $Cu_{1.75}S$ - anilit və $Cu_{1.96}S$ – yurlit fazalarının kristal qəfəs parametrlərinin x-dən asılılığı şəkil 1 və 2-də, kub $(ÜMK)_1$ və $(ÜMK)_2$ fazalarının kristal qəfəs parametrlərinin x-dən asılılığı isə şəkil 3-də verilmişdir.

Göründüyü kimi, hər iki halda kristal qəfəs parametrlərinin x-dən asılılığı xətti xarakterə malikdir. Güman etmək olar ki, əvəzedən izovalent C^{2+} metal ionlarının anilit və yurlit fazaları arasında statistik paylanmasında qanunauyğunluq olduğundan, C^{2+} metal ionları fazalar arasında fazalara uyğun mütənasibliklə paylanır. $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristallari, yəni $Cu_{1.75}S$ - anilit və $Cu_{1.96}S$ – yurlit fazaları, otaq temperaturunda metastabil formada mövcud olan $(ÜMK)_1$ və $(ÜMK)_2$ fazaları ilə birlikdə, bu fazalar üçün ümumi və yekun olan üzdənmərkəzləşmiş kub(ÜMK) fazasına keçdiyindən [2], bu fazanın kristal qəfəs parametri daha çox artır (cədvəl 2). $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi kristalları 293÷593K temperatur intevalında, $Cu_{1.80}S$ –digenit birləşməsində olduğu kimi, iki faza keçidinə məruz qalır. Bu faza keçidləri qarşılıqlı olmaqla monokristal-monokristal tip xarakteridir. x-in qiymətinin artması ilə faza keçid temperaturu artır.



Şəkil 3. $(ÜMK)_1$ və $(ÜMK)_2$ kub fazalarının kristal qəfəs parametrlərinin x-dən asılılığı

Aparılan rentgenoqrafik tədqiqat nəticəsində aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

- Bridcman metodu ilə alınmış $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi (x=0.03, 0.06, 0.09 at.%) monokristalları otaq temperaturunda iki fazalıdır. Bu fazalardan biri ortorombik quruluşda kristallaşan $Cu_{1.75}S$-anilit fazası, o biri isə monoklin quruluşda kristallaşan $Cu_{1.96}S$–yurlit fazasıdır.
- x-in qiymətinin artması ilə anilit və yurlit fazalarının və onların kub $(ÜMK)_1$ və $(ÜMK)_2$ fazalarının kristal qəfəs parametrləri xətti artır.
- $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi (x=0.03, 0.06, 0.09 at.%) monokristallarında 293÷593K temperatur intervalında iki faza keçidi baş verir (T_1=313K və T_2=493K). x-in qiymətinin artması ilə faza keçidləri temperaturu artır.
- alınmış $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi monokristalları bərk məhluldur və $Cu_{1.80}S$ –digenit birləşməsi əsasinda yaranır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Koto and N. Morimoto. The crustal structure of anilite. Acta Crust. 1970, B26, p.915-924.
2. Evans jr.H.T.The crustal structures of low chalcosite and djurlite. Zeitschrift fur kristallogr.,1970,150, p. 299-320.
3. M.A. Gezalov,G.B. Gasumov,Yu.G .Asadov,G.G. Guseinov and N.V. Belov. Structure transitions in digenite $Cu_{2-x}S(Cu_9S_5)$. Kristallogr.,1979, 24, ст.1223-1229.
4. H.B.Qasımov, N.E.Həsənov, R.M.Rzayev. $Cu_{2-x}S$ sistemi birləşmələrinin yüksək temperatur kub fazalarınının parametrlərinin x-dən asılılığının rentgenoqrafik tədqiqi (x=0.04; 0.010; 0.20; 0.25 at%). Bakı Universitetinin xəbərləri. 2017, №2, s.133-141

PULCUQ ƏLAVƏLİ BİOKOMPOZİTLƏRİN ALINMA TEXNOLOGİYASI VƏ BƏZİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

[1]Qocayev E. M., [2]Səlimova V.V., [3]Ağaliyeva M. R.

[1]Azərbaycan Texniki Universitet.[2,3] Sumqayıt Dövlət Universiteti

Elm və texnikanın sürətlə inkişaf etməsi mövcud materiallara olan tələbatları tam ödəyə bilmir. Bu səbəbdən də dövrümüzün aktual problemlərindən biri də yeni materialların axtarışı, tədqiqi və tətbiqolunma sahələrinin araşdırılması hesab edilir.

Bu boşluqları doldurmaq üçün son dövrlər polimerlərdən və onların əsasında kompozitlərdən geniş istifadə olunur. Bu materialar yaxşı dielektrik xassələrinə malik olmaları ilə yanaşı, kifayət qədər yüksək fiziki mexaniki və kimyəvi xassələrə də malikdirlər. Onlardan hər hansı məmulatın hazırlanması asan olur, xüsusi çəkiləri kiçikdir, qiymətləri cox ucuzdur. Bu xassələr toplusu bir sıra polimerlərdən müasir texnikanın müxtəlif sahələrində dielektrik kimi istifadə edilməsinə imkan verir. Lakin təmiz halda polimer materiallar tələbatları tam ödəyə bilmir. Polimerlərin istiliyə, radiasiya şüalanmalarına, rütubətliliyə davamlılığını artırmaq və fiziki mexaniki xarakteristikalarını yaxşılaşdırmaq üçün onları mövcud olan üsullarla modifikasiya edirlər. Modifikasiya etmənin ən effektiv üsulu polimer materiallarının müxtəlif maddələrlə doldurulması ilə yeni tərkibli kompozisiya materiallarının alınmasıdır.

Kompozit dedikdə iki və daha çox müxtəlif fazaların bu və ya digər texnoloji üsullarla bir – birinə qarışdırılması ilə alınan, xassələri nə matrisanın, nə də əlavənin xassəsinə bənzəməyən material nəzərdə tutulur.

Kompozit materiallarının alınmasında çalışılmalıdır ki, müəyyən əlavələr etməklə xüsusi dayanıqlı parametrlərə malik, kənar təsirlərə, o cümlədən, müxtəlif mənşəli şüalanmalara qarşı daha dözümlü və daha ucuz başa gələn kompozit materialları alınsın.

Kompozitlərin alınmasında çalışılır ki, doldurucunun matrisada paylanması kompozitin xassələrini idarə etməyə imkan versin, tələb olunan parametrləri yaxşılaşdırmağa xidmət etsin, təbii ehtiyatları çox olsun və qiymətləri ucuz olsun. Ancaq bu şərtlərin hamısının eyni zamanda ödəyən doldurucu seçmək, asan məsələ deyil.

Kompozitlər doldurucularının növünə görə metal, qeyri metal yarımkeçirici, üzvi birləşməli və bioloji mənşəli olmaqla bir neçə növə ayrılır.

Hazırda kompozit materiallarından məişət əşyalarının hazırlanmasından tutmuş müasir kosmik aparatların detallarının hazırlanmasına qədər geniş miqyasda istifadə olunur.

Son zamanlar biokompozitlərin alınaraq tədqiq olunmasına da xüsusi diqqət yetirilir. Qeyd edək ki, biokompozitlər bioloji mənşəli əlavələr edilməklə formalaşmış kompozit materiallardır. Bu tip materialları əksər hallarda canlı prosesdə iştirak edən canlı strukturlar kimi təsvir edirlər

Digər materiallardan fərqli oalraq biokompozitlər bir çox üstün cəhətlərə malikdirlər: bu materiallardan istifadə sağlamlığa müsbət təsir edir, təhlükəsizdir, çəkisi azdır, cəzbedici kənar görünüşə malikdir, aşağı sıxlığa, yəni qırılmaya və ya dağılmaya dözümlüdür və s. Ən əsas üstünlükləri isə ətraf mühitin çirklənməsinə az təsir edən materiallar olmalarıdır.

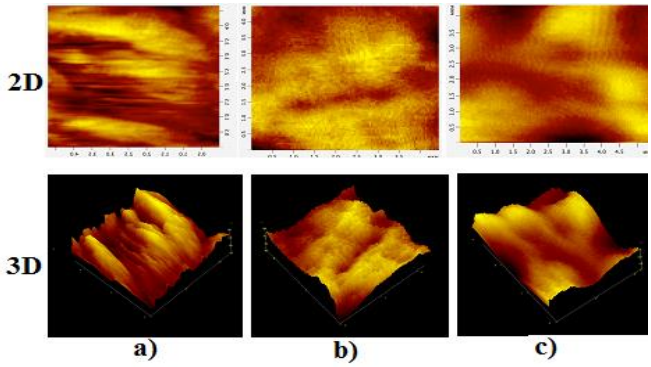
Biokompozitləri ağac, qeyri ağac və mineral mənşəli liflərə bölürlər. Qeyri ağac (təbii liflər) fiziki və mexaniki xassələrinə görə sənaye üçün daha cəzbedicidir. Bundan əlavə, onlar nisbətən uzun liflərdir, tərkiblərində seluloidin miqdarı çoxdur ki, bu da onların möhkəmliyini və dartılmaya davamlılığını artırır. Bununla yanaşı, təbii liflər bəzii çatışmamazlıqlara malikdirlər onların tərkiblərində OH hidroksil qrupu vardır ki, bu da su molekullarını özünə cəlb edə və lifin yox olmasına gətirə bilər. Bu, kompozitin sərhəddində boşluqlar yaradır, o da öz növbəsində, mexaniki xassələrə və ölçülərinin stabilliliyinə təsir edir. Ağac lifləri ona görə belə adlandırılır ki, onların tərkiblərinin təxminən 60% - i ağac elementlərindən təşkil olunur. Ağac mənşəli doldurucular misal olaraq ağac liflərini, bitki mənşəli liflərimisələn təbii rezini misal göstərmək olar. mineral mənşəli biokompozitlər azbest və digər minerallar əsasında alınan biokompozitlərdir.

Qeyri ağac mənşəli biokompozitlərə misal olaraq isə canlı orqanızmlərdən alınan dolduruculu biokompozitləri misal göstərə bilərik. Heyvan mənşəli doldurucular misal olaraq tük yun, ipək, bizim tədqiqatlarımızda isə pulcuğu göstərə bilərik.

Təqdim olunan işdə aşağı sıxlıqlı polietilenə pulcuğu əlavələr etməklə yeni tip kompozitlərin alınması, səthlərinin mikrostrukturlarının Atom qüvvə mikroskopu üsulu ilə tədqiqi rentgenofaza analizləri və bir sira xassələrinin tədqiqi barədə məlumatlar verilir. Nümunələr aşağıdakı texnologiya ilə alınmışdır.

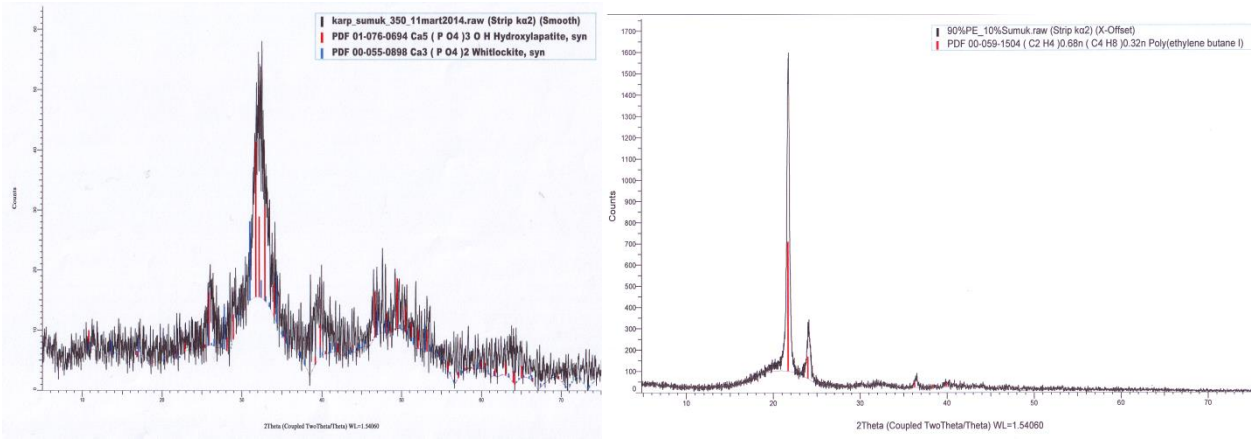
Əvvəlcə tədqiqatda doldurucu kimi istifadə olunması nəzərdə tutulan pulcuq müəyyən texnologiya ilə işlənilir. Onun səthi diqqətlə təmizlənir, qızdırıcı daxilinə yerləşdirilərək temperaturu tədricən 50^0C – yə qədər qaldırılır, həmin temperaturda 10 dəqiqə saxlandıqdan sonra soyudulur və qurudulmuş pulcuq xüsusi üyüdücü dəyirmanda toz halına salınır. Sonrakı mərhələdə üyüdülmüş pulcuq tozlarının ölçüləri, deşikləri 100mkm olan xüsusi ələk vasitəsilə təyin edilir. Kompozitlərin alınması üçün pulcuq tozundan hazırlanmış doldurucu və M-158 markalı aşağı sıxlıqlı polietilen matrisası stexiometriyaya uyğun olaraq tərəzidə çəkilir. Hazırlanmış polimer əlavə qarışığı, titrəmə üsulu ilə diqqətlə qarışdırıldıqdan sonra, alüminium folqa arasına yerləşdirilir, nümunələrin alınması üçün 10MPa təzyiqdə və 130^0C temperaturda pres altında sıxılır. Qarışıq həmin temperaturda və təzyiq altında 3 dəqiqə saxlanıldıqdan sonra təzyiq 15MPa qədər artırılır və qarışıq bu rejimdə əlavə daha 5 dəqiqə saxlanılır. Bu prosesdən sonra nümunələr ərimədə olan buzlu suda soyudulur və aluminium folqa arasından çıxarılır. Alınmış nümunələrin diametri 5 sm, qalınlığı 200mkm olmuşdur.

Alınmış ASPE+x.həcm%Bp kompozitlərin (x=3, 5, 7) səthlərinin mikrorelyefləri atom qüvvə mikroskopu (AQM) üsulu ilə alınmış nəticələri şəkil 1 - də verilmişdir.



Şəkil 1. Atom qüvvə mikroskopu (AQM) üsulu ilə ASPE+x.həcm%Bp kompozitlərinin 2D və 3D ölçüdə səthlərinin mikrorelyefləri x=3(a), x=5 (b), x=7(c).

Şəkil 2 - də balıq pulcuğunun müxtəlif temperaturlarda və onun əlavəsi ilə alınmış ASPE+10həcm%Bp kompozitinin otaq temperaturunda rentgenoqrammaları verilmişdir.



Şəkil 2. Balıq pulcuğunun müxtəlif temperaturlarda (a) və onun əlavəsi ilə alınmış ASPE+10həcm%Bp kompozitinin (b) otaq temperaturunda rentgenoqrammaları

Aşağı sıxlıqlı polietilenə balıq pulcuğu tozundan müxtəlif konsentrasiyalarda əlavələr etməklə alınmış nümunələrin qalınlığı 100 mkm olmuş, kontakt olaraq gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itgi bucağının tezlik asılılıqlarının tədqiqi E7 – 20 impedans ölçən rəqəmsal cihazdan istifadə edilmişdir. Nümunəyə verilən gərginlik 1V olmuşdur. Dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkisinin ölçülməsində yol verilən xətalar müvafi olaraq 3 və 5 % olmuşdur.

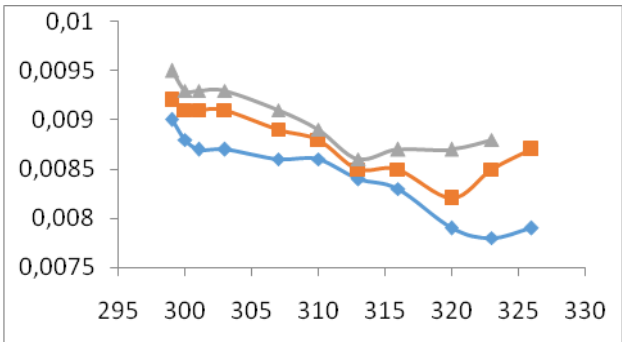
Aşağı sıxlıqlı polietilenə müəyyən nisbətdə balıq pulcuğu əlavə etməklə alınan (ASPE+xhəcm%Bp) kompozitlərinin dielektrik nüfuzluqlarının və dielektrik itki bucaqlarının tangenslərinin tədqiqləri əlavələrin miqdarının 3, 5, 7, 10 və 15 həcm% olduğu nümunələrdə 0-1MHs tezlik diapazonunda aparılmışdır. Tədqiqatın nəticələri şəkil 1 - də verilmişdir. Şəkil 1-dən göründüyü kimi təmiz polietilenin dielektrik nüfuzluğu 0 - 10^6 Hs tezlik diapazonunda praktiki olaraq sabit qalır, 500-1000kHs diapazonunda 13,6 –dan 14,3-ə qədər artır. Qeyd etmək lazımdır ki, kifayət qədər geniş tezlik diapazonunda tədqiq olunan kompozitlərin ε(ν) asılılıqlarında heç bir dispersiya müşahidə edilmir və dielektrik nüfuzluğu praktiki olaraq dəyişməz qalır. Təmiz polietilendə olduğu kimi tezliyin böyük qiymətlərində xarakterik olaraq dielektrik nüfuzluqları tezlik artdıqca artır. Yalnız tərkibində 15 həcm % Bp olan nümunənin dielektrik nüfuzluğunun göstərilən tezlik diapazonunda səlis olaraq artması müşahidə edilmişdir. Tərkibdə doldurucunun miqdarının artması ilə tədqiq olunan bütün tezlik diapazonunda dielektrik nüfuzluğunun artması aşkar edilmişdir. Belə ki, tezliyin 25Hs qiymətində 3, 5, 7, 10 və 15 həcm% Bp əlavəli kompozitlərin dielektrik nüfuzluqları müvafiq olaraq 12,8, 11,7, 10,23, 9,1, 6,33 olduğu halda, 500kHs tezlikdə 12,1, 10,86, 10,44, 9,49, 8,12, 1000 kHs tezlikdə isə 12,897, 11,617, 11,157, 10,151, 8,68 olur.

Aşağı sıxlıqlı polietilenə müəyyən nisbətdə balıq pulcuğu əlavə etməklə alınan (ASPE+xhəcm%Bp) kompozitlərinin əlavələrin miqdarının 3, 7, 10 həcm% olduğu nümunələrdə 300-325K temperatur diapazonunda dielektrik nüfuzluqlarının temperatur asılılıqlarının tədqiqləri də aparılmışdır. Temperaturdan asılı olaraq dielektrik nüfuzluğunun tərkibdən asılı olaraq artımı müşahidə edilmişdir (şəkil 3a).

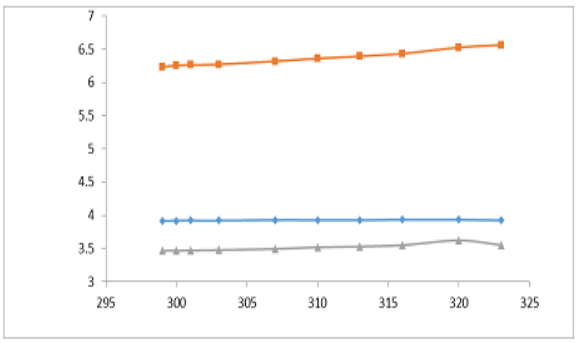
Qeyd olunan nümunələrdə dielektrik itki bucağının tangensinin (tg(δ)) tezlik asılılıqları da tədqiq edilmişdir. Alınmış nəticələr şəkil də verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi həm təmiz polietilenin həm də onun əsasında alınmış kompozitlərin dielektrik nüfuzluqlarının tezlik xarakteristikalarında müəyyən qanunauyunluq mövcuddur: tezliyin 0-1kHs diapazonunda xarakterik olaraq bütün nümunələrin tg(δ) – ları kəskin olaraq azalır. Bu azalma təmiz polietilendə 0,035 - dən 0,017 - ə qədər, tərkibində 3, 5, 7, 10, 15həcm% Bp olan nümunələrdə isə həmin azalmalar müvafiq olaraq 0,384- 0,121, 0,234 - 0,088 , 0,152- 0,072 , 0,058- 0,049, 0,032- 0,021 olur. tezliyin 1- 100kHs diapazonunda dəyişməsi halında dielektrik itkisi praktiki olaraq müşahidə edilmir, 100 – 1000kHs tezlik diapazonunda isə tg(δ) – nın zəif azalması müşahidə edilir. Kompozitlərin tərkibində pulcuq əlavəsinin miqdarı artdıqca dielektrik itki bucağının azalmas müşahidə edilmişdir.

Aşağı sıxlıqlı polietilenə müəyyən nisbətdə balıq pulcuğu əlavə etməklə alınan (ASPE+xhəcm%Bp) kompozitlərinin əlavələrin miqdarının 3, 7, 10 həcm% olduğu nümunələrdə 300-325K temperatur diapazonunda dielektrik itki bucağının tangensinin temperatur asılılıqlarının tədqiqləri də aparılmışdır. Temperaturdan asılı olaraq dielektrik itki bucağının tangensinin analoji olaraq azalması müşahidə edilmişdir (şəkil 3b).

Beləliklə, tədqiq olunan kompozitlərin tərkibində doldurucunun miqdarı artdıqca həm dielektrik nüfuzluğunun, həm də dielektrik itki bucağının tangensinin qiymətcə azalması müşahidə edilir. Çox ehtimal ki, tərkibdə doldurucunun miqdarının artması kompozitin en kəsiyinə düşən balıq pulcuğu hissəciklərinin artmasına səbəb olduğundan bu, nümunənin bütün qalınlığı boyunca balıq pulcuğu hissəciklərinin payının artmasına ekvivalentdir. Nümunənin qalınlığı boyunca bir – biri ilə qapanmış klasterlərə elektrodlar arasındakı aktiv müqavimət kimi baxmaq olar. Balıq



a)



b)

pulcuğu 10^{-10} Om^{-1}, ASPE isə $10^{-15}Om^{-1}$ elektrik keçiriciliyinə malik olduğundan kompozitin müqaviməti əsasən balıq pulcuğu hissəcikləri arasındakı kontaktlardan asılı olacaq. Dəyişən elektrik sahəsində sərbəst elektrik yüklərinin toplanılması və yenidən paylanması baş verdiyindən bu halda daxili elektrik sahəsi təhrif olunmuş olur. Aşağı tezliklərdə daxili elektrik sahəsi keçiriciliyə uyğun olaraq paylanır və bununla əlaqədar olaraq tezliyin artması ilə dielektrik parametrlərinin dəyişməsini balıq pulcuğundən olan klasterlərdə nisbətən güclü daxili sahənin meydana çıxması ilə izah etmək olar.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Нагорнов Ю.С., Ясников И.С., Тюрьков М.Н. Способы исследования поверхности методами атомно-силовой и электронной микроскопии учебное пособие Тольятти, 2012, 58с.
2. Godzhaev E.M., Bairamov R.A., Abbasov R.A.. Temperature and Frequency Characteristics of Composites with Semiconductor Fillers. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2015, Vol. 51, No. 6, pp.552–556.

$(TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ $(0 \le x \le 1)$ BƏRK MƏHLULLARIN ALINMASI VƏ RENTGENQURULUŞ ANALİZİ

Qurbanov M. M., Məmmədov S. C., Məmmədov F.Ə., Rzayeva A. S.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Son zamanlar $TlGaS_2$, $TlGaSe_2$ birləşmələrinin və onların əsasında alınan bərk məhlulların tədqiqinə maraq artmışdır. Bunun səbəbi onunla əlaqələndirilir ki, bu materiallar müxtəlif enerji çeviricilərində və opto-elektronika sahəsində tətbiq olunurlar.

Bu tip birləşmələr əsasında alınan bərk məhlullarda kristal daxili vakansiyaların konsentrasiyasını lazımi istiqamətdə tənzimləmək imkanı yaranır. Məlum olduğu kimi vakansiyalara uyğun qadağan zonasında lokallaşmış enerji səviyyələri yaranır. Odur ki, vakansiyaların sayının dəyişdirilməsi kristal qəfəsinin statik deformasiyasına səbəb odur ki, bu da öz növbəsində elektron-fonon spektrində həyəcanlanmaya gətirib çıxarır.

$TlGaS_2$ birləşməsində kükürd atomlarının tədriclə selen atomları ilə əvəz olunması nəticəsində qəfəs parametrləri nisbətən böyüyür və molekullar arası məsafə kiçilir. Nəticədə elektron-fonon spektrində hiss oluna biləcək dəyişiklik baş verir. Belə dəyişiklik bir sıra fiziki parametrlərin qiymətlərində də dəyişikliyə gətirib çıxarır. Bu cür dəyişikliyin yaranması həm nəzəri, həm də praktik baxımdan böyük maraq doğurur.

Bu işdə $(TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ $(0 \le x \le 1)$ bərk məhlullarının alınması və rentgenquruluş analizinə dair eksperimental materiallar verilmişdir.

Bərk məhlullar əvvəlcədən sintez olunmuş $TlGaS_2$ və $TlGaSe_2$ birləşmələrindən müəyyən çəki nisbətində götürməklə alınmışdır. Bu halda x=0; 0,4; 0,6; 0,8; 1 qiymətlərinə uyğun tərkibli bərk məhlullar alınmışdır. Sintez zamanı sobanın temperaturu birləşmələrin ayrı-ayrılıqda ərimə temperaturlarından təxminən 50 dərəcə yüksək olan temperatura qədər tədricən qaldırılmış və sonra 20 dər/saat sürətlə soyutma apaılmışdır. Tablandırma məqsədilə bütün tərkiblər təxminən 550 K temperaturda 100 saata qədər saxlanmışdır. Ədəbiyyatda göstərilmişdir ki, $TlGaSe_2$ birləşməsinin alınma texnologiyasından asılı olaraq bir neçə faza keçidi alına bilir. Bu faza keçidləri 103 K, 110 K, 119 K və 246 K temperaturlarında müşahidə edimişdir. 119 K-dən yüksək temperaturlarda baş verən faza keçidləri "dayanıqsız" faza keçidləri adlandırılır. Nisbətən aşağı temperaturlarda baş verən faza keçidinin isə II-növ faza keçidi olduğunu deyirlər (seqnetoelektrik-adi dielektrik keçidi). Həmin temperatur oblastında histerezis ilgəyi də alınır. Odur ki, bu birləşmədən yaddaş elementlərinin düzəldilməsində də istifadə etməyin mümkünlüyü haqda təkliflər verilmişdir. Ədəbiyyatda həmçinin qeyd edilmişdir ki, çoxlu sayda təkrar tablanmadan sonra bu faza keçidlərinin bir çoxu aradan çıxır [1, 2].

Rentgenoqrammalar müasir rentgen qurğularında alınmış və burada CuK_α şüalanmadan istifadə edilmişdir. Bərk məhlullardan çəkilmiş rentgenoqrammalar əsasında kristallik quruluşun növü müəyyən edilmiş və qəfəs parametrləri hesablanmışdır [3, 4].

Müəyyən edilmişdir ki, bütün tərkiblər monoklin quruluşda kristallaşır və qəfəs parametrləri aşağıdakı kimidir:

$TlGaSe_2$ tərkibi üçün a=10,76 $\overset{0}{A}$; b=10,77 $\overset{0}{A}$; c=15,62 $\overset{0}{A}$; β=100,06^0 fəza qrupu isə C_s-Cc olmuşdur.

$(TlGaS_2)_{0,4}$-$(TlGaSe_2)_{1,6}$ tərkibi üçün a=10,74 $\overset{0}{A}$; b=10,74 $\overset{0}{A}$; c=15,61 $\overset{0}{A}$; β=100,05^0.

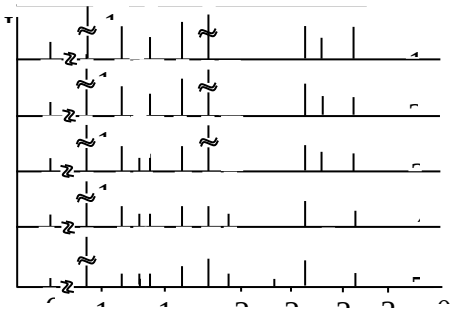
$(TlGaS_2)_{0,6}$-$(TlGaSe_2)_{1,4}$ tərkibi üçün a=10,71 $\overset{0}{A}$; b=10,72 $\overset{0}{A}$; c=15,54 $\overset{0}{A}$; β=100,03^0.

$(TlGaS_2)_{0,8}$-$(TlGaSe_2)_{1,2}$ tərkibi üçün a=10,45 $\overset{0}{A}$; b=10,48 $\overset{0}{A}$; c=15,38 $\overset{0}{A}$; β=100,02^0.

$TlGaS_2$ üçün a=10,31 $\overset{0}{A}$; b=10,31 $\overset{0}{A}$; c=15,16 $\overset{0}{A}$; β=99,7^0; z=16.

Ayrı-ayrı bərk məhlulların difraktoqrammaların analizindən çıxan nəticələrə əsasən alınmış ştrixdiaqramma şəkil 1-də göstərilmişdir. Bu şəkildə həmçinin $TlGaS_2$ və $TlGaSe_2$ birləşmələrin özlərinə aid ştrix diaqrammalar da verilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, $TlGaS_2$ və $TlGaSe_2$ birləşmələri eyni tip kristallik quruluşa malik olduqlarından, onların əsasında alınan bərk məhlullar kəsilməz şəkildə olur və ştrixdiaqrammada bərk məhlul oblastında əlavə xətlər alınmır. Bununla bərabər intensivliklərdə dəyişiklik baş verir. x=0 və x=1 olduqda ştrixdiaqrammada əlavə xətlərin alındığı müşahidə edilir.



Şəkil 1. $(TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ bərk məhlulunun ştrixdiaqramması
1-x=0; 2-x=0,4; 3-x=0,6; 4-x=0,8; 5-x=1.

Tərkibdə $TlGaS_2$-nin miqdarı artdıqca ştrixdiaqrammada müəyyən xətlərə uyğun intensivliyin artması müşahidə edilir. Bu qəfəs parametrlərində dəyişiklik qəfəsin həcminin dəyişməsi ilə əlaqələndirilir. Ayrı-ayrı tərkiblər üçün təyin olunmuş qəfəs parametrlərindən istifadə edərək $V = a \cdot b \cdot c \cdot sin\beta$-düsturu əsasında hesablanmış kristal qəfəsinin həcmləri aşağıdakı kimi olmuşdur:

$TlGaSe_2$-üçün 1782, 975 $\overset{0}{A}^3$, $(TlGaS_2)_{0,4}$-$(TlGaSe_2)_{1,6}$-üçün 1773,567 $\overset{0}{A}^3$, $(TlGaS_2)_{0,6}$-$(TlGaSe_2)_{1,4}$-üçün 1757,404 $\overset{0}{A}^3$, $(TlGaS_2)_{0,8}$-$(TlGaSe_2)_{1,2}$-üçün 1659,0,91 $\overset{0}{A}^3$ və $TlGaS_2$-üçün isə 1588,889 $\overset{0}{A}^3$.

Beləliklə tərkibdə $TlGaS_2$-nin çəki nisbəti artdıqca qanunauyğun şəkildə qəfəsin həcmi kiçilir. Eyni zamanda ştrix diaqrammada əlavə xətlərin yaranmasını isə $TlGaSe_2$-birləşməsində baş verən faza keçidi ilə əlaqələndirmək olar.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Абдуллаева С.Г., Абдинбеков С.С., Гусейнов Г.Г. О кристаллической структуре соединений $TlM^{III}X_2^{VI}$ (M^{III}-İn, Ga; X^{VI}-S, Se) II Докл. АН Аз ССР, 1980, Том 36, №8, с. 34-38.
2. Гололобов Ю.П., Перга В.М., Саливанов И.Н., Шиголь Е.Е. Акустическая эмиссия и эффекты памяти в кристаллах $TlGaSe_2$. ФТТ, №1, Том 34, 1992, с. 115.
3. Курбанов М.М. Тепловое расширение и изотермическая сжимаемость $TlGaSe_2$. Неорганические материалы, 2001, Том 37, №12, с. 1447-1448.
4. Курбанов М.М. Тепловое расширение и изотермическая сжимаемость $TlGaSe_2$. Неорганические материалы, 2003, Том 39, с. 1069-1071.

$(TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ (x=0,1; 0,2) BƏRK MƏHLULUNUN İSTİDƏN GENİŞLƏNMƏSİ VƏ ATOMLARARASI ORTAKVADRATİK DİNAMİK YERDƏYİŞMƏ

Qurbanov M.M.,[2]Qocayev M. M.,Dəmirov A.H.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Laylı və zəncirvari quruluşda kristallaşan $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ (A-Tl; B-İn, Ga; C-S, Se, Te) birləşmələr və onların əsasında alınan bərk məhlullar maraqlı tədqiqat obyekti sayılırlar. Belə ki, $TlGaSe_2$ və $Tl\dot{I}nS_2$ birləşmələri ayrı-ayrılıqda optoelektronika və müasir texnikanın digər sahələrində tətbiq olunurlar. Bu birləşmələrin xarakterik xüsusiyyətlərindən biri, onlarda stexiumetrik vakansiyaların konsentrasiyasının yüksək olması ($\sim 10^{20} sm^{-3}$) və qadağan zonasında lokallaşmış enerji səviyyələrinin mövcüdluğudur. Bərk məhlul alınan zaman bu vakansiyaların konsentrasiyası, atomlararası kimyəvi rabitə və eləcə də qəfəs parametrlərində dəyişiklik baş verir. Bu cür dəyişikliklər kristal qəfəsinin statik deformasiyasına və elektron-fonon spektrinin həyəcanlanmasına gətirib çıxarır. Nəticədə bərk məhlullarda ilkin birləşmələrə xas olmayan yeni xassələrin yaranmasına səbəb olur və həmin bərk məhlulların praktik tətbiqi baxımından geniş imkanlar açılır.

Bu işdə $(TlGaSe_2)_{0,9}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,1}$ və $(TlGaSe_2)_{0,8}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,2}$ tərkibli bərk məhlulların istidən genişlənmə əmsalının eksperimental qiymətləri əsasında Debay xarakteristik temperaturu (θ_D) və atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmənin ($\sqrt{\overline{u^2}}$) hesablanmış qiymətləri verilmişdir. Bu parametrlərin temperatur asılılıqları əsasında atomlararası kimyəvi rabitənin dəyişməsi araşdırılmışdır.

Tədqiq edilən tərkiblər ədəbiyyatdan mövcüd olan metodika əsasında sintez olunmuşdur [1]. Sintez zamanı hər iki tərkibə daxil olan komponentlər stexiometrik çəki nisbətində havası sorulmuş ampulalar

doldurараq sobalarda yerləşdirilmiş və tədricən bərk məhlula daxil olan birləşmələrin ərimə temperaturlartından 50 dərəcə yüksək temperatura qədər qaldırılmışdır. Bu temperaturda bir sutka saxlandıqdan sonra 20 dər/saat sürətlə soyutma aparılmışdır.

Hər iki tərkibli 600 K-də 10 saat müddətində tablama aparılmışdır. Belə ki, tablama zamanı $TlGaSe_2$ birləşməsində alınan bir sıra "dayanıqsız" faza keçidləri aradan çıxır.

Beləliklə sintez olunmuş hər iki bərk məhlulun rentgenquruluş analizi aparılmış və qəfəs parametrləri təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, hər iki tərkib monoklin quruluşda kristallaşır və qəfəs parametrləri belədir:

$(TlGaSe_2)_{0,9}(TlInS_2)_{0,1}$ üçün a=10,535 $\overset{0}{A}$; b=10,602 $\overset{0}{A}$; c=15,635 $\overset{0}{A}$; β=100,6^0

$(TlGaSe_2)_{0,8}(TlInS_2)_{0,2}$ üçün a=10,531 $\overset{0}{A}$; b=10,598 $\overset{0}{A}$; c=15,632 $\overset{0}{A}$; β=100,6^0

Sintez olunmuş bərk məhlullardan uzunluğu 0,03 m, diametri 0,005 m olan silindrik formalı nümunələr hazırlanaraq ədəbiyyatdan mövcüd olan metodika əsasında istidən genişlənmə əmsalı ölçülmüşdür [2]. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

İstidən genişlənmə əmsalının təcrübi qiymətləri əsasında ədəbiyyatdan mövcüd olan empirik düsturlarla Debay xarakteristik temperaturu (θ_D) və atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə ($\sqrt{\overline{u^2}}$) hesablanmışdır.

$$\theta_D = \frac{19,37}{(AV^{\frac{2}{3}}\alpha)^{1/2}} ..., \qquad (1)$$

$$\overline{u^2} = \frac{4,3\cdot10^{-14}\left[D(\theta/T)/\theta/T+\frac{1}{4}\right]}{A\theta_D} ..., \qquad (2)$$

Burada $\bar{A}$-ortakvadratik atom kütləsi, V-atomar həcm, D(θ/T)-Debay funksiyasıdır. Bu funksiyanın qiyməti ədəbiyyatdan götürülmüşdü [3,4].

Hesablamanın nəticələri cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

$(TlGaSe_2)_{0,9}(TlInS_2)_{0,1}$						
№	T, k	θ, k	$\frac{\theta}{T}$	D($\frac{\theta}{T}$)	$(\sqrt{\overline{u^2}})$, $\overset{0}{A}$	$\alpha, 10^{-6}\frac{1}{k}$
1.	90	421	4,7	0,352	0,057	4,96
2.	100	390	3,9	0,390	0,062	7,65
3.	120	379	3,2	0,472	0,072	8,29
4.	140	334	2,4	0,565	0,078	7,45
5.	160	309	1,9	0,625	0,089	7,81
6.	180	287	1,6	0,669	0,099	8,25
7.	200	280	1,4	0,704	0,110	10,12
8.	250	278	1,1	0,755	0,120	11,02
9.	300	275	0,9	0,815	0,130	11,28

Cədvəl 2.

$(TlGaSe_2)_{0,8}(TlInS_2)_{0,2}$						
№	T, k	θ, k	$\frac{\theta}{T}$	D($\frac{\theta}{T}$)	$(\sqrt{\overline{u^2}})$, $\overset{0}{A}$	$\alpha, 10^{-6}\frac{1}{k}$
1.	90	425	4,72	0,665	0,106	4,95
2.	100	391	3,91	0,435	0,107	7,62
3.	120	382	3,18	0,436	0,111	8,24
4.	140	335	2,39	0,570	0,133	7,43
5.	160	310	1,94	0,601	0,148	7,79
6.	180	289	1,61	0,667	0,167	8,21
7.	200	281	1,41	0,704	0,180	10,07
8.	250	279	1,12	0,730	0,198	10,95
9.	300	277	0,92	0,830	0,225	11,24

Cədvəllərdən göründüyü kimi hər iki tərkibdə temperaturun artması ilə Debay xarakteristik

temperaturu azalır atomlar arası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə isə artır. Bu onu deməyə əsas verir ki, temperaturun artması ilə atomlararası kimyəvi rabitə zəifləyir və istidən genişlənmə əmsalının qiyməti artır. Bu cür dəyişiklik bərk məhlulun tərkibində $TlInS_2$ birləşməsinin çəki nisbətinin artması halında da baş verir. Belə ki, cədvəldən göründüyü kimi bərk məhlulun tərkibində $TlInS_2$-nin nisbəti artdıqca atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə də artır. Bunu onunla əlaqələndirmək olar ki, tərkibdə $TlInS_2$-nin çəki nisbəti artdıqca kristal qəfəsində ümumi kimyəvi rabitədə ion rabitəsinin payı artır. Hesablamaların nəticəsi həmçinin atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə ilə istidən genişlənmə əmsalı və ərimə temperaturları arasında da müəyyən korrelyasiya olduğunu göstərir.

Ədəbiyyat siyahısı

1.Гусейнов Г.Д., Абдинбеков С.С., Годжаев М.М., Агамалиев Д.Г. Параметры элементарной ячейки твердых растворов $(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$. Неорганические материалы, 1988, Том 24, №1, с. 144-145.

2.Курбанов М.М., Годжаев М.М., Маггерамов А.Б. Тепловое расширение и упругие параметры твердых растворов $(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$ (x=0,1; 0,2). Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, 2017, c. XXXVII, №5, səh. 125-129.

3.Сирота Н.Н. Физические свойства полупроводников в связи с энергией и характером межатомной связи в КН, Химическая связь в полупроводниках и термодинамика, Минск 1966, с. 339.

4.Курбанов М.М. Тепловое расширение и изотермическая сжимаемость $TlGaSe_2$. Неорганические материалы, 2001, Том 37, №12, с. 1447-1448.

ZƏİF MAQNİT SAHƏLƏRİNDƏ $TLIn_{1-X}Ce_X(Nd_X)Se_2(Te_2)$ BƏRK MƏHLULLARININ ELEKTRİK KEÇİRİCİLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Zərbəliyev M. M., İsmayılov M. H., Məmmədov E. H., Xəlilova R. C.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

zarbalievmm51@mail.ru

$TlInX_2$(X-S, Se,Te) tip birləşmələrə maraq onlarda kimyəvi rabitənin kəskin assimmetrikliyi, kristalın və zona quruluşlarının spesifik xüsusiyyətlərə malik olmaları, müvafiq qəfəslər d çərçivəsində geniş diapazonda tərkiblərin idarə oluna bilməsi, nəticədə yeni xassələr toplusuna malik yarımkeçirici materialların alinma imkanları ilə bağlıdır. Bu materialların monokristallarının yetişdirilmə texnologiyaları nisbətən sadədir, həmin kristallar həm tədqiqat, həm də tətbiq baxımından əlverişlidir.

$TlInS_2$ (Se_2Te_2) ücqat yarımkeçirici birləşmələri tetraqonal sinqoniyada kristallaşır və onlarda iki struktur vahidi mövcuddur. Kimyəvi cəhətcə əsas struktur vahidi tetraedr hesab edilir və yalnız bu tetraedrlər arasında ikinci struktur vahidinin-səkkiztəpəlinin, və yaxud burulmuş kubun formalaşması baş verir. İşlər M-X, istərsə də X-X əlaqələrinin ion tipə aid olub, bu birləşmələrin kristallarinin fəza formalaşmasında həlledici rol oynadığı halda , digər struktur vahidindəki M^{III}-X əlaqələri onların əsas yarımkeçiri xassələrini müəyyən edir.

Tərkiblərinə lantanoidlər daxil olan birləşmə və bərk məhlullar yüksək ərimə temperaturu, böyük mexaniki bərklik, yüksək temperaturlarda belə öz yarımkeçirici xassələrinin saxlamaq, yüksək termoeffektliyə malik olmaq kimi üstün xassələrə malikdirlər.

Məlumdur ki, Ln və In atomları uyğun olaraq Tl Ln X_2^{VI} və Tl In X_2^{VI}tipli birləşmələrdə üçvalentlidirlər və onların ion radiusları yaxındır. Eləcə də lantanoidlərin atom kütlələrinin artımı ardıcıllığı ilə onların ion radiusları kiçilir bu lantonoid sıxılması effekti adlanır və onların üçvalentli ion radiusları üçvalentli indiumun ion radiusuna daha da yaxınlaşır. Ona görə də Tl In X_2^{VI}tip birləşmələrdə indium atomlarini tədricən lantanid atomları ilə əvəz etməklə yeni birləşmə və bərk məhlullar əldə etmək imkanı real bir məsələ kimi qarşıya çıxır. Mövcud ədəbiyyatda belə əvəzləmələrlə yeni birləşmə və bərk məhlulların alınması, onların fiziki-kimyəvi, elektrik, istilik,elastiki, optik və s. xassələrinin tədqinə dair məlumatlar vardır[1-3]. Lakin bu məlumatlar hələlik TlLn X_2^{VI} - TlIn X_2^{VI} sistemlərində qarşılıqlı təsirə dair ümumi mənzərəni dəqiqləşdirmək, lantanidlərin 4f – səviyyələrinin dolması ardıcıllığı və bu atomdan digərinə keçərkən xassələrin dəyişmə xarakterini təhlil etmək üçün kifayət deyildir. Məhz bu səbəbdən konfransa təqdim olunan məruzənin aktuallığı şübhə doğurmur.

Məruzə TlInSe (Te_2) – $TlCe_x(Nd_x)Se_2(Te_2)$ sistemlərində müşahidə olunan $TlIn_{1-x}Ce_x(Nd_x)Se_2(Te_2)$ tərkibli bərk məhlullarının sintezi, monokristallarının yerləşdirilmə texnologiyası və onların elektrik keçiriciliyinin bəzi xüsusiyyətlərinə həsr olunmuşdur.

Tədqiq olunan yarımkeçirici bərk məhlullar yüksək təmizlik dərəcəsinə malik ilkin komponentlərdən istifadə etməklə birbaşa sintez yolu ilə alınmışdır. Stexiometrik tərkibə uyğun maddə əvvəlcədən xüsusi üsullarla yuyulub təmizlənmiş kvars ampulaya doldurulub, içərisindəki hava vakuum qurğusu vasitəsilə evakuasiya edildikdən sonra ağzı lehimlənməklə xüsusi sobalara yerləşdirilir. Sobanın temperaturu, onu temperatur sahəsi və bu sahənin dəyişməsinin vaxt rejimi, eləcə də bu materialların monokristallarının yetişdirilmə rejimləri [2] ədəbiyyatında kifayət qədər ətraflı şərh edilmişdir. Bu üsulla alınmış $TlIn_{1-x}Ce_x(Nd_x)Se_2(Te_2)$ kristalları düzbucaqlı paralelepiped formasında olub, təbəqələrə ayrıla bilir. Bir sıra analizlər göstərir ki, həmin paralelepipedlərin səthləri ilkin birləşmənin tetraqonal qəfəsinin yan müstəvilərinə uyğun gəlmir. Yəni kristalların təbəqələrə ayrılması tetraqonal elementar qəfəslərin diaqonalları üzrə olur. Müvafiq olaraq təbəqələrə ayrılma tetraqonal oxa paralel $\vec{c}$ istiqamətinə uyğun gəlib, kristalın formalaşma müstəvisi rolunu oynayır. Ümumi külçədə $\vec{c}$ oxu zonanın yerdəyişməsinin paralel, şaquli zona əritmə üsulunda isə perpendikulyar istiqamətdədir. Lakin üfüqi istiqamətlənmiş kristallaşmada (5 mm/saat) sürətlə, temperatur qradientinin 6 K/sm olması halında bir qədər fərqli istiqamətlənmə alınır. $\vec{c}$ kristalloqrafiq oxu külçənin diametri boyunca yönəlir. Beləliklə, yuxarıda qeyd olunan kristallaşma variantında aşağıda təsvir olunan hal müşahidə edilir: təbəqələrə ayrılma istiqamətindən biri ağırlıq qüvvəsinə paralel, digəri isə temperaturun qradienti istiqamətində yönəlir. Bizim mülahizələrimizə görə bunun səbəbi kristallaşmanın başlanğıc mərhələsində ərintidəki ilkin kristallaşma mərkəzinin qismən kiçik çəkiyə malik olması ilə ərintinin səthinə qalxmasıdır. Kritalin sonrakı boyunun inkişafı bu mərkəzdən başlayıb, temperaturun maksimal qradienti istiqamətində artır. Nəticədə ərintinin səthində üfüqi vəziyyətdə üzən bu mərkəz kristallik təbəqədə ərintinin daxilinə nüfuz edərək böyüyür.

$TlIn_{1-x}Ce_x(Nd_x)Se_2(Te_2)$ bərk məhlullarının elektrik keçiricikləri. Holl və termoelektrik əmsallarının temperatur asılılıqları polikristallik nümunələrdə 300-1000K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Nümunələr ölçüləri 12^x6^x4 mm^3 olan paralelepiped formasında hazırlanmış, temperatur xromel-alümel termocütləri ilə ölçülmüşdür. Ölçü zondları kimi kondensator boşalmaları vasitəsi ilə nümunəyə qaynaq edilmiş volfram məftillərindən istifadə olunmuşdur. Bütün nümunələr tədqiq olunan temperatur oblastında p-tip keçiriciliyə malikdirlər. Elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılıqlarında aşağı temperaturlu hissələrdə aşqar keçiricilik, 600-650K-dən yuxarı hissələrdə isə məxsusi keçiricilik müşahidə olunmuşdur. ~520-600K temperatur oblastlarında aşqar mərkəzlərin tükənməsi və nəticədə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının sabit qalması ilə, onların qəfəs rəqslərindən səpilməsi nəticəsində yüyrüklüyün məhdudlaşdırılması ilə temperaturun sonrakı artımında elektrik keçiriciliyinin azalmasıdır. Bu hissədə kvazimetallik asılılıq müşahidə olunur. Temperaturun sonrakı artımında elektrik keçiriciliyinin eksponensial artımı ilə məxsusi keçiricilik obalastı müşahidə olunur, belə ki, bu temperaturlarda baxılan tərkiblərdə yükdaşıyıcıların istilik enerjiləri valent zonasından sərbəst zonaya birbaşa keçidlərə imkan verir ($kT > \Delta\mathcal{E}_g$) [3].

$TlIn_{1-x}Ce_x(Nd_x)Se_2(Te_2)$ bərk məhlullarında termoelektrik hərəkət qüvvəsi əmsalının temperatur asılılığından görünür ki, temperaturun aşağı qiymətlərində temperaturun artması ilə yükdaşıyıcıların kimyəvi potensialları azalır və bununla mütanisib termo-e.h.q. əmsalı da artır. Temperaturun yuxarı qiymətlərində isə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının kəskin artımı termo- e.h.q. əmsalının azalmasına gətirib çıxarır [2,3].

Tədqiq olunan asılılıqlardan görünür ki, tərkiblərdə neodinin nisbi miqdarı artdıqca , elektri keçiriciliyi kəskin artır, termo-e.h.q. əmsalı isə bütün temperatur oblastı boyunca hiss olunacaq dərəcədə kiçirilir.

Məlumdur ki, materialın yarımkeçirici xassələri xarakteristik parametrlər adlanan bir sıra kəmiyyətlərlə müəyyən olunur və bu kəmiyyətlər yükdaşınma və həyacalanma mexanimləri ilə əlaqədardır. Məhz bu kəmiyyətlər tədqiq olunan materialı xarakteristikaları artıq məlum olan digər materiallarla müqayisə etməyə, onların üstün və ya çatışmayan xassələrinin aşkara çıxartmağa və nəticədə bu materialların mümkün tətbiq perspektivlərinin müəyyənləşdirməyə imkan verir. Bu kəmiyyətlər sırasına qadağan zonasının eni, yükdaşıyıcıların effektiv kütləsi, konsentrasiyası, yürüklüyü və s. daxildir. Tədqiq etdiyimiz asılılıqlar bütün tərkiblərdə qadağan zonasının eni, yükdaşıyıcıların effektiv kütləsi, konsentrasiyasıları hesablanmış və bu kəmiyyətlərlə tərkibindəki lantanidin nisbi miqdarı arasında ciddi korrelyasiya olduğu müəyyən edilmişdir. Alınan nəticələrdən görünür ki, bütün tətqiq olunan materiallarda lantanoidin nisbi miqdarını dəyişməklə onlarda zona və yük parametrlərini idarə etmək mümkündür.

Ədəbiyyat siyahısı

1.Годжаев Э. М., Зарбалиев М. М., Рзаева К. М. и др. Получение четверных сплавов типаTlSe с резкоземельными элементами // Журн. Физ. Химии.1975.Е.49.С.2458-2459.

2.Зарбалиев М. М. Явления переноса заряда и тепла в системах $TlInS_2(Se_2,Te_2)$-$TlLnS_2$ (Se_2,Te_2). Дисертация доктора физ.-мат.наук.2001.БГУ.285с.

3.Алиев Ф.Ф., Агаева У.М., Зарбалиев М.М. Энергетический спектр носителей заряда в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ //ФТП.2016,Е.50,вып.10С.1297-1302

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УПРУГОСТИ ПАРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА

Абдуллаев Ф.Г.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
Email: firuddin.abdullayev@bk.ru

1. Введение

Бензол и его моноалкилпроизводные широко применяются в нефтяной, нефтеперерабатывающей, химической промышленностях и энергетике, как исходный, промежуточный и конечный продукт, а также как теплоноситель и горючее. В этой связи эффективность процессов, проводимых во всех перечисленных отраслях, требует наличие достоверных данных по теплофизическим свойствам этих веществ, охватывающих широкие диапазоны изменения температур и давлений. Кроме того, наличие подробных опытных данных по теплофизическим свойствам для отдельных классов веществ имеет также важное научное значение для разработки теории реальных газов, жидкостей и их смесей.

В этой связи в течение многих лет нами проводились подробные экспериментальные исследования давления насыщенных паров первых девяти углеводородов ряда моноалкилпроизводных бензола в широком диапазоне изменения температур и давлений [1-7]. Температура в опытах измерялась с максимальной погрешностью ± 0.01 К. Максимальная относительная погрешность измерения давления не превышает ± 0.01 %.

2. Теоретическая разработка уравнения упругости паров

Анализом структуры как самого бензола, так и его моноалкилпроизводных установлено, что в их межмолекулярных взаимодействиях могут принимать участие только внешние электронные орбитали (связи). Вследствие того, что все эти внешние электронные орбитали молекул имеют примерно одинаковые подвижности и находятся в идентичных условиях, естественно предполагать, что и вклады каждого из электронных орбиталей, т.е. связей, также будут одинаковы. Другими словами, для энергии (или же силы) межмолекулярного взаимодействия должны выполнятся правила аддитивности, т.е. результирующая энергия межмолекулярного взаимодействия для каждой молекулы должна складываться из энергии взаимодействий его связей. Например, для бензола она должна состоять из 12-ти одинаковых долей, а для толуола 15-ти, этилбензола 18-ти и т.д.

Так как в ряду моноалкилпроизводных бензола от члена к члену число связей растет на одинаковую величину, т.е. на три связи, то естественно предполагать, что закономерности изменения физических свойств углеводородов ряда моноалкилпроизводных бензола, относительно числа связей в молекуле должно меняться по линейному закону.

С целью проверки справедливости сказанного использовались полученные нами подробные экспериментальные данные по давлению насыщенных паров углеводородов ароматического ряда. Графоаналитической обработкой установлено,что логарифм давления насыщенных паров этого ряда в пределах температур $\tau = 0.47 - 1.00$, при $\tau = const$, в зависимости от числа связей m в молекуле меняется по линейному закону, то есть

$$\lg P_{si} = A(\tau) + m\,B(\tau) \qquad (1)$$

Число связей **m** вычисляется формулой

$$m = [\, n + (\, 2n - 6\,)], \qquad (2)$$

где n – число атомов углерода в молекуле, $\tau = \dfrac{T}{T_{kp}}$ приведенная температура, $T_{кр}$ –критическая температура, А и В коэффициенты, зависящие только от температуры.

В координатах $\lg P_{si}(\tau) - m$ были построены $P_s - f(T_s)$ данные для всех углеводородов ароматического ряда от n= 6 до n = 20**.** При этом использовались как наши опытные данные для первых девяти представителей ароматического ряда, так и расчетные данные, вычисленные с помощью уравнений вида Антуана, приведенных в справочнике химика том I и в монографии Рид и Шервуд [8].

Установленный линейный закон $\lg P_{si}(\tau) - m$ при одинаковых **τ** позволяет провести экспертный анализ разнородных опытных и расчетных данных, научно обосновать проведение новых

экспериментальных исследований, а также провести экстраполяцию данных на низкие и высокие температурах.

Для каждой изотермы (τ = const **)** с использованием всех опытных данных решая уравнение (1) методом наименьших квадратов определены значения коэффициентов $A(\tau)$ и $B(\tau)$. Установлено, что температурные зависимости этих коэффициентов описываются идентичными уравнениями вида

$$A(\tau) = a_o + \frac{a_1}{\tau^k} \qquad (3)$$

и

$$B(\tau) = b_o + \frac{b_1}{\tau^k}\text{,} \qquad (4)$$

где a_o, a_1, $в_o$, $в_1$ и к постоянные коэффициенты. С целью наилучшего описания $A(\tau)$ и $B(\tau)$ зависимостей вся область температур разбивается на два интервала $0.47 \leq \tau \leq 0.70$ и $0.70 \leq 1.00$. С решением уравнений (3) и (4) методом наименьших квадратов с использованием всех опытных значений А и В определены следующие величины для значения их коэффициентов, которые приводятся в табл**.** 1:

Таблица 1

Значения коэффициентов a_0, a_1, $в_0$,$в_1$, к в уравнениях (3) и (4)

при τ = 0.47 – 0.70	при τ = 0.70 – 1.00
к = 1.44	к = 1.00
a_o = 3.008877	a_o = 4.088645
a_1 = - 1.307292	a_1 = - 2.282526
$в_o$ = 0.0160042	$в_o$ = 0.0277524
$в_1$ = - 0.0280404	$в_1$ = - 0.0409709

С помощью уравнения (1) с использованием зависимостей (2), (3) и (4) вычислены надежные значения упругости паров для первых пятнадцати представителей углеводородов ароматического ряда, охватывающие интервал температур τ= 0,47-1,00. Сопоставление вычисленных значений для тринадцати членов ряда, начиная с этилбензола с опытными данными, показало, что во всей исследованной области температур среднее расхождение составляет ± (0.15 – 0.30) %, а максимальное не превышают ± 0.50 %. Только для первых двух представителей ряда, т.е. для бензола и толуола наблюдаются болшие расхождения, которые объясняются структырными особенностями молекул этих веществ. Во всем исследованном интервале температур вычисленные для бензола значения занижены в среднем на 3,34 %. В пределах температур τ = 0.47 – 0.70 это расхождение составляет 2.24%, а в пределах τ = 0.70 – 1.00 - 8.53 %.

Во всем исследованном интервале температур среднее расхождение между вычисленными и опытными данными для толуола составляет ± 2.19 %. В пределах температур τ = 0.47 – 0.70 вычисленные значения завышены в среднем на 1.68 %, а в пределах τ = 0.70 – 1.00 занижены в среднем на 2.40 %

Выводы

В течение многих лет проводились подробные экспериментальные исследования давлении насыщенных паров первых девяти углеводородов ряда моноалкилпроизводных бензола в широком диапазоне изменения температур.

Анализом структуры как самого бензола, так и его моноалкилпроизводных установлено, что логарифм давления насыщенных паров этого ряда в пределах температур τ = 0,47 – 1,00, при τ = const., в зависимости от числа связей m в молекуле меняется по линейному закону.

Установленный линейный закон $\lg P_{si}(\tau)$ – m при одинаковых τ позволяет провести экспертный анализ разнородных опытных и расчетных данных и обоснованно планировать проведение новых экспериментальных исслдований, а также провести экстрополяцию данных на низкие и высокие температуры.

Впервые составлено подробная таблица в которой приведены надежные значения давлений насыщенных паров для первых пятнадцати углеводородов бензольного рда, вычисленные с помщью предложенного обобщенного уравнения.

Список литературы

1. Таблицы Термодинамических свойств газов и жидкостей, выпуск 5, «Углеводороды ароматического ряда », Изд-во Стандартов, М.: 1978, с. 139

2. Abdullayev F. Q., Həsənov H.Ş, Cəbiyev Y. A., Cəfərova N.İ, Geksilbenzol doymuş buxarı təzyiqinin temperaturdan aslılığının təcrübi tədqiqi və analitik ifadəsi //"Fizikanın aktual problemləri", VII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, BDU, -2012. s. 96-97.

3. Abdullayev F. Q., Həsənov H. Ş., Cəbiyev Y. A., Cəfərova N. İ. Propilbenzol doymuş buxarı təzyiqinin temperaturdan aslılığının təcrübi tədqiqi və analitik ifadəsi, //"Fizikanın Müasir Problemləri", VII Respublika konfransının materialları, Bakı, BDU, 2013. s. 214-216

4. Abdullayev F.Q., Cəbiyev Y.A., Həsənov H.Ş., Amilbenzol doymuş buxarı elastikliyinin temperaturdan asılılığının təcrübi tədqiqi və analitik ifadəsi, // "Fizikanın müasir problemləri", VIII Respublika konfransının materialları, Bakı, BDU, 2014.s. 183-185.

5. Abdullayev F. Q., Butilbenzol doymuş buxarı elastikliyinin temperaturdan asılılığının təcrübi tədqiqi və analitik ifadəsi // Azərb. Texn. Universitetinin Elmi əsərləri, cild 2, 2014. № 2. s. 169-172.

6. F. Q. Abdullayev, Y. A. Cəbiyev, H. Ş. Həsənov, Geptilbenzol doymuş buxarı elastikliyinin temperaturdan asılılığının təcrübi tədqiqi və analitik ifadəsi //"Fizikanın Müasir Problemləri ", IX Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, Bakı, BDU, 2015. s. 271-274.

7. Ф.Г.Абдуллаев, Экспериертальное исследование и аналитическое описание упругости паров октилбензола в широком диапозоне изменение температуры, //Azərb. Texn. Universitetin Elmi əsərləri, cild 2, 2016. № 2. s. 121-124.

8. Рид Р., Прауснищ Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, Л.:, Изд-во Химия, 1982. с. 581.

ТРЕХМЕРНАЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ЦИКЛИЧЕСКИХ ПЕПТИДОВ-ДИКЕТОПИПЕРАЗИНОВ

Агаева Г.А.

Институт физических проблем, Бакинский государственный университет

Циклические дипептиды, называемые дикетопиперазинами [1] шестичленные гетероциклические соединения, это класс минипептидов — один из наиболее широко распространеных в природе. Дикетопиперазины - циклические соединения, кольцо которых образовано четырьмя атомами углерода и двумя атомами азота [1-2]. Природные дикетопиперазины обладают разнообразной биологической активностью: антигрибковой, антибактериальной, антивирусной и противоопухолевой. Из-за их относительной простоты строения и устойчивости, дикетопиперазины представляют собой отличные модели для теоретических структурных исследований, а также для разработки на их основе новых эффективных фармацевтических составов. В работе [3] было определено, что дипептиды cyclo-Gly-Val и cyclo-Gly-Leu способны ингибировать рост раковых клеток в колонии карциномы (HT-29) у человека. Конформационные исследования данных циклических дипептидов, выполненные методом H-ЯМР и эмпирическим методом энергетических вычислений [2] в силу ограниченных возможностей методов не дают конкретной информации о пространственной структуре, обеспечивающей биологическую активность молекул.

В представленной работе впервые методами молекулярной механики и квантово-химических расчетов были определены энергетически предпочтительные конформации и их электронные структуры двух циклических дипептидов –дикетопиперазинов -типа cyclo-Gly-X, где X= L-Val или L-Leu. Другой целью данного исследования было определение конформационной динамики боковой цепи остатков относительно кольца дипептида, называемого дикетопиперазиновым кольцом. Поскольку кристаллографические исследования на некоторых дипептидах типа cyclo-Gly-X показали, что дикетопиперазиновое кольцо имеет почти планарное состояние [1], поэтому в данных вычислениях было принято считать кольцо планарным. Расчеты стабильных конформаций молекул проводились с помощью универсальной программы [4], с учетом всех видов внутримолекулярных взаимодействий. Энергетически предпочтительная конформация была охарактеризована величиной боковой цепи валина около $\chi^1 = -60^0$. Были найдены еще два других локальных минимума около $\chi^1 = 60^0$ и $\chi^1 = 180^0$, относительные энергии которых отличаются от глобального минимума на 3 и 5 ккал/моль соответственно. С помощью программы HyperChem 8.1 [5] была получена кривая сечения поверхности потенциальной энергии в зависимости от угла вращения бокового угла валина $\chi 1$. На

рис.1(а). приведен график зависимости потенциальной энергии от торсионного угла вращения χ1 (χ2) остатка валина относительно цикла в молекуле cyclo-Gly-Val. Минимумы, рассчитанные на кривой соответствуют углам -60º и 60º. В предпочтительной конформации водородный атом одной метильной группы боковой цепи валина расположен на расстоянии 2,3Å от атома азота основной цепи Val, а другой водородный атом второй метильной группы сближен на расстояние 2,4Å к карбонильному кислороду остатка Val. На втором этапе данного исследования были изучены конформационная динамика и мобильность боковых цепей cyclo-Gly-Leu применительно к полярной среде. После минимизации были выявлены низкоэнергетические структуры, показывающие динамику боковой цепи лейцина в пределах предпочтительной конформации. Расчеты выявили, что конформации со значениями углов, соответствующим номерам 1 ($\chi^1=60^0$, $\chi^2= -60^0$), 2 ($\chi^1=60^0$, $\chi2= -60^0$) и 3 ($\chi^1= -60^0$, $\chi^2= -60^0$), имеют сравнимую относительную энергию 0, 0,43 и 0,62 ккал/моль, соответственно. Полученные данные расчета показали , что остаток Leu сравнительно более динамичный и реализован в двух или трех локальных минимумах в пределах одной конформации. Эти результаты указывают на то, что конкретный тип структуры дипептида cyclo-Gly-Leu по существу будет зависеть от условий, при которых данная молекула функционирует. На рис.1(б) приведен график зависимости потенциальной энергии от торсионного угла вращения χ1 (χ2) остатка лейцина относительно цикла в молекуле cyclo-Gly- Leu.

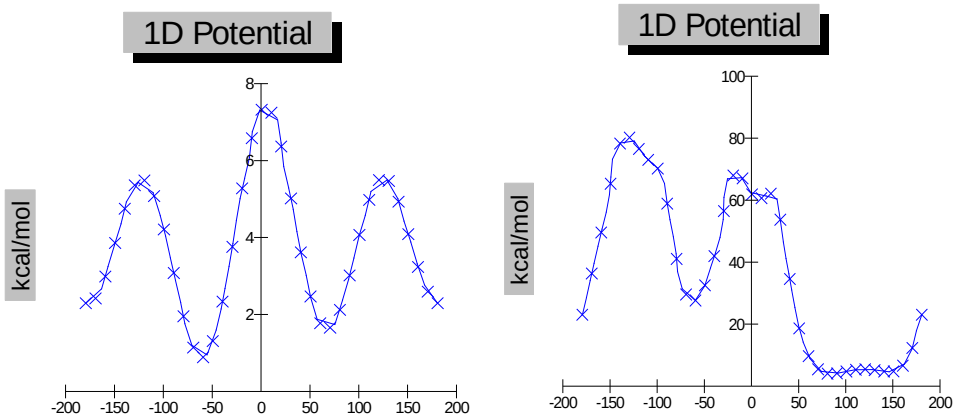


Рис. 1. График зависимости потенциальной энергии от торсионного угла вращения χ1 остатка валина относительно цикла в молекуле cyclo-Gly-Val (а) и график зависимости потенциальной энергии от торсионного угла вращения χ1 (χ2) остатка лейцина относительно цикла в молекуле cyclo-Gly- Leu (б).

На рис.1(а) кривая имеет два глобальных минимума, которые соответствуют симметричному повороту боковой группы лейцина относительно плоскости кольца. Первый минимум на кривой соответствует углу -60º и второй широкий минимум энергии расположен так, что образует своеобразное «плато» от 60° до 160°. Наконец, сравнение результатов теоретического конформационного анализа обоих циклических дипептидов позволяет предполагать, что оба пептида свободны от внутримолекулярной водородной связи для того, чтобы быть доступными для образования комплекса с рецептором или димера молекул. Вычисления выявили для обоих циклических дипептидов аналогичные конформации как наиболее энергетически благоприятные. Однако, наличие еще одной одинарной C–C связи в боковой цепи лейцина увеличивает число низкоэнергетических конформационых состояний cyclo-Gly-Leu. Результаты проведенного конформационного исследования двух циклических дипептидов согласовываются с данными ЯМР и эмпирическими данными исследований [3]. Следующая задача заключалась в определении электронной структуры данных циклических дипептидов с целью определения центров их реакционной способности в энергетически предпочтительных конформациях. Расчеты электронной структуры проводились полуэмпирическим методом CNDO с помощью комплекса сервисных программ HyperChem 8.1 [5]. В таблице 1 приведены электронные характеристики стабильных конформаций дипептидов cyclo-Gly-Val и cyclo-Gly-Leu.

Таблица 1. Электронные характеристики стабильных конформаций дипептидов cyclo-Gly-Val и cyclo-Gly-Leu (ккал/моль)

Молекула	**Полная энергия**	**Энергия связывания**	**Энергия изолированных атомов**	**Электронная энергия**	**Энергия взаимодействия остовов**	**Суммарный дипольный момент (Debay)**
cyclo-Gly-Val						
1. Val $\chi1=60^0$	-74821	-6336	-68485	-296348	221526	1.06
2. Val $\chi1=180^0$	-48812	-2240	-46571	-248038	199226	1.12
3. Val $\chi1=-60^0$	-44439	-2252	-42187	-241668	197228	1.04
cyclo-Gly-Leu						
1.Leu $\chi^1\chi^2=1,2$	-80200	-7045	-73156	-340995	260795	2.6
2.Leu $\chi^1\chi^2=2,2$	-80197	-7041	-73155	-336400	256203	2.5
3. Leu $\chi^1\chi^2=3,2$	-80185	7030	-73156	-336360	256174	2.8

Согласно результатам расчета выявлена наибольшая чувствительность дипольных моментов связей и особенно пептидных групп (в пределах порядка 0.2D) к изменению конформации соответствующего дипептида. Для энергетически предпочтительной конформации дипептида cyclo-Gly-Val величина дипольного момента составила 1.06 D, а для предпочтительной конформации дипептида cyclo-Gly-Leu величина дипольного момента составила 1.09 D. Полученные параметры детально характеризуют электростатику дипептидов, ведь именно дипольный момент сильно влияет на электрические и оптические свойства молекул. По результатам расчета выявлена наибольшая чувствительность дипольных моментов пептидных групп ,в пределах порядка 0.2D, к изменению пространственной конформации исследуемых дипептидов, имеющих схожее строение основной цепи.

Таким образом, на основе данного исследования молекул cyclo-Gly-Val и cyclo-Gly-Leu можно заключить, что энергетически предпочтительные конформации данных циклических дипептидов являются довольно компактной структурой с определенной взаимной ориентацией между функциональными группами, реализующими специфические взаимодействия, ограничивающие структуру в необходимых размерах для взаимодействия с рецептором.

Список литературы

1. Van der Merwe E., Huang D., Peterson D., Kilian G., Milne P.J., Van de Venter M., Frost C. // Peptides. 2008, v.29, № 8, pp.1305-11
2. Chandrasekaran R., Lakshminarayanan A.V., Mohanakrishnan P, Ramachandran G.N., // Biopolymers,1973,v. 12,pp. 1421-1425
3. Milne P.J., Hunt A.L.,Rostoll K., Van der Walt J.J., Graz C.J.M. // J. Pharm.Pharmacol., 1998, v.50, pp.1331–1337
4. Максумов И.С., Исмаилова Л.И., Годжаев Н.М. // Журнал структурной химии, т.24, №4, 1983, с. 147-148
5. Документация к пакету программ HyperChem v.8.0, hyper 8.0 (pdf).

МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В МОНОКРИСТАЛЛАХ $CuGaS_2$

Алигулиева Х. В.
Сумгаитский Государственный Университет

Тройные соединения типа $A^IB^{III}C^{VI}_2$ (A^I = Cu, Ag; B^{III} = Ga, In; C^{VI} = S, Se, Te) со структурой халькопирита уже длительное время привлекают внимание исследователей в связи с перспективами их практического применения в качестве элементов преобразователей солнечной энергии, нелинейной оптики, эффективных излучающих светодиодов и фотодетекторов [1,2]. Среди соединений группы $A^IB^{III}C^{VI}_2$, для фотовольтаических применений одними из наиболее подходящих являются полупроводники $CuGaS_2$, поскольку ширина запрещённой зоны равна примерно E_g~2,43 эВ и для энергий квантов выше E_g величина коэффициента поглощения в $CuGaS_2$ очень высока. В настоящее время интерес к этим соединениям возрос в связи с развитием спинтроники, в которой доминирующей концепцией получения разбавленных магнитных полупроводников (РМП) является введение в диамагнитный полупроводниковый материал магнитной примеси, например: Mn, Fe, Co, Cr и др. [3]. Интересной фундаментальной особенностью соединений типа $A^IB^{III}C^{VI}_2$, и $CuGaS_2$ в частности, является взаимодействие 3*d*-состояний металла (Cu) с валентными *p*-состояниями аниона (S), приводящего к их гибридизации (смешиванию) и возмущению структуры электронно-энергетических полос [4,5]. С этим явлением связаны особенности энергетического спектра: значительно меньшая ширина запрещённой зоны в $CuGaS_2$ (~2.5 эВ).

Нами были проведены исследования электропроводности монокристаллов $CuGaS_2$ в широкой области температур 5-300К с целью выяснения механизма переноса зарядов при низких температурах.

Монокристаллы $CuGaS_2$ были получены методом Бриджмена-Стокбаргера из предварительно синтезированного образца в эвакуированной до остаточного давления ~10^3 Па кварцевой ампуле. Температура в печи была примерно 1150^0C, скорость перемещения ампулы в печи около 0.3 мм/мин.

Полученные образцы нами были исследованы на рентгеновском дифрактометре *Bruker D8 Advance*. На рис.1 приведены результаты исследований дифракции рентгеновских лучей, положение рефлексов характерны для $CuGaS_2$. Полученные монокристаллы $CuGaS_2$ характеризуются тетрагональной решёткой с параметрами решетки: $a = b = 5{,}36$ A^0, $c = 10{,}49A^0$ и пространственной группой симметрии $I\bar{4}2d$.

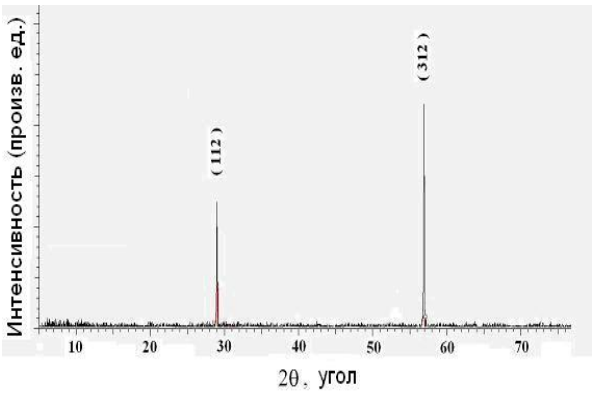


Рисунок 1. Дифракция рентгеновских лучей в монокристаллах $CuGaS_2$.

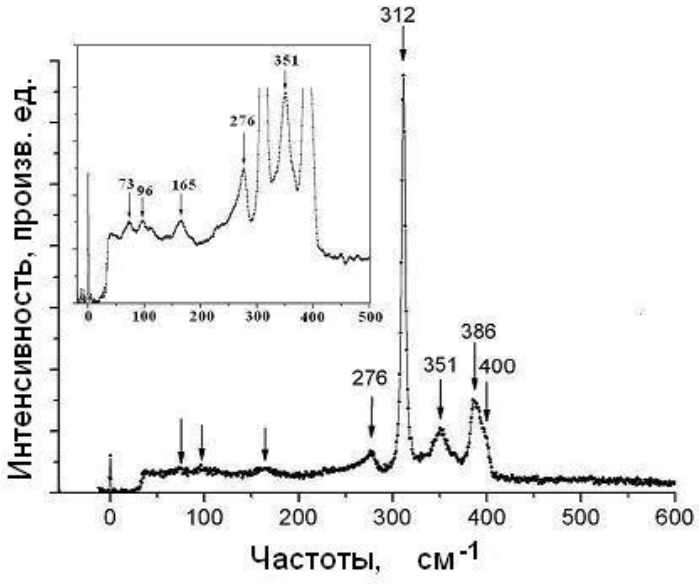


Рисунок 2. Спектры комбинационного рассеяния в монокристаллах $CuGaS_2$. На вкладке приведены менее интенсивные линии - активных фононов в области низких частот.

Другой важной характеристикой материала образцов являются характерные частоты колебательного спектра в центре зоны Бриллюэна. Нами были проведены также исследования комбинационного рассеяния света в полученных монокристаллах $CuGaS_2$. Исследования проводились на конфокальном рамановском микроспектрометре *Nanofinder 30* (*Tokyo Instr., Japan*). Точность определения положения КР-активных частот была не хуже 0.5см$^{-1}$. Возбуждение светом происходило на длине волны второй гармоники Nd:YAG лазера 532 нм, приёмником излучения служила охлаждаемая CCD камера (~ -70^{0}C), работающая в режиме счёта фотонов. Измерения проводились в геометрии обратного рассеяния.

На рисунке 2 приведен спектр комбинационного рассеяния на полученных нами монокристаллах $CuGaS_2$ при комнатной температуре T~300K. Хорошо заметна относительно высокая интенсивность и малая полуширина линии A_1 (312см$^{-1}$), что является характерной особенностью всех халькопиритов группы $A^IB^{III}C^{VI}_2$.

Электропроводность монокристаллов $CuGaS_2$ исследована нами в широкой области температур 5-300K. Измерения проводились по стандартной четырёхзондовой схеме. Образцы монокристаллов $CuGaS_2$ обладали дырочной проводимостью (*p*-типа) активационного характера во всём интервале исследованных температур 5-300K (рис. 3 a).

Уменьшение температуры сопровождается быстрым убыванием концентрации дырок, т.н. область вымораживания примесных носителей заряда. Полученная энергия активации акцепторов (~12 *meV*) хорошо согласуется с данными работ [6,7].

Особый интерес представляет низкотемпературная область электропроводности (T < 100 K). Анализ функциональной зависимости сопротивления от температуры выявил, что экспериментальные точки хорошо спрямляются в координатах Мотта (рис. 3b). Это даёт нам возможность предположить, что в указанной области температур перенос заряда в монокристаллах $CuGaS_2$ осуществляется посредством прыжковой проводимости носителей заряда по локализованным состояниям, лежащим в узкой полоске энергий вблизи уровня Ферми. В этом случае электропроводность описывается известным выражением Мотта [8]:

$$\rho = \rho_0 \exp(T_0 / T)^{1/4}, \quad T_0 = \beta / k_B g(E_F) a^3 \qquad (1)$$

здесь $g(E_F)$ - плотность локализованных состояний на уровне Ферми E_F, a - радиус близких к уровню Ферми локализованных состояний, β - число, зависящее от размерности задачи, k_B - постоянная Больцмана.

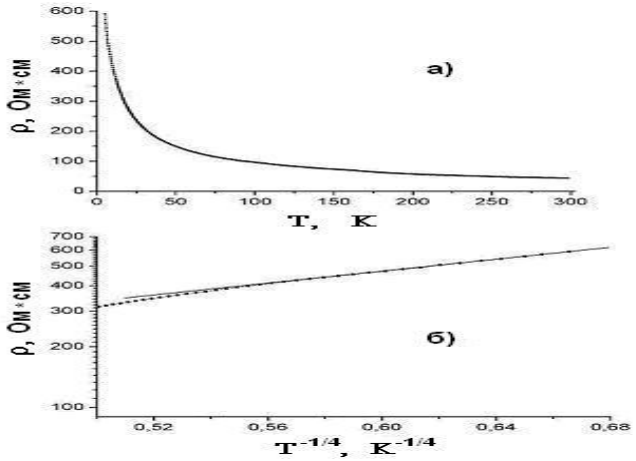


Рисунок 3. Температурная зависимость удельного сопротивления $CuGaS_2$

По-видимому, быстрое вымораживание примесных носителей заряда в разрешённой зоне при понижении температуры приводит к тому, что наступает момент, когда наибольшую роль в электропроводности начинают играть прыжки носителей заряда по отдельным примесным состояниям без активации в разрешённую зону. Конечно, прыжковому механизму проводимости присуща чрезвычайно малая подвижность, поскольку прыжки носителей заряда осуществляются по слабым перекрытиям хвостовых частей волновых функций соседних акцепторов. Однако прыжковая проводимость превосходит зонную, так как в прыжковой проводимости могут принимать участие все находящиеся на акцепторах дырки, а в зонной – только экспоненциально малое число дырок валентной зоны.

Близость значений *a* и *R(T)* указывает на сильную локализацию носителей заряда в монокристаллах $CuGaS_2$. О сильной локализации свидетельствует также оцененная выше довольно высокая плотность локализованных состояний в $CuGaS_2$. Достаточно высокая концентрация локализованных состояний в запрещённой зоне в $CuGaS_2$ приближает эти кристаллы по энергетической структуре к аморфным полупроводникам, хотя данные рентгеноструктурных и рамановских исследований (интенсивности и полуширины рефлексов и спектральных линий), приведённые выше, свидетельствуют об упорядоченности кристаллической структуры.

Таким образом установлено, что в монокристаллах $CuGaS_2$ в области температур 100-300К доминирует проводимость термовозбуждённых примесных (акцепторных) носителей заряда по протяжённым состояниям в разрешённой зоне с энергией активации $\Delta E \sim 12meV$. При более низких температурах (T<100K), как и в неотожжённых тонких плёнках твёрдого раствора $Bi_2(Te_{0.9}Se_{0.1})_3$, проводимость осуществляется путём прыжков носителей заряда по локализованным состояниям, лежащим в узкой полоске энергий вблизи уровня Ферми, т. е. имеет место прыжковая проводимость с переменной длиной прыжка. С понижением температуры растёт вероятность прыжков носителей заряда на пространственно более удалённые, но энергетически более близкие центры локализации.

Список литературы

1. Shirakata S., Murakami K., Isomura S.. Electroreflectance Studies in $CuGaS_2$. // Jap. J. Appl. Phys., 1989, vol. 28, N.9, pp.1728

2. Stewart J.M., Chen W.S., Devany W.E. and Mickelsen R.A. Ternary and Multinary Compounds, ed. Deb S.K. and Zunger A., Pitsburgh, PA: Materials Research Society, 1987

3. Захарченя Б.П., Коренев В.Л.. Интегрируя магнетизм в полупроводниковую электронику // УФН, 2005, т. 175, № 6, с. 629-635

4. Romero A.H., Cardona M., Kremer R.K., Lauck R., Siegle G., Hoch C., Munoz A., Schindler A.. Electronic and phononic properties of the chalcopyrite $CuGaS_2$. // Phys. Rev. B, 2011, vol. 83, is. 19, p.195208

5. Akdogan M. and Eryigit R. R.. First principles calculations on vibrational and dielectric properties of chalcopyrite $CuGaS_2$. // J. Phys.: Condens. Matter, 2002, vol.14, pp.7493-7502.

6. Phil Won Yu, Downing D.L. and Park Y.S.. Electrical properties of $CuGaS_2$ single crystals. // J. Appl. Phys., 1974, vol. 45, pp. 5283-5288

7. Teweldebrhan D., Goyal V., Balandin A.A. Exfoliation and Characterization of Bismuth Telluride Atomic Quintuples and Quasi-Two-Dimensional Crystals//Nano Letters, 2009, v. 10, pp.1209-1218

8. Шкловский Б.И., Эфрос А.А. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979, 416 с.

ЗОННАЯ СТРУКТУРА $In_{1-x}Ga_xSb$

Алиев Ф.Ф., Зейналов С.А., Дамирова С.З., Дамиров Г. М.

НАНА Институт Физики

Соединения $A^{III}B^{V}$ в последнее время получили широкое применение при изготовлении различных полупроводниковых приборов. Поэтому интенсивное изучение свойств соединений привело к открытию ряда принципиально новых явлений, имеющих важное значение для техники электронных приборов и способствовало существенному развитию физики твердого тела. Интенсивное исследование указанного типа соединений вызвано их особенностями, отличающихся от предыдущих полупроводников. В этом смысле исследование твердых растворов $In_{1-x}Ga_xSb$ немало привлекает интерес исследователей.

Известно, что [1,2] в этих твердых растворах ширина запрещенной зоны E_g изменяется от 0.7 эВ (GaSb) до 0.23 эВ (InSb). Автор [3], изучая изменение зонной структуры, приходит к выводу, что твердые растворы $In_{1-x}Ga_xSb$ обладают сложной зонной структурой. Среди них особый интерес представляет изучение зонной структуры в изомолярном составе (x=0.5) и его влияние на кинетические свойства кристалла. С этой целью исследованы температурные зависимости коэффициенты электропроводности (σ), Холла (R) и термо э.д.с (α) в образце $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$.

Твердый раствор $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ получается методом зонного выравнивания в различных скоростях [4]. Измерения σ, R и α проводились на образцах с омическими контактами при постоянном токе [5] и постоянных магнитных полях вплоть до 1400 A/m. Погрешность измерений не превышена ~5%. На рис.1 представлена температурная зависимость коэффициента Холла R. Видно, что R(T) до T~110 K не зависит от T, затем увеличивается с ростом температуры до T~250 K и при T~350 K изменяет знак на отрицательный , достигает максимума по модулю /R/ при T~450 K и потом с наступлением собственной проводимости плавно уменьшается. На рис.2 показана температурная зависимость термо э.д.с α, которая примерно линейно растет до T~ 200 K , а затем изменяет знак p на n. При T~200 и T~350 K проявляются максимумы на зависимости |α(T)|. На рис.3 представлена температурная зависимость электропроводности σ. Как видно из рис.3 σ(T) до T~350 K монотонно уменьшается и начиная T~400 K с наступлением собственной проводимости она экспоненциально увеличивается. Сложное поведение R(T), σ(T) и α(T) анализируется в рамках трехзонной модели (два сорта -дырки и электроны), согласно которой [6]

$$R = -\frac{1}{e}\frac{n\,U_n^2 - P_L U_L^2 - P_h U_h^2}{(\sigma_n+\sigma_L+\sigma_h)^2} \tag{1}$$

$$\alpha = \frac{\alpha_h\sigma_h + \alpha_L\sigma_L - \alpha_n\sigma_n}{\sigma_n+\sigma_L+\sigma_h} \tag{2}$$

$$\sigma = e(nU_n + p_hU_h + p_Lu_{L)} = \sigma_n+\sigma_h+\sigma_L \tag{3}$$

где p_L, p_h ,n- концентрация легких, тяжелых дырок и электронов, $\sigma_L, \sigma_h, \sigma_n$ $u\alpha_L, \alpha_h, \alpha_n$ - парциальная электропроводность и термо э.д.с.

Плато в R(T) до ~90 K означает, что проводимость обеспечивается одним типом носителей заряда (легкими дырками). Это дает возможность определить эффективную массу легких дырок. В случае квадратичного закона дисперсии в любой степени вырождения термо э.д.с в классически сильном магнитном поле описывается формулой [6]

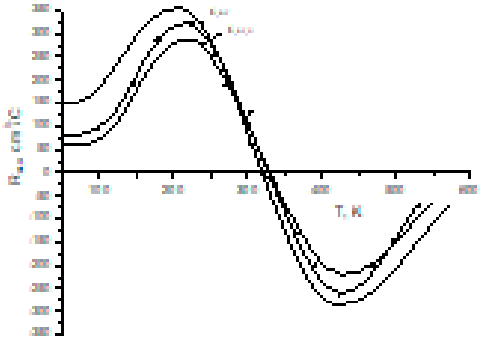


Рис.1 Температурные зависимости коэффициента Холла в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ при H= 1220 A/m:
точки –эксперимент , линии- расчет с параметрами $\gamma_i\ \gamma_{ac}(1)$, $\gamma_i \gamma_{ac},\ \gamma_0$ (2)

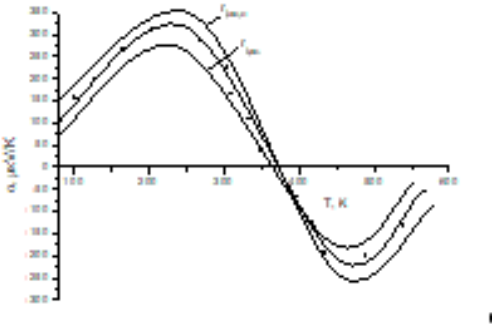


Рис.2 Зависимости lg (ΔR/R)·(10^3/T) (а) и схема смещения краев $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ (б)

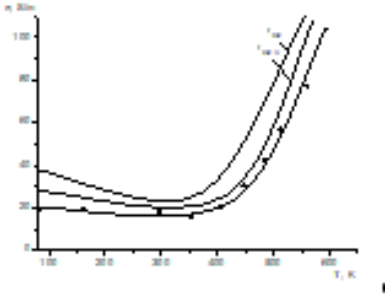


Рис.3 Температурные зависимости электропроводности в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$
(обозначения те же , что на рис.1)

$$\alpha_\infty = -\frac{\kappa_0}{e}\left[\frac{5F_{3/2}(\mu^*)}{3F_{1/2}(\mu^*)} - \mu^*\right], \tag{4}$$

где μ^*- приведенный химический потенциал, $F(\mu^*)$-однопараметрический интеграл Ферми. Известно, что термо э.д.с при сильном магнитном поле выражается как $\alpha_\infty = \alpha + \Delta\alpha_\infty$, где $\Delta\alpha_\infty$- магнито- термо э.д.с в классическом сильном магнитном поле. В полупроводниках $\Delta\alpha_\infty$- составляет 10-12 %от величины α [7]. Из (4) определяется μ^*.

Коэффициент Холла в сильном магнитном поле (R_∞) определяется только концентрацией носителей заряда

$$R_\infty = \frac{1}{p_L e} \tag{5}$$

Из формулы (5) можно определить концентрацию легких дырок, которая выражается через μ^* и m_L^*

$$p_L = 4\pi \left(\frac{2m_L^* k_0 T}{h^2}\right)^{3/2} F_{3/2}(\mu^*) \ , \qquad (6)$$

где m_L^* - эффективная масса легких дырок.

Из (6) по известному p_L, Т и μ^* можно определить $m_L^*(m_L^* = 0.040 m_0)$.

Другие параметры, входящие в (1-3) определяются следующим образом: поскольку при максимуме /R/ определяется условие [8]

$$/R/_{max} = R(1+b)^2/4b \ , \qquad (7)$$

где **b** - отношение подвижности легких к тяжелым дыркам R можно вычислить из R=f(T) когда R не зависит от температуры тогда по формуле (7) можно определить отношение подвижности легких к тяжелым дыркам (**b**=8.6), а из зависимости $\lg(\Delta R/R) = f(10^3/T)$ можно найти **Δ**-энергетический зазор между подзонами (**Δ**=(0.05±0.01)эВ (рис.4а). Если **b** и **Δ** известно, то можно найти (m_L^*) из формулы [9]

$$\Delta R/_R = (1-b)^2 \left(\frac{m_L^*}{m_h}\right)^{3/2} exp - \Delta/k_0 T \ , \qquad (8)$$

$$\frac{p_h}{p_h + p_L} = \left[\left(\frac{m_L^*}{m_h^*}\right)^{3/2} e^{\Delta/k_0 T} + 1\right]^{-1} , \qquad (9)$$

где $\mu^* = 2$

В данном случае **b** слабо зависит от температуры (при этом $r_L = r_h$ (r_L, r_h- факторы рассеяния), это происходит тогда , когда для обоих носителей заряда время релаксации не зависит от энергии[6]) , поскольку вариация R(T) в основном обусловлена перераспределением носителей в зоне проводимости и подзонах валентной зоны,т.е.R=f(n,p_h,p_L).Концентрация электронов определяется следующим образом: статистика носителей заряда в собственных полупроводниках с двумя сортами дырок и условие нейтральности для трехзонной модели имеют вид [6]

$$n = p_h + p_L \ , \qquad (10)$$

или

$$m_n^{*3/2} \exp(\mu^*) = (m_L^{*3/2} + m_h^{*3/2}) \exp(-\mu^* - E_g^*) \ , \qquad (11)$$

где $E_g^* = E_g(T)/k_0 T$ (E_{g_0}=0.36 эВ [10]), $dE_g/dT = -2.6 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, m_n^* - масса электронов.

В полупроводниках, обладающих сложной зонной структурой , (рис.4б)легкая валентная зона и зона проводимости обычно являются зеркальными [9, 11], т.е $m_L^* \approx m_n^*$.

Из рис.1 видно , что при Т~350 К начинает собственную проводимость коэффициента Холла R, при этом с хорошей точностью определяется соотношением

$$n_i = \frac{1}{eR_i} \ , \qquad (13)$$

Подставляя значения n_i при Т~450 К в формуле (12) и по значению E_g m_L^* и m_h^* можно определить m_n^* ($m_n^* = 0.038 m_0$) и получено , что $m_n^* \approx m_L^*$.

Полученные нами данные о m_L^*, m_h^*, m_n^* существенно не отличаются от данных полученных авторами [12].

Из (11) получаем

$$\mu^* = \frac{E_g^*}{2} + \frac{3}{2} k_0 T \ln \left(\frac{m_h^*}{m_n^*}\right)^{3/2} + \frac{3}{2} k_0 T ln \left[1 + \left(\frac{m_L^*}{m_h^*}\right)^{3/2}\right], \qquad (14)$$

Концентрация электронов определяется согласно по формуле (6)

$$n = 4\pi \left(\frac{2m_n^* k_0 T}{h^2}\right)^{3/2} F(\mu^*), \qquad (15)$$

При любой степени вырождения и смешанном механизме рассеянием носителей заряда термо э.д.с. (парциальная) определяется [6] как

$$\left.\begin{aligned} \alpha_n &= -\frac{k_0}{e}\left[\frac{G_3(\gamma)}{G_1(\gamma)} - \mu_n^*\right], \\ \alpha_{p_L} &= -\frac{k_0}{e}\left[\frac{G_3(\gamma)}{G_1(\gamma)} - \mu_L^*\right], \\ \alpha_{p_n} &= -\frac{k_0}{e}\left[\frac{G_3(\gamma)}{G_1(\gamma)} - (\mu_L^* + \Delta^*)\right] \end{aligned}\right\}$$

где $\gamma = \frac{F_3(\mu^*)}{F_1(\mu^*)}$, $G_1(\gamma) = \int_0^\infty \frac{x^3 e^{-x}}{x^2+\gamma^2}\,dx, G_3(\gamma) = \int_0^\infty \frac{x^4 e^{-x}}{x^2+\gamma^2}dx$, $\Delta^* = {}^{\Delta}/_{k_0 T}$ $x = \frac{\varepsilon}{k_0 T}$, $\gamma = U_1/U_2$ где

U_L и U_i- соответственно подвижности носителей заряда , обусловленные рассеянием на фононах и на ионах примеси.

При не слишком больших значениях γ выражается через интегральные синус и косинус :

$G_1(\gamma)=1+\gamma^2(cos\gamma ci\gamma - sin\gamma si\gamma),\ G_3(\gamma)2-\gamma^2+\gamma^3(sin\gamma ci\gamma + cos\gamma si\gamma),$ (17)

где $si\gamma = \int_\gamma^\infty \frac{sint}{t}dt$ и $ci\gamma = -\int_\gamma^\infty \frac{cost}{t}dt$

Из (17) видно ,что при $\gamma = 0$ (рассеяние на фононах) $\frac{G_3}{G_1} = 2$, а при $\gamma \to \infty$ (рассеяние на ионах примеси) $\frac{G_3}{G_1}$ =4.

Как видно из (16) незначительное изменение $\frac{G_3}{G_1}$ сильно влияет на величину эффективной массы m^*.

При очень больших значениях параметры $\gamma \gg 10$ функции $G(\gamma)$ асимптотика имеет вид [12].

$G_1(\gamma) \approx \frac{6}{\gamma^2}\left(1-\frac{20}{\gamma^2}\right),\ G_3(\gamma) \approx \frac{24}{\gamma^2}\left(1-\frac{30}{\gamma^2}\right)$

Температурная зависимость подвижности определяется в виде

$$U = \frac{e}{m^*}\tau(T), \quad (18)$$

где $\tau - время\ релаксации\ носителей\ заряда$.

Проведенный расчет для $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ при концентрации $\rho_L = 7.8\cdot10^{17}$ см$^{-3}$, при котором значение химического потенциала до температур T~110 К и ниже определяется зоной с меньшей плотностью состояний ($m_L^* = 0.040\ m_0$), т.е. проводимости превалируют легкие дырки из зоны с большей плотностью состояний ($m_h^* = 0.340\ m_0$).

Для определения вклада тяжелых дырок , в общей концентрации носителей заряда учитывалось изменение их концентрации за счет уменьшения энергетического зазора (**Δ**=0.05 эВ) между валентными зонами с ростом температуры со скоростью dΔ/dT=-2.6·10^{-4} эВ/К. Отношение подвижностей **b** для этой концентрации изменяется с ростом температуры с ростом от 8.6 до 10. Расчет показывает , что при $p_h/p_L \approx 1.5$ значения R и α достигает максимума при T~250 К.

Из сопоставления расчетных и экспериментальных кривых показывает ,что с повышением температуры с ростом p_h/p_L наблюдается рост R(T) и α(T). При этом хорошо согласуются теоретические и расчетные данные. При T>250 К R и α начинают падать, хотя , согласно расчетным данным, учитывающим только два сорта дырок. /R/ и /α/ при температуре T~450К еще раз проходят через максимум и начинает собственная область. Собственная область также подтверждается на $\sigma(m)$. Тогда по наклону зависимости lg (RT$^{3/2}$) ~10^3/T и $lg(\sigma/T)\ om\ 1/T$ можно определить ширину запрещенной зоны E_g ,было найдено для $E_g \sim 0.37 \pm 0.05$ и 0.35 ± 0.02 эВ. Эти значения E_g согласуется с данными [13].

Количественное сопоставление данных показывает, что расчетные значения подвижности легких дырок при T<110 К больше экспериментальных. Вероятно, что это связано с тем , что в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ значение радиуса экранировки больше постоянной решетки (которые не могут учитываться при расчетах на расчете). При этом рассеяние легких дырок более интенсивнее , чем рассеяние тяжелых дырок.

Количественное несогласие экспериментальных расчетных кривых может быть вызвано следующими причинами :

1. Падение R(T) при T>250 К связывается появлением зонных переходов. Однако при этих температурах в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ $p_h+p_L=3.25\cdot10^{17}см^{-3}$ концентрация электронов $n\sim1.25\cdot10^{17}см^{-3}$, что при такой подвижности не объясняется наблюдаемое падение R(T). По экспериментальным данным видно, что при T<110 К в проводимости основную роль играют легкие дырки, а при T>110 К тяжелые дырки и собственные электроны. Однако их расчетные значения не всегда могут быть верно найдены. Поэтому в расчетах точки инверсии знака слегка смещаются в область высоких температур.

2. Интерпретация R(T) и α(T) показывает, что на эти зависимости влияют не только зонные параметры, но и их температурные зависимости (особенно при T<250 К играют роль зонные параметры легких дырок); а также значительную роль играет механизм рассеяния .

3. Незначительная причина не согласия расчетных и экспериментальных данных может быть связано с неточным определением превалирующим механизмом рассеяния и зонными параметрами носителей заряда.

Особый интерес представляет минимум на $\sigma(T)$ при T$\sim400\ K$. Расчеты показывают, что начиная с T~250 , носителей заряда интенсивно рассеиваются на тепловых колебаниях решетки, благодаря чему U_h, U_L, U_n, уменьшаются с температурой , что приводит к снижению $\sigma(T)$. При T>400 К за счет появления собственной проводимости начинается генерация электронов из валентной зоны в зону проводимости , что приводит к росту $\sigma(T)$. Другая особенность здесь представляет значение минимума на $\sigma(T)$ при T~450 К, так как на эксперименте σ уменьшается на~15%. Расчет показывает, что за счет уменьшения подвижности σ уменьшается ~8% . Это может быть обусловлено одновременно дополнительным механизмом рассеяния: межзонные рассеяния. Как было показано, выравнивает время релаксации легких и тяжелых дырок, и следовательно сильно уменьшает подвижность легких дырок, где при рассеянии на акустических и оптических фононах $U_L/U_h \sim (m_h^*/m_L^*)^{3/2}$и$(m_h^*/m_L^*)^{1/2}$ соответственно. В случае рассеяния на ионизированных примесях межзонное рассеяние не играет роли. По сравнению с другими полупроводниками радиус кривизны $\sigma(T)$ в области T~350÷450 К обладает большим значением. Это означает ,что в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ ширины запрещенной зоны имеет достаточно большое значение.

Таким образом, температурные зависимости R(T) ,$\sigma(T)$и R(α) в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ хорошо объясняется с учетом определенных значений зонных параметров двумя сортами дырок и собственными электронами. При высоких температурах появляется вклад тяжелых дырок и собственных электронов в общей проводимости, так как энергетический зазор между подзонами Δ сильно уменьшается с ростом температуры ($\Delta=(0.05-2.6\cdot10^{-4})\ эВ$), тогда $U_L \gg U_h$.

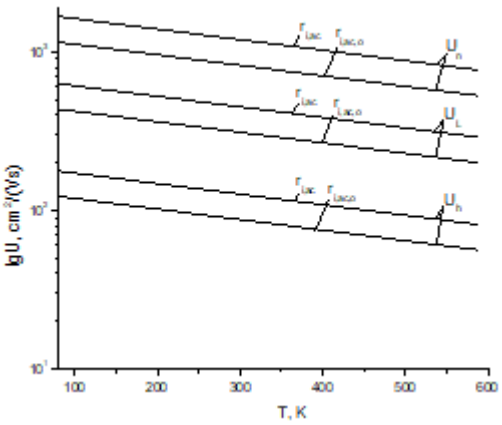


Рис.4 Температурные зависимости термо э.д.с. в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$
(обозначения те же , что на рис.1)

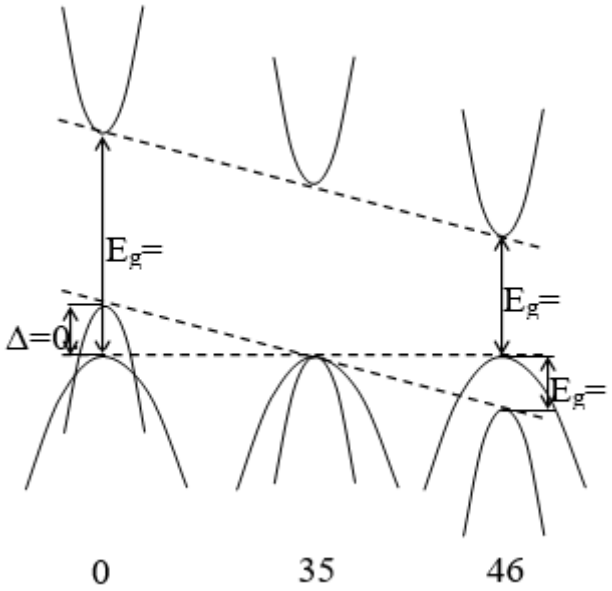


Рис.5. Температурные зависимости подвижности носителей заряда в $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$; 1,1'- электронов ; 2,2'- легких дырок ; 3.3 '- тяжелых дырок. Обозначения с параметрами γ_i γ_{ac}(1 2 3) , $\gamma_i\gamma_{ac}$, γ_0 (1,'2',3').

Список литературы

1. И.Г. Ланг, Д.Н.Наследов, С.Т.Павлов, Л.Д.Радайкина, А.С.Филипченко (1974) ФТТ ,16 (1),92
2. Sagar , Phys.Rev. (1960).117, 93
3. İ.L Robert .Sol.Stat. Commun. (1969) 7. 143
4. В.И. Иванов-Омский , Б.Т.Коломиец ФТТ, (1959) ,1, (6)913
5. С.А.Алиев, Д.Г. Араслы, З.Ф. Агаев, Ш.С. Исмаилов , Э.И.Зульфигаров. Изв.АН Азерб. СССР.Сер.физ-тех.и мат.наук.6. 67(1982)
6. Б.М.Аскеров . Кинетические эффекты в полупроводниках. (М.Наука, 1970)
7. Ф.Ф.Алиев, Г.Г.Гусейнов , Г.П.П ашаев, Г.М. Агамирзоева , А.Б.Магераммов . Неорганич.матер. 44(2) , 156 (2008)
8. Ф.Ф. Алиев , Э.М. Керимова, С.А Алиев. ФТП 36 (8).932 (2002)
9. А.А. Андреев , В.Н. Радионов ФТП. 1(2), 15 (1967)
10. S.A. Zeynalov Phys.Stat. Sol.(b)128. K 139 (1985)
11. Е.П.Скипетров, Е.А. Зверева и др ФТП 38 (10). 1199 (2004)
12. Ю.Н. Образцов ЖТФ .25 .995.19551
13. D. Auvergne, J. Camassel, H.Mathieu and A.Joullie. J.of Phys. and Chemustry of solids. 85(2) 133(1974).

ФЛУКТУАЦИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3Oy$

Алиев В.М., Эминова В.И., Дамирова С.З., Таиров Б.А.

НАНА Институт Физики,

btairov@physics.ab.az

Хотя с момента открытия висмутсодержащих высокотемпературных сверхпроводящих материалов прошло более тридцати лет, их синтез представляет собой не решенную до конца задачу. Основными недостатками традиционных методов получения ВТСП материалов этого гомологического ряда являются низкая скорость, неполное завершение твердофазной реакции, а также сложность направленного формирования реальной структуры конечного материала, определяющей его структурно- чувствительные свойства [1,2]. К настоящему времени в системе Bi-Sr-Ca-Cu-O

обнаружены три сверхпроводящие фазы с общей формулой $Bi_2(SrCa)_{n+1}Cu_nO_x$ (n=1,2,3), сокращенно обозначаемые по соотношению компонентов Bi:Sr:Ca:Cu как 2201, 2212, 2223. Критическая температура T_c растет по мере увеличения содержания Ca и Cu и достигает значений 10К-35К, 80К-90К и 100-110К для фаз 2201, 2212 и 2223 соответственно [1-4].

Известно, что висмутовая ВТСП керамика вызывает большой интерес в связи с существованием в ней фазы с $T_c > 100К$. Однако синтез этой фазы является сложной задачей, так как наряду с фазой $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_X$, для которой $T_к > 100К$, образуются фаза $Bi_2Sr_2CaCu_2O_X$ с $T_c \approx 80К$, а также несверхпроводящие фазы [1].

Отметим, что $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ является удобным объектом для исследований механизма образования избыточной проводимости в купратных соединениях. Отметим, что частичное замещение в составе $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ висмута на свинец приводит к возрастанию объемной доли 2223 в поликристалле [5,6]. Также присутствие свинца в составе поликристаллов В1 и В2 способствует росту отношения Cu^{3+}/Cu^{2+} и, соответственно, к увеличению критической температуры T_c, а также снижению удельного сопротивлений. Это означает, что подобное замещение приводит к росту плотности носителей заряда [7-10].

Известно, что продольные и поперечные длины когерентности в ВТСП материалах очень малы [1,2]. Короткие длины когерентности приводят к достаточно малому объему когерентности. В результате этого термодинамические флуктуации играют существенную роль в таких системах Изучение флуктуационной проводимости выше Тс непосредственно связана с возникновением спаренных электронов и рассматривает механизмы их возникновения. Метод флуктуационной проводимости является эффективным методом получения информации о поведении сверхпроводника в области фазового перехода. Замещение в ВТСП приводит к изменению электронной системы и, как следствие, к изменению микроскопических параметров сверхпроводника.

Целью данной работы является определение влияния частичного замещения в составе Bi-Sr-Ca-Cu-O висмута на свинец, их параметров флуктуационной проводимости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Методика получения соединений $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ (B1) и $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ (B2) описана в нашей работе [11]. При синтезе образцов В1 и В2 использовались следующие порошкообразные оксиды и карбоксилы Bi_2O_3, PbO, $SrCO_3$, $CaCO_3$, и CuO чистоты 99,99%. Соотношение исходных компонентов соответствовало фазе 2:2:2:3. Твердофазная реакция осуществлялась в две стадии: сначала при 1223К в течение 10ч синтезировались полупродукты $Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ и $Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$. Остывшая смесь растиралась в порошок, в нее добавлялось требуемое количество Bi_2O_3 и хорошо перемешивалось. Затем смесь прессовалась в таблетку, спекание производилось при 1123К в течение 48 часов с последующей закалкой на воздухе. Таким образом, были получены поликристаллы $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_2O_x$ (содержащий до (70-80)% фазы 2212 со смесью 2202 и 2223 фаз) и $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ (содержание фазы 2223 в поликристалле около 90%).

Для поликристаллических В1 и В2 образцов был проведен рентгенофазный анализ [11]. На основе рентгенограммы было рассчитано процентное содержание 2212 и 2223 фаз и определены присутствующие побочные фазы. Содержание 2212 фазы в поликристалле В1 составляло 70-80%, тогда как содержание фазы 2223 в поликристалле В2 составляло уже около 90 %.

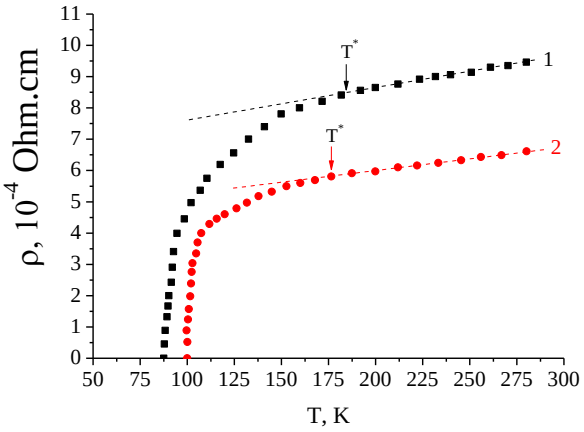


Рис. 1. Температурные зависимости удельного сопротивления образцов В1 (1) и В2 (2).

Температурные зависимости удельного сопротивления r образцов B1 и B2 представлены на рис.1. Критические температуры СП перехода T_c были определены по максимуму(dr/dT), получаемому при дифференцировании кривой r(T) (рис.2).

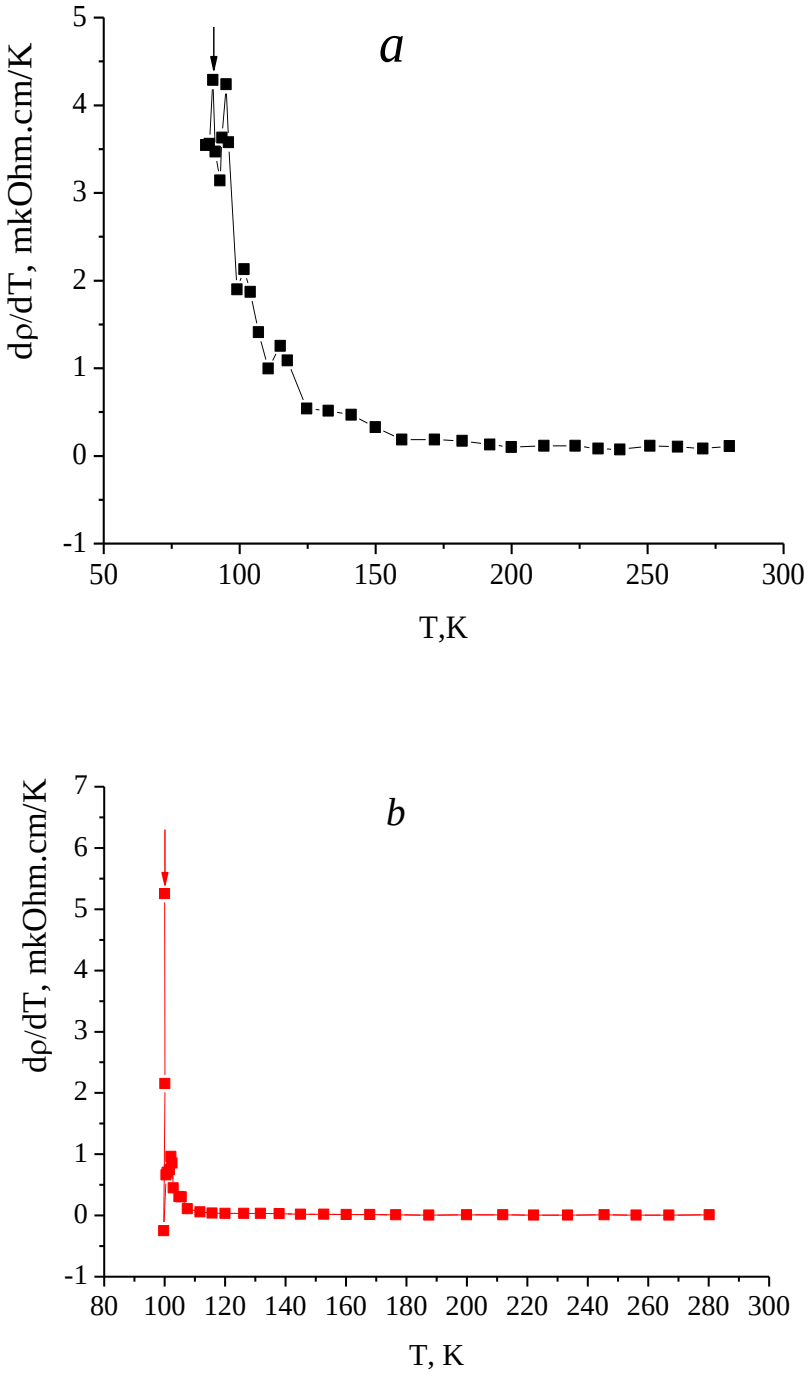


Рис.2. Температурные зависимости *dr/dT* в области СП переходов образцов B1 (1) и B2 (2).

Как видно из рис.1, частичное замещение Bi на Pb в системе Bi-Sr-Ca-Cu-O приводит к росту критической температуры соответственно от T_{c1} = 90,5K (образец B1) до T_{c2}=100,09K (образец B2). При этом удельное сопротивление r образца $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ в нормальной фазе по сравнению с $Bi_2Sr_2Ca\ Cu_2O_x$ уменьшается почти в 1,5 раза.

Известно, что существуют два флуктуационных вклада в проводимость. Прямой вклад, теоретически обоснованный Асламазовым и Ларкиным (АЛ) [12], возникает в результате спонтанного образования выше Tc куперовских пар, создаваемых флуктуациями. Дополнительный вклад, внесенный Маки и Томпсоном (МТ) [13,14] в развитие АЛ теории, трактуется как результат

взаимодействия уже существующих флуктуационных пар с нормальными носителями заряда и определяется процессами распаривания в конкретном образце. Вклад МТ зависит от времени жизни флуктуационных пар и доминирует в области двумерных 2D флуктуаций в случае слабого распаривания. АЛ механизм доминирует в трехмерной 3D области ФП вблизи Tc. Таким образом, при приближении температуры к Tc на эксперименте должна наблюдаться смена флуктуационных механизмов. В слоистых структурах, к которым относятся и ВТСП, АЛ вклад обычно определяется моделью Лоуренса-Дониаха (ЛД), которая предсказывает плавный размерный кроссовер от 2D к 3D флуктуационному поведению при T®Tc.

В рамках теории Гинзбурга-Ландау флуктуационная поправка к проводимости для ВТСП материалов была вычислена Варламовым и Ливановым [15]. Согласно этой теории дополнительная проводимость имеет вид.

$$\Delta\sigma = \left(\frac{e^2}{16\hbar d}\right)\left(\frac{T}{T_c}-1\right)^{-1}\left[1+J\left(\frac{T}{T_c}-1\right)^{-1}\right]^{-1/2} \qquad (1)$$

где J=(2xc(0)/d)2 - постоянная межплоскостного спаривания.

Из уравнения (1) видно, что при высоких температурах $T>>T_c$ (где $J<<e$; $e=(T/T_c-1)$, Ds пропорциональна e^{-1} (2D – проводимость), а при приближении к температуре перехода T_c (где $J >> e$), Ds изменяется пропорционально $e^{-1/2}$ (3D –проводимость).

На рис.3 представлена зависимость приведенной электропроводности от температуры исследованных образцов. На этой зависимости наблюдается переход от 2D к 3D–проводимости. Температуры 2D – 3D кроссовера (T_{cr}) исследованных образцов определены из условия e=4g; где $e=(T-T_c)/T_c$ и $g=(x_c(0)/d)^2$, т.е.

$$T_{cr}=T_c\{1+4(x_c(0)/d)^2\} \quad (2)$$

Здесь d расстояние между проводящими плоскостями. Для висмутовой системы d(2212)=15 Å и d(2223)=19 Å (263дис.).

Оценена также постоянная межплоскостного спаривания J (0,377- $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ и 0,21274 - $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$), длина когерентности $\xi_c(0)$ (4,606Å - $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ и 0,442 - $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$).

Как видно из этих экспериментальных данных, частичное замещение в составе $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ висмута на свинец приводит к возрастанию объемной доли 2223 в поликристалле [6,7] а так же приводит к изменению, как постоянного межплоскостного спаривания, так и длина когерентностей куперовских пар.

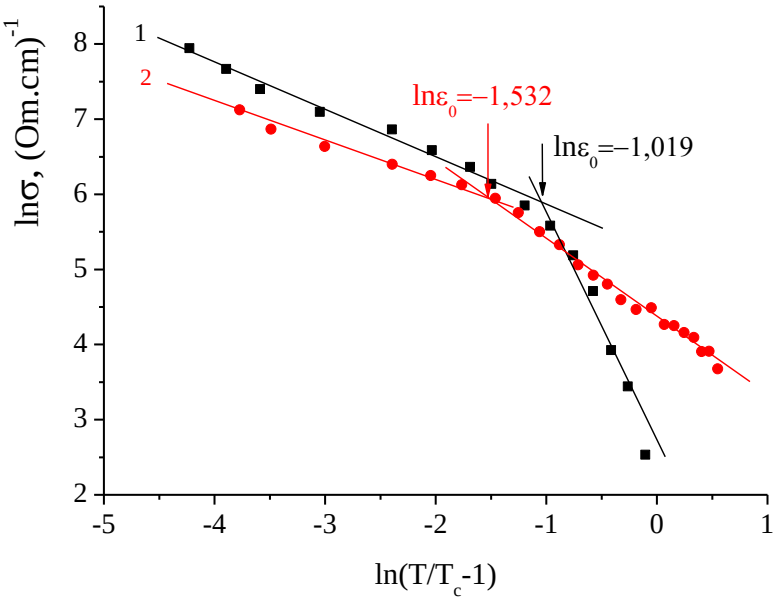


Рис.3. Зависимости логарифма избыточной проводимости от $\ln(T/T_c-1)$ образцов B1 (1) и B2 (2).

Список литературы

1. В. Д. Горобченко, А. В. Иродова, М. В. Жарников, О.А. Лаврова, Г. В. Ласкова, Г. В.Пилягин, СФХТ, (1989)т.2, №7, с. 55-60
2. И. Ф. Кононюк, В. В. Вашук, Л. В. Махнач, Ю. Г. Зонов, СФХТ, (1989) т. 2, №7, с.77-81
3. J.B.Torrance, Y.Tokura, S.L.LaPlaca et al., Solid State Commun., 66, 7, 703-706 (1988).
4. Takesh iKondo,Yoichiro Hamaya, Ari Palczewski, et al., Nature physics, 1-9, (2010)
5. P. Upadhyay, S. Rao, K. Nagpal, R. Sharma, Mat. Res. Bull. V.27, №5, 109-116, (1992)
6. W. Lo, B.A. Glowacki, Cryogenics. V.32, 544-547, (1992)
7. A. Oota, A. Kirihigashi, Y. Sasaki, K. Ohba, Jpn. J. Appl. Phys. V.27, №12, 2289-2292, (1988)
8. W. Yugui, J. Xinping, W. Jinsong et al., Inter. J. Mod. Phys. B. V.3, №4, 595-601, (1989)
9. G. Padam, R. Tripathi, M. Sharma et al., Sol. State Comm. V.80, №4, 271-275, (1991)
10. M. Awan, M. Maqsood, A. Maqsood et al., J. Mater. Sci. Lett. V.13, 1198-1200, (1994)
11. Алиев В.М., Дж.А.Рагимов, Р.И.Селим-заде, С.З.Дамирова, Б.А.Таиров, Физика низких температур, т.43, №12, с.1707-1714 (2017)
12. L.G.Aslamazov and A.L. Larkin, Physics Letters, 6, 238-239 (1968)
13. K.Maki, Prog.Theor. Phys., 39, 897-901 (1968)
14. R.S.Tompson, Physical Review B1, том 327-332(1970)
15. А.А.Варламов, Д.В.Ливанов, ЖЭТФ, 98, 584-592 (1990)

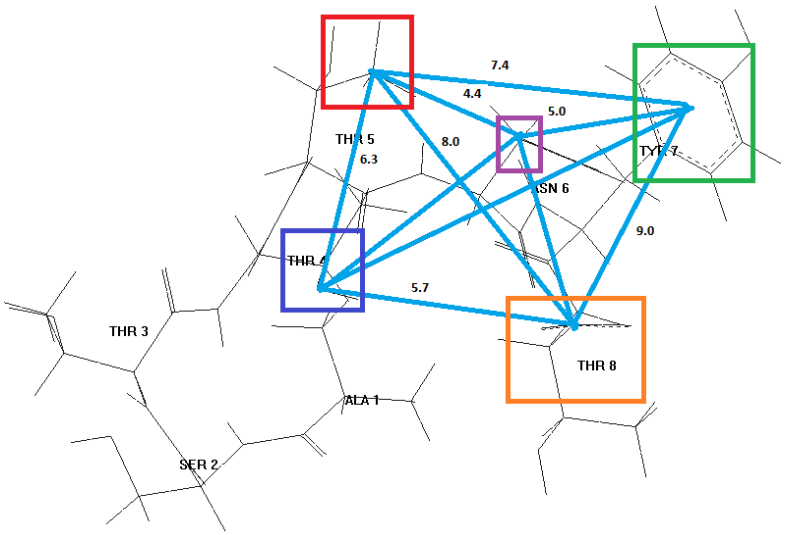
NƏZƏRİ YANAŞMA İLƏ BİOLOJİ AKTİV MOLEKULLARIN FARMAKOFOR MODELLƏRİNİN QURULMASI

Haqverdiyeva G. Ə.
Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutu
hagverdigulnara@gmail.com

Təqdim olunmuş işdə bir sıra bioloji aktiv molekulların – QİÇS-ə qarşı effektiv terapevtik təsir göstərən peptid T-nin, güclü analgetik təsirə malik olan dermorfin, deltorfin I, deltorfin, kiotorfin opioid peptidlərinin farmakofor modelləri qurulmuşdur. Bu məqsəd ilə nəzəri yanaşma təklif olunmuş, xüsusi strategiya düşünülmüş və bir sıra məsələlər fiziki modellərə əsaslanaraq nəzəri üsullardan istifadə edərək həll olunmuşdur. Birinci mərhələdə mexaniki model çərçivəsində yuxarıda göstərilən biomolekulların və onların analoqlarının stabil konformasiyalarını xarakterizə edən enerji və həndəsi parametrləri təyin edilmişdir. Sonrakı mərhələlərdə kvant-kimyəvi metodların köməyi ilə bu konformasiyaları xarakterizə edən elektron parametrləri hesablanmış, molekulyar dinamika metodu ilə müəyyənləşmiş lokal minimumlar ətrafındakı ehtimal vəziyyətlər araşdırılmışdır. Tədqiq olunmuş peptidlərin bioloji aktiv konformasiyaları bu molekulların və onların aktiv və qeyriaktiv analoqlarının konformasiya profillərini müqayisə edərək qiymətləndirilmiş və kompüterdə modelləşdirilmişdir. Bu nəticələri bioloji testlər ilə müqayisə edərək tədqiq olunmuş molekulların spesifik reseptorlara bağlanmaları üçün farmakofor modelləri qurulmuşdur.

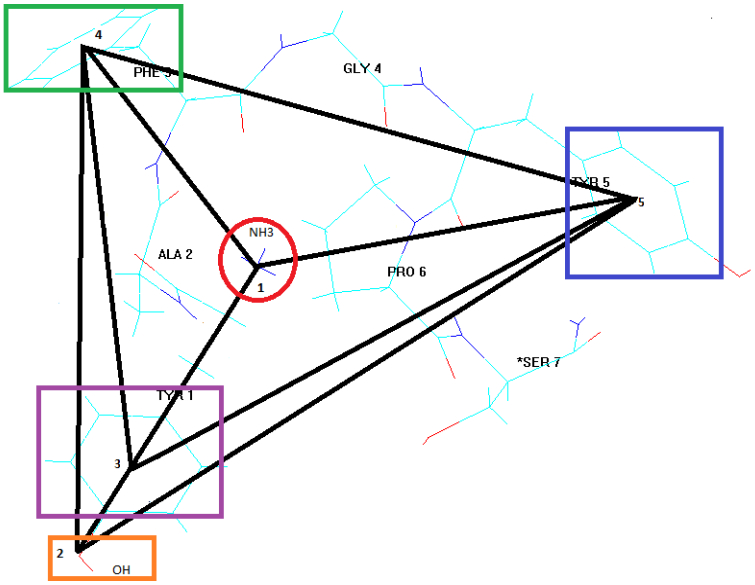
Müəyyən olunmuşdur ki, peptid T-nin (H-Ala1-Ser2-Thr3-Thr4-Thr5-Asn6-Tyr7-Thr8-OH) qapalı quruluşu onun bioloji aktiv konformasiyası kimi qiymətləndirilə bilər [1]. Bu molekulun C-uclu fizioloji aktiv pentapeptid hissəsində β-dönüşün formalaşmasının enerji üstünlüyü onun spesifik CD4 reseptorlara bağlanması üçün zəruridir. Alınmış nəticələr əsasında peptid T-nin bioloji aktiv konformasiyası və onun CD4 reseptoruna bağlanması üçün farmakofor modelləşdirilmişdir (şək. 1). Bu modelin əsas farmakofor elementləri Tyr7 qalığının aromatik halqası, Asn6 qalığının yan zəncirindəki NH_2 amid qrupu, Thr5 qalığının yan zəncirindəki CH_3 alkoqol qrupu, Thr4 qalığının CO karbonil qrupu və son Thr8 qalığının karboksil qrupudur. Qeyd olunmuş atom qrupları donor və akseptor rolunda, bu qalıqların digər atomları isə reseptor ilə hidrofob qarşılıqlı təsirlərdə iştirak edə bilər. Təqdim olunmuş şəkildə farmakofor ərazilərinin mərkəzlərinin arasındakı məsafələr Å-də verilmişdir. Təklif olunmuş farmakofor modeli əsasında oxşar həndəsi parametrləri olan peptid molekulların axtarışı aparıla bilər. Alınmış nəticələr HIV-sə qarşı effektiv təsir göstərən davamlı farmakoloji preparatların hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Hesablamalar göstərir ki, dermorfinin (H-Tyr-D-Ala-Phe-Gly-Tyr-Pro-Ser-NH_2) bioloji aktiv konformasiyasını onun N-uclu fizioloji aktiv tetrapeptid fraqmentinin peptid skeletinin spiral və ya yarıbükülü forması ilə xarakterizə olunan quruluşu modelləşdirir. Alınmış nəticələrin və quruluş-funksiya əlaqələrinin tədqiqatları əsasında dermorfinin μ-opiat reseptorla qarşılıqlı təsiri üçün farmakofor modeli təklif olunmuşdur (şək. 2).



Şək. 1. Peptid T-nin CD4 reseptora bağlanması üçün təklif olunan farmakofor modeli

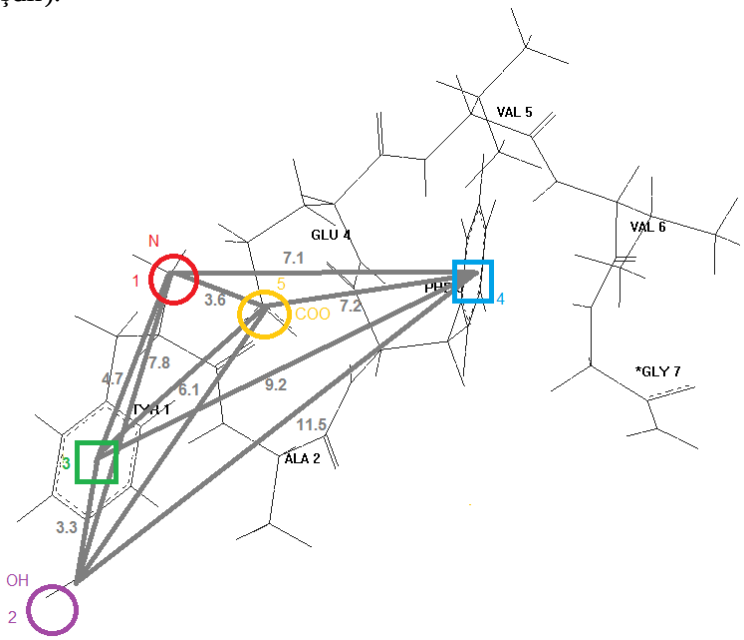
Bu modelə görə beş farmakofor elementlər ilə tutulmuş müvafiq nömrələr ilə şəkildə qeyd olunan ərazilər var. Farmakofor 1 elementini α-amin qrupu, daha dəqiq desək, protonlaşdırılmış nitrogen atomu təqdim edir. O, opiat reseptorunun mənfi yüklənmiş qalığı ilə elektrostatik qarşılıqlı təsirdə iştirak edir. Famakofor 2 elementini Tyr1 qalığının yan zəncirindəki hidroksil qrupu təqdim edir. O, elektron sıxlığının donoru rolunda iştirak edir və yükün daşınmasını və hirogen bağının formalaşmasını təmin edir. Famakofor 1 və 3 elementlərini, müvafiq olaraq, hidrofob qarşılıqlı təsirlərdə iştirak edən Tyr1 qalığının fenol halqası və Phe3 qalığının aromatik halqası təqdim edirlər. Famakofor 5 elementini Tyr5 qalığının fenol halqası təqdim edir ki, o da hidrofob qarşılıqlı təsirdə və hidrogen rabitəsinin formalaşmasında iştirak edir və bu da öz növbəsində liqandın seçmə qabiliyyətinə təsir edir. Bu farmakofor ərazilərinin dermorfin molekulunda nisbi yerləşməsi distansiyalar, müstəvi və ikiüzlü bucaqlar ilə təyin olunmuşdur [2]. Təklif olunmuş farmakofor modeli opiat reseptorlara bağlanmağa qadir liqandların tapılması və bunun əsasında effektiv analgetik təsirə malik, alkoqol və narkotik asılılığa qarşı müalicəvi təsirə malik olan farmakoloji preparatların hazırlanması üçün istifadə oluna bilər. Alınmış nəticələr göstərir ki, deltorfinlərin optimal quruluşları dermorfinin optimal quruluşları kimi Tyr1-DAla2 dipeptid seqmentinin əsas zəncirinin bükülü formada olması ilə xarakterizə olunur. Belə güman etmək olar ki, bu minimal quruluş kriteriyası tədqiq olunmuş molekulların analgetik effekt göstərməsi üçün vacibdir.



Şək.2. Dermorfinin μ-opiat reseptora bağlanması üçün təklif olunan farmakofor modeli

Deltorfin I və deltorfin II molekullarının quruluş-funksiya tədqiqatları göstərir ki, bu peptilərin

bioloji aktiv konformasiyalarını onların protonlaşdırılmış nitrogen atomu və mənfi yük daşıyan Asp və Glu qalıqlarının oksigen atomları arasında yaranan duz körpüləri ilə stabilləşən qarmaqvarı quruluşlar modelləşdirir [3]. Bu konformasiyalarda Val5 amin turşudan başlayaraq peptid zəncirinin dönməsi müşahidə olunur, bu da ki deltorfin molekulların spiral quruluşa malik olan N-uclu fizioloji aktiv Tyr-D-Ala-Phe-Asp/Glu fraqmentinin və dartılmış vəziyyətdə olan C-uclu Val-Val-Gly tripeptid fraqmentinin yaxınlaşmasını təmin edir və molekulların kompaktlığına səbəb olur. Müəyyən olunmuşdur ki, deltorfinlərin fəza quruluşlarının stabilliyi farmakofor qrupların: α-amin qrupunun, Tyr1 qalığının fenol halqasının, Phe3 qalığının aromatik halqasının və Asp/Glu qalıqlarının mənfi yük daşıyan qruplarının fəzada yerləşməsi və elektron sıxlığının spesifik paylanması ilə xarakterizə olunur. Belə güman etmək olar ki, deltorfinlərin reseptorlara bağlanma mexanizmi onların ionizə olunmuş funksional qruplarının iştirakı ilə hidrogen rabitəsinin formalaşması yolu ilə baş verir. Şək. 3-də deltorfin I və deltorphin II molekullarının δ-reseptorlara bağlanması üçün təklif olunan farmakofor modeli təsvir olunmuşdur (farmakofor ərazilərinin mərkəzlərinin arasındakı məsafələr Å-də verilmişdir).



Şək. 3. Deltorfin I və deltorfin II peptidlərinin δ-reseptorlara bağlanmaları üçün təklif olunan farmakofor modeli.

Tədqiq olunmuş biomolekulların farmakofor elementlərinin yerləşməsinin qiymətləndirilməsi peptidomimetiklərin dizaynında və davamlı farmakoloji preparatların hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Akverdieva G.A., Godjayev N.M., Akyuz S. Comparative conformational analysis of peptide T analogs // Journal of Molecular Structure, 2009, v.917, p.21-26
2. Akverdieva G.A. Insights into bioactive conformation of dermorphin//Azerbaijan Journal of Physics, vol. XXII, No. 2, Section: En, July, 2016, p.12-20.
3. Akverdieva G.A. Insights into spatial structure of deltorphins//Journal of Qafqaz University, 2016, vol.4, No. 1, p.13-20.

Ge-Si MONOKRİSTALI BOYUNCA Ga və Sb-LA AŞQARLANMIŞ KONSENTRASİYASININ PAYLANMASI

Lətifova S.S., Ayvazova Z.N. Qarayeva E.S.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

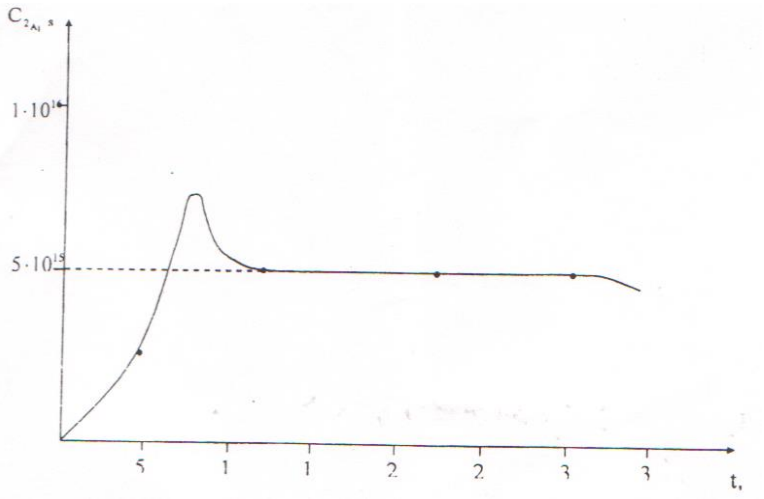
Bərk cisimlər elektronikasında bir sıra məsələlərin uğurla həyata keçirilməsində həm p, həm də n tip nümunələrdən istifadə etmək tələb olunur. Bu isə öz növbəsində müxtəlif aşqarlarla müxtəlif səviyyələrdə aşqarlanmış yarımkeçirici monokristalların yetişdirilməsi ilə təmin edilə bilər. p-tip kristallar onlara üçüncü

qrup elementi olan (Ga) maddəsi aşqarının, n-tip isə beşinci qrup elementi olan stibium (Sb) maddəsi aşqarının vurulması ilə əldə edilmişdir.

Ga-un Ge-Si bərk məhlulunda paylanması böyük maraq kəsb edir. Birinci halda paylanma əmsalı k>1, ikinci halda isə k<1-dir. İlkin xəlitədə Ga-un konsentrasiyası $10^{15}\div10^{16}$ sm^{-3} seçilmişdir [1].

Bu şərt daxilində kəsilməzlik tənliyini həll etsək, göstərə bilərik ki, doğrudan da bu cür aşqarın kristal boyunca konsentrasiyası sabit qalır.

Ga-un kristal boyunca paylanması şəkil 1-də göstərilmişdir. Bütöv xətt kəsilməzlik tənliyinin həllindən alınan qiymətləri, nöqtələr isə təcrübədən alınan qiymətləri bildirir.



Şəkil 1. Qallium aşqarının konsentrasiyasının alınmış Ge-Si monokristallı boyunca paylanması (C_0=18 at.%Si)

Təcrübi qiymətləri almaq üçün kristal yetişdirmə prosesi sona yetdikdən sonra alınmış monokristal uzunluğu 10÷15 sm olan hissələrə kəsilir, sonra onlardan paralelepiped şəkilli nümunələr düzəldilir. Nümunələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası otaq temperaturunda Holl effektinə əsasən təyin edilir. Ga aşqarı Ge və silisiumda dayaz akseptor mərkəzləri yaradır. Bu mərkəzlər otaq temperaturunda tam tükənmiş olur. Hər bir Ga atomunun Ge-Si bərk məhlulunun valent zonasında bir sərbəst deşik yaratmasını nəzərə almaqla nümunədə Ga atomlarının konsentrasiyası təyin edilir.

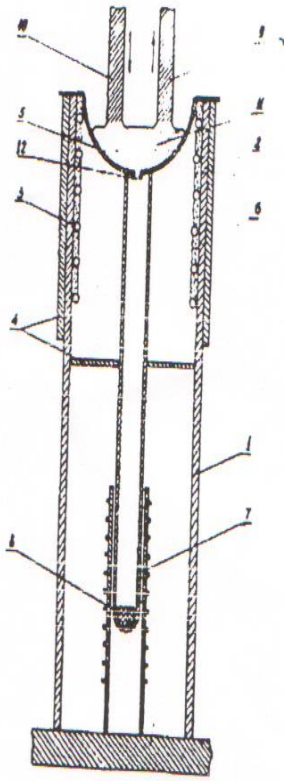
Qeyd edək ki, putadan dartmaq yolu ilə alınan Ge,Si və Ge-Si bərk məhlullarının kristallarının monokristal olub-olmamasını təcrübəli texnoloq vizual baxışla da müəyyən edə bilər. Çünki, əvvəla, çox vaxt alınmış monokristal boyunca əvvəldən axıradək simmetrik şəkildə bəzi atom müstəvilərinin izləri müşahidə olunur. Monokristallıq pozularsa, həmin yerdən başlayaraq bu izlər də yox olur. Digər tərəfdən, alınmış kristalı hidrogen peroksidinin daxilinə salıb qızdırdıqda monokristalın pozğunluqları üzə çıxır və kristalcıqların sərhədləri aşkarlanır. Bununla belə, kristalların monokristallığı rentgen-analiz üsulu ilə daha da dəqiq şəkildə müəyyən edilir.

Elektron keçiriciliyinə malik olan monokristalların alınmasında aşqarlanma fərqli yolla həyata keçirilmişdir. n-tip kristallar onlara Sb (sürmə) aşqarı vurulmaqla əldə edilmişdir. Germaniumun ərimə nöqtəsində Sb yüksək buxar təzyiqinə malikdir. Ona görə Ga üçün təsvir etdiyimiz üsulla kristalları aşqarlamaq mümkün deyil. Qidalandırıcıya zona əritmə prosesində stibium aşqarı vurmaq mümkündür [2]. Lakin Ge-Si bərk məhlullarının monokristallarının alınması kifayət qədər kiçik sürətlə həyata keçirildiyi üçün qidalandırıcı xəlitədən putadakı ərintiyə daxil olan kiçik miqdarlı Sb maddəsinin əsas hissəsi ərintinin səthindən buxarlanaraq onu tərk edir.

Stibiumun Ge-da (və eləcə Ge-Si bərk məhlullarında) paylanma əmsalı vahiddən çox-çox kiçik olduğu üçün (k_{Sb}=0,003) [3] onun yetişən kristalda tələb olunan konsentrasiyasını əldə etmək mümkün olmur. Ona görə elə şərait yaratmaq lazımdır ki, Sb-un ərintinin səthindən müntəzəm olaraq buxarlanmasına baxmayaraq, onun maye halda qalan konsentrasiyası kristala kifayət qədər Sb maddəsinin ($10^{15}\div10^{16}$ sm^{-3}) keçməsinə imkan versin. Bunun üçün Sb kristallaşma prosesində müntəzəm olaraq ərintiyə əlavə edilməlidir. Bu zaman maye fazada onun konsentrasiyası $10^{17}\div10^{18}sm^{-3}$ və ya bir qədər də artıq olmalıdır. Bu şəraiti əldə etmək üçün Sb-u kristallaşma zamanı ərintiyə qaz fazadan daxil etmək daha əlverişli olmuşdur. Təcrübənin sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir. Bir tərəfi bağlı olan sınaq borusunun (6) daxilinə müəyyən miqdarda Sb maddəsi (8) yerləşdirilir. Putanın dibində diametri 0,5-1 mm olan deşik açılır. İçərisində Sb olan şəffaf

kvarsdan düzəldilmiş sınaq borusunun açıq ucu putanın dibinə elə qaynaq edilir ki, onu (putanı) qızdırıcının içərisinə qoyduqda sınaq borusu şaquli vəziyyətdə dayansın. Sınaq borusunun açıq ucu putanın dibinə qaynaq edildikdə onların həcmi bir-biri ilə hermetik birləşir. Sb maddəsi əsas qızdırıcıdan elə məsafədə yerləşdirilir ki, Sb-un temperaturuna nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir etməsin. Sb-un temperaturu əlavə qızıdırıcının (7) köməkliyi ilə tənzim edilir.

Onu da qeyd edək ki, 6 borusunun putanın dibinə yaxın hissələri həm də əsas qızıdırıcı vasitəsi ilə qızdırılır. Beləliklə, borunun yuxarı hissəsinin temperaturu onun aşağı hissəsinin temperaturundan böyük olur. Ona görə mənbədən (8) buxarlanan Sb atomları borunun daxili divarlarında kondensasiyalaşıb çöküntü yarada bilmir.



Şəkil 2. Ge-Si bərk məhlul monokristallarının Sb - la aşqarlanmasının sxemi. 1-kvars silindr; 2-izoləedici təbəqə; 3-əsas qızdırıcının spiralı; 4-tantal ekranlar; 5-puta; 6-kvars sınaq borusu; 7-əlavə qızdırıcının spiralı; 8-Sb maddəsi; 9-yetişməkdə olan monokristal; 10- qıdalandırıcı xəlitə; 11-ərinti; 12-putanın dibində açılmış deşik.

Monokristal yetişdirmə prosesində stabil rejim yaradıldıqdan sonra əlavə qızıdırıcı qoşulur və 6 borusunun daxilində Sb-un lazımi buxar təzyiqi yaradılır (Sb-un buxar təzyiqinin yaranma rejimi təcrübi yolla seçilir). Bu təzyiqin qiyməti elə seçilməlidir ki, onun qiyməti putadakı maye sütunun yaratdığı hidrostatik təzyiqdən böyük olmasın, əks halda putdakı maye faza "qaynamağa" başlayır. Bundan əlavə, putanın dibindəki deşiyin diametri elə olmaldır ki, səthgərilmə qüvvəsi mayenin boruya axıb tökülməsinin qarşısını ala bilsin.

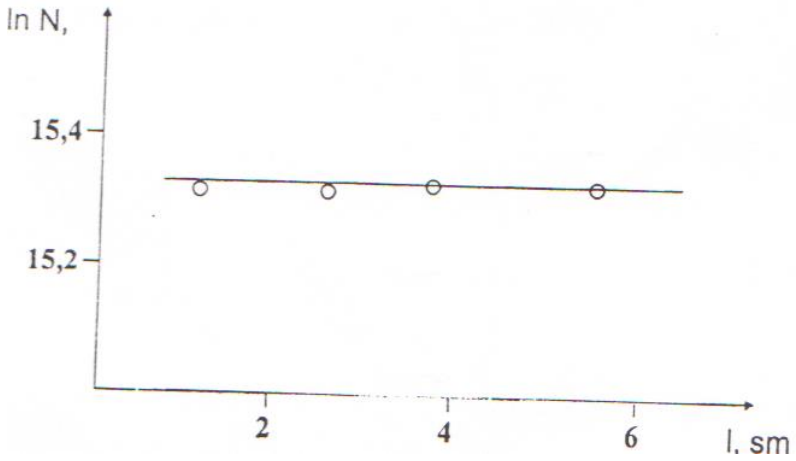
Ge-un (eləcə də Ge-Si sisteminin) maye halında Sb-un həllolması kifayət qədər böyük olduğu üçün Sb-un buxar fazasından buxar atomlarının putanın dibindəki kiçik deşikdən keçərək maye fazada həllolması ərintinin daxilində Sb-un konsentrasiyasının kifayət qədər böyük olmasını təmin edir.

Bu zaman mayenin səthindən Sb-un buxarlanması baş verir. Ancaq stasionar halda vahid zamanda mayenin səthindın buxarlanan və kristala keçən Sb maddəsinin miqdarı buxar fazadan ərintiyə daxil olan maddə miqdarına bərabər olacaq:

$$\frac{dm}{dt} = \rho_b S \upsilon_{buxar} + kC_m \upsilon_{kr} \cdot S_{kr} \qquad (1)$$

Sol tərəf vahid zamanda buxar fazadan ərintiyə daxil olan stibium maddəsinin kütləsi, S-putanın səthinin sahəsi, S_{kr}-kristalın en kəsiyinin sahəsi, ρ_b-mayenin səthində buxarın sıxlığı, C_m stibiumun mayedə konsentrasiyası, υ_{bux}-buxarın maye səthindən uzaqlaşma surəti, υ_{kr}-kristalın dartılma surətidir.

Şəkil 3-də Sb-la aşqarlanmış Ge-Si bərk məhlul monokristallarından biri boyunca stibiumun dəyişmə qanunu göstərilmişdir. Stibiumun konsentrasiyası Holl əmsalının ölçülməsindən təyin edilmişdir.



Şəkil 3. Sb-la aşqarlanmış Ge-si monokristalı boyunca Sb-un konsentrasiyasının paylanması

Ədəbiyyat siyahısı

1. Тагиров В.И., Алиев В.Г., Тагиров У.В., Садыхова С.Р., Гахраманов Н.Ф.. Новый метод получения слитков бинарных твердых растворов Ge-Si. Материалы VI международной научно-практической конференции (СИЭТ-2005), 23-27 мая, г.Одесса.

2. Медведев С.А.. Введение в технологию полупроводниковых материалов. М., «Высшая школа», 1970.

3. Tahirov V.İ., Qəhrəmanov N.F. "Binar bərk məhlulların monokristallarının zona əritməklə alınması." "Elmi Xəbərlər" SDU №4, 2011, s. 3-13.

TLINTE$_2$ –TLYBTE$_2$ SİSTEMİNİN BƏRK MƏHLULLARININ ELEKTRİK VƏ İSTİLİK PARAMETRLƏRİ ARASINDA QARŞILIQLI ƏLAQƏ

Əhmədova A. M.

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti

Ədəbiyyatda mövcud olan bir sıra işlərdə öz maraqlı xüsusiyyətlərinə görə tərkibinə nadir torpaq elementləri daxil olan mürəkkəb birləşmə və bərk məhlulların tədqiqi böyük maraq doğurur. Bu materiallar adətən yüksək ərimə temperaturuna, öz yarımkeçirici xassələrini geniş temperatur diapazonunda saxlamaq, böyük mexaniki möhkəmlik, xarakteristik yarımkeçirici parametrlərinin stabilliyi və onların tərkibi dəyişməklə idarə oluna bilməsi və s. kimi xüsusiyyətlərə malik olmaları ilə fərqlənirlər. Belə obyektlərdən biri də $TlInTe_2$–$TlYbTe_2$ sistemində məhdud həllolma oblastında mövcud olan $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ tərkibli bərk məhlullardır. [1] –də göstərildiyi kimi $TlInTe_2$ üçqat birləşməsində tallium atomları +1, indium atomları isə +3 valentlik göstərirlər. Üçvalentli indium iolarının ion radiusları (0,81Å), üçvalentli itterbium ionlarının radiuslarına (0,858 Å) yaxındır və bu baxımdan $TlInTe_2$ birləşməsində üçvalentli indium ionlarını tədricən üçvalentli itterbium ionları ilə əvəz edilə bilməsi real bir məsələ kimi qarşıya çıxır və nəticədə

$$Tl^{+1}In^{+3}Te_2^{+2} \rightarrow Tl^{+}1In^{+3}{}_{1-}xYb^{+3}{}_xTe_2^{-2}$$

belə sxem üzrə $TlInTe_2$ –$TlYbTe_2$ sistemində $TlInTe_2$ birləşməsi əsasında bərk məhlullar meydana gəlir. [1-2] işlərdə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, baxılan sistemdə həllolma oblastı məhduddur və otaq temperaturunda 0÷11 mol% $TlYbTe_2$ intervalını əhatə edir. $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ tərkibli bu məhlullar tetraqonal qəfəsdə kristallaşır, qəfəs periodları tərkibdə itterbiumun nisbi miqdarı artdıqca Veqard qaqnununa müvafiq olaraq artır.

Təqdim olunan işdə $TlInTe_2$ –$TlYbTe_2$ sistem ərintilərinin elektrik və istilik xassələri tədqiq edilmişdir.

Ədəbiyyatdan [1] məlum olan metodika əsasında sintez yerinə yetirilmiş və müəyyən hallarda $TlInX_2$- $TlLnX_2$ sistemi ərintilərinin fiziki-kimyəvi, elektrofiziki və istilik fiziki xassələri öyrənilmişdir.

$TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ bərk məhlullarının elektrik keçiriciliyinin, Volt-Amper xarakteristikasının, p-n keçidinin və digər elektrik xassələrinin tədqiqi əsasında bu materialların praktik tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirmək olur [4-6]. Bu bərk məhlullar əsasən deffektli kristallardır. Onlarda In atomlarının tədricən Yb atomları ilə əvəz edilməsi nəticəsində Veqard qanununa müvafiq olaraq elementar qəfəs

parametrləri xətti qanunla artır. Bu isə öz növbəsində qadağan olunmuş zonanın eninə və yükdaşıyıcıların effektiv kütləsinin qiymətinə təsir göstərir. Qeyd edildiyi kimi tədqiq olunan bərk məhlullar deffektli kristallar olduğundan tərkibə Yb atomları daxil etməklə atomlararası kimyəvi rabitə qüvvəsinin dəyişməsi də baş verir. Bu tip birləşmələrdə qəfəs daxilində qarışıq tip kimyəvi əlaqə olur. Bu əlaqədə kovalent əlaqə üstünlük təşkil edir. Tərkibə Yb atomları daxil edilməklə ümumi rabitədə metallik əlaqənin nisbəti çoxalmağa başlayır ki, bu da qadağan olunmuş zonanın eninin dəyişməsinə (azalmasına) səbəb olur.

Bütün bu dəyişikliklər istilik parametrinin temperatur asılılığında da özünü biruzə vermişdir. Tədqiq olunan birləşmələrin istilik parametrləri ədəbiyyatdan mövcud olan metodika əsasında ölçülmüşdür[1,3]. Aparılan tədqiqat işləri bunu bir daha təsdiq etmişdir. Ölçmələrin nəticəsi göstərmişdir ki, tərkibdə Yb-nin çəki nisbəti artdıqca istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalının qiyməti də artır. Bu isə kristallik qəfəsdə atomlararası ümumi kimyəvi rabitənin zəifləməsi deməkdir.

İstilik parametrləri əsasında Debay xarakteristik temperaturu və orta kvadratik yerdəyişmənin qiymətlərinin temperatur asılılıqlarından istifadə edərək istilik parametrləri ilə elektrik parametrləri arasında birbaşa korrelyasiya olmasını da müəyyənləşdirmək olar.

Cədvəl 1. $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ bərk məhlullarının elektrik və istilik parametrləri arasında əlaqə.

Sıra №-si	T,K	Θ,K	$\sqrt{\overline{U^2}}, A$	σ Sm/m
1.	160	231	0,121	-
2.	280	165	0,187	1200
3.	340	160	0,210	950
4.	400	158	0,245	820

Cədvəldən görünür ki, $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ tərkibli bərk məhlullarında temperaturun artması ilə istidən genişlənmə əmsalının qiyməti artır, eyni zamanda Debay xarakteristik temperaturunun qiymətində azalma, orta kvadratik yerdəyişmənin qiymətində isə artma baş verir. Bu bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin qiyməti həm temperaturun artması ilə həm də tərkibdə itterbiumun artması ilə az da olsa azalır. Bu isə o deməkdir ki, tərkiblərdə itterbiumun çəki nisbəti artdıqca metallik əlaqə artmış olur. Başqa sözlə, qadağan olunmuş zonanın eni az da olsa kiçilir. Bu həqiqətən təcrübi nəticələrlə təsdiqlənir. Bu isə elektrik parametrləri ilə istilik parametrləri arasında birbaşa korrelyasiya yaratmağa imkan verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Зарбалиев М.М.. Неорганич. материалы. 1999, Т.35, №5, с.560-564.
2. Зарбалиев М.М., Мамедов Э.Г., Ахмедова А.М., Зейналов Г.И.. Неорганич. материалы. 2007, Т.43, №12, с.1432-1435.
3. Алиев Н.Г., Керимов И.Г., Курбанов М.М., Мамедов Т.А. Изд. сектор ВНИИФТРИ, Москва, 1972, с. 163.
4. Zərbəliyev M.M., Əhmədova A.M., Məmmədov E.H., Nağıyev Ə.B. SDU Elmi xəbərlər, 2007,səh.16-21.
5. Зарбалиев М.М., Алиев С.А., Халилова А.М. "Актуальные проблемы физики". I Республиканская научная конференция. Баку – 1998. с.28-29.
6. Зарбалиев М.М., Ахмедова А.М., Зарбалиева У.М. BDU-nun xəbərləri 2011, №1 səh.176-181.

ТЕРМИЧЕСКАЯ СЖИМАЕМОСТЬ $TlGdX_2$ (X-S, Se, Te)

Байрамов Д.Д., Джафаров Т. Г., Алигулиева Х.В., Талыфлы А. Ф.

Сумгаитский государственный университет

С целью выяснения влияния изменений межатомных химических связей в решетке на изотермическую сжимаемость нами исследовано изотермическая сжимаемость $TlGdS_2$, $TlGdSe_2$ и $TlGdTe_2$.

Для измерения всестороннего сжатия $TlGdX_2$ (X-S, Se, Te) в интервале 77÷420К использовали установку, описанную в [1]. С целью увеличения точности измерения частоты синусоидальных сигналов с разными помехами в регистрационной схеме использовали триггер Шмидта в интервальном исполнении. Установку градуировали по сжимаемости эталонных образцов меди и

алюминия. Для сжатия образца применяли гелиевый газ, давление которого варьировали от 10^5 Па до 10МПа. Погрешность при измерении всестороннего сжатия составляла менее 5%.

Результаты исследований температурной зависимости изотермической сжимаемости (χ_T) для $TlGdS_2$, $TlGdSe_2$ и $TlGdTe_2$ показаны на рисунке. Как видно из рисунка ход кривых для $TlGdS_2$ и $TlGdSe_2$ почти одинаков, т.е. во всем температурном интервале значения (χ_T) монотонно растут при увеличении температуры. Такое повение (χ_T) в $TlGdS_2$ и $TlGdSe_2$ объясняется идентичностью типов кристаллической структуры и химических связей между атомами.

При низких температурах для $TlGdTe_2$ наблюдаются сильная температурная зависимость (χ_T), но в дальнейшем с ростом температуры изменения происходят медленно. Начиная с 260К значения изотермической сжимаемости практически постоянны.

Сильное изменение (χ_T) в $TlGdTe_2$ с ростом температуры в интервале 100-260К и слабое изменение выше 260К можно объяснить изменением коэффициента ангармоничности колебаний в решетке $TlGdTe_2$ больше, чем при относительно высоких температурах.

Различные изменения коэффициента изотермической сжимаемости в $TlGdS_2$, $TlGdSe_2$ и $TlGdTe_2$ в одинаковом интервале температур связаны со сложностью характера их колебательного спектра, обусловленным различием масс атомов компонентов и сил химической связи между атомами.

Сравнение температурных зависимостей (χ_T) показало, что во всем исследованном интервале температур значение (χ_T) для $TlGdTe_2$ по величине больше, чем для $TlGdS_2$ и $TlGdSe_2$. Это, по видимому, связано с изменением химических связей, а так же различием в кристаллической структуре указанных соединений, и это приводит к изменению типа химической связи и кристаллической структуры. Это дает нам возможность сделать предположение о том, что в соединении $TlGdS_2$ химическая связь кристаллической решетке более прочная, чем $TlGdSe_2$ и $TlGdTe_2$. Из рисунка так же видно, что в $TlGdX_2$ (X-S, Se, Te) на температурной зависимости ни каких аномалий не обнаруживается. Это свидетельствует о том, что в данном ряде не происходит фазового превращения.

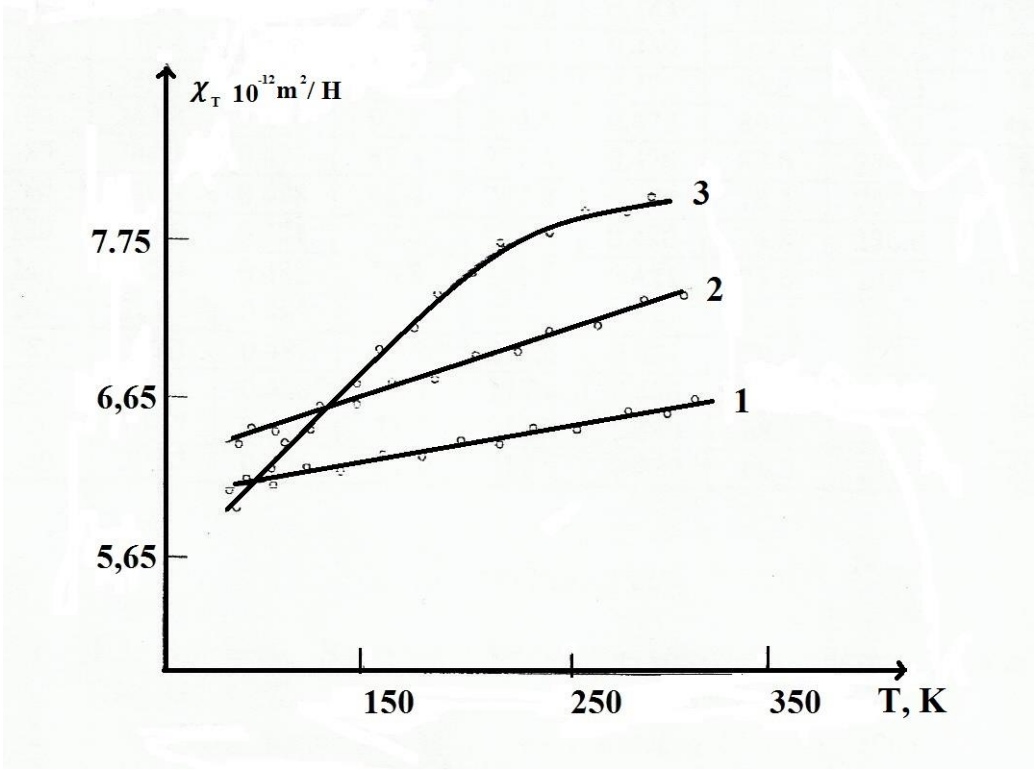


Рис.1 Температурные зависимости изотермических сжимаемостей соединений: 1- $TlGdS_2$, 2- $TlGdSe_2$, 3-$TlGdTe_2$

По экспериментальным данным о коэффициенте изотермической сжимаемости вычислены модуль Юнга (E), коэффициент Пуассона (σ) и модуль сдвига (μ) в кристаллической рещетке

$TlGdS_2$, $TlGdSe_2$ и $TlGdTe_2$. Вычисления проводили по эмприческим формулам [2].

$$\sqrt{E} = \frac{\theta m^{1/3} d^{1/6}}{1{,}6818 \cdot 10^3}$$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

$$\sigma = 1 - (E/3K)$$

где θ —температура Дебая, d –плотность, m –масса.

Результаты вычисления приведены в таблице 1. Как видно, при переходе от сульфида к селениду и теллуриду упругие параметры E и σ увеличиваются, а μ уменьшается, что объясняется увеличением степени ионности химической связи в данном ряду [3].

Таблица 1.

T, K	E, ГПа	σ	μ, ГПа	E, ГПа	σ	μ, ГПа	E, ГПа	σ	μ, ГПа
	$TlGdS_2$			$TlGdSe_2$			$TlGdTe_2$		
80	324,5	0,470	176,2	513,1	0,458	114,5	568,7	0,473	112,7
90	320,2	0,472	157,1	459,6	0,463	110,2	512,5	0,475	107,8
100	310,4	0,473	141,9	416,1	0,469	104,7	476,6	0,477	103,6
120	285,7	0,475	110,3	352,7	0,471	96,8	399,3	0,480	91,9
160	262,8	0,476	97,1	304,5	0,475	89,0	337,3	0,483	82,9
180	244,1	0,477	87,3	271,4	0,478	82,6	284,4	0,486	77,7
200	230,3	0,478	82,4	247,8	0,479	78,3	252,2	0,490	72,6
220	221,6	0,481	78,6	231,4	0,480	74,8	236,0	0,492	67,0
240	217,9	0,482	76,8	227,6	0,481	73,6	230,7	0,498	65,9
260	214,5	0,483	75,6	224,3	0,481	72,4	227,2	0,499	63,6
280	209,3	0,487	73,9	218,6	0,481	70,6	223,5	0,501	61,5
310	206,4	0,488	73,3	217,4	0,480	69,6	220,3	0,503	60,4
320	204,7	0,490	72,7	213,7	0,480	68,7	218,2	0,507	59,5
350	202,2	0,491	72,1	212,9	0,479	68,2	216,4	0,512	58,4

Список литературы

1.Д.Д.Байрамов. Электрофизические и упругие свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xS_2$, Дис. на соис. ус.ст.к.ф-м.наук, Баку,1991, с.50-59

2.Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц Теория упругости. М: Наука, 1965

3.М.М. Курбанов, Д.Д.Байрамов, Н.С.Сардарова Тепловое расширение $TlInX_2$ (X-S, Se, Te), Неорг. матер., 2002, т.36, №2, с.183-184

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Tl\ In_{1-x}\ Gd_xS_2$

Байрамов Д. Д., Мустафаева У. М., Абдулова И.Н.
Сумгаитский государственный университет, Азербайджан.

В [1] показано что, исследование гальваномагнитных эффектов-электропроводности, эффекта Холла, термо – э.д.с. и холловской подвижности соединений $TlInS_2$ и твердых растворов $Tl\ In_{1-x}\ Gd_xS_2$ на его основе представляется интересным объектом с практической и теоретической точки зрения. В этой связи, в настоящей работе впервые приводятся результаты исследований фотоэлектрических свойств твердых растворов $TlIn_{1-x}\ Gd_xS_2$. Исследовались монокристаллы $Tl\ In_{1-x}\ Gd_xS_2$, где $(0 \le x \le 0{,}06)$.Кристаллы освещались перпендикулярно к слоям. Расстояние между электродами составляло 0,3-0,4 см. Измерения фотопроводимости (ФП) проводились при стационаром освещении образцов. Спектры ФП, измеренные в разных кристаллах одного и того же состава, воспроизводятся. На рис.1,2 приводятся нормированные спектры ФП кристаллов $TlIn_{1-x}\ Gd_xS_2$ при 293и77К, исследованные при неполяризованном освещении. На спектральном распределении фототока (СРФТ) $Tl\ In\ S_2$ при 300 К наблюдаются два четко выраженных максимума ФП при 2,4 и 2,8 эВ (рис.2. кривая I). Положение максимума 2,4 эВ удовлетворительно согласуется с данными работы / 2,5/ и связано с началом перехода зона-зона. Максимум с энергией 2,81эВ наблюдается также в дифференциальном спектре поглощения $Tl\ In\ S_2$ при 120 К в работе /2/, которую авторы связывают с расщеплением валентной зоны за счет спин-орбитального взаимодействия.

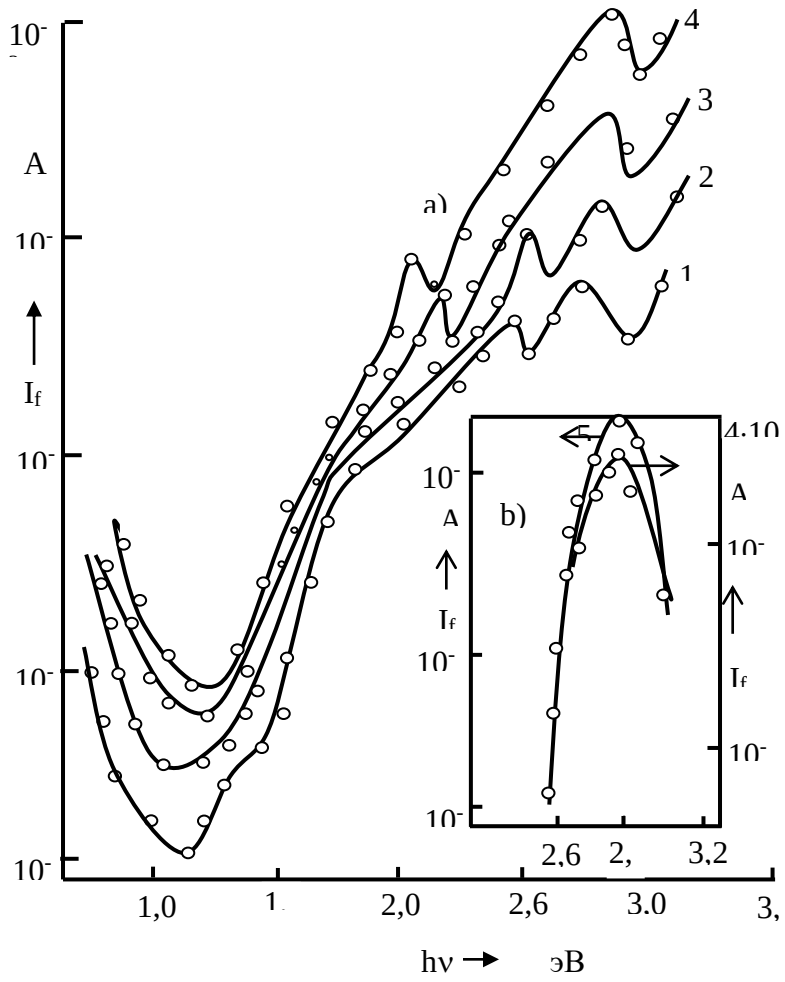


Рис. 1. Спектральное распределение фотопроводимости в твердых растворах $Tl\ In_{1-x}\ Gd_xS_2$. а) при 293 К ; Х:1-0,01; 2-0,02; 3-0,05 б) при 77 К; Х:5-0,01; 6-0,02

При понижении температуры до 77 К оба максимума ФП смещаются в коротковолновую сторону спектра и соответствуют энергиям 2,5 и 2,86 эВ (рис.2а, кривая 2). Длинноволновой максимум при 2,5 эВ близок с энергией экситонного перехода, обнаруженного в работах /2;5;6/. Средний коэффициент $\frac{dE}{dT} \approx 6 \cdot 10^{-4}$ эВ/град, для обоих максимумов, который удовлетворительно согласуется с данными работ /2-5/.

При температуре фоточувствительность твердых растворов (Т =300 К) $Tl\,In_{1-x}\,Gd_xS_2$ охватывает широкую область спектра $0{,}6 \div 3{,}2$ эВ (рис.1, крив.1,2,3,4). С увеличением содержания гадолиния в $Tl\,In\,S_2$ спектры ФП смещаются в сторону меньших энергий.В кристаллах состава X=0,01 наблюдаются два четко выраженных максимума фототока при 2,4 и 2,8 эВ при 300 К (рис.1, кривая 3). Оба максимума фототока на кривой СРФТ совпадают с соответствующими максимумами спектра ФП $Tl\,In\,S_2$ при 300 К /7/ . Но длинноволновая часть СРФТ смещается в ИК область спектра: красная граница примесного тока ее соответствует 1,4 и 1,2 эВ и, начиная с 1,1 эВ, фоточувствительность очень растет. /8/

СРФТ состава X=0,02 в коротковолновой области спектра имеет два пика при энергии кванта $h\nu = 2{,}5$ и $2{,}85$ эВ. Более длинноволновой максимум (при $h\nu = 2{,}5$ эВ) соответствует энергии экситонной полосы поглощения $Tl\,In\,S_2$, обнаруженной в /2,5,6/, а коротковолновой максимум при 2,85 эВ связан, по-видимому, с особенностью зонной структуры указанных кристаллов. С уменьшением энергии кванта с 2,5 до 1,2 эВ, кривая СРФТ смещается в сторону длинных волн. Образцы $Tl\,In_{0{,}97}\,Gd_{0{,}03}S_2$ и $Tl\,In_{0{,}96}\,Gd_{0{,}03}S_2$ не имеют фоточувствительности, тогда как составы $Tl\,In_{0{,}98}\,Gd_{0{,}02}S_2$; $Tl\,In_{0{,}95}\,Gd_{0{,}05}S_2$ и$Tl\,In_{0{,}94}\,Gd_{0{,}06}S_2$ имеют завышенную фоточувствительность по сравнению с $Tl\,In\,S_2$ на 1,5 и 2 порядка (рис.1(а),кривые 2,3,4) как в собственной, так и в примесной области спектра.

При 300 К коротковолновой максимум СРФТ состава $Tl\,In_{0{,}95}\,Gd_{0{,}05}S_2$ и $Tl\,In_{0{,}94}\,Gd_{0{,}06}S_2$ соответствует энергии $h\nu = 2{,}85$ эВ, совпадает с максимумами СРФТ составов $Tl\,In\,S_2$ и $Tl\,In_{0{,}98}\,Gd_{0{,}02}\,S_2$ (рис.1 (а), крив.3,4), а длинноволновые максимумы фототока смещаются в сторону меньших энергии и составлят 2,15 и 2,01 эВ соответственно.

Во всех составах СРФТ при 300 К имеет примесную область ; граница примесной области спектра ФП твердых растворов $Tl\,In_{1-x}\,Gd_xS_2$ $(0 \le x \le 0{,}6)$ смещается в длинноволновую сторону спектра с увеличением содержания гадолиния.

Сравнение спектров ФП твердых растворов $Tl\,In_{1-x}\,Gd_xS_2$ (X=0,01; 0,02; 0,05; 0,06) со спектром ФП $Tl\,In\,S_2$ при 300 К показывает, что $Tl\,In_{1-x}\,Gd_xS_2$ обладает высокой фоточувствительностью в области 0,6-1,8 эВ, где отсутствует ФП в исходных кристаллах $Tl\,In\,S_2$; так же повышается фоточувствительность в области $1{,}8 \div 2{,}5$ эВ с увеличением процента содержания $Tl\,Gd\,S_2$ в $Tl\,In\,S_2$.

Смещение кривых СРФТ с увеличением x $x > 0{,}02$ в сторону длинных волн свидетельствует об уменьшении ширины запрещенной зоны твер-дого раствора. Действительно, ширина запрещенной зоны $Tl\,Gd\,S_2$ меньше

$$\left(\varepsilon_{g_{TlGdS_2}} = 1{,}52 \text{ эВ}\right),$$ чем $Tl\,In\,S_2$.

При 77 К фоточувствительность $Tl\,In_{1-x}\,Gd_xS_2$ $(x \neq 0)$ низкая. На рис.1. б приведено СРФТ составов $Tl\,In_{0{,}99}\,Gd_{0{,}01}\,S_2$ и $Tl\,In_{0{,}98}\,Gd_{0{,}02}\,S_2$.Оба спектра имеют один единственный максимум, совпадающий при $h\nu = 2{,}85$ эВ, красная граница обеих кривых СРФТ соответствует $h\nu = 2{,}54$ эВ.

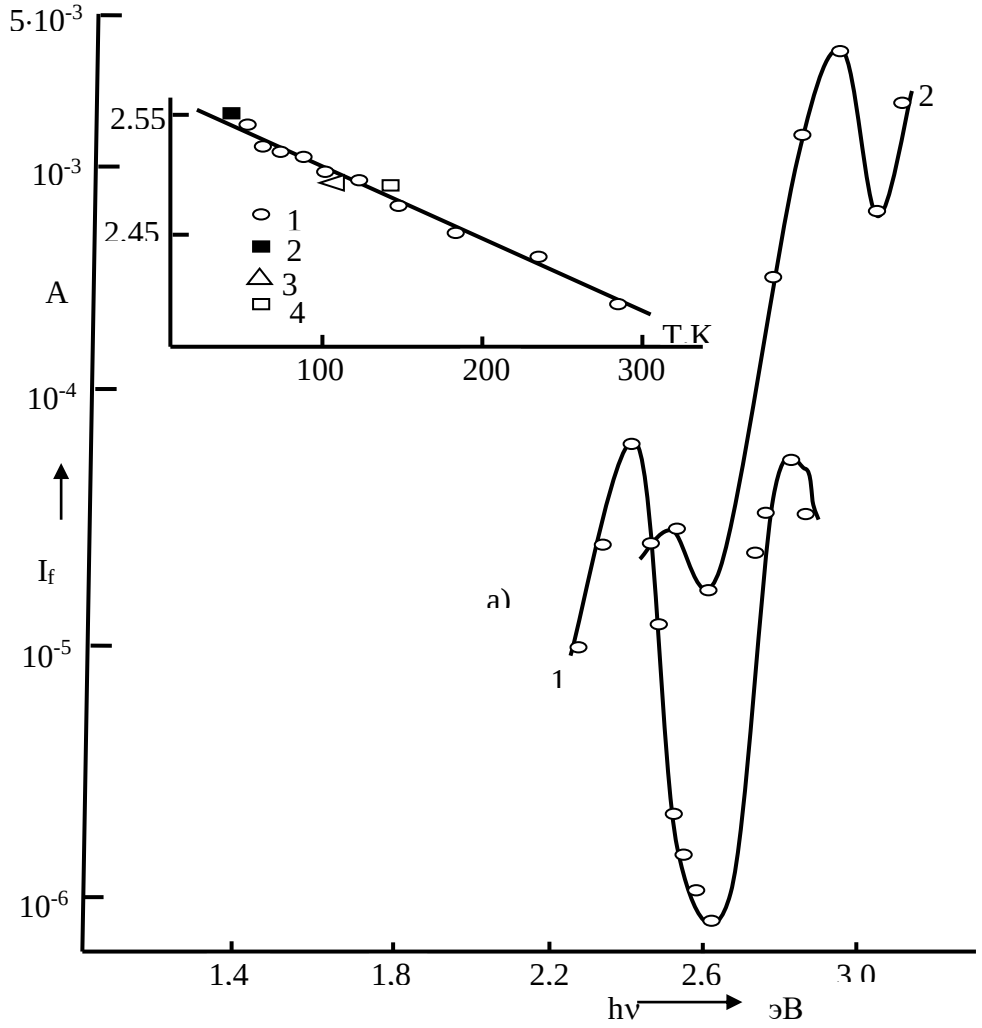


Рис.2. а- Спектральное распределенние фототока $Tl\ In\ S_2$ при 77 и 300 К , б-значения ширины запрешенно зоны E_g $Tl\ In\ S_2$ при 77,100,300К, полученны методами фотолюминесценции (1), электропоглошения (2), $\lambda -$ модуляции краевого поглщения (3) наши данные (4)

На рис. 2б приведены значения ширины запрещенной зоны $Tl\ In\ S_2$ при 77, 100, 300 К, полученные методами фотолюминесценции (1), электропоглощения (2) и λ -модуляции краевого поглощения (3), определенные в работа /2, 5/ для $Tl\ In\ S_2$. Там же приведены наши дан-ные (4).

Как видно из рис.2б , значения хорошо ложатся на прямую за-висимости положения максимума фотопроводимости от температуры.

Список литературы

1. Д.Д.Байрамов. Электрофизические и упругие свойства твердых растворов $Tl\ In_{1-x}\ Gd_x S_2$.Дис. на соиск. уч.ст. канд. физ-мат.наук.Баку; БГУ, 1991, ст.59-71

2. Аллахвердиев К.Р. Бабаев С.С., Бахышов Н.А., Мамедов Т.Г., Пересада Г.И., Шукюров М.М., Салаев Э.Ю. Влияние гидростатического давления на край фундаментального поглошеня $Tl\ InS_{1,8}Se_{0,2}$ и $TlInS_2$ // ФТИ,1984, т.18, в. 9, с. 1704-1706.

3. Cuseinov G.D., Kerimova E .M., Camidov R..S., Alekseev J.V. and

Ismailov M. Z. On some proportise of $TlInS_2(Se_2, Te_2)$ single crystals. Phys. Stat. sol – 1969, v.33 – 34

4. Карпович И. А., Червова А.А., Демидова Л.И. Ширина запрешенной зоны $TlGa\,(S_2, Se_2)$ и $TlIn\,(S_2, Se_2)$ // Изв. АН СССР. Неорган. материалы , 1974, т.10, №12, с. 2216-2218.

5. Аллахвердиев К.Р., Бахышов Н.А.,Мамедов Т.Г., Шукюров М.М, Фотоелектрические и оптические свойства $TlInS_2$ и $Tl\,InS_{1,8}Se_{0,2}$ при гидростатического давлении. // Труды международной конф. По фотовольтаическим и оптоэлэкроном явлении. Бухарест, 1984, с. 55-56

6. Бахышов А.Э., Самедов С.Р., Бенямин М., Багаев В.Э., Булес С., Тагиров В.М. Примесные состояния в нелегированных монокристаллах $\beta - TlIn\,S_2$ // ФТП-1963, т. 17, № 3, с.493-496

7. Карпович И.А., Червова А.А., Демидова Л.И., Леонов Е.И., Орлов В.М. Электрические и фотоелектрические свойства монокристаллов $TlGa\,S_2$, $TlGa\,Se_2$ и $TlIn\,S_2$ // Изв. АН СССР, 1978, т.12, № 13, с.580-583

8. Мушинский В.П., Караман М.И., Оптические свойства халькогенидов, 1973, 114 изд. «Штинница» , Кишинев.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ $K_{0,955}Cs_{0,045}NO_3$

[1]Байрамов Р. Б., [2]Насиров Э. В., [3]Насиров В. И.

[1]Бакинский инженерный университет,

[2]Азербайджанское высшее военное училище имени Г. Алиева,

[3]Азербайджанский государственный педагогический университет

rabayramov@beu.edu.az

Введение

Изучение закономерностей полиморфного превращения в нитратовых соединениях щелочных металлов имеет не только научное и практическое значения. Нитраты щелочных металлов являются сильными антителами и с некоторыми веществами способны образовывать взрывоопасные смеси. Кроме этого, процесс превращения в этих соединениях тесно связан с вопросами технологии получения монокристаллов смешанного состава, обладающих полиморфизмом.

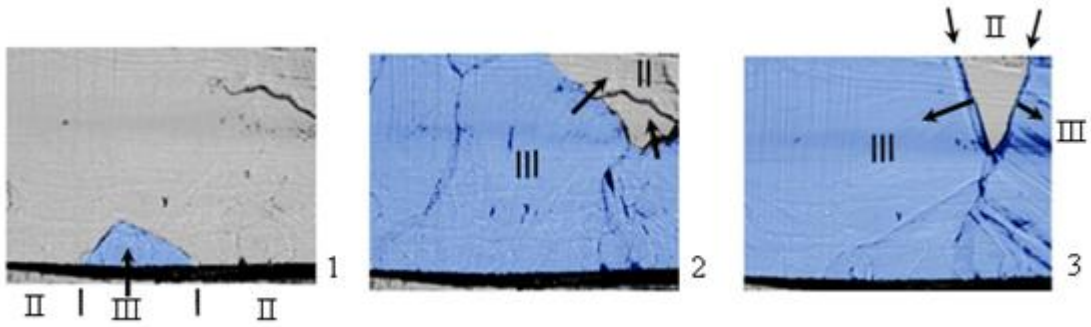
Известно, что нитрат калия при комнатной температуре имеет структуру, подобную арагониту (II-модификация) с симметрией *Pnma* [1]. При нагревании II-модификация при ~403 К превращается в структуру очень близкую к кальциту (III-модификация) с симметрией *R3m* [2]. Превращение II→III относится к числу энантиотропных. Однако при охлаждении иногда наблюдается и два монотропых превращения. При охлаждении вблизи ~397 К III-модификация может перейти в новую структуру (I-модификация) с симметрией *R3m* [3], и лишь затем при ~383 К I-модификация превращается в II-модификацию.

Нитрат цезия при комнатной температуре кристаллизуется в ромбической псевдотригональной сингонии с симметрией $R\bar{3}m$ (II-модификация) [4]. Эта модификация при ~434 К превращается в кубическую I-модификацию с симметрией $Pa3$ [5]. Превращения II↔I в нитрате цезия также относятся к числу энантиотропных.

Монокристаллы $K_{0,955}Cs_{0,045}NO_3$ были получены из водного раствора при комнатной температуре методом изотермической кристаллизации. Полученные хорошо огранённые кристаллы размером в среднем 1×0.5×10 мм имели разнообразные формы. Для рентгенографических и ДТА исследований из этих монокристаллов получены образцы в виде порошка. Микроскопические исследования проведены на поляризационном микроскопе МИН-8, обеспеченны высокотемпературной приставкой и кинокамерой типа «Levenhuk C310 NK», а рентгенографическое исследование на порошковом дифрактометре D8 ADVANCE фирмы «Bruker» при режиме 40 кВ, 40мА, CuK_α -излучения (λ=1.5406 Å), в температурной камере типа ТТК 723 К в интервале температур 77К<Т<723К. ДТА исследования проведены на установке Perkin Elmer Simultaneous Termal Analayzer, STA 6000 (США). Морфологические исследования проведены по методике предложенной в [6].

Перед началом морфологических исследований была установлена температура равновесия между II и III модификациями, которая равна 450±1К.

Эксперименты показывают, что превращения II→III в исследуемом образце происходит при температура $T>T_0$ с образованием и ростом зародыша III модификации внутри II-модификации матричного кристалла. Как видно из рис.1, зародыш III модификации внутри II-модификации растет одновременно по двум кристаллографическим направлением: [100] и [001] (фото 1). Кроме этого,



граница между модификациями не имеет прямолинейной формы.

Рис. 1. Рост кристаллов III и II модификации при превращениях II↔III в $K_{0,955}Cs_{0,045}NO_3$ 9нв. 90 раза). Фото 1, 2 рост кристалла III-модификаций при превращении II→III. Фото 3 рост кристалла II-модификаций при превращении III→II.

В результате этого, в матричном кристалле образуются различные дефекты видимой под микроскопом (фото 3). Обратный III→II процесс при температуре $T<T_0$ также происходит с образованием и ростом зародыша II модификации внутри III-модификации (фото 3). Эксперименты показывают, что дефекты II-матричного кристалла после полного II→III→II превращения исчезают.

Многочисленным наблюдения показывают, что полиморфное превращение в данном кристалле имеет энантиотропный характер. Промежуточная ромбоэдрическая модификация между II и III модификациями KNO_3, в данном случае не обнаруживается.

Полученные четкие дифракционные отражения при температуре 300К в интервале углов $10^0 \le 2\theta \le 80^0$ в результате рентгенографических исследований исследуемого образца индицируются на основе орторомбической решетки с параметрами a=6.388 Å, b=5.425 Å, c=9.185 Å, пр. гр. *Pmcn*. Повышая температуру образца, проводились записи через каждые 10К. Перед началом каждой записи температура образца поддерживалась постоянной в течение 30 минут.

По изменениям интенсивности тех структурно- чувствительных отражений, которые исчезают при структурных превращениях, была определено, что при температуре T>450 К в исследуемом кристалле орторомбическая модификация превращается в ромбоэдрическую с параметрами кристаллической решетки: a=4.423Å, c=9.802Å, пр. гр. $R\bar{3}m$.

На рис. 2. представлена дифракционная картина $K_{0.955}Cs_{0.045}NO_3$ при разных температурах.
При охлаждении исследуемый кристалл возвращается в исходное состояние, т.е. происходит I→III→II полиморфные превращения и в данном образце полиморфизм имеют энантиотропный характер.

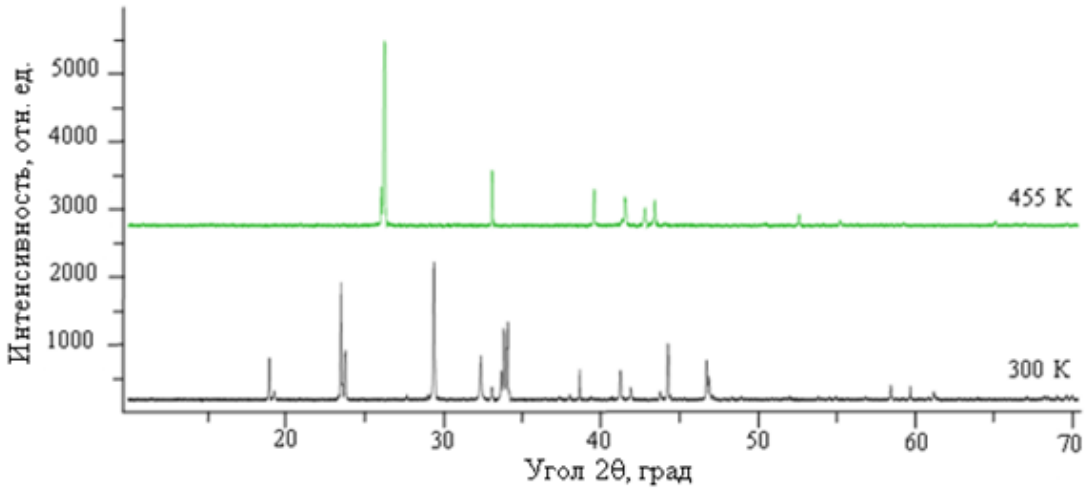


Рис. 2. Дифракционная картина $K_{0.955}Cs_{0.045}NO_3$ при различных температурах

Таким образом, в кристалле $K_{0.955}Cs_{0.045}NO_3$ в интервале температур 300÷600 К происходят структурные превращения по следующей схеме:

Орторомбическая		Ромбоэдрическая
a=6.388 Å *b*=5.425 Å *c*=9.185 Å	T>450 K → ← T<450 K	*a*=4.423bÅ *c*=9.802 Å
пр. гр. *Pmcn*		пр. гр. $R\bar{3}m$

В результате дифференциально термического анализа от комнатной до температуры плавления обнаружены два эндоэффекта. Температуры эндоэффектов соответствуют 184^{0}C и 334^{0}C (рис 3) Как нам кажется, первый эндоэффект соответствует II→III превращению, а второй III→I.

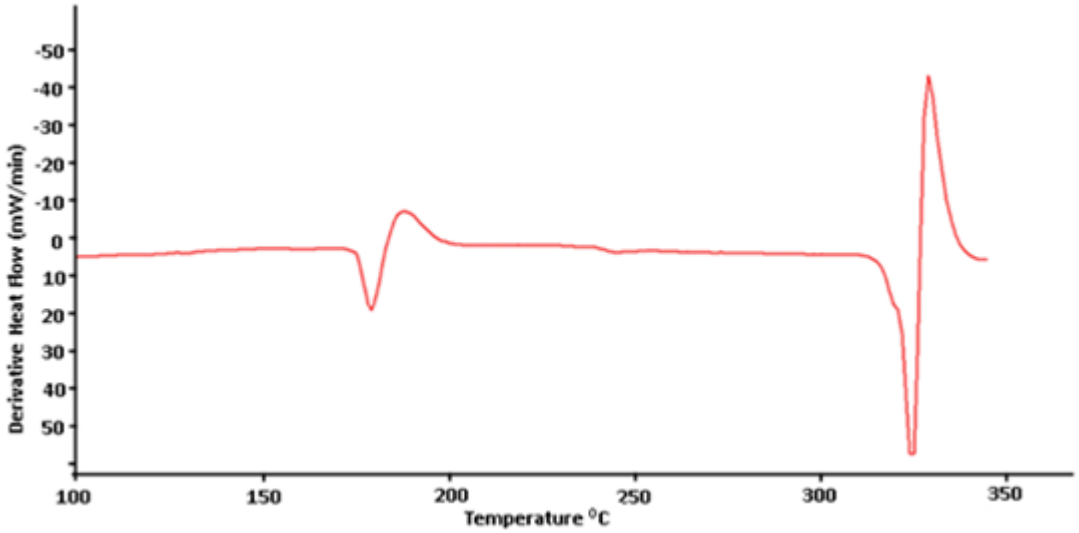


Рис. 3. ДТА картина $K_{0.955}Cs_{0.045}NO_3$ при различных температурах

По термограмме энергия первого эндоэффект 496,89мДж, энтальпия 43,47Дж/г, теплоемкость 7,153Дж/г·^{0}C, энергия активации 0,0435 кДж/мол. Для второго эндоеффекта получены следующие результаты соответственно: 914,424мДж, 80,0021Дж/г, 16,257Дж/г·^{0}C, 0,08кДж/моль.

Таким образом, морфологические, рентгенографические и ДТА исследования показывают, что в $K_{0.955}Cs_{0.045}NO_3$ при нормальном давлении и в интервале температур от комнатной до температуры плавления имеются две полиморфных модификации. Частичное изоморфное замещение ионов K^+ ионами Cs^+, что в определенной мере влияет на температуру превращения и на температурный интервал существования полиморфных модификаций.

Полиморфные превращения в исследуемом образце носят энантиотропный характер, что и подтверждается морфологическими исследованиями, проведенными нами в [7]. Также установлена, что промежуточная модификация между орторомбической и ромбоэдрической фазами в исследуемых кристаллах отсутствует. Частичное замещение ионов калия, ионами цезия способствует увеличению температуры структурных превращений примерно на 50 К в исследуемых кристаллах твердого раствора.

Список литературы

1. Brown R.N., McLaren A.C. The thermal transformation in solid rubidium nitrate // Acta Cryst., 1962, v.15, N.9, p. 974-978.

2. Brown R.N., McLaren A.C. The thermal transformations in solid rubidium nitrate and thallium nitrate // Acta Cryst., 1962, v.15, №10, p.974-976.
3. Korhonen U. Die crystall structur de cesium nitrate pberhalb 161^{0}C // Ann. Acad. Sci. Fennicae., 1953, Ser.A, N.150, p.1-16.
4. Pauling L., Sherman J. Note on the crystal structure of rubidium nitrate // Z. Krist., 1953, 84, p.213.
5. Finback C., Hassel O., The rotation of anion polyhedra in cubik structures III nitrates. // Zs.Phys.Chem.,1937, v.B35, p.25.
6. Асадов Ю.Г., Насиров В.И. О морфологии роста кристаллов при α↔β, β→γ и γ→α превращениях в нитрате калия // Кристаллография, 1970, т.15, №6, с.1204.
7. Nasirov V.I., Bairamov R.B. and Nasirov E.V. Morphology and Kinetics og Polymorphic Transformations in K0.965Rb0.035NO3 Single Crystals // Crystallography Reports, 2015, v.60, N.7, p.1-5.
8. Насиров В.И., Алекперов Ч.М., Магеррамова Ф.Г. // Изв. Азерб. Пед. Ун-та. 1995, т 1-2, с. 70

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ АНАЛОГИЙ [D-Ala^2]-ДИНОРФИНА (1-13)

Дамиров А.Г., Дамирова З. В., Зейналов Г. И.
Сумгаитский государственный университет

Впервые выделенный Голдшейном и сотр. [1] из экстракта гипофиза свиньи N-концевой тридекапептид динорфина обладает биологической активностью целого пептида. Последовательность динорфина (1-13) включает лейцин-энкефалин.

Динорфин отличается от других опиатных пептидов тем, что он взаимодействует с опиатными рецепторами препарата подвздошной кишки морской свиньи в 50 раз сильнее $\beta-$ эндорфина, в 200 раз лучше морфина и 700 раз сильнее лейцин-энкефалина. Динорфин может играть роль регуляции ответов на изменение водно-солевого обмена, а также участвовать в процессах, связанных с деторождением и кормлением [2].

В работе [3] было показано, что замещением Gly^2 на D-Ala^2 в динорфине (1-13) приводит к снижению имминореактивности.

Для целеноправленного синтеза аналогов динорфина(1-13), выполняющих специфические функции природного гормона, надо знать пространственную структуру и конформационные возможности аналогов динорфина (1-13). С этой целью мы изучали пространственные структуры и конформационные возможности аналога [D-Ala^2]-динорфина методом теоретического конформационного анализа.

Потенциальная энергия олигопептида взята в виде суммы вкладов, характеризующих взаимодействие валентно-несвязанных атомов ($E_{нев.}$), электростатическое взаимодействия ($E_{эл.ст.}$), торсмонное взаимодействие ($E_{тор.}$) и энергию водородной связи ($E_{в.с.}$). Поиск минимума потенциальных функций осуществлен методом сопряженных градиентов.

Объяснение употребляемых в тексте понятий, потенциальных функций и полуэлепрических параметров, которые используется при количественной оценке потенциальных функций, представлены в работе [4].

Результаты исследования показывают, что конформационные возможности этого аналога по сравнению самим динорфином (1-13) сильно ограничиваются. Относительная энергия только пяти из всех рассчитанных конформаций ниже 10.0 ккал/моль. В аналоге [D-Ala^2]-динорфина (1-13) значительно ослаблены дисперсионные взаимодействия. У полученных низкоэнергетических конформаций аналога изменение невалентных и электростатических взаимодействий близко, соответственно 4.3 и 3.3 ккал/моль, между тем, как во всем ряду рассмотренных конформаций эти изменения, особенно энергии дисперсионных взаимодействий, весьма велики и составляют, соответственно, 57.5 и 7.3 ккал/моль. В этом, по-видимому, заключается причина столь резкой энергетической дифференциации конформаций данного аналога. Как можно видеть из таблицы 1, идентичны две самые низкоэнергетичные конформации аналога [D-Ala^2]-динорфина (1-13) и природного динорфина в полярной среде.

Пространственная структура последовательности [D-Ala^2]-динорфина (1-13) изучена на основе оптимальных конформаций динорфина (1-13). Найденные низкоэнергетические конформации [D-Ala^2]-динорфина (1-13) показаны в таблице 1.

Таблица 1. Оптимальны конформации динорфина (1-13) и аналога [D-Ala^2]- динорфина (1-13) в полярной и неполярной средах.

Структурный тип (шейп)	Конформации	динорфина (1-13) полярная среда	Относительные энергии (ккал/моль)	
			D-Ala^2 динорфина (1-13) полярная среда	динорфина (1-13) неполярная среда
effeefefefef	BBPBBRBRBRBRB	0.0	(0.0 *)	6.9
effefeefefef	BBPBRBBRBRBRB	0.1	(2.1 *)	*
eeeeeefeefef	BBBBBBRBBRBRB	2.4	(* *)	*
efffeeefefee	RPRRBBBRBRBBB	4.0	(* *)	5.4
effeefefefee	BBPBBRBRBRBBB	4.4	(* *)	7.3
eeeefefeefee	BBBBRBRBBBRBBB	4.4	(* *)	0.0
eeeefefeeef	BBBBRBRBBBBBRB	4.4	(5.4 0.0)	6.8
eeeefefeeffe	BBBBRBRBBRRBB	4.6	(* *)	5.3
eeeeeefeeeef	BBBBBBRBBBBRB	4.6	(4.6 *)	*
effeeefeefee	BBPBBBRBBRBBB	4.7	(* *)	3.1
effeefefefee	BBPBBRBRBRBBB	5.6	(* *)	7.3
ffffefefefee	BPRRBRBRBRBBB	6.4	(* *)	7.3
efffeefeefee	RPRRBBRBBRBBB	7.8	(* *)	3.8
ffffefefeeef	BPRRBRBRBBBRB	8.0	(6.7 *)	*
ffffefefefef	BPRRBRBRBRBRB	9.2	(* 5.2)	*

1) В скобках указаны относительные энергии соответственно для аналогов [D-Ala^2]-и [D-Ala^{12}]-динорфина (1-13).
2) Звездочками (*) обобзначена относительная энергия превышающая 10 ккал/моль.

Таким образом, можно предположить, что молекула [D-Ala^2]- динорфин (1-13)может выполнять лишь некоторые из присущих природному опиоидному гормону функций, при этом ее действие в организме, по видемому, окажется более длительным.

Конформационные возможности [D-Ala^2]-динорфина (1-13) были исследованы на основе низкоэнергетических конформаций N-концевого тридекапептида динорфина, таблица 1. Полученные результаты показывают, что замена Leu^{12} на D-Ala^{12} значительно сокращает число предпочтительных конформационных состояний аналога. Глобальной структуре природного динорфина и аналога [D-Ala^2]-динорфина (1-13) соответствует конформация [D-Ala^{12}]-динорфина (1-13) относительной энергией 6.9 ккал/моль.

Результаты расчета показывают, что в энергетический интервал 0÷10.0 ккал/моль попадают конформации лишь трех структурных типов аналога [D-Ala^{12}]-динорфина (1-13), вклад невалентных взаимодействий изменяется от 52.4 до 6.6 ккал/моль, конформациях интервал, в котором изменяются невалентные и электростатические взаимодействия достаточно широк, в связи с тем и происходит, по-видимому, сильная энергетическая дифференциация между структурными типами аналога. Глобальная конформация образована комбинацией низкоэнергетических конформаций нона- и пентапептидов динорфина, имеющих относительные энергии соответственно 3.2 и 6.7 ккал/моль, следующая по энергетической шкале низкоэнергетическая конформация аналога имеет относительную энергию 5.0 ккал/моль. Она также представляет собой комбинацию низкоэнергетических структур образующих ее нона- и пентапептидов с относительными энергиями 2.8 и 0.0 ккал/моль, соответственно. Обе отмеченные конформации аналога совпадают с соответствующими структурами природного гормона с относительными энергиями 4.4 и 9.2 ккал/моль. Глобальная же конформация динорфина (1-13) у искусственного аналога [D-Ala^{12}]-динорфина (1-13) имеет относительную энергию 17.2 ккал/моль, т.е. практически становится нереальной.

Таким образом, спектр физиологического действия рассмотренного аналога будет значительно сужен по сравнению с природным гормоном и будет отличаться от действия аналога [D-

Ala[2]]-динорфина (1-13). Также можно предложить, что если аминокислотные остатки D-Ala[2] и D-Ala[12] у соответствующих аналогов динорфина (1-13) не будут оказывать существенного влияния при их связывании с рецепторами, то выполняемые этими аналогами [D-Ala[2]]-и [D-Ala[12]]-динорфина (1-13) функции, актуальные для структурных типов effeefefefef и effefeefefef, будут значительно отличаться, а для структурного типа eeeefefeeeef-будут совпадать.

Список литературы

1. Goldstein A., Tachibana B. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1979, 76, p. 6666-6670.
2. Hugnes J. Trends Pharmocol. Sci., 1981, v.1, p. 21-24.
3. Chazarossian V.E., Chaukin C., Goldstein A. Life Sci., 1980, v. 27, p. 75-76.
4. Попов Е.М., Касумова Л.И., Ахмедов Н.А., Касумов И.С., Годжаев Н.М. «Предприн ЦТФ-79-433», Киев, 1979.

AB INITIO РАСЧЕТ СТРУКТУРЫ И ИК-СПЕКТРА ОЛИГОМЕРА ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ ПЭГ4

Демухамедова С.Д., Гаджиев З.И., Алиева И.Н.

Институт физических проблем, Бакинский Государственный Университет

Полиэтиленгликоль и его олигомеры имеют обширную область применения. Особенно актуальным оказывается использование ПЭГ в медицине, в частности, в качестве транспортного средства по переносу лекарственных препаратов к белкам [1]. Настоящая работа посвящена квантово-химическому исследованию колебательного спектра олигомера полиэтиленгликоля, состоящего из четырех повторяющихся звеньев. Расчетная модель молекулы получена после предварительного моделирования структуры методом молекулярной динамики. Оптимизация полученной структуры и расчет колебательного спектра проводились к*вантово-химическим ab initio* ограниченным *методом* Хартри–Фока (*RHF*) в валентно расщепленном базисе 6-31G (d,p) с помощью пакета программ Gaussian-09. Оптимизированная структура ПЭГ4 приведена на рис.1.

В результате расчета ИК спектра олигомера ПЭГ4 получены частоты нормальных колебаний и интенсивности колебательных полос и построен

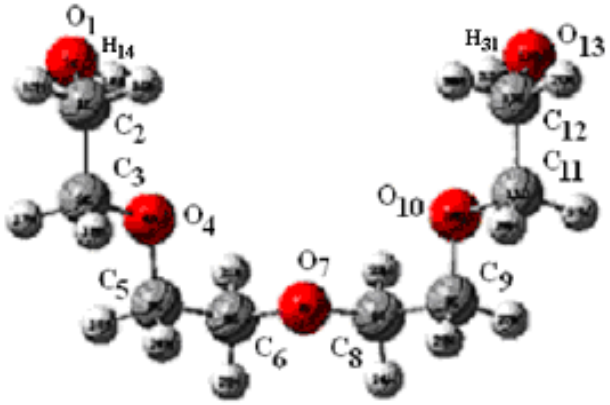


Рис. 1. Оптимизированная модель ПЭГ4

теоретический ИК спектр (рис. 2). Для точной интерпретации частот нормальных колебаний, позволяющей определить природу появления каждой полосы поглощения, проведен расчет распределения потенциальной энергии по колебательным координатам по программе VEDA-4 [2]. В таблице 1 приведены значения полученных частот, интенсивностей и подробная интерпретация ИК спектра ПЭГ4, основанная на анализе распределения потенциальной энергии по колебательным координатам.

В высокочастотной области спектра наблюдаются интенсивные полосы поглощения, которые характеризуются симметричными и антисимметричными валентными колебаниями ОН и СН групп. Полосы поглощения 4171 см$^{-1}$ определяются валентными колебаниями концевых ОН связей, а полосы 3252 см$^{-1}$ смесью валентных колебаний концевых ОН и СН связей. В интервале частот 3205÷3131 см$^{-1}$

лежат валентные колебания различных CH связей. Самые интенсивные полосы поглощения в этой части спектра – это полосы 3205 (206), 3252 (105), 3197 (126), 3162 (151), 3159 $см^{-1}$ (118). Валентные колебания CO и CC связей располагаются в области 1318÷945 $см^{-1}$. Очень интенсивные полосы 1304 и 1286 $см^{-1}$ (с интенсивностями ~300) – характеризуются валентными колебаниями OC связей, а полоса 1199 $см^{-1}$ (~200) – смесью валентных колебаний OC и CC связей. Деформационные колебания углов HCH различных CH_2 групп располагаются в области 1661÷1624 $см^{-1}$ и имеют очень маленькую интенсивность, самые интенсивные из них – это полосы 1634 и 1637 $см^{-1}$ (~15).

Таблица 1. Теоретические частоты ($см^{-1}$) и интенсивности (KM/Mole) ПЭГ4

ν	I	Отнесение и степень участия
4171	67	49 O_1H_{17} 51 $O_{13}H_{31}$
4171	43	51 O_1H_{17} -49 $O_{13}H_{31}$
3252	25	45 $O_{13}H_{31}$ 44 $C_{12}H_{29}$
3252	105	-44 $O_{13}H_{31}$ 45 $C_{12}H_{29}$
3205	206	-29 C_5H_{20} 14 C_6H_{21} 14 C_8H_{23} -26 C_9H_{26}
3203	38	-31 C_5H_{20} 33 C_9H_{26}
3197	126	-11 C_2H_{16} 17 C_3H_{17} -16 C_3H_{18} 19 $C_{11}H_{27}$ -18 $C_{11}H_{28}$ -12 $C_{12}H_{30}$
3196	73	-11 C_2H_{16} 19 C_3H_{17} -18 C_3H_{18} -17 $C_{11}H_{27}$ 16 C_3H_{18} 11 $C_{12}H_{30}$
3187	34	12 C_5H_{20} 28 C_6H_{21} 27 C_8H_{23} 12 C_9H_{26}
3184	3	-30 C_6H_{21} 30 C_8H_{23}
3175	15	28 C_2H_{16} 12 $C_{11}H_{27}$ 37 $C_{12}H_{30}$
3175	0.4	38 C_2H_{16} 12 C_2H_{16} -29 $C_{12}H_{30}$
3162	151	20 C_5H_{19} 11 C_6H_{22} 11 C_8H_{24} 20 C_9H_{25}
3159	118	-10 C_3H_{18} -22 C_5H_{19} 23 C_9H_{25} 11 C_3H_{18}
3149	71	16 C_3H_{17} 20 C_3H_{18} -11 C_6H_{22} -11 C_8H_{24} 15 $C_{11}H_{27}$ 20 $C_{11}H_{28}$
3147	2	-14 C_3H_{17} -17 C_3H_{18} 14 $C_{11}H_{27}$ 17 $C_{11}H_{28}$
3138	7	19 C_5H_{19} -21 C_6H_{22} -20 C_8H_{24} 18 C_9H_{25}
3131	0.3	-32 C_6H_{22} 33 C_8H_{24}
1660	1	21 $H_{18}C_3H_{17}$ 17 $H_{20}C_5H_{19}$ 17 $H_{26}C_9H_{25}$ 21 $H_{28}C_{11}H_{27}$
1659	0.1	-21 $H_{18}C_3H_{17}$ -16 $H_{20}C_5H_{19}$ 17 $H_{26}C_9H_{25}$ 21 $H_{28}C_{11}H_{27}$
1659	0.4	37 $H_{22}C_6H_{21}$ 38 $H_{24}C_8H_{23}$
1643	2	38 $H_{16}C_2H_{15}$ 30 $H_{30}C_{12}H_{29}$
1642	0.4	-33 $H_{16}C_2H_{15}$ 33 $H_{30}C_{12}H_{29}$
1637	1	-10 $H_{20}C_5H_{19}$ -22 $H_{22}C_6H_{21}$ 22 $H_{24}C_8H_{23}$ 10 $H_{26}C_9H_{25}$
1637	13	-17 $H_{18}C_3H_{17}$ 19 $H_{20}C_5H_{19}$ 19 $H_{26}C_9H_{25}$ -17 $H_{28}C_{11}H_{27}$
1634	16	10 $H_{18}C_3H_{17}$ -13 $H_{20}C_5H_{19}$ 19 $H_{22}C_6H_{21}$ -19 $H_{24}C_8H_{23}$ 13 $H_{26}C_9H_{25}$ -11
1624	10	$H_{28}C_{11}H_{27}$
1605	1	
1587	42	
1573	4	12 $H_{16}C_2O_1H_{14}$
1562	64	
1543	14	
1526	125	12 $H_{18}C_3O_4H_5$ -12 $H_{28}C_{11}O_{10}H_9$
1514	100	
1506	27	-13 $H_{14}O_1C_2$ -16 $H_{31}O_{13}C_{12}$ 19 $H_{30}C_{12}C_{11}O_{10}$
1505	29	16 $H_{14}O_1C_2$ -13 $H_{31}O_{13}C_{12}$ 13 $H_{15}C_2O_1$ 14 $H_{30}C_{12}C_{11}O_{10}$
1435	18	18 $H_{19}C_5O_4$ -14 $H_{21}C_6O_7$ -14 $H_{23}C_8O_7$ 18 $H_{25}C_9O_{10}$
1423	8	-20 $H_{19}C_5O_4$ 11 $H_{21}C_6O_7$ -10 $H_{23}C_8O_7$ 20 $H_{25}C_9O_{10}$
1397	53	14 $H_{17}C_3O_4$ 10 $H_{19}C_5O_4$ 15 $H_{21}C_6O_7$ 16 $H_{23}C_8O_7$ 11 $H_{25}C_9O_{10}$ 14 $H_{27}C_{11}O_{10}$
1392	13	-25 $H_{17}C_3O_4$ 25 $H_{27}C_{11}O_{10}$
1381	2	-18 $H_{17}C_3O_4$ -18 $H_{27}C_{11}O_{10}$
1371	0	13 $H_{19}C_5O_4$ 15 $H_{21}C_6O_7$ -15 $H_{23}C_8O_7$ -13 $H_{25}C_9O_{10}$
1342	40	-10 $H_{14}O_1C_2$ -10 $H_{31}O_{13}C_{12}$ 13 $H_{29}C_{12}O_{13}$
1340	2	10 $H_{14}O_1C_2$ -10 $H_{31}O_{13}C_{12}$ 13 $H_{29}C_{12}O_{13}$
1318	34	-24 O_7C_6 25 O_7C_8
1304	299	-22 O_4C_5 -22 $O_{10}C_9$ 17 O_4C_3 17 $O_{10}C_{11}$
1286	280	14 O_4C_5 -16 O_7C_6 16 O_7C_8 -14 $O_{10}C_9$ -12 O_4C_3 12 $O_{10}C_{11}$

1272	23	10 $H_{19}C_5O_4$ 10 $H_{25}C_9O_{10}$
1246	25	-15 O_1C_2 -14 $O_{13}C_{12}$
1243	1	-19 O_1C_2 20 $O_{13}C_{12}$
1234	15	
1223	29	10 O_7C_6 10 O_7C_8
1199	199	-13 O_1C_2 -13 $O_{13}C_{12}$ 10 C_2C_3 10 $C_{12}C_{11}$
1196	28	15 O_1C_2 -15 $O_{13}C_{12}$
1177	56	13 O_4C_3 -13 $O_{10}C_{11}$
1175	18	11 O_4C_3 11 $O_{10}C_{11}$ -13 C_6C_5 -13 C_9C_8
1048	24	-10 $H_{19}C_5O_4C_3$ -10 $H_{25}C_9O_{10}C_{11}$
1038	38	12 $H_{22}C_6O_7C_8$ -12 $H_{24}C_8O_7C_6$
1010	0	-15 C_6C_5 15 C_9C_8
988	28	10 O_1C_2 10 $O_{13}C_{12}$ 21 C_2C_3 21 $C_{12}C_{11}$ -11 $H_{18}C_3O_4C_5$ 11 $H_{28}C_{11}O_{10}H_9$
984	2	21 C_2C_3 -21 $C_{12}C_{11}$
945	11	-15 O_7C_6 -15 O_7C_8 11 $H_{19}C_5O_4C_3$ -11 $H_{25}C_9O_{10}C_{11}$
920	36	
914	6	
609	3	17 $C_8O_7C_6$
579	0	19 $O_1C_2C_3$ -12 $O_{13}C_{12}C_{11}$ -14 $C_2C_3O_4$ 14 $C_{12}C_{11}O_{10}$
576	15	-18 $O_1C_2C_3$ -13 $O_{13}C_{12}C_{11}$ 14 $C_2C_3O_4$ 14 $C_{12}C_{11}O_{10}$
567	10	-17 $O_7C_6C_5$ 17 $C_9C_8O_7$
452	216	30 $H_{14}O_1C_2C_3$ -44 $H_{31}O_{13}C_{12}C_{11}$
439	77	-29 $H_{14}O_1C_2C_3$ -44 $H_{31}O_{13}C_{12}C_{11}$
381	0	-12 $O_7C_6C_5$ -12 $C_3O_4C_5$ 12 $C_{11}O_{10}C_9$ 12 $C_9C_8O_7$
362	18	14 $O_1C_2C_3$ 14 $O_{13}C_{12}C_{11}$
352	9	11 $O_1C_2C_3$ -12 $O_{13}C_{12}C_{11}$
324	1	18 $C_8O_7C_6$
241	0	-14 $C_3O_4C_5$ 15 $C_{11}O_{10}C_9$ -15 $O_1C_2C_3O_4$
238	9	20 $C_8O_7C_6$ -10 $O_1C_2C_3O_4$ 13 $O_7C_6C_5O_4$ -13 $O_{10}C_9C_8O_7$
230	6	-12 $C_3O_4C_5$ -12 $C_{11}O_{10}C_9$ -14 $O_1C_2C_3O_4$
201	1	-15 $O_1C_2C_3O_4$ 16 $O_7C_6C_5O_4$ 16 $O_{10}C_9C_8O_7$ -13 $O_{13}C_{12}C_{11}O_{10}$
194	1	
130	14	-16 $C_8O_7C_6C_5$ 16 $C_9C_8O_7C_6$
112	1	14 $C_2C_3O_4C_5$ 14 $C_{12}C_{11}O_{10}C_9$
93	1	-23 $C_2C_3O_4C_5$ 24 $C_{12}C_{11}O_{10}C_9$
69	1	17 $C_3O_4C_5C_6$ 17 $C_{11}O_{10}C_9C_8$
44	2	22 $C_3O_4C_5C_6$ 21 $C_{11}O_{10}C_9C_8$
40	0	-32 $C_3O_4C_5C_6$ 32 $C_{11}O_{10}C_9C_8$
19	1	16 $O_7C_6C_5O_4$ 21 $C_8O_7C_6C_5$ 13 $O_{10}C_9C_8O_7$ 11 $C_2C_3O_4C_5$ 25 $C_9C_8O_7C_6$
18	0	-11 $O_7C_6C_5O_4$ 21 $C_8O_7C_6C_5$ 13 $O_{10}C_9C_8O_7$ -16 $C_9C_8O_7C_6$ 11 $C_{12}C_{11}O_{10}C_9$

Потенциальная энергия полос поглощения 1506 и 1505 $см^{-1}$ сосредоточена в различных угловых координатах HOC и координате торсионного колебания $H_{30}C_{12}C_{11}O_{10}$. Чисто деформационным колебаниям валентных углов HCO соответствует область 1436÷1371 $см^{-1}$ - это полосы поглощения 1436, 1423, 1432, 1402, 1397, 1392, 1381, 1371 и 1272 $см^{-1}$, тогда как в полосы поглощения 1342 и 1340 $см^{-1}$ добавляются еще колебания углов HOC. Деформационные колебания валентных углов OCC и COC самой полиэтиленгликолевой цепочки проявляются в области частот 618÷181 $см^{-1}$. Чисто характеристическими деформационными колебаниями валентных углов OCC являются полосы поглощения 579, 576, 567, 362 и 352 $см^{-1}$, последние две из которых соответствуют концевым группам OCC, а углов COC – частоты 609 и 324 $см^{-1}$. Неинтенсивная полоса 381 $см^{-1}$ содержит энергию деформационных колебаний углов COC и CCO. Кроме того, в полосах поглощения 241, 238 и 230 $см^{-1}$, соответствующих неплоским торсионным колебаниям OCCO присутствуют колебания углов COC. Энергия колебаний очень интенсивной полосы 452 $см^{-1}$ (~216) и полосы 439 $см^{-1}$ (~80) сосредоточена в неплоских колебательных координатах HOCC, а именно в координатах $H_{14}O_1C_2C_3$ и $H_{31}O_{13}C_{12}C_{11}$. Интенсивная полоса поглощения 1526 $см^{-1}$ (~125) определяется неплоскими колебаниями двугранных углов HCOH.

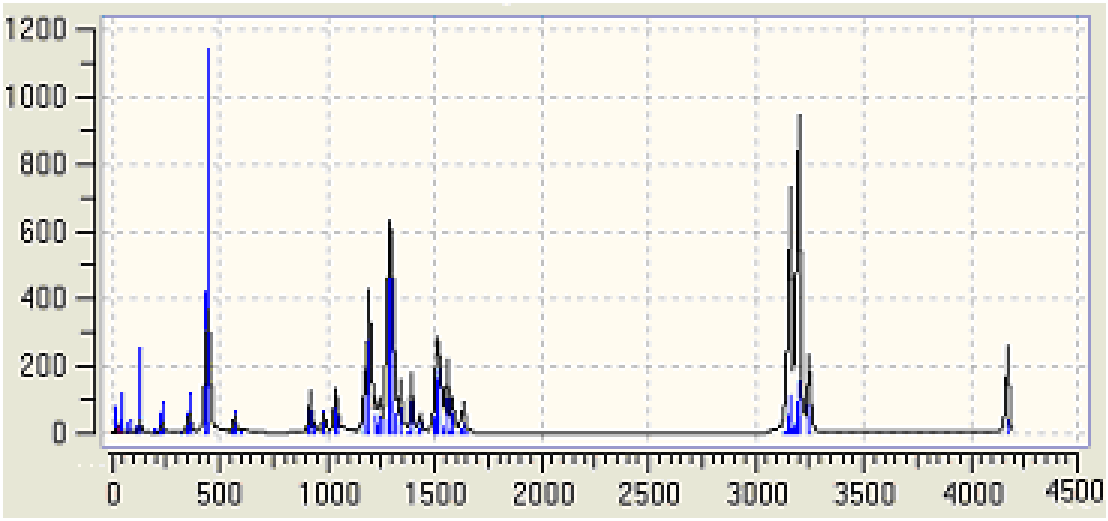


Рис. 2. Теоретический колебательный спектр олигомера ПЭГ4

Потенциальная энергия полос поглощения 1048 и 1038 $см^{-1}$ (~25 и 40) сосредоточена в неплоских координатах двугранных углов HCOC, а полос 452 и 439 $см^{-1}$ (~216 и 77) – в координатах HOCC. Неплоские торсионные колебания самой полиэтиленовой цепочки OCCO и CCOC находятся в низкочастотной области спектра 241 $см^{-1}$ и ниже, самая интенсивная из которых – полоса 130 $см^{-1}$ (~14).

Список литературы

1. Greenwald R.B. // Journal of Controlled Release. 2001, 74 (1-3), p.159
2. Jamróz M.H.// Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. 2013, 114, p.220

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ε-GaSe

Джафарова С. З.
Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC)

Селенид галлия GaSe (группа симметрии $\bar{6}m2$) обладает заметной анизотропией физических свойств - упругих. Анизотропия механической прочности выражена в GaSe сильнее и он чрезвычайно легко расслаивается на плоскости (0001). Сильная анизотропия механической прочности дала повод причислить селенид галлия к двумерным структурам, что вызвало большое число работ, посвященных изучению его физических свойств. Естественно предположить, что ангармонические свойства GaSe также анизотропны, поэтому изучение акустических свойств GaSe как типичного представителя класса слоистых кристаллов представляет особый научный интерес. Кроме того, GaSe обладает симметрией, разрешающей существование пьезоэффекта, что может приводить к сильному акустоэлектронному взаимодействию. В этом плане исследования GaSe представляет и практический интерес для поиска перспективных материалов в акустоэлектронике.

Ранее упругие свойства **ε**-GaSe изучались в основном методом Мандельштам-Бриллюэновского рассеяния света. Немногочисленные данные об упругих модулях второго порядка, полученные ультразвуковыми методами, сильно отличаются между собой. Существует ряд работ, посвященных исследованию ангармонизма оптических ветвей спектра, и только одна работа, в которой изучалось влияние гидростатического давления на скорость акустических волн.

Непосредственной задачей наших исследований было изучение ангармонических свойств слоистых кристаллов **ε**-GaSe посредством измерений влияния гидростатического давления на скорость распространения акустических волн и измерения решеточного поглощения звука.

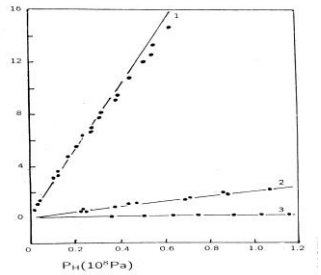


Рис. Относительные изменения распространения акустических волн в **ε**-GaSe под действием гидростатического давления приT=300К и f=30МГц.

1 - $L_{\|}$; 2 - $L_{\perp}$; 3 - $FT_{\perp}$

Для постановки эксперимента важнейшим вопросом является выбор направления распространения и типа звуковой волны, позволяющей с максимальной точностью и достоверностью определить упругие модули кристалла. Для этого необходимо выбирать направления близкие к направлениям чистых мод, и такие типы волн, фазовая скорость которых определяется наименьшим набором упругих модулей, а групповая скорость близка к волновой нормали.

В наших экспериментах использовались чистые волны $L_{\|}$, $L_{\perp}$, $FT_{\perp}$, $T_{\|}$, $ST_{\perp}$. Абсолютные значения скорости акустических волн $L_{\|}$, $L_{\perp}$ и $FT_{\perp}$ определены методом наложения эхо-импульсом на частоте 30 МГц при 293К и было исследовано влияние гидростатического давления на скорость их распространения [1]. Экспериментальные зависимости относительного изменения «натуральной» скорости этих волн от величины давления приведены на рисунке.

Рассчитанные по этим данным значения $\left(\partial C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$ и $\left(\partial log C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$ представлены в таблице 1, а значения постоянных Грюнайзена акустических мод, соответствующие этим волнам, - в таблице 2.

Таблица 1. Барические коэффициенты упругих модулей **ε**-GaSe при гидростатическом давлении (T=293K)

ij	11	33	66	44*
$\left(\partial C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$	6,78	17,2	1,03	3,7
$1/\partial C_{ij}\left(\partial C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$ 10^{-10} м^2/Н	0,66	5,05	0,28	4,1
$\left(\partial C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$[3]	8,4±0,6	19,1±1	19,1±0,4	3,7

*Оценка из оптических данных.

Таблица 2. Постоянные Грюнайзена акустических мод в **ε**-GaSe

Мода	L_{0001}	$L_{\bar{1}\bar{1}20}$	$FT^{1\bar{1}00}_{\bar{1}\bar{1}20}$	T_{0001} *
	7,15	0,55	0,03	5,3

В расчетах были использованы значения C_{44}=0,9·10^{10} Н/м^2 и C_{13}=1,2·10^{10} Н/м^2, определенные в [1] методом Мандельштам-Бриллюэновского рассеяния света. В таблице 1 представлены также данные [2]. Значение $\left(\partial C_{44}/\partial P\right)_{p\to 0}$ в таблице взято из работы [3], где величина $\left(\partial C_{44}/\partial P\right)_{p\to 0}$ оценена из оптических данных по изменению частоты рамановской линии, соответствующей сдвигам слоев друг относительно друга, при гидростатическом давлении. Приведенное значение $\partial C_{44}/\partial P$, скорее всего, занижено, т.к. подобная оценка $\partial C_{44}/\partial P$ для β-GaSe оказалась почти в два раза меньше экспериментального значения [4]. Прежде отметим некоторое несоответствие наших данных по $\left(\partial C_{ij}/\partial P\right)_{p\to 0}$ и результатов работы [2]. Расхождения эти легко устраняются, если наши экспериментальные данные подставить в расчетные формулы, использованные авторами [2]. Заметим, что приведенные в [3] выражения для $\partial C_{11}/\partial P$, $\partial C_{33}/\partial P$, $\partial C_{66}/\partial P$ неверны.

Если проводить сравнение со слоистыми кристаллами Bi_2Te_3 [5], то видно, что **ε**-GaSe обладает значительно большей анизотропией ангармонических свойств, абсолютные значения постоянных Грюнайзена акустических мод, связанных с деформациями сжатия и сдвига слоев друг относительно друга, в **ε**-GaSe также гораздо больше. Так, если анизотропия скоростей распространения акустических волн в**ε**-GaSe составляет единицы:

$\frac{v(L_{\bar{1}\bar{1}20})}{v(L_{0001})}$=1,74, $\frac{v\left(FT^{1\bar{1}00}_{11\bar{2}0}\right)}{v(T_{0001})}$=2,04

то анизотропия относительных изменений скоростей под действием гидростатического давления составляет десятки и даже сотни:

$$\frac{\partial H(L_{0001})}{\partial H(L_{\bar{1}\bar{1}20})}=13,\ \frac{\partial H(T_{0001})}{\partial H\left(FT^{1\bar{1}00}_{11\bar{2}0}\right)}=180$$

Из сравнения постоянных Грюнайзена для различных волн в Bi_2Te_3 и **ε**-GaSe можно сделать вывод о том, что сильный ангармонизм акустических мод, связанных с деформациями сжатия и сдвига слоев друг относительно друга, является существенной отличительной особенностью слоистых кристаллов, причем анизотропия ангармонических свойств решетки в большей степени связано с анизотропией упругих свойств кристалла.

Список литературы

1. Homma Y., Jamada M., Jamamoto A. Elastic constants of GaS and GaSe layered crystals determinated by Brillouin scattering. // J. Phys. Soc. Jap. 2003. V. 121.- P. 2777.
2. Gatulle M., Fisher M., Chevy A. Elastic constants of layered compounds GaS, GaSe, InSe and their pressure dependence. I. Experimental part. // Phys. Stat. Sol. (b). 2010.V. 119. P. 327.
3. Weiting T., Verble J. Infrared and Raman investigation of long-wavelength phonons in materials with layered structures. // Dordrecht. 1979. V. 3. P. 321.
4. Fisher M., Polian A., Chevy A., Chervin J. Pressure dependence of the acoustic shear mode in GaS by Brillouin scattering. //Sol. Stat. Com. 1995. V. 56. P. 311.
5. Илисавский Ю.В., Окулов В.Л., Свечников Т.Е. Исследование ангармонизма сил связи в Bi_2Te_3 акустическими методами. Полупроводниковые материалы для термоэлектрических преобразователей. Ленинград, 1985. С. 26-27.

О ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $TIInTe_2 - TICeTe_2$

Зарбалиев М. М, Исмаилов М. Г., Валиева Б. А., Мамедов Э. Г. , Кулиева К. А.

Сумгаитский государственный университет.Азербайджан.

zarbalievmm51@mail.ru

Доклад посвящен исследованию термоэлектрических свойств сплавов системы $TIInTe_2 - TICeTe_2$.

Как известно [1-4] соединение TISe отличается крайными специфическими особенностями, представляющими большой научный и практический интерес. В решетках TISe атомы таллия проявляют переменную валентность. Благодаря особой электронной конфигурации и объемным данным соответствующих металлических компонентов, решетки $TISe \rightarrow TI^{+}[TI^{3+} + Se_2]^{-}$ оказываются составленными из двух самостоятельных структурных единиц–из восьмивершинника, с ионном характером связи $M^{I} - \mathrm{X}(TI^{3+} - Se)$ и тетраедра, с ковалентной связью между $M^{III} - X(TI^{3+} - Se)$.С точки зрения пространственно-геометрических соображений определяющим из них является восьмивершинник, а в смысле химической связи-тетраэдр. Следовательно, ответственными в формировании кристаллических решеток данного типа являются одновалентные ионы таллия и индия в октаэдрах, в то время как полупроводниковые особенности соединений с данной структурой определяются, главным образом, трехвалентными ионами таллия- TI^{3+}и индия- In^{3+} в тетраэдрах.

Таким образом, из строения кристаллической решетки непосредственно следует, что не только на замещение одновалентного таллия в восьмивешиннике, по сравнению с трехвалентными, а также и окружающего его элемента-халькогена, должны полагаться на более жесткие ограничения. Поэтому представляется не случайным, что решетки типа TISe сохраняются при замещении селена $(r^{2-} = 194pm)$ соответствующими ионами серы $(r^{2-} = 184pm)$ и теллура $(r^{2-} = 221pm)$, несмотря на существенное различие их объемных параметров, в то время как при замещении одновалентного таллия $(r^{2-} = 198pm)$ одновалентными атомами меди $(r^{1+} = 96pm)$

и серебра $(r^{1+} = 126pm)$ решетки типа $TISe$ оказываются неустойчивыми. Действительно, некоторые из существующих соединений $A^I B^{III} C_2^{VI}$ [2-4]. $(CuTISe_2, AgTISe_2 и т.д)$, кристаллизующихся в решетках халькопирита типа $CuFeS_2$ могут быть формально представлены как результат замещения одновалентного таллия в решетке типа $TISe$ соответствующими елементами первой группы. Итак, в силу совершенно определенных соображений, при поиске кристаллоструктурных аналогов $TISe$ $(TITISe_2)$ путь замещения одновалентных ионов элементами третьей группы не обещает успеха, к тому же замещение такое не представляло бы особого интереса даже при соответствии параметров, в смысле управления полупроводниковыми особенностями. Следовательно, существенные изменения полупроводниковых параметров, прежде всего ширины запрещенной зоны -$\Delta\varepsilon_g$, должны иметь место именно при соответствующих замещениях трехвалентных ионов в тетраэдрах.

Итак, приходим к заключению, что для разумного управления полупроводниковыми свойствами при катионном замещении в рамках структурного типа $TISe$, практически возможным и наиболее рациональным является замещение трехвалентных ионов таллия в тетраэдрах соответствующими элементами $III^б$ подгруппы (Ga, In), а также трехвалентными редкоземельными элементами (Ln^{3+}), не затрагивая при этом одновалентных ионов в восьмивершиннике. При взаимном замещени элементов $III^б$ группы, исходя из особенностей электронных конфигураций, можно сделать некоторые прогнозы. Атомы таллия при взаимодействии с элементами своей подгруппы трехвалентными редкоземельными элементами проявляют одновалентное состояние. Несмотря на то, что одновалентное состояние характерно также для индия и галлия, но тем не менее, последние в соединениях типа $A^I B^{III} X_2^{VI}$ при конкуренции с таллием проявляют нормальную валентность $(In^{3+} и\, Ga^{3+})$, с внешней конфигурацие и электронов $5s^2 5p^1$ и $4s^2 4p^1$, соответственно. Реальность данного предположения следует из того факта, что $5s^2$оболочки индия, тем более и $4s^2$ оболочки галлия по сравнению с $6s^2$ оболочками таллия менее устойчивы, т.е. вероятность прявления одновалентного состояния, а следовательно, и занятиями октаэдрического положения в решетках типа $TISe$, при прочих равных условиях уменьшается в последовательности $TI - In - Ga$. Таким образом, соединения $TIInSe_2$ и $TIGaSe_2$ в частности от $TITISe_2 \rightarrow TI^+[TI^{3+}Se_2]^-$ отличаются лишь соответствующими атомными радикалами $[In^{3+}Se_2]^-$ и $[Ga^{3+}Se_2]^-$, а тем самым и шириной запрещенной зоны [2,4]. В то время как $TIInTe_2$ и $InGaTe_2$ на основе тех же соображений должны быть изоструктурными с $InTe \rightarrow In^+[In^{3+}Te_2]^-$ и выведени из него: в случае $TIInTe_2$–замещением одновалентных ионов индия (In^+) в восьмивершиннике ионами таллия соответствующей валентности (TI^+), а в случае $InGaTe_2$– замещением анионного радикала $[In^{3+}Te_2]^-$ на $[Ga^{3+}Te_2]^-$и следовательно, должны быть представлены как - $TI^+[In^{3+}Te_2]^-$ и $TIGaTe_2 - In^+[Ga^{3+}Te_2]^-$ [2]. В действительности соединения $InInTe_2$ и $TIInTe_2$, отличающими лишь одновалентными катионами $(In^+ и\, TI^+)$ обладают одной и той же (0.7эВ) шириной запрещенной зоны. А соединение $InGaTe_2$ ($\Delta\varepsilon_g = 1{,}4$эВ), отличающейся от $InInTe_2$ ($\Delta\varepsilon_g = 0.7$эВ) катионами ковалентно тетраэдрической координации резко отличаются по ширине запрещенной зоны. Таким образом, указанные выше фазы являются интересными еще и тем, что позволяют разумно управлять шириной запрещенной зоны, а при совершенно одной и той же ширине запрещенной зоны варьировать другими физическими параметрами [4].

Известно, что за исключением европия (Eu) и иттербия (Yb) и в меньшей степени самария (Sm), все остальные редкоземельные элементы $(РЗМ)$ проявляют нормальную трехвалентность и их физические и химические свойства мало отличаются друг от друга. Это связано с тем, что состоянию с наименьшей энергией отвечает $5d^1 6s^2$ конфигурация внешних электронов. Вклад $4f$-электронов в химическую связь можно не учитывать ввиду того, что волновые $4f$ функции ионов РЗМ сильно локализуются в близи ядер. В этой связи валентные конфигурации всех РЗМ определяются наиболее типично. По этим соображениям с частичным замещением трехвалентных

атомов индия или галлия в полупроводниковых соединениях типа $A^{I}B^{III}X_2^{VI}$ с трехвалентными РЗМ получается новый класс полупроводниковых соединений и твердых растворов по схеме $TI^{+}TI^{3+}X_2^{VI} \rightarrow TI^{+}In^{3+}X_2^{VI} \rightarrow TI^{+}In_{1-x}^{3+}Ln_x^{3+}X_2^{VI}(0 \leq x \leq 1)$. При образовании соединений типа $TILnX_2^{VI}$ внешние электронные оболочки атомов халькогенов s^2p^4 могут достраиваться до нейтрального аргона $(3s^23p^6)$, криптона $(4s^24p^6)$, и ксенона $(5s^25p^6)$, за счет $5d^16s^2$ или $4f^16s^2$ электронов РЗЭ. А в твердых растворах, по нашему мнению, внешние электронные оболочки двух пар атомов халькогенов достраиваются до нейтрального аргона, криптона и ксенона за счет $6p^1$ электронами TI, $5s^25p^1$ электронов индия и $5d^16s^2$ или $4f^16s^2$ электронов лантанидов [5].

В данной работе рассматривается возможность использования в качестве термоэлемента твердых растворов $TIIn_{1-x}Ce_xTe_2$. В [2,4] показано, что в системе $TIInTe_2 - TICeTe_2$ наблюдается область растворимости на основе $TIInTe_2$. Характерной особенностью кристаллов твердых растворов $TIIn_{1-x}Ce_xTe_2$ является наличие в их кристаллической решетке стехиометрических вакансий с высокой концентрацией $(10^{18} - 10^{19} см^{-3})$ и связанных с ними локализованных состояний в запрещенной зоне [6,7], и эта величина растет с ростом относительного количество церия в составе твердых расторов. Образование твердых растворов приводит к изменениям электронной и решеточной подсистем кристалла, вызывая статическую деформацию решетки и возмущение электронного спектра. С ростом концентрации вакансий в твердом растворе среднее расстояние между атомами растворенного вещества $TICeTe_2$ достигает значений, при которых межпримесное взаимодействие начинает вносить заметный вклад в энергию кристалла растворителя $TIInTe_2$, и это приводит к появлению принципиально новых свойств, не характерных для исходного материала. Так, при легировании $TIInTe_2$ некоторыми редкоземельными элементами $(Gd, P_2, Nd, Eu, Dy, Yb)$ наблюдается эффект стабилизации уровня Ферми, когда его положение определяется только составом сплава и не зависит от концентрации легирующих примесей.

В работах [4] исследованы электрические свойства $TIIn_{1-x}Ln_xTe_2$ при слабых и сильных электрических полях, вольтамперные харатеристики, температурные зависимости теплопроводности, термоэдс показано, что в рассеянии фононов одновременно с $\cup$- процессами активную роль играют нормальные процессы и рассеяния на точечных дефектах. Авторы [1,4,6,7] также показали, что образцы $TIIn_{1-x}Ce_xTe_2$ обладают переключающими свойствами с электрической памятью и высоким значением термоэффективности. При переходе от $TIInTe_2$ к твердым раствором $TIIn_{1-x}Ce_xTe_2$ на его основе улучшаются термоэлектрические свойства и при средних температурах они достигают величин, представляющих практический интерес. Таким образом, сочетание высоких температур плавления, термической и механической стойкости с низким коэффициентом теплопроводности и высокой величиной термоэдс обуславливает интерес к их термоэлектрическим свойствам. Для термоэлектрического охлаждения традиционно используют материалы на основе твердых растворов теллуридов бисмута (n- ветвь) и сурьмы(p- ветвь). Для изготовления ветвей термоохладителей применяют поликристаллические материалы, полученные методом зонной плавки или экструзией. В последнее время все большее развитие приобретает проблема микроминиатюризации, в связи с которой предъявляются определенные требования к материалу ветвей термоэлементов, а именно: высокой однородности, достаточно большой механической прочности, совершенства структуры и др.

Поликристаллические материалы уже не удовлетворяют многим из этих параметров. С этой точки зрения особый интерес представляют монокристаллические образцы твердых растворов $TIIn_{1-x}Ce_xTe_2$ [4].

Образцы получали из элементов TI, In, Te «осч» и Ce «хч» прямым синтезом эвакуированных до $10^{-2}Па$ кварцевых ампулах. Для получения равновесного состава их отжигали в течение ~120ч.

Монокристаллы выращивали в кварцевых ампулах с внутренным диаметром $14 - 16мм$ и длиной $120мм$, рост кристаллов до 5 суток. Полученные монокристаллы раскаливались по двум плоскопараллельным зеркальным плоскостям скола.

Как было отмечено выше характерной особенностью кристаллов твердых растворов $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ является наличие в их кристаллической решетке большой $(\sim 10^{18} - 10^{19} см^{-1})$ концентрации стехнометрических вакансий и связанных с ними локализованных состояние в запрещенной зоне, и эта величина растет с ростом мольной доли церия в составе твердого раствора, вследствие чего электропроводность твердых растворов $TlIn_{1-x}Ce_xTe_2$ значительно возрастает (почти на два порядка), а коэффициент теплопроводности уменьшается за счет появления дополнительных центров рассеивания фононов, и эти обстоятельства приводят к увеличению термоэффективности указанных составов [4].

Список литературы

1.Годжаев Э. М., Зарбалиев М. М., Рзаева К. М. и др. Получение четверных сплавов типа $TlSe$ с редкоземельными элементами. //Физ. химии. 1975, т. 49, с. 2458-2459

2.Годжаев Э. М. Структура электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе SP- и $4f$- элементов. Диссертация ... докт. физ. мат. наук. Баку, ФНАН Азерб. ССР, 1985, с. 361

3.Зарбалиев М. М. Твердые растворы замещения в системе $TlInTe_2 - TlYbTe_2$. Неорганические материалы. 35. 1999, с. 560-564

4.Зарбалиев М. М. Явления переноса заряда и тепла в системах. $TlInS_2(Se_2,Te_2) - TlLnS_2(Se_2,Te_2)$. Диссертация ...доктора физ.мат. наук. 2001, БГУ, с. 285

5.Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. М: Мир, 1974, с. 376

6.Алиев Ф. Ф., Юзбашов Э. Р., Эминова В. И., Пашаев Г. П., Агаева У. М., Зарбалиев М. М. Термоэлектрические свойства $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2(0 \leq x \leq 0{,}10)$. Известия НАНА. Серия. Физика и астрономия. 2017, №2, с. 49-55 Алиев Ф. Ф., Агаева У. М., Зарбалиев М. М.

7.Энергетический спектр носителей заряда в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. ФТП, 50(2016). с. 1297-1302

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ СИСТЕМЫ $TlInSe_2$–$TlCeSe_2$

Зарбалиев М. М., Самедов О. А.,Сардарова Н. С.

Сумгаитский государственный университет

zarbalievmm51@mail.ru

Природе взаимодействия атомов и характеру химической связи в системе $TlInSe_2$–$TlCeSe_2$ посвящен ряд работ [1-3]. Соединения $TlInSe_2$ принадлежит к слоисто-цепочечным полупроводникам типа TlSe. Это слабоизученный представитель тройных аналогов селенида таллия, кристаллизующийся в структуре с объемно-центрированной тетрагональной (ОЦТ) решеткой и группой симметрии D_{4h}^{18} (I4/mcm) с параметрами элементарной ячейки *a*=807,5 *pm* и *c*=684,7 *pm* [2].

В [1] показано, что в данной системе растворимость на основе $TlInSe_2$ простирается до 8 моль%. $TlCeSe_2$ твердые растворы $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$, как и исходное соединение $TlInSe_2$, кристаллизуются в тетрагональной сингонии, параметры элементарной ячейки увеличиваются согласно закону Вегарда, а ширина запрещенной зоны уменьшается по мере роста относительного содержания церия в составах [2]. Температурные и концентрационные зависимости электрических и тепловых свойств сплавов системы $TlInSe_2$–$TlCeSe_2$ изучены в работах. Однако этих данных недостаточно для выяснения характера связи и силы межатомного взаимодействия в соединениях и твердых растворах данной системы, с этой точки зрения представляется интересным исследование характера и и величины теплового расширения твердых растворов $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$ ($0 \leq x \leq 0{,}08$).

Режим синтеза сплавов и отжига их для получения равновесного состояния подробно описан в работе [2].

При синтезе исследуемых образцов в качестве исходных компонентов использованы Tl, In, Se ос.ч. и Ce х.ч. Сплавы синтезированы по методу, разработанному в [1-3]. В процессе синтеза обнаружено, что по мере роста содержания церия в составах $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$ необходимо повышать температуру реакции и длительность изотермической выдержки. Состав и гомогенность синтезированных кристаллов контролировали с помощью дифференциально-термического и

рентгенофазового анализов, а также изучением микроструктуры и микротвердости. Дифрактограммы образцов получали на аппарате ДРОН-3 в CuC_{α} –излучении с никелевым фильтром.

Измерение электропроводности, коэффициента Холла в слабых электрических и магнитных полях проводились на постоянном токе компенсационным методом. Точность измерения составляла 3; 5% соответственно.

Коэффициент линейного теплового расширения (КТР) измерен в температурном интервале 80-350^0 К с помощью дилатометра с индукционной регистрацией [4]. Образцы имели форму цилиндра диаметром 5 и длиной 30 мм. Относительная погрешность при измерении КТР составляла 0,2%.

Исследование температурной зависимости коэффициентов электропроводности и Холла в слабых электрических и магнитных полях твердых растворов $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$ ($0 \le x \le 0{,}08$) показало, что все они во всем измеренном температурном интервале обладают *p*-типом проводимости. Ширина запрещенной зоны, определенной по высокотемпературным наклонам зависимостей коэффициентов электропроводности и Холла уменьшается в составах с ростом содержания лантанида, в этой же последовательности увеличиваются параметры элементарной ячейки твердых растворов $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$. Такой ход концентрационной зависимости ширины замещенной зоны объясняется подобием зонной структуры исходных соединений и твердых растворов. Этот ход можно объяснить следующим образом: $TlInSe_2$ валентная зона, в основном, образована расщепляющимися 4*p*-уровнями ионов селена и частично 5*p*-, 5*s*-уровнями индия и 6*p*-уровнями таллия. При частичном замещении атомов индия атомами церия в зону проводимости попадают *s*- и *d*- состояния атомов церия, которые энергетически расположены несколько выше. В твердых растворах $TlIn_{1-x}Ce_xSe_2$ при увеличении концентрации церия валентные электроны церия частично переходят в коллективизированные состояния (за счет стремления к образованию *f*-состояния), что вызывает сильное электронное взаимодействие и «разрыхления» решетки. В связи с этим увеличиваются параметры решетки, уменьшается ширина запрещенной зоны.

Как видно из рисунка, характер температурных зависимостей КТР α(Т) для всех исследованных фаз идентичен. Такое поведение α(Т), видимо, объясняется тем, что все исследованные фазы кристаллизуются в тетрагональной сингонии и тип химической связи между атомами в кристаллической решетке один и тот же. Это приводит к одинаковым температурным изменениям ангармонической части тепловых колебаний атомов в кристаллической решетке. Для более детального анализа влияния химической связи на характер упругих свойств, следует обсудить особенности химической связи в различных кристаллографических направлениях кристаллов твердых растворов и соединений системы $TlInSe_2$–$TlCeSe_2$.

Влияние химической связи на расширение веществ в литературе проанализировано недостаточно полно, что не позволяет рассчитывать и прогнозировать тепловые свойства вновь синтезированных веществ на их основе, химическая связь в которых в некоторой степени определяется характером поведения α(Т). Сопоставлению межатомных расстояний в ряде веществ с параметрами взаимодействия электронных состояний (кратность связи *x*) посвящены ряд работ [5-8]. Интерпретация теплового расширения на их основе представляет существенный интерес для выявления стабильности электронных конфигураций и температуры плавления.

Как известно, α и особенности его поведения при уменьшении температуры обусловлены ангармонизмом колебаний их атомов. А степень ангармонизма зависит от характера межатомного взаимодействия и температуры, что определяет величину α. Его температурное поведение обусловлено изменением межатомных расстояний или величин тетраэдрических … и других атомных радиусов. По определению α есть удлинение в расчете на единицу длины и на 1К:

$$\alpha = \Delta d_a/(d_a \cdot \Delta T) = (\gamma K_0/d_a\beta^2) \quad (1)$$

где d_a – постоянная решетки, $\Delta\ d_a$ – усредненные межатомные расстояния, γ – коэффициент ангармоничности.

Согласно [5-7], межатомные расстояния d_a могут выражаться через сумму тетраэдрических радиусов $\sum r_T$ с учетом кратности химической связи *x:*

$$d_a = \sum r_T expb(1/x - x) \quad (2)$$

где *b* константа для широкого круга веществ, равно ~0,089.

Ангармонизм колебаний атома предполагает увеличение межатомных расстояний с одним из соседних атомов при его сокращении с другим. В тех случаях, когда основными электронными состояниями, в обусловливающими химическую связь, является *p*-состояние, также колебания могут наблюдаться при их несимметричном перекрытии. В этом случае согласно [7]:

$$d_a^- = \sum r_T exp b[1/(x-y) - (x-y)], \quad (3)$$

$$d_a^+ = \sum r_T exp b[1/(x+y) - (x+y)], \quad (4)$$

где d_a – увеличивающееся межатомное расстояние, d_a^+ – уменьшающееся межатомное расстояние, y – параметр, характеризующий степень асимметрии в перекрытии электронных p-состояний. Из этой системы уравнений видно, что $d_a^- - d_a > d_a - d_a^+$, т.е. при появлении и увеличении степени ангармонизма в колебаниях атомов a вещества должно увеличиваться, т.к. $(d_a^- + d_a^+) > 2d_a$.

Из формул (1-4) в общем случае величина α может быть представлена в виде:

$$\alpha = f\left[\frac{d_a^- + d_a^+ - 2d_a}{2d_a cT}\right], \quad (5)$$

где f – коэффициент, учитывающий количество атомов, испытывающих возбужденное ангармоническое колебание по отношению к общему количеству, c – коэффициент, учитывающий количество направлений атомов в данной кристаллической решетке (так как α – линейный коэффициент теплового расширения), а цифра 2 в знаменателе учитывает вероятность (время) нахождения атомов в отклоненном состоянии.

При частичном замещении трехвалентных атомов индия в соединениях $TlInX_2$ атомами лантаноидов, получены четверные соединения и твердые растворы по следующей схеме [10]:

$$Tl^+In^{3+}X_2^{2-} \rightarrow Tl^+In_{1-x}^{3+}Ln_x^{3+}X_2^{2-} \rightarrow Tl_2^+In^{3+}Ln^{3+}X_4^{2-}$$

В этих соединениях и твердых растворах внешние электронные оболочки двух пар атомов халькогенидов, по нашему мнению, достраиваются до нейтрального аргона, криптона и ксенона за счет $6p^1$ – электронов таллия, ($5s^25p^1$) – электронов индия и ($5d^16s^2$) – электронов лактанидов по той причине, что в лантанидах состояние с наименьшей энергией отвечает ($5d^16s^2$) конфигурация внешних электронов, а вклад *4f*-электронов в химическую связь можно не учитывать ввиду того, что волновые *4f*-функции ионов лантанидов сильно локализуются вблизи ядер. В этой связи валентные конфигурации всех лантанидов определяются *5d*- и *6s*-электронами, поэтому трехвалентное состояние лантанидов наиболее типично.

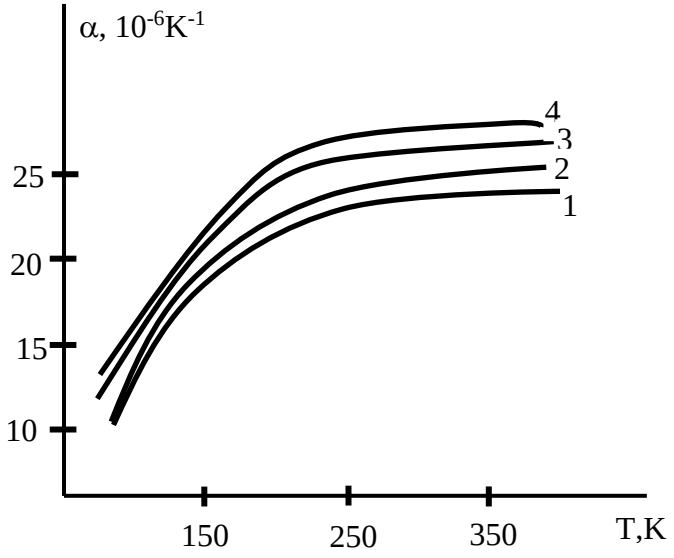


Рис. 1. Температурная зависимость КТР твердых растворов $TlIn_{1-x}CeSe_2$ кривые: 1-х=0; 2-х=0,02; 3-х=0,05; 4-ч=0,08

Решетки $TlInSe_2$–[$Tl^+In^{3+}Se_2^{2-}$] оказываются составленными из двух структурных единиц из восьмивершинника, с ионным характером связи M^1–X(Tl^+–Se) и тетраэдра, с ковалентной связью между M^{3+}–X(In^{3+}–Se). С точки зрения пространственно-геометрических соображений определяющим из них является восьмивершинник, а в смысле химической связи – тетраэдр. Следовательно, ответственными в формировании кристаллических решеток данного типа являются одновалентные ионы таллия, в то время как полупроводниковые особенности данного соединения определяются, главным образом, трехвалентными ионами индия в тетраэдрах.

Используя литературные данные производим вычисления согласно уравнениям (2), (3) и (4) получаем: d_a=318,8 *pm,* d_a^-=441,64 *pm,* d_a^+=289,55 *pm.*

Подставляя их в формулу (5) и приняв во внимание то, что при высоких температурах f =1 (практически все атомы возбуждены, температура плавления $TlInSe_2$ $T_{пл.}$ = 1080К) и c=4 (для четырех направлений колебания) получаем α=2,4145·$10^{-5}К^{-1}$. А из эксперимента $\alpha\approx$2,42·$10^{-5}К^{-1}$, что свидетельствует о достаточно хорошем совпадении. С переходом к твердым растворам, теоретически вычисленное значение α растет, при этом растет и экспериментальное значение α.

Таким образом, наблюдаемое увеличение α твердых растворов по отношению к исходному компоненту $TlInSe_2$ объясняется на основании примененного подхода. Из-за различия в ковалентных радиусах, входящих в состав твердых растворов атомов индия и церия и стремления к согласованию в перекрытии электронных состояний происходит смещение атомов их узлов решетки, изменение кратности связи и, как следствие, увеличение степени ангармонизма колебаний, приводящие к увеличению α. Это должно привести к уменьшению ширины запрещенной зоны при катионном замещении в ряду $Tl^{3+}\rightarrow In^{3+}\rightarrow Ce^3$, что хорошо коррелируется с экспериментальными данными для полупроводникового соединения $TlInSe_2$.

Список литературы

1. Зарбалиев М.М. Явления переноса заряда и тепла в системах $TlInSe_2(Se_2, Te_2)$ – $TlLnS_2(Se_2, Te_2)$. Дисс…док.физ.-мат. наук, 2001, БГУ, 285 с.
2. Seishi Iida, Hidoyuki Toyota, Elda r Gojaev, Firudin Hashimzade. Band structure and optical finctions of ternary chain $TlInSe_2$ // Journal of phusics and chemistry of solids. 64 (2003), pp.1703-1706.
3. Наджафов А.И. Химический транспорт и физические свойства $TlInSe_2$ // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1991, т.24. №3, с.477-479
4. Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Курбанов М.М. Дилатометр для измерения ТКЛР твердых тел в широком интервале температур // Измерительная техника. 1985, №2, с.44-45
5. Ерофеев Р.С. Некоторые особенности химической связи в халькогенидах элементов IVB группы с решеткой NaCl // Химическая связь в кристаллах и их физические свойства. Минск: Наука и техника, 1976, т.1, с.52
6. Ерофеев Р.С. Особенности химической связи в элементах V и VI групп и их соединениях со структурой тетрадимита // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1978, т.14. №8, с.1365-1369.
7. Ерофеев Р.С. Химическая связь в полупроводниках со структурой антифлюорита // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1988, т.24, №12, с.1977-1981
8. Ерофеев Р.С. Химическая связь и тепловое расширение веществ // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1991, т.27, №3, с.501-505
9. Новикова С.И. Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974, с.292.
10. Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Рзаева К.М. и др. Получение четверных сплавов типа TlSe с редкоземельными элементами // Физическая химия. 1975, т.49, с. 2458-2459

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕНТАПЕПТИДНЫХ МОЛЕКУЛ ГЛИПРОЛИНОВ

[1]Исмаилова Л. И., [2]Аббаслы Р. М., [3]Ахмедов Н. А

Бакинский государственный университет, Институт физических проблем

При создании новых лекарственных препаратов исследователи все чаще обращаются к возможности использования собственных регуляторов организма человека. К ним относятся регуляторные пептидные молекулы. Известно, что, являясь мало токсичными, пептидные препараты не обладают побочными эффектами. Глипролины (короткие пролин и глицин содержащие пептиды) - одно из таких семейств. Эти молекулы имеют широкий диапазон свойств: влияют на свертывающую систему крови, модулируют работу иммунной и центральной нервной систем [1,2].

Глипролины Pro-Gly, Pro-Gly-Pro, Pro-Gly-Pro-Gly-Pro обладают нейропротективными свойствами, обеспечивают сохранение нормальной функции инсулярной и противосвертывающей систем крови на фоне развития диабета. Ряд аминокислот (Arg) участвуют в нормализации уровня триглециридов и баланса липопротеидов, предотвращают риск диабета и атеросклероза. Понять механизмы действия этих биомолекул можно, если решить задачу их структурно-функциональной организации. Целью данной работы является определение трехмерной структуры двух глипролиновых пентапептидов Pro-Gly-Pro-Gly-Pro и Pro-Arg-Pro-Gly-Pro.

Метод расчета

Компьютерное моделирование, основанное на использовании метода теоретического конформационного анализа и программ, позволяющих получать графическое изображение пространственной структуры молекулы, было выполнено для молекул семейства глипролинов. Метод теоретического конформационного анализа дает возможность рассчитывать трехмерную структуру пептидных молекул исходя из известной аминокислотной последовательности [3]. В расчетах использовалась разработанная специальная классификация (конформация, форма основной цепи, шейп). Формы остатков определялись областями B, R, L и P двугранных углов основной цепи φ-ψ. При расчете рассматривались развернутые формы дипептидной молекулы (BB, BR, LB, LR, RL, PL, PP- шейп e) и свернутые формы основной цепи (RB, RR, BL, LL, PR, PB- шейп f). Для глицина начальные приближения формировались из низкоэнергетических конформаций (R форма – $\varphi = -90^o$; $\psi = -90^o$; B форма – $\varphi = -90^o$; $\psi = 100^o$; L форма – φ, $\psi = 90^o$ и P форма основной цепи – $\varphi = 90^o$; $\psi = -90^o$). Для аминокислоты пролин учитывались два положения (B форма – $\psi = 130^o$ и R форма – $\psi = -50^o$). Для аминокислотного остатка Arg рассматривались R, B и L формы основной цепи. Положения боковой цепи аргинина определялось четырьмя углами χ^1, χ^2, χ^3 и χ^4.

Расчет выполнялся в рамках механической модели молекул с учётом невалентных ($E_{нв}$), электростатических ($E_{эл}$), торсионных взаимодействий ($E_{тор}$) и энергии водородных связей ($E_{вс}$). Конформационное состояние каждого аминокислотного остатка обозначалось через X_{ij}, где X - характеризует форму основной цепи остатка (R, B, L, P), а символы ij = 11…,12…,13…,21…, и т.д. отвечают положениям боковой цепи (χ^1, χ^2,…).Обозначения и отсчеты углов вращения соответствуют принятой международной номенклатуре [4].

Результаты и их обсуждение

С помощью метода теоретического конформационного анализа была рассчитана пространственная структура молекул глипролинов Pro-Gly-Pro-Gly-Pro и Pro-Arg-Pro-Gly-Pro. Для нахождения пространственного строения данных пептидных молекул использовалась специально разработанная программа [5]. Расчеты трехмерной структуры пептидных молекул позволяют определить геометрические и энергетические параметры пептидов, значения двугранных углов основной цепи и боковых цепей аминокислот, входящих в молекулу, а так же энергетические вклады внутримолекулярных взаимодействий.

Молекула Pro-Gly-Pro-Gly-Pro. Конформационные возможности пентапептида были изучены фрагментарно. Сначала определялись конформационные свойства дипептида Pro-Gly и трипептида Pro-Gly-Pro на основе стабильных конформаций монопептидов N-ацетил-L-пролина и L-глицина. Затем была изучена пространственная структура пентапептида Pro-Gly-Pro-Gly-Pro. Молекула содержала 63 атома и 13 переменных двугранных углов. Всего было рассчитано 144 формы основной цепи, принадлежащих 128 возможным шейпам. Было составлено свыше 200 начальных приближений. Все они были проминимизированы по энергии, оценены их геометрические и энергетические параметры. Низкоэнергетические конформации молекулы Pro-Gly-Pro-Gly-Pro представлены в таблице 1.

Самой низкоэнергетической конформацией оказалась форма основной цепи RBRRR (шейп feff), которая имеет свернутый ход основной цепи. В глобальной конформации RBRRR ($\Delta E_{отн}=0$ ккал/моль) энергия невалентных взаимодействий составляет (-10,9)ккал /моль, электростатических (-4,9) ккал/моль и торсионных 1,1 ккал/моль. При этом основной стабилизирующий вклад вносят ди-, три-, тетра- и пентапептидные взаимодействия аминокислотных остатков.

Всего 1,0 ккал/моль проигрывают конформации с полностью свернутой формой основной цепи RRBPR(шейп ffff) и RPRRR(efff). Формы с полностью развернутой основной цепью уступают по энергии от 5 до 9 ккал/моль. Таким образом, расчет обнаружил резкую энергетическую дифференциацию конформаций по шейпам и формам основной цепи. В энергетический интервал 0-5 ккал/моль попадают 26 конформаций, принадлежащих 10 возможным шейпам. Представители каждой формы основной цепи были включены в расчет пентапептидной молекулы Pro-Arg-Pro-Gly-Pro.

Молекула Pro-Arg-Pro-Gly-Pro. Расчет данной пентапептидной глипролиновой молекулы проводился на основе низкоэнергетических конформаций пентапептида Pro-Gly-Pro-Gly-Pro и стабильных конформаций монопептида N-ацетил-L-аргинина. Для аминокислот учитывались все возможные формы основной цепи. Пентапептид включал в себя 79 атомов и 17 переменных двугранных углов основной и боковых цепей всех аминокислот, входящих в эту молекулу. Специфика аминокислотной последовательности данной пептидной молекулы состоит в том, что

боковая цепь аминокислоты Arg является лабильной, объемной и положительно заряженной, глицин практически не имеет боковой цепи, а пролин имеет жесткую боковую цепь.

Таблица 1. Энергетические параметры низкоэнергетических конформаций пентапептидных глипролинов

№	Конформация (шейп)	$E_{нв}$	$E_{эл}$	$E_{торс}$	$E_{общ}$	$E_{отн}$
Молекула Pro-Gly-Pro- Pro-Gly						
1	BRRPR (efef)	-8,0	-5,0	1,3	-11,7	2,9
2	RPRRR (efff)	-10,1	-4,8	1,4	-13,5	1,1
3	BPRPR (ffef)	-8,4	-5,6	1,7	-12,3	2,3
4	RRRR (ffef)	-10,2	-5,0	1,3	-14,0	0,6
5	RBRRR (ffef)	-10,9	-4,9	1,1	-14,6	0,0
6	RRBPR (ffff)	-9,5	-5,1	1,1	-13,5	1,1
Молекула Pro-Arg-Pro-Gly-Pro						
1	BB_{2222}BLB (eefe)	-12,6	6,0	3,6	-15,0	3,4
2	BB_{2122}BRR (eeef)	-10,3	-6,8	2,8	-14,4	4,4
3	BB_{2222}RPR (eeef)	-13,9	-6,3	1,8	-18,4	0,0
4	RB_{2122}BLB (fefe)	-12,1	-6,3	3,3	-15,1	3,3
5	RB_{2222}RPR (feef)	-13,0	-6,0	1,1	-17,9	0,5
6	RB_{1222}RPB (feff)	-11,4	-5,3	1,8	-14,8	3,6

Расчет выявил, что для молекулы Pro-Arg-Pro-Gly-Pro в энергетический интервал 0-5 ккал/моль попадают конформации полусвернутых шейпов. Для пентапептида самыми низкоэнергетическими оказались конформации с формой основной цепи BBRPR, RBRPR, RBBRRB и BBBLB. Расчет показал, что глобальной конформацией молекулы является BB_{2222}RPR. Низкоэнергетические конформации пентапептида Pro-Arg-Pro-Gly-Pro представлены в таблице 1.

Полученные результаты могут быть использованы для изучения пространственного строения гексапептидных молекул глипролинов, а так же исследования конформационных возможностей боковых цепей при взаимодействии с молекулами рецепторов.

Список литературы

1. Мартынова К.В., Андреева Л.А., Климова П.А. и др. Структурно-функциональные исследования глицин и пролин содержащих пертидов, являющихся нейропротекторами. Биоорг.хим. 2009, т. 35, №2, с. 165-171
2. Falalyeyeva T.M., Samonina G.E., Beregovaya T.V. et all Effects of glyprolines PGP, PG and GP on homeostasis of gastric mucosa in rats with experimental ethanol-induced gastric ulcers. Bull Exp Biol Med, 2010, vol 149, №6, pp.699-701
3. Попов Е.М. Белки и пептиды. М.: Наука, 1995, с.49-52
4. IUPAC-IUB, Quantity, Units and Symbols in Physical Chemistry. 1988. vol. 39, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
5. Максумов И.С., Исмаилова Л.И., Годжаев Н.М. Журнал структурной химии, 1983, том 24, №4,сС.147-148

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ КРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

[1]Исмайылов Р.М., [1,2]Бархалов Б. Ш.,[1]Исмайылова Х. И.

[1]Сумгаитский государственный университет, [2]Институт Физики НАН Азербайджана,

e-mail: bbarhal@mail.ru

Реальные монокристаллы твердых растворов $Cd_xHg_{1-x}Te$ (КРТ), полученные в недостаточно строгих технологических условиях содержат значительное количество термодинамически неравновесных дефектов (точечных и протяженных), которые могут возникать и при химико-технологической обработке поверхности, неизбежной в процессе изготовления малоразмерных элементов и приборов [1,2]. В материалах с низким порогом пластичности наличие таких дефектов

может в условиях внешнего воздействия не только изменить, но и дестабилизировать во времени их электрофизические и фотоэлектрические характеристики.

Существует большое количество методов обработки поверхности КРТ с целью ее стабилизации и уменьшения влияния состояния поверхности на чувствительность [3]. При этом отсутствуют сведения о механизмах рекомбинации, действующих при поверхностном возбуждении этих кристаллов. Такие сведения могли бы помочь найти пути уменьшения скорости поверхностной рекомбинации.

В настоящей работе приводятся результаты исследования рекомбинационного процесса при низких и высоких уровнях поверхностного возбуждения кристаллов КРТ $Cd_xHg_{1-x}Te\,(0{,}25 \le x \le 0{,}30)$.

Исследовались кристаллы КРТ n-типа проводимости с концентрацией носителей заряда $n_0 = 10^{13}$-10^{14} см$^{-3}$ при температуре Т=80 К. Состав и однородность состава контролировались микрорентгеновским анализатором “Camebax”. Поверхность кристаллов обрабатывали стандартными методами, т.е. вырезанные из шайб образцы шлифовали и полировали с последовательным применением микропорошков от М5 до М1. Механически обработанные образцы травили в растворе 8%-ного Br_2 в HBr. На свежетравленную поверхность наносили индиевые контакты. Образцы представляли собой параллелепипеды с линейными размерами (0,3-0,4) х 0,1 х 0,05 см.

Спектральные характеристики фотопроводимости измеряли в температурном диапазоне 80-300К на фиксированной частоте модуляции f = 800Гц. Источником монохроматического излучения служил спектрометр ИКС-21. Усиление и синхронное преобразование осуществляли с помощью селективного усилителя У2-6 и синхронного преобразователя В9-2. Спектральные зависимости записывали на самопищущем потенциометре КСП-4.

Время жизни неравновесных носителей заряда в образцах измерялось по релаксации сигнала фотопроводимости при возбуждении импульсами света в диапазоне температур 80-300К.

При определении времени жизни в объеме τ_v и на поверхности τ_s для возбуждения использовали гелий-неоновый (λ = 3,39 мкм) Ga-As лазеры (λ = 0,9 мкм). Сигнал усиливали широкополосным усилителем У3-23, для визуальной регистрации использовали осциллографы С1-70 и С7-8.

Спектральное распределение фоточувствительности $U_c(\lambda)$ некоторых образцов приведено на рис.1.

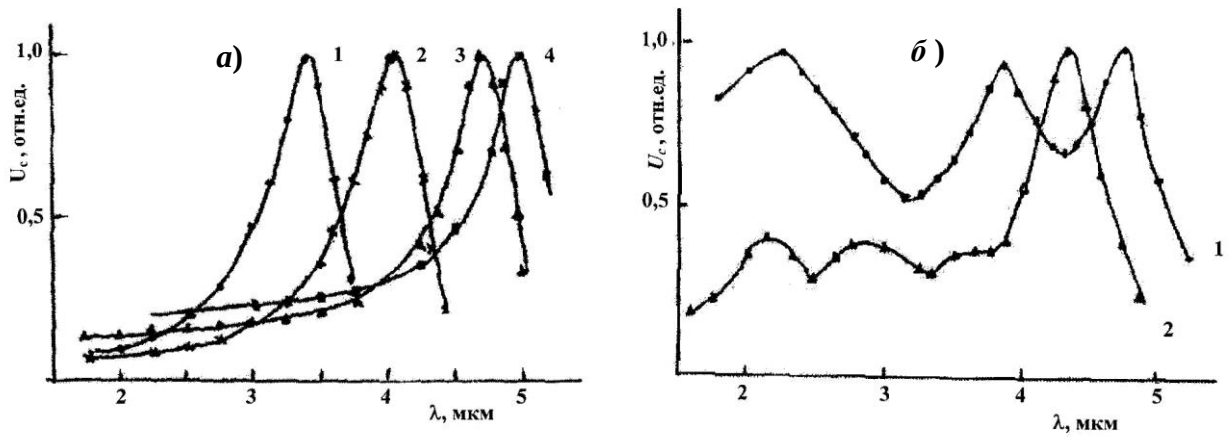


Рис.1. Спектральное распределение фоточувствительности кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ при Т=80 К, х: *а)* 1- 0,32; 2 - 0,28; 3 - 0,26; 4 - 0,25; *б)* 1- 0,29; 2 - 0,27.

Кривые имеют типичный δ-образный вид, свидетельствующий о повышенном темпе рекомбинации в области сильного поглощения. Максимум спектральной чувствительности точно соответствует значению ширине запрещенной зоны E_g, рассчитанному для данного состава кристаллов. Естественно, что влияние поверхности более существенно в случае образцов с

большим временем жизни τ_v, о чем можно судить по кратности отношения сигнала в максимуме фотопроводимости к ее значению на коротковолновом плато, т.е. $K = U_{max}/U_s$.

Характерной особенностью функции $U_c(\lambda)$ является зависимость K от температуры. При нагревании кристаллов амплитуда сигнала в коротковолновой области спектра возрастает. Для кристаллов с x = 0,29 величина K уменьшается от 6 при T=80 K до 2 при T=200 K. Максимум $U_c(\lambda)$ при этом смещается в коротковолновую область [4].

Для некоторых кристаллов форма кривой $U_c(\lambda)$ имеет особенности в области сильного поглощения и зависит от температуры (рис.1б). Для них кроме общего возрастания U_c в коротковолновой гости наблюдается дополнительные максимумы сигнала.

Кривые релаксации фотопроводимости изучаемых кристаллов исследовалась при низких и высоких уровнях возбуждения. В линейном режиме кривые релаксации были экспоненциальными с одним τ_s и двумя характеристическими временами τ_v. Температурная зависимость τ_s для двух кристаллов с одним временем релаксации приведена на рис 2. Несмотря на то, что для этих образцов τ_v были различными, значения τ_s различались не столь существенно при T=80 K.

В образцах со сложным спектром $U_c(\lambda)$ в области сильного поглощения на кривых релаксации сигнала фотопроводимости при поверхностном возбуждении (λ = 0,9 мкм) можно выделить два участка с $\tau_{s_1} = 2 \cdot 10^{-6} c$ и $\tau_{s_2} = 3 \cdot 10^{-7} c$ (при T = 80K). Имея различные температурные зависимости, значения τ_{s_1} и τ_{s_2} сближаются при нагревании, что при 140 K в релаксации появляется лишь одно время τ_s, близкое τ_v (рис. 3) . Характерно, что в этой же области температур фоточувствительность при объемном и поверхностном возбуждении практически одинакова.

В отличие от линейного режима при высоких уровнях возбуждения кривая релаксации фотопроводимости после лазерного возбуждения $(\lambda = 0{,}9 мкм)$ имеет более сложный характер. Непосредственно после окончания действия импульса релаксация фотопроводимости происходит быстро, по неэкспоненциальному закону. Относительная амплитуда этого участка возрастает с ростом степени компенсации кристаллов, т.е. с уменьшением n_0. На длинновременном участке релаксация происходит по экспоненциальному закону с характеристическим временем близким к значениям τ_c, измеренным в линейным режиме.

Полученные экспериментальные результаты можно объяснить следующим образом. Для КРТ, в котором преобладает зона-зонная рекомбинация [7], можно указать несколько причин, понижающих чувствительность при поверхностном возбуждении носителей заряда.

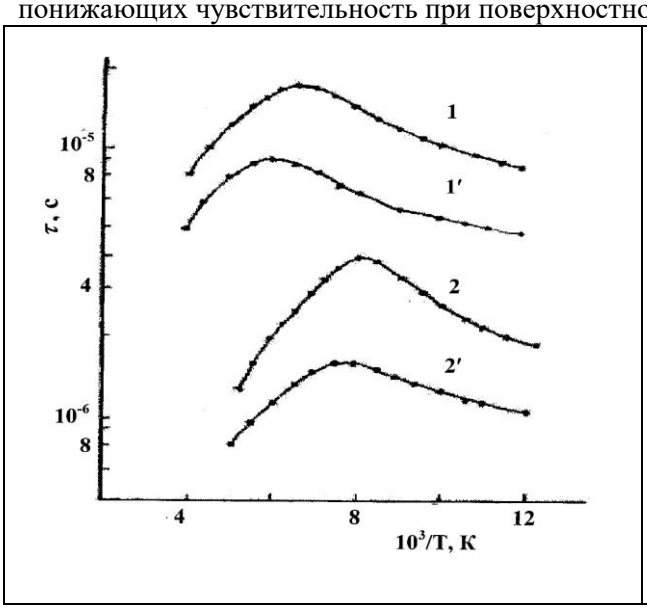


Рис.2. Температурные зависимости τ для образцов с x =0,28 (1, 1′) и x=0,26 (2, 2′) при объемном и поверхностном возбуждении

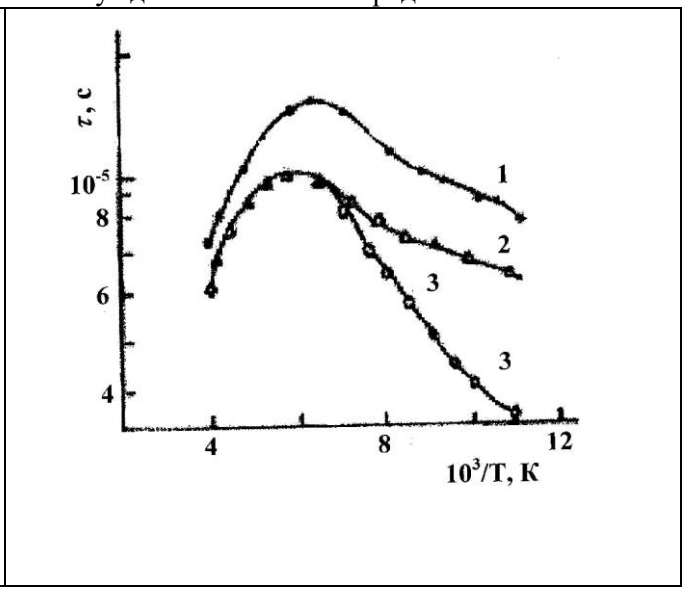


Рис.3. Температурные зависимости τ для образца с x=0,28 при объемном (1) и поверхностном возбуждении (2, 3) составляющей

При участии в процессе рекомбинации соответственно, для медленной и быстрой поверхностных состояний возникает дополнительный (по отношению к объему) канал рекомбинации. Это может быть обнаружено экспериментально по температурной зависимости τ_c при поверхностном возбуждении – его активации с ростом температуры.

Повышенный темп рекомбинации может быть связан с варизонностью состава у поверхности образца. Если поверхность обогащена носителями заряда и E_g уменьшается по мере приближения к ней, то можно ожидать меньшего τ_c в области $x_s<x$ и появления встроенного электрического поля, стягивающего носители заряда к поверхности. Оба эти механизма характеризуются уменьшением τ_c в области собственной проводимости образца. Удовлетворительное согласие расчета экспериментом при поверхностном возбуждении может быть получено, если считать, что на поверхности существует обогащающий изгиб ($n_{0s} > n_0$)

Если принять, что при поверхностном возбуждении и при $\Delta n \geq n$ реализуется механизм Оже-рекомбинации, то экспериментальная кривая релаксации находит свое естественное объяснение.

Если предположить, что вблизи поверхности имеется слой с повышенной концентрацией носителей заряда, где неравновесные носители заряда распределены равномерно, то решение соответствующего кинетического уравнения для $\Delta n(t)$ при условии $\Delta n=\Delta p$ приводит к следующему выражению для двух предельных режимов возбуждения [6]:

$$\Delta n(t) = \begin{cases} \dfrac{\Delta n \max}{\sqrt{t\left[(\Delta n_{\max}/n_{0s})^2 - 1\right]/\tau_s + 1}} & \text{при } \Delta n_{\max} >> n_{0s} \\ \Delta n_{\max} \exp(-t/\tau_s) & \text{при } \Delta n_{\max} << n_{0s} \end{cases}$$

Первое выражение описывает начальные участки кривых релаксации (гиперболу второго порядка), которые в координатах $\dfrac{(\Delta n_{\max}/\Delta n) - 1}{(\Delta n_{\max}/\Delta n - 1} = \dfrac{t}{\tau_s}$ преобразуются в прямую, по наклону которой можно определить значение τ_c Второе выражение описывает более длинновременной участок кривой релаксации с характеристическим временем равным τ_c.

Специфический характер имеют люксамперные характеристики (ЛАХ), т.е. зависимость *Δn(P),* где P - интенсивность возбуждения (рис.4).

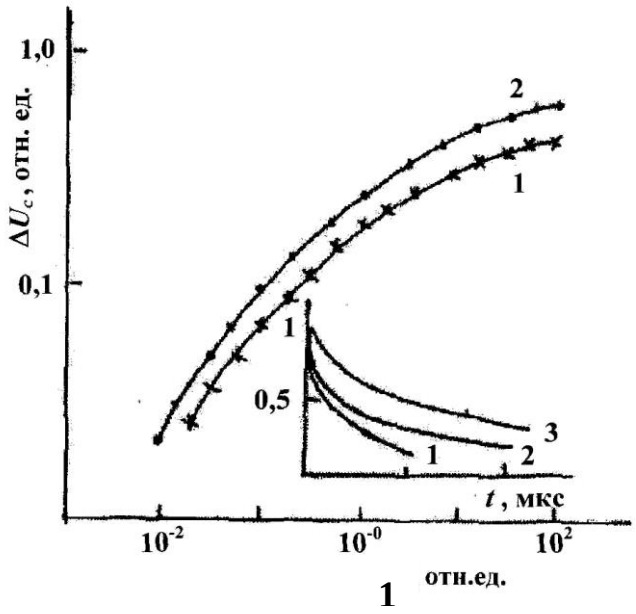


Рис. 4. ЛАХ кристаллов с x=0,27 (кривая 1) и x=0,29 (кривая 2) при T=80 K. На вставке кривые релаксации сигнала фотопроводимости при различных уровнях возбуждения (уровень возбуждения растет от кривой 1 к 3).

При низких уровнях возбуждения, когда $\Delta t << \tau$, она линейная, т.е., $\Delta n \sim P$, что характерно для этого режима возбуждения, когда τ обусловлена только темпом генерации. При высоких уровнях возбуждения, когда, $\Delta t >> \tau$, ЛАХ становится сублинейной и обнаруживает тенденцию к насыщению. ЛАХ, подобные приведенным на рис. 4, должны наблюдаться при Оже – рекомбинации, если выполняются следующие условия [5]: возбуждение - поверхностное, глубина проникновения света $d = 1/\alpha << L_p$ (α - коэффициент коэффициент поглощения, L_p - длина диффузии носителей заряда); скорость поверхностной рекомбинации мала, т.е. параметр $L_s \approx P/s >> \frac{1}{\alpha}$. Легко проверить, что эти условия выполняются на опыте. Значение L_D в исследуемых кристаллах при $\tau \approx (5\text{-}8)\cdot 10^{-6}$с, лежит в пределах $(2\text{-}6)\cdot 10^{-3}$ см, $\alpha = 10^4$ см$^{-1}$ (d=$2\cdot 10^{-4}$см), наконец $L_s \approx 4\cdot 10^{-4} см$ при $S = 2\cdot 10^3 см/с.$

Отметим, что весьма слабый наклон ЛАХ вызван тем, что L_D при Оже – рекомбинации зависит от концентрации неравновесных носителей заряда, поскольку $\tau \sim (\Delta n)^{-2}$ и $L_D = \sqrt{D\tau} \sim \Delta n^{-1}$, т.е. с ростом Р толщина слоя, в котором происходит рекомбинация, уменьшается, и это ведет к дополнительному увеличению Р и уменьшению τ даже при выполнении условия $\frac{1}{\alpha} < L_D$.

Список литературы

1. Бойных Н.М., Ванюков А.В. Изв.АН СССР, Металлы, 1974, № 5, 14.
2. Crillham C.J., Farrer R.A. J. Mater. Sci., 12, N10 (1977)1994.
3. Белый Н.Н., Барышев Н.С., Гарасова И.М., Понасенко Б.В. ОМП, N10(1978)13.
4. Shmit J.L. Stelzer E.L. J.Appl.Phys. 40, N12(1969)4865.
5. Зуев В.А., Саченко А.В., Толпыго К.Б. "Неравновесные приповерхностные процессы в полупроводниках и полупроводниковых приборах". М:, "Сов.радио", 1977, 256 с.
6. Галкин Г.Н. "Междузонные процессы рекомбинации в полупроводниках при высоких уровнях возбуждения". Автореф.докт. дис. Москва, (1977), 37 с.
7. Kinch M.A., Brou M.J., Simmons A. J. Appl. Phys., 44, N4(1973)1649.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ $TlGaSe_2$ - $TlTmSe_2$

Керимова Э.М., Гасанов Н.З., Сеидов Ф.М., Гусейнова К.М., Ализаде Ш.Д.

Институт физики НАН Азербайджана,

ekerimova@physics.ab.az

Таллиевые халькогениды редкоземельных элементов представляют большой интерес для исследователей, как перспективные материалы для электронной техники [1-3]. В этой связи нами исследована система $TlGaSe_2$ - $TlTmSe_2$, соединения которой синтезированы прямым сплавлением элементов высокой чистоты в кварцевых ампулах, вакуумированных до $1{,}3\times 10^{-2}$Па. Рентгенограммы порошковых образцов $TlTmSe_2$ снимали на установке УРС-55 в CuK_α-излучении в камере РКД-57,3. Для исследования физических свойств $TlTmSe_2$ и твердых растворов $TlGa_{1-x}Tm_xSe_2$ были получены их монокристаллы, выращенные видоизмененным методом Бриджмена-Стокбаргера в специально изготовленных ампулах из плавленого кварца. Внутренние стенки ампулы были покрыты слоем графита. Ампулы помещали в вертикальную двухзонную печь. Равновесную температуру в верхней высокотемпературной зоне устанавливали на 25-30К выше температуры плавления ($T_{пл}$) вещества, а температура низкотемпературной зоны была на 30-40К ниже $T_{пл}$. Между этими двумя зонами имелась переходная зона с градиентом температуры ~20К/см. Ампула с веществом с помощью специального механизма вводилась вдоль оси трубчатой печи в верхнюю высокотемпературную зону и после 15-20-часовой стабилизации режима перемещалась вниз со скоростью 0,8мм/час. За 7-8 дней ампула с веществом, полностью пройдя через переходную зону кристаллизации, оказывалась в низкотемпературной зоне. Затем температуры обеих зон медленно (2-3 суток) понижались до комнатной.

Электропроводность и коэффициент Холла монокристаллов $TlTmSe_2$ исследовались компенсационным методом. Образцы для измерений имели форму прямоугольного параллелепипеда

с размерами $(3\times5\times11)\cdot10^{-3}$м. Для создания надежных омических контактов вольфрамовые зонды приваривались к боковым граням образца при помощи конденсаторного разряда.

По результатам рентгенографического анализа установлено, что соединение $TlTmSe_2$ кристаллизуется в тетрагональной сингонии с параметрами элементарной ячейки: a=4,095Å; c=23,24Å.

На рис.1 и 2 приведены температурные зависимости электропроводности и коэффициента Холла монокристаллов $TlTmSe_2$. Электропроводность увеличивается по мере увеличения температуры, т.е. $TlTmSe_2$ является полупроводником с р-типом проводимости. Экспоненциальный рост электропроводности с температурой в области высоких температур связан с появлением собственной проводимости. Было определено значение ширины запрещенной зоны кристаллов $TlTmSe_2$ по высокотемпературным участкам кривых $lgRT^{3/2} = f(10^3/T)$ и $lg\sigma = f(10^3/T)$, из наклона которых получена величина 1,45эВ.

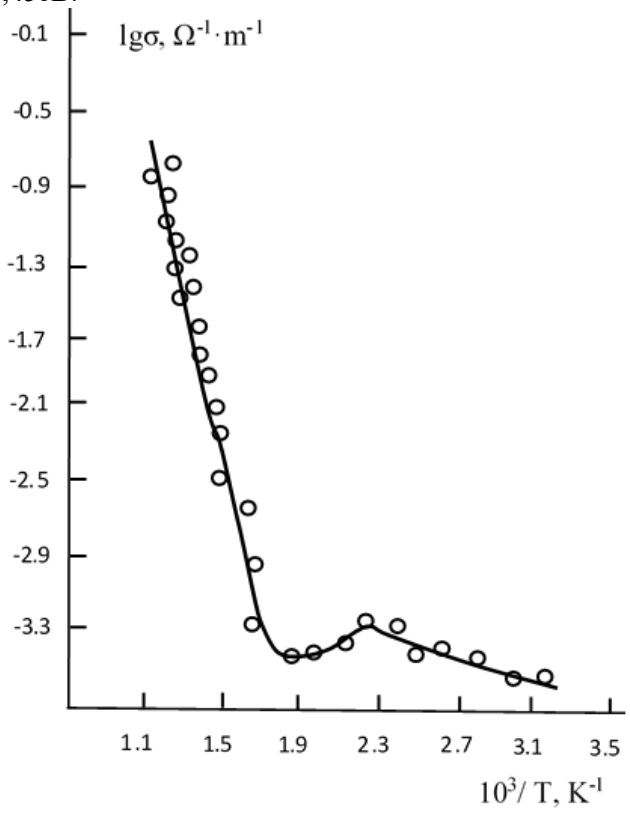


Рис.1. Температурная зависимость электропроводности кристалла $TlTmSe_2$.

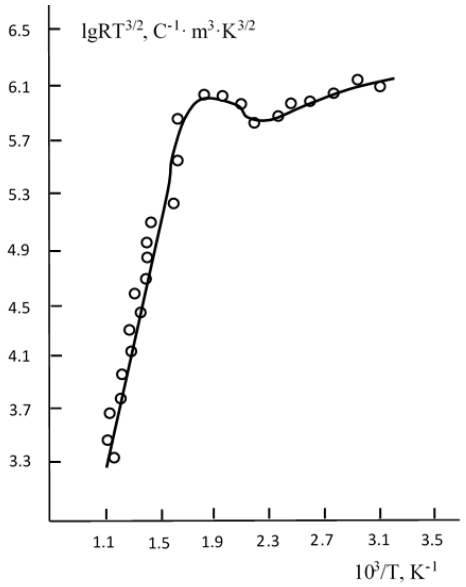


Рис.2. Температурная зависимость коэффициента Холла кристалла $TlTmSe_2$.

Образцы для изучения спектров оптического поглощения слоистых полупроводниковых кристаллов $TlGa_{1-x}Tm_xSe_2$ скалывались от монокристаллического слитка и имели форму тонких пластинок толщиной от 50 до 150мкм. Свет направлялся на образцы параллельно кристаллографической оси **c**. Исследования спектров оптического пропускания проводились при помощи установки на основе двойного монохроматора МДР-6М и криостата «УТРЕКС» с автоматической стабилизацией температуры в интервале 77÷300К (точность стабилизации составляет ±0,01К). Приемник излучения ФЭУ-100. Разрешение установки 2Å.

Проведенный анализ спектров поглощения слоистых полупроводниковых кристаллов $TlGa_{1-x}Tm_xSe_2$, а именно зависимости $(\alpha\hbar\omega)^2$ от энергии фотона $\hbar\omega$ (α - коэффициент поглощения), позволил определить энергии прямых переходов в изучаемых кристаллах, а, следовательно, и ширину их запрещенной зоны E_g. В интервале температур от 100 до 300К нами были прослежены температурные зависимости ширины запрещенной зоны $TlGaSe_2$ и твердого раствора $TlGa_{0,999}Tm_{0,001}Se_2$ (рис.3).

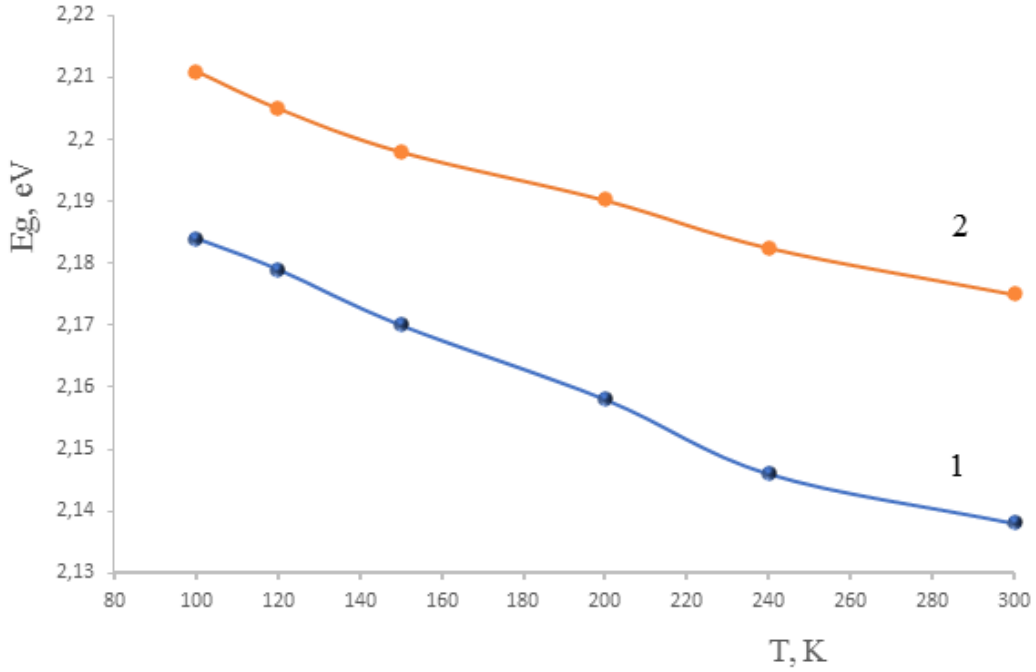


Рис.3. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны в $TlGaSe_2$ (1) и $TlGa_{0,999}Tm_{0,001}Se_2$ (2).

Эксперимент показал, что в структуре края поглощения монокристаллов $TlGaSe_2$ и твердых растворов $TlGa_{1-x}Tm_xSe_2$ при x=0,001 наблюдаются следующие различия: при низких температурах в $TlGa_{0,999}Tm_{0,001}Se_2$, в отличие от $TlGaSe_2$, не удается обнаружить полосу поглощения, связанную с образованием экситона вблизи прямого края; средний температурный коэффициент ширины запрещенной зоны dE_g/dT в интервале температур 100-300К для $TlGaSe_2$ составляет $-2{,}3\cdot10^{-4}$эВ/К, а для $TlGa_{0,999}Tm_{0,001}Se_2 \approx -1{,}8\cdot10^{-4}$эВ/К, т.е. существенно меньше по модулю; также величина коэффициента поглощения в $TlGa_{1-x}Tm_xSe_2$ заметно выше, чем в $TlGaSe_2$.

Как видно из графика, наблюдается коротковолновое смещение ширины запрещенной зоны у $TlGa_{0,999}Tm_{0,001}Se_2$ по отношению к $TlGaSe_2$, к примеру, при температуре 100К оно составляет около 27мэВ, а при комнатной температуре – около 37мэВ, что связано с различием у них температурного коэффициента смещения E_g. Таким образом, замещение 0,1% атомов галлия атомами редкоземельного элемента тулия увеличивает ширину запрещенной зоны монокристалла $TlGaSe_2$.

Список литературы

1. Ф.М.Сеидов, Э.М.Керимова, Н.З.Гасанов. Диаграмма состояния системы TlSe-SmSe и транспортные свойства кристаллов $TlSmX_2$ (X-S,Se,Te), Неорган. Материалы, 46 (2010) 1433–1437.

2. Ф.М.Сеидов, Э.М.Керимова, Н.З.Гасанов. Взаимодействие $TlInS_2$ с $TlYbS_2$ и электрические свойства кристаллов Tl_2InYbS_4, Неорган. Материалы, 47 (2011) 1429–1432.

3. Э.М.Керимова. Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов, Баку, Елм, (2012) 708с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗОБАРНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 298–427 К

Козьма А. А.

Ужгородский национальный университет

Гидраты хлоридов лантаноидных металлов ($LnCl_3 \cdot xH_2O$) вызывают определенный научный интерес благодаря ряду ценных свойств (люминесцентных, каталитических и др.), что позволяет их активно использовать, в том числе и в современных нанотехнологиях [1-3]. К одним из наименее изученных среди этих веществ относится гексагидрат трихлорида тулия $TmCl_3 \cdot 6H_2O$. Например, в литературных источниках не обнаружены данные по его теплоемкости. Поэтому целью данной работы было прогнозирование изобарной теплоемкости C_p для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ в температурном интервале 298–427 К.

Автором представленного доклада разработан способ оценки изобарной теплоемкости для некоторых кристаллических гидратов при 298,15 К. Основой для этой разработки послужили данные из [4-7].

В результате использования авторского способа, для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ при комнатной температуре получена величина C_p = 352,69 Дж/(моль×К). Для сравнения, в таблице приведены литературные данные изобарной теплоемкости гидратных хлоридов наиболее близких к Тулию (Tm) элементов Эрбия (Er) и Иттербия (Yb), а также рассчитанные авторским способом величины их C_p.

Таблица1.

Сравнение различных данных по C_p для $LnCl_3 \cdot 6H_2O$, где Ln – Er, Yb, Tm (при 298,15 К и нормальном атмосферном давлении)

Соединение	C_p, Дж/(моль×К) (литературные данные [8, 9])	C_p, Дж/(моль×К) (расчетные величины)	Отклонение, %
$ErCl_3 \cdot 6H_2O$	346 [8]	353,06	2,04
	343,092 [9]		2,91
$YbCl_3 \cdot 6H_2O$	341 [8]	350,35	2,74
$TmCl_3 \cdot 6H_2O$	–	352,69	–

Как видно из таблицы, для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ получен промежуточный результат C_p по сравнению с «соседними» $ErCl_3 \cdot 6H_2O$ и $YbCl_3 \cdot 6H_2O$, что вполне ожидаемо для схожих в свойствах соединений. Отметим, что отклонение для известных величин составляет менее 3 %. Такой результат для расчетного способа вполне допустим, ведь лучшие из современных экспериментальных методов дают точность в пределах 1–3 % [10].

Следующей задачей данной работы была попытка оценки C_p для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ в температурном интервале 298–427 К. Из [8] известно, что данный кристаллогидрат термически стабилен до температуры 427 К, после достижения которой начинаются фазовые преобразования. Среди соединений ряда $LnCl_3 \cdot 6H_2O$ (где Ln – Er, Yb, Tm) только для $ErCl_3 \cdot 6H_2O$ известна температурная зависимость изобарной теплоемкости в интервале 298–600 К [9]. Эти данные в настоящей работе использовались как базовые для прогнозирования C_p рассматриваемого аналога $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ при 298–427 К.

В труде [9] нет уравнения $ErCl_3 \cdot 6H_2O$ для описания зависимости его C_p от абсолютной температуры. В связи с этим, в данной работе предпринята попытка выведения соответствующего выражения. Такая задача довольно сложная, ведь некоторые классические подходы, которые дают хорошие результаты для безводных соединений, непригодны для кристаллогидратов [11]. Тем не менее, в результате проведенной работы предложено уравнение (1):

$$C_p = 343{,}09 + 12 \cdot 10^{-3} T - 3{,}9 \cdot 10^{5} T^{-2} \quad (1),$$

где T – абсолютная температура, К.

Это выражение проверяли для пяти температур: 298, 300, 400, 500 и 600 К. В результате установлено, что максимальное отклонение от данных [9] не превышает 0,24 %, а среднее близко к величине 0,1 %.

В связи с этим предложено соответствующее уравнение для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ (2):

$$C_p = 352{,}69 + 12 \cdot 10^{-3} T - 3{,}9 \cdot 10^{5} T^{-2} \quad (2).$$

За этим выражением (2) C_p для $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ при 427 К равна величине 355,68 Дж/(моль×К).

Таким образом, впервые для тулий (III) хлорида гексагидрата $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ спрогнозирована изобарная теплоемкость в температурном интервале 298–427 К. Представленные результаты дают основания утверждать, что расчетные величины являются достаточно точными, а использованный способ оценки при комнатной температуре не уступает известным экспериментальным методам.

Список литературы

1. Rabor J.B., Yoshidome T., Mitsushio T., Yoshida K., Sarno B.J. and Higo M. Luminescence Spectral Changes of Solid $EuCl_3 \cdot 6H_2O$ Under *N*, *N*-Dimethylformamide and Methanol Vapors. *IJAK*. 2013, 3(3), 159–181.

2. Prabhat Bhat, Gomathi Shridhar, Savita Ladage, Lakshmy Ravishankar. An eco-friendly synthesis of 2-pyrazoline derivatives catalysed by $CeCl_3 \cdot 7H_2O$. *J. Chem. Sci*. 2017, 129(9), 1441–1448.

3. Nur Atiqa Bt Rahmat, Hairul Azhar Abd Rashid, H.Y. Wong and Mukter Zaman. Investigation of the Characteristics of Thulium Doped Alumina Nanoparticles for Applications in Silica-Based Fibers. *Am. J. Appl. Sci*. 2017, 14(1), 150–156.

4. Сокольский Ю.М. Числа осцилляторов в кристаллах сложных химических веществ. *Журн. физ. химии*. 1982, 56(3), 722–724.

5. Сокольский Ю.М. Расчет тепловых свойств солей с оксианионами. *Неорг. материалы.* 1983, 19(1), 120–122.

6. Сокольский Ю.М. О расчете теплоемкости кристаллов сложных химических веществ. *Неорг. материалы.* 1986, 22(6), 1051–1053.

7. Козьма А.А. Про хвильові числа валентних коливань хімічних зв'язків метал–оксиген у неорганічних солях із оксоаніонами. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2015, 1(33), 18–21.

8. Ефимов А.И., Белорукова Л.П., Василькова И.В., Чечев В.П. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л.: *Химия*, 1983. С. 392.

9. Barin I. (in collab. with Platzki G.). Thermochemical Data of Pure Substances. Weinheim: *VCH*, 3 ed., 1995. P. 1885.

10. Smith A.L., Griveau J.-C., Colineau E., Raison P.E., Konings R.J.M. Low temperature heat capacity of α-Na_2NpO_4. *Thermochim. Acta*. 2015, 617, 129–135.

11. Козьма А.А. Про застосовність методу Келлога-Кубашевського для визначення температурної залежності теплоємності $CeCl_3 \cdot 7H_2O$. *Міжнар. наук.-практ. конф. «Перспективні напрямки наукової думки», 18 квітня 2018 р., Тернопіль, Україна: зб. наук. праць «ΛΌГОΣ».* 2018, 6, 101–103.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕКОТОРЫХ СЛОЖНЫХ СЕЛЕНИДОВ ТАЛЛИЯ

Козьма А. А., Переш Е. Ю., Барчий И. Е., Сабов М. Ю.

Ужгородский национальный университет

Термоэлектрическое преобразование тепла в электричество относится к сфере альтернативной энергетики, которая с каждым днем ставится все более актуальной. Одним из важных направлений поиска новых термоэлектрических материалов служит синтез и изучение свойств образцов, содержащих таллий. Введение тяжелых атомов этого элемента в структуру полупроводниковых сплавов позволяет увеличивать их термоэлектрическую мощность ($\alpha^2\sigma$) и снижать теплопроводность (χ). Принимая во внимание, что термоэлектрическая добротность (Z_T) рассчитывается из выражения $Z_T=\alpha^2\sigma\chi^{-1}$, вполне оправданным видится появление высокоэффективных преобразователей энергии среди таллийсодержащих материалов [1-4].

В данной работе представлены величины термоэлектрической добротности для некоторых сплавов (индивидуальных соединений, твердых растворов и эвтектических композиций), которые реализуются в системе Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3.

Научной основой поиска новых материалов служат диаграммы состояния соответствующих систем, которые позволяют выявить наиболее перспективные составы для термоэлектрического исследования [5, 6]. Характер физико-химического взаимодействия компонентов в квазитройной системе Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3 изучен в работах [7-14]. Эти результаты служили исходными данными

для синтеза и последующего изучения в температурном интервале 300–600 К термоэлектрических свойств промежуточных фаз.

В результате проведенных исследований установлено, что среди индивидуальных соединений системы Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3 наиболее высокой термоэлектрической добротностью обладают сложные селениды $TlBiSe_2$ и Tl_9BiSe_6. Для первого из них фиксировали Z_T = 0,60×10^{-3} К$^{-1}$ при 570 К, а для второго Z_T = 1,53×10^{-3} К$^{-1}$ при 590 К [15].

Среди твердых растворов наиболее высокие термоэлектрические параметры фиксировали на сечении Tl_4SnSe_4–Tl_9BiSe_6, для которого получали образцы с максимальной величиной Z_T = (2,75–2,90)×10^{-3} К$^{-1}$ при температурах 450– 590 К [16].

На сегодняшний день в литературных источниках недостаточно представлены термоэлектрические свойства эвтектических сплавов. Поэтому важно отметить, что в системе Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3 получены образцы эвтектических композиций с высокой термоэлектрической добротностью. Например, на сечениях $SnSe_2$–$TlBiSe_2$ и Tl_4SnSe_4–Tl_9BiSe_6 для соответствующих эвтектик Z_T достигает значений до 1,52×10^{-3} К$^{-1}$ [17, 18].

Из работ [19-21] следует, что технологические условия получения материалов могут существенно влиять на их свойства. Поэтому для некоторых наиболее перспективных сплавов системы Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3 также изучены влияния разных технологических подходов синтеза на их термоэлектрические параметры. В результате установлено, что для индивидуального Tl_9BiSe_6 и эвтектики состава $(SnSe_2)_{0,55}(TlBiSe_2)_{0,45}$ величины Z_T можно увеличивать на более чем 50 % [22] и 70 % [23] соответственно.

Таким образом, в системе Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3 получен ряд перспективных термоэлектрических материалов, которые по величине термоэлектрической добротности не уступают лучшим современным таллийсодержащим образцам [1-3, 19, 20].

Список литературы

1. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов. *Успехи химии*. 2008, 77(1), 3–21.

2. Sootsman J.R., Duck Young Chung, and Kanatzidis M.G. New and Old Concepts in Thermoelectric Materials. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2009, 48, 8616–8639.

3. Дмитриев А.В., Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов. *Успехи физ. наук*. 2010. 180(8), 821–838.

4. Козьма А.А., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Сабов М.Ю. До 190-річчя відкриття ефекту Зеєбека. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2011, 1(25), 26–31.

5. Козьма А.А., Сабов М.Ю., Переш Е.Ю., Барчий И.Є., Цигика В.В. Термоэлектрические свойства эвтектического сплава системы $SnSe_2$–Bi_2Se_3. *Неорг. материалы*. 2015, 51(2), 131–136.

6. Барчий И.Є., Тацькар А.Р., Козьма А.А., Переш Е.Ю. Взаимодействие компонентов в квазитройной системе Tl_2Se–Tl_4SnSe_4–Tl_9SbSe_6. *Журн. неорг. химии*. 2015, 60(9), 1260–1264.

7. Козьма А.А., Барчій О.І., Переш Є.Ю., Барчій О.І. Тріангуляція квазіпотрійної системи Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3. *Proceeding of IV International workshop "RNAOPM'2008". Lutsk, Jine 1–5*, 2008, p. 40–42.

8. Козьма А.А., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Цигика В.В., Барчій О.І. Система $SnSe_2$–$TlBiSe_2$. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2008, 20, 89–92.

9. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Цигика В.В. Фізико-хімічна взаємодія у квазіпотрійній системі $SnSe_2$–$TlBiSe_2$–Bi_2Se_3. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2009, 21, 6–12.

10. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Цигика В.В. Фазові рівноваги на квазібінарних перерізах квазіпотрійної системи Tl_2Se–$SnSe_2$–Bi_2Se_3. *Укр. хім. журн*. 2010, 76(4), 80–84.

11. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Соломон А.М., Цигика В.В. Система $SnSe_2$–Tl_2SnSe_3–$TlBiSe_2$. *Укр. хім. журн*. 2010, 76(12), 76–80.

12. Kozma A.A., Barchij I.E., Peresh E.Yu. Phase relation in the Tl_2SnSe_3–Tl_4SnSe_4–$TlBiSe_2$ quasiternary system. *Chem. Met. Alloy*. 2011, 4(1-2), 94–97.

13. Барчій І.Є., Козьма А.А. Фазові рівноваги у квазіпотрійній системі Tl_4SnSe_4–$TlBiSe_2$–Tl_9BiSe_6. *Укр. хім. журн*. 2011, 77(7), 32–37.

14. Козьма А.А. Взаємодія компонентів у квазіпотрійній системі Tl_4SnSe_4–Tl_2Se–Tl_9BiSe_6. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2013, 2(30), 15–22.

15. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Цигика В.В., Беца В.В., Соломон А.М., Сабов М.Ю. Одержання та термоелектричні властивості полікристалічних сполук $TlBiSe_2$ і Tl_9BiSe_6. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2010, 23, 22–25.

16. Патент на винахід №96535. Термоелектричний матеріал на основі твердого розчину в системі Tl_4SnSe_4–Tl_9BiSe_6. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю., Беца В.В., Цигика В.В. Опубліковано бюлетень №21 від 10.11.2011.

17. Козьма А.А., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Сабов М.Ю., Беца В.В., Цигика В.В. Термоелектричні властивості евтектичних сплавів систем $TlBiSe_2$–$SnSe_2$ (Tl_2SnSe_3, Tl_4SnSe_4) і Tl_4SnSe_4–Tl_9BiSe_6. *Укр. хім. журн*. 2011, 77(9), 23–26.

18. Козьма А.А., Переш Е.Ю., Барчій І.Є., Сабов М.Ю., Зубака О.В. Термоелектричні властивості евтектичних сплавів квазіпотрійної системи $SnSe_2$–$TlBiSe_2$–Bi_2Se_3. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2016, 1(35), 22–27.

19. Wölfing B., Kloc C., Teubner J., Bucher E. High performance thermoelectric Tl_9BiTe_6 with an extremely low thermal conductivity. *Phys. Rev. Lett*. 2001, 86(19), 4350–4353.

20. Yamanaka S., Kosuga A., Kurosaki K. Thermoelectric properties of Tl_9BiTe_6. *J. Alloy Compd*. 2003, 352(1–2), 275–278.

21. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю., Беца В.В., Цигика В.В., Габорець Н.Й. Про взаємозв'язок технологічних умов одержання та властивостей вихідних сполук системи $SnSe_2$–Bi_2Se_3–$TlBiSe_2$. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2011, 2(26), 34–40.

22. Патент на винахід №109002. Спосіб підвищення термоелектричної добротності матеріалу на основі сполуки нонаталій (I) гексаселенобісмутиту Tl_9BiSe_6. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю. Опубліковано бюлетень №13 від 10.07.2015.

23. Патент на винахід №113556. Спосіб термічної обробки евтектичного сплаву $(SnSe_2)_{0.55}(TlBiSe_2)_{0.45}$. Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю. Опубліковано бюлетень №3 від 10.02.2017.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭНТАЛЬПИИ, ЭНТРОПИИ И ЭНЕРГИИ ГИББСА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ФОСФАТА СИСТЕМЫ $CoO–P_2O_5$

Козьма А. А., Голуб Н. П., Голуб Е.О., Вашкеба Н. Б., Гомонай В. И.,
Ужгородский национальный университет

Кобальтсодержащий фосфат относится к перспективным полифункциональным материалам: он интересен в качестве компонента современных литий-ионних батарей [1], а также как эффективный катализатор некоторых неорганических и бионеорганических преобразований [2, 3]. В то же время термодинамические свойства этого вещества изучены недостаточно.

В данной работе представлены результаты исследования температурных зависимостей при 298–1428 К основных термодинамических функций $3CoO·P_2O_5$: энтальпии, энтропии и энергии Гиббса.

Промежуточный фосфат $3CoO·P_2O_5$ синтезировали из исходной нитратной соли методом осаждения при *pH=5*, по методике, разработанной на кафедре физической и коллоидной химии Ужгородского национального университета [4].

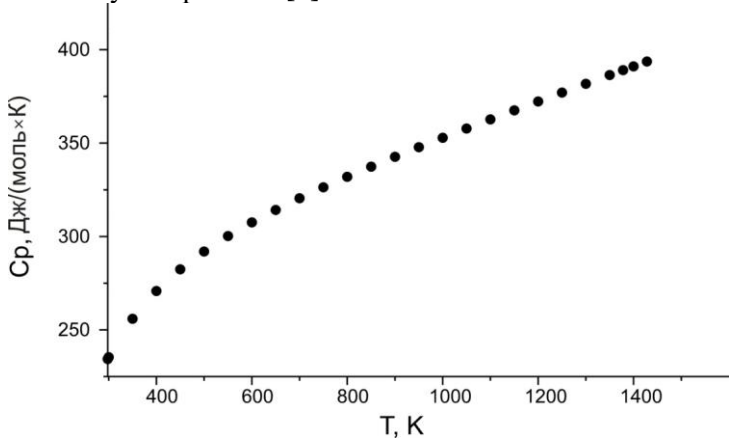


Рис. 1. Температурная зависимость изобарной теплоемкости $3CoO·P_2O_5$.

Идентификацию полученного вещества осуществляли методами дифференциального термического (ДТА) и рентгеновского фазового (РФА) анализов. Изобарную теплоемкость (C_p) для $3CoO \cdot P_2O_5$ при 298 К определяли в работе [5], при этом использовали исходные данные из [6, 7]. Температурную зависимость C_p при 298–1428 К (рис. 1) определяли по методу Келлога-Кубашевского [8].

Температурная зависимость (рис. 1) хорошо описывается уравнением [9]:

$$C_p = 269.36 + 88.92 \cdot 10^{-3} T - 5.46 \cdot 10^{6} T^{-2} \quad (1),$$

где T – абсолютная температура, К.

Используя это выражение, по известным термодинамическим формулам подобно работе [10], осуществляли расчет функций энтальпии (ΔH), энтропии (ΔS) и энергии Гиббса (ΔG). Соответствующие температурные зависимости представлены на рис. 2-4.

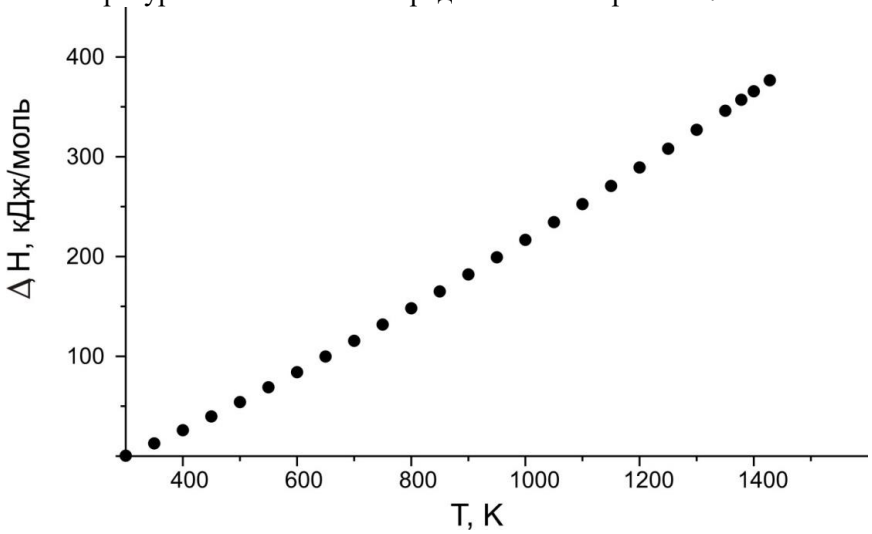


Рис. 2. Температурная зависимость энтальпии $3CoO \cdot P_2O_5$.

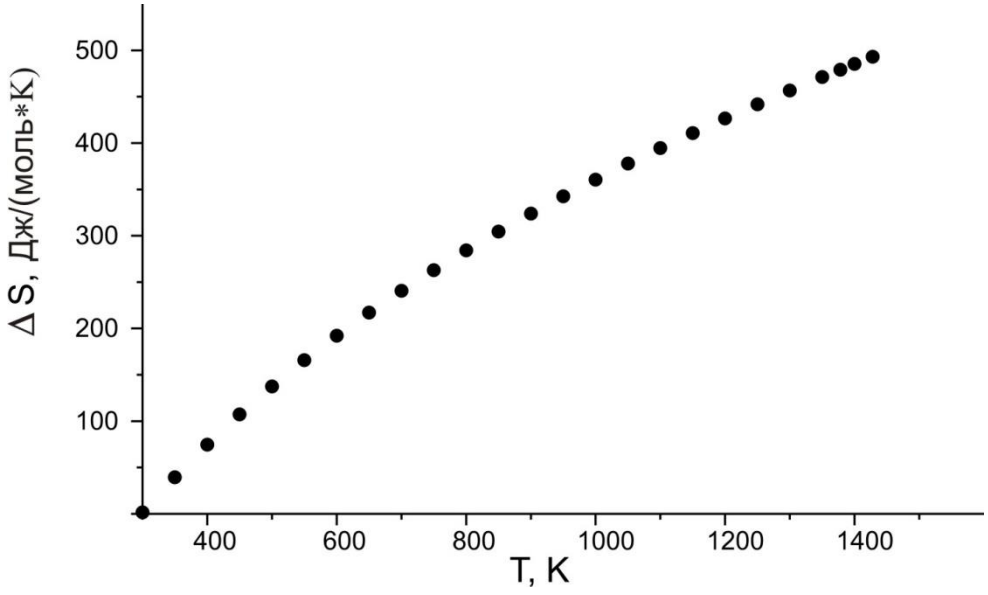


Рис. 3. Температурная зависимость энтропии $3CoO \cdot P_2O_5$.

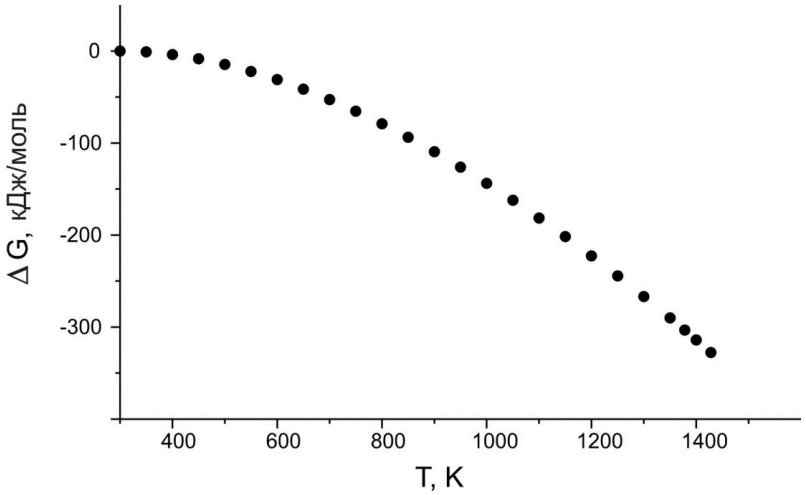


Рис. 4. Температурная зависимость энергии Гиббса $3CoO \cdot P_2O_5$.

Установленные величины термодинамических параметров, при некоторых базовых температурах, представлены в таблице 1.

Таблица1.

Установленные величины термодинамических параметров $3CoO \cdot P_2O_5$ (при некоторых базовых температурах)

T, К	C_p, Дж/(моль×К)	ΔH, кДж/моль	ΔS, Дж/(моль×К)	ΔG, кДж/моль
300	235,37	0,47	1,57	-0,001
1428	393,66	376,59	493,15	-327,63

Полученные результаты позволяют в достаточной мере характеризовать термодинамическую стабильность $3CoO \cdot P_2O_5$, а также могут использоваться при последующих расчетах.

Список литературы

1. Changhoon Choi, Seung-Deok Seo, Hyun-Woo Shim, Mushtaq Ahmad Dar, In Sun Cho, Dong-Wan Kim. Facile synthesis and electroactivity of 3-D hierarchically superstructured cobalt orthophosphate for lithium-ion batteries. *J. Alloy Compd*. 2015, 652, 100–105.

2. Yi Lin, Tao Meng, Zhen Ma. Catalytic decomposition of N_2O over RhO_x supported on metal phosphates. *J. Ind. Eng. Chem*. 2015, 28, 138–146.

3. López-Gallego F., Yate L. Selective biomineralization of $Co_3(PO_4)_2$-sponges triggered by His-tagged proteins: efficient heterogeneous biocatalysts for redox processes. *Chem. Commun*. 2015, 51(42), 8753–8756.

4. Голуб Н.П. Закономірності каталітичного окиснення етану на кислотних каталізаторах: Автореф. дис. … канд. хім. наук: 02.00.04, КНУ ім. Тараса Шевченко, Київ, 1996, 25 с.

5. Козьма А.А., Голуб Н.П., Голуб Є.О., Гомонай В.І. Розрахунок теплофізичних властивостей кобальт (II) ортофосфату $Co_3(PO_4)_2$. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2015, 1(33), 63–65.

6. Сокольский Ю.М. Расчет тепловых свойств солей с оксианионами. *Неорг. материалы.* 1983, 19(1), 120–122.

7. Козьма А.А. Про хвильові числа валентних коливань хімічних зв'язків метал–оксиген у неорганічних солях із оксоаніонами. *Наук. вісник Ужгородського у-ту. Серія «Хімія»*. 2015, 1(33), 18–21.

8. Leitner J., Chuchvalec P., Sedmidubský D., Strejc A., Abrman P. Estimation of heat capacities of solid mixed oxides. *Thermochim. Acta*. 2002, 395(1–2), 27–46.

9. Козьма А.А. Рівняння високотемпературної ізохорної теплоємності $Co_3(PO_4)_2$. *Міжнар. наук.-практ. конф. «Перспективні напрямки наукової думки» (за підтримки представництва Торговельно-Промислової Палати України в Республіці Ірак та Iraqi-Ukrainian Business Council), 18 квітня 2018 р., Тернопіль, Україна: зб. наук. праць «ΛΌГОΣ»*. 2018, 6, 103–104.

10. Денисова Л.Т., Иртюго Л.А., Белецкий В.В., Белоусова Н.В., Денисов В.М. Высокотемпературная теплоемкость германатов $Pr_2Ge_2O_7$ и $Nd_2Ge_2O_7$ в области 350–1000 К. *Физика твердого тела*. 2018, 60(3), 618–622.

КОМПЛЕКСНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ И ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $TlGaSe_2$-$TlTmSe_2$ В ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

[1]Мустафаева С.Н., [1]Керимова Э.М., [2]Асадов С.М.

[1]Институт физики НАНА, Баку,

[2]Институт катализа и неорганической химии, НАНА

e-mail: solmust@gmail.com

Монокристаллы $TlGaSe_2$ представляют интерес в связи с высокой фоточувствительностью, эффектом памяти [1] и тем, что в них наблюдается последовательность фазовых переходов [2]. В [3] рентгенографическим методом были обнаружены различные политипные модификации кристаллов $TlGaSe_2$, а в [4] приведены результаты низкотемпературных рентгенографических исследований монокристаллов $TlGaSe_2$. Изучены также дисперсия комплексной диэлектрической проницаемости и проводимости монокристаллов $TlGaSe_2$ в радиочастотном диапазоне [5]. Цель настоящей работы – изучение влияния состава полученных слоистых кристаллов $TlGaSe_2$:Tm (x = 0,001; 0,005; 0,01 и 0,02) на их диэлектрические свойства и установление механизма переноса заряда в переменных электрических полях радиочастотного диапазона.

Диэлектрические коэффициенты образцов $TlGaSe_2$:Tm (x = 0,001; 0,005; 0,01 и 0,02) измерены резонансным методом [6]. Диапазон частот переменного электрического поля составлял 5×10^4–$3{,}5 \times 10^7$ Гц. Образцы из $TlGaSe_2$:Tm для электрических измерений были изготовлены в виде плоских конденсаторов. В качестве электродов использована серебряная паста. Диэлектрические свойства измерены в направлении, перпендикулярном слоям кристаллов $TlGaSe_2$:Tm. Все диэлектрические измерения проведены при 300 K.

На рис. 1 приведены частотные зависимости действительной составляющей комплексной диэлектрической проницаемости (ε') образцов $TlGaSe_2$:Tm при x = 0,001; 0,005; 0,01. Видно, что во всем изученном диапазоне частот ε' претерпевала наиболее существенную дисперсию для образца $TlGaSe_2$, содержащего 0,1 мол% Tm: с увеличением частоты в этом частотном диапазоне значение ε' уменьшалось в 2,4 раза (в $TlGaSe_2$ ε' уменьшалось почти в 4 раза). С ростом концентрации тулия в образцах $TlGaSe_2$:Tm частотная дисперсия ε' уменьшалась. Например, в образце $TlGaSe_2$, содержащем 1 мол% Tm, значение ε' уменьшалось в 1,5 раза. Наблюдаемое в экспериментах уменьшение диэлектрической проницаемости $TlGaSe_2$:Tm с ростом частоты свидетельствует о релаксационной дисперсии. Увеличение концентрации тулия в $TlGaSe_2$:Tm приводило к заметному уменьшению ε'. Если значение ε' для $TlGaSe_2$, содержащего 0,1 мол% Tm, при $f = 5 \times 10^4$ Гц составляло 450, то при

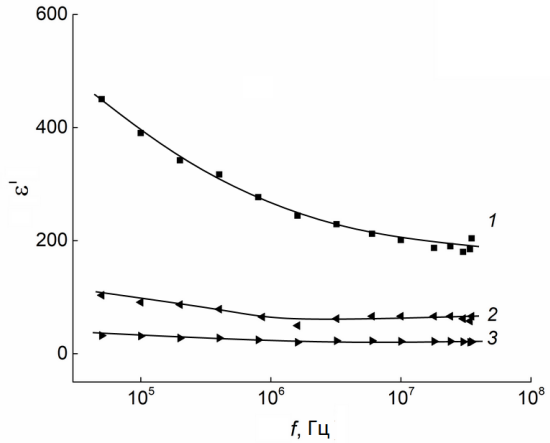


Рис. 1. Частотные зависимости действительной составляющей комплексной диэлектрической проницаемости кристаллов $TlGaSe_2$:Tm при различных концентрациях тулия (x): 0,001 (*1*); 0,005 (*2*) и 0,01 (*3*). T = 298 K.

этой же частоте для $TlGaSe_2$, содержащего 1 мол% Tm, значение ε' было равным 32. По мере увеличения частоты эта разница уменьшалась. Частотные зависимости мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости ε″ образцов $TlGaSe_2$:Tm также свидетельствали о релаксационной дисперсии.

Частотные зависимости тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ) в $TlGaSe_2$:Tm (рис. 2) характеризовались гиперболическим спадом, свидетельствующим о потерях сквозной проводимости. Возрастание содержания тулия в кристаллах приводило к заметному увеличению tgδ.

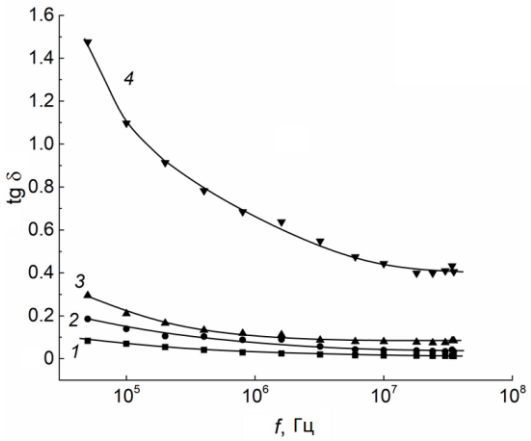


Рис. 2. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь в $TlGaSe_2$:Tm от частоты при различных концентрациях тулия (x) : 0 (*1*); 0,005 (*2*); 0,01 (*3*) и 0,02 (*4*). T = 298 К.

Нами изучена также частотно-зависимая ас-проводимость (σ_{ac}) $TlGaSe_2$:Tm (рис. 3). Значение σ_{ac} для образцов $TlGaSe_2$:Tm было значительно выше, чем для $TlGaSe_2$. Так например, для $TlGaSe_2$, содержащего 2 мол% Tm, при $f = 5 \times 10^4$ Гц значение σ_{ac} более чем на два порядка превышало значение σ_{ac} для $TlGaSe_2$. Во всех изученных образцах

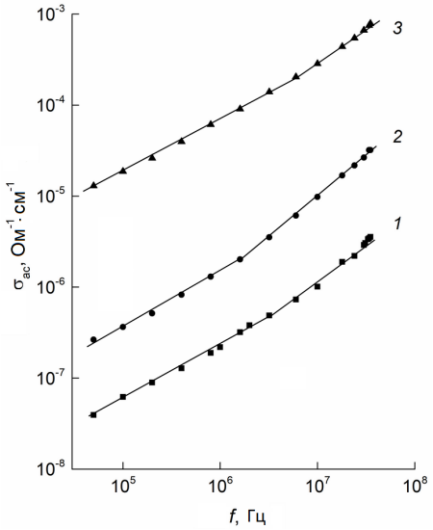


Рис. 3 Частотно-зависимая *ac*-проводимость кристаллов $TlGaSe_2$:Tm при различных концентрациях тулия (x): 0 (*1*); 0,01 (*2*) и 0,02 (*3*). T = 298 К.

$TlGaSe_2$:Tm на частотной зависимости $\sigma_{ac}(f)$ наблюдались два участка. Вначале имела место зависимость $\sigma_{ac} \sim f^{0.6}$, которая затем переходила к закону $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$. С увеличением концентрации тулия в образцах $TlGaSe_2$:Tm граничная частота перехода ($f_{гр.}$) от закона $\sigma_{ac} \sim f^{0.6}$ к $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ смещалась в сторону высоких частот.

Полученный нами закон $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ свидетельствует о прыжковом механизме переноса заряда по состояниям, локализованным в окрестности уровня Ферми [7]. По экспериментально найденным значениям $\sigma_{ac}(f)$ образцов $TlGaSe_2$:Tm в рамках модели Мотта вычислили плотность состояний на уровне Ферми (N_F). Полученные для N_F значения приведены в таблице. Из таблицы видно, что увеличение концентрации тулия в $TlGaSe_2$:Tm приводит к увеличению плотности состояний на уровне Ферми. Определены также среднее расстояние (R) и время (τ) прыжков в изученных кристаллах (табл.). Кроме того оценен энергетический разброс локализованных вблизи уровня Ферми состояний (ΔE) и вычислена концентрация глубоких ловушек, ответственных за перенос заряда на переменном токе (N_t). Эти значения приведены в 5-ом и 6-ом столбцах таблицы. Из таблицы видно, что увеличение концентрации тулия в $TlGaSe_2$:Tm приводит к увеличению плотности состояний на уровне Ферми и уменьшению средних значений времени и длины прыжков.

Таким образом, установлено, что введение тулия в кристаллическую матрицу $TlGaSe_2$ позволяет модифицировать ее диэлектрические коэффициенты и проводимость на переменном токе, а также варьировать основные параметры локализованных в запрещенной зоне состояний.

Таблица1. Параметры локализованных состояний в кристаллах $TlGaSe_2$:Tm, полученные из высокочастотных диэлектрических измерений

Состав образца, мол.%	N_F, эВ$^{-1}$см$^{-3}$	τ, с	R, Å	ΔE, эВ	N_t, см$^{-3}$
$TlGaSe_2$	10^{18}	$6{,}0 \times 10^{-8}$	190	0,070	7×10^{16}
99%$TlGaSe_2$ +1%Tm	3×10^{18}	$5{,}5 \times 10^{-8}$	187	0,024	$7{,}2 \times 10^{16}$
98%$TlGaSe_2$ + 2%Tm	1.6×10^{19}	$5{,}0 \times 10^{-8}$	186	0,005	8×10^{16}

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$ ПРИ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

[1,2]Нуруллаев Ю. Г., [1,3]Бархалов Б. Ш.

[1]Сумгаитский государственный университет, [2]Бакинский государственный университет, [3]Институт Физики НАН Азербайджана

e-mail: bbarhalf@mail.ru

В последнее время при исследовании полупроводников все большее внимание уделяется изучению структурных нарушений, возникающих под воздействием радиационного излучения, и их влияния на физические свойства кристаллов. Вопросам взаимодействия высокоэнергетических частиц с твердыми телами, выяснению природы радиационных дефектов, кинетики их образования и стабильности посвящено большое количество работ [1-3]. Наиболее распространенным является исследование таких традиционных в физике полупроводников, как германий и кремний [4]. Однако, слабо изучены радиационные дефекты в относительно новых и сложных по составу материалах, в частности, в твердых растворах типа $Cd_xHg_{1-x}Te$, которые являются одними из наиболее перспективных материалов, обладающих уникальными электронными свойствами и большими перспективами практического применения.

Полупроводниковый твердый раствор $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($x = 0.2-0.3$) является важнейшим материалом инфракрасной фотоэлектроники для спектральных областей 3−5 мкм и, особенно, 8−14 мкм, которые соответствуют „окнам прозрачности“ земной атмосферы. Поскольку бинарные соединения HgTe и CdTe образуют непрерывный ряд твердых растворов при любом соотношении компонентов, $Cd_xHg_{1-x}Te$ с повышенным содержанием CdTe может использоваться в коротковолновом диапазоне вплоть до длины волны $\lambda = 0.83$ мкм, соответствующей ширине запрещенной зоны CdTe ($E_g = 1.46$ эВ при $T = 300$ K). Этот материал может использоваться для термо- и фотоэлектрических преобразователей, СВЧ диодов, приемников различного вида излучений и других приборов твёрдотельной электроники со своеобразными характеристиками [5].

В настоящей работе нами изучено влияние облучения электронами на электрофизические свойства монокристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0{,}5 < x < 0{,}95$) с дырочной и электронной проводимостью, выращенных методом Бриджмена.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в развитии технологии получения и обработки кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$, имеются принципиальные трудности при изготовлении приборов на их основе, главным образом, в связи с нестабильностью данного материала, а также наличием большого количества неконтролируемых собственных дефектов различного типа и происхождения. Поэтому изучение влияния различных неконтролируемых собственных и специально введенных различными способами, в том числе радиационным облучением дефектов на физические свойства этого материала имеет значительный практический интерес. Немаловажное значение имеет этот вопрос и с чисто научной точки зрения, т.к. полученные при этом результаты могут помочь выяснению механизма образования и взаимодействия дефектов с носителями заряда при различных внутрикристаллических и внешних условиях. Этот вопрос интересен еще тем, что путем варьирования содержания CdTe в сплаве можно при прочих одинаковых внешних условиях и одинаковой кристаллической структуре в довольно широком диапазоне варьировать

характеристические параметры (подвижность, концентрацию и эффективную массу свободных носителей заряда, ширину запрещенной зоны, количество исходных примесных центров и дефектов и т.д.).

Естественно, что позволяет на примере этого материала подробно и точно изучить зависимости влияния радиационного облучения на электрофизические свойства от внутрикристаллических условий в полупроводниковых твердых растворах, в частности, и в полупроводниковых материалах со сложным составом.

Исходя из вышеизложенного, нами в широком диапазоне температуры T = 77-450 K и состава образцов 0,5 < x < 0,95 исследовано влияние облучения быстрыми электронами ($E_Э$ = 3 МэВ) при различных интегральных потоках ($Ф_Э = 10^{15}÷10^{18}$ см$^{-2}$) на температурную зависимость электропроводности, коэффициента Холла, холловскую подвижность в монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ n- и p- типа.

Методика приготовления образцов и проведения электрометрических измерений описана в работе [6]. Облучение изучаемых образцов быстрыми электронами ($E_Э \approx 3$ МэВ) проводилось на линейном ускорителе типа У-28 на воздухе при T = 343 K. Интенсивность потока электронов, вычисленная по измерению тока с цилиндра Фарадея, при этом варьировалась в пределах $10^{15}÷10^{18}$ см$^{-2}$. Нижний и верхний пределы ее ограничивались возможностями измерительной техники, а также радиационной стойкости изучаемого материала. Длительность и частота измерения импульсов составляли 4 мкс и 0,25 кГц, соответственно, а допустимая погрешность в оценке отдельных величин не превышала ~ 10%. В процессе облучения образцы охлаждались жидким азотом или воздухом. Брались образцы, облученные быстрыми электронами при $Ф_Э = 10^{15}; 10^{16}; 10^{17}; 10^{18}$ см$^{-2}$.

Исследования влияния облучения быстрыми электронами при различных интегральных потоках ($Ф_Э = 10^{15}÷10^{18}$ см$^{-2}$) на температурную зависимость электропроводности, коэффициента Холла, холловскую подвижность в монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ (0,5 < x < 0,95) n- и p-типа проводились в интервале температур 77-450 K.

Проведенные нами измерения показывают, что из-за большой концентрации исходных технологических дефектов в изучаемых монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ при всех рассмотренных условиях влияние высокотемпературного облучения быстрыми электронами с $E_э$ = 3 МэВ на электрофизические характеристики и параметры наблюдается лишь при потоках $Ф_Э \geq 10^{15}$ см$^{-2}$.

Обнаружено, что в облученных быстрыми электронами с $Ф_Э \geq 10^{15}$ см$^{-2}$ кристаллах n-типа общий ход кривых зависимости τ от T почти не меняется. При этом численное значение σ увеличивается, а наклон кривых зависимости τ от T в низкотемпературной и высокотемпературной областях несколько уменьшается относительно исходного (рис. 1). Это свидетельствует об уменьшении энергии активации проводимости.

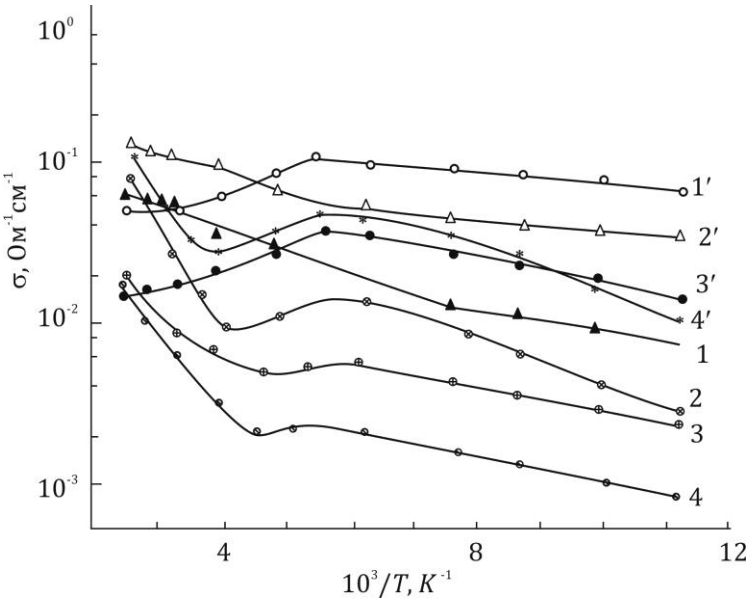


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности в монокристаллах n-$Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 1,1′ и 2, 2′) и p-$Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 3, 3′ и 4,4′) до (кривые 1 - 4) и после (кривые 1′- 4′) облучения быстрыми электронами, x: 1, 3 - 0,65; 2, 4-0,94. $Ф_Э = 10^{18}$ см$^{-2}$.

Установлено, что после электронного облучения в кристаллах p -типа электропроводность уменьшается. Причем уменьшение σ относительно исходного значения при малых $Ф_Э$ оказывается более заметным. При этом в области низких температур наблюдается активационный рост σ, далее с ростом температуры проводимость слабо уменьшается, а в области высоких температур σ резко растет. С ростом $Ф_Э$ значение σ сначала приближается к исходному, а далее (при больших $Ф_Э$) даже превышает его.

Установлено, что после электронного облучения тип проводимости и ход кривых зависимости R_x от T в кристаллах n-типа не меняется, а абсолютное значение R_x увеличивается относительно имеющего место в необлученных кристаллах. При $x < 0{,}70$ протяженность области насыщения на кривых зависимости R_x от T увеличивается, а при $x > 0{,}70$ более ярко проявляется низкотемпературный участок роста R_x с температурой.

В облученных кристаллах p-типа с ростом T сначала R_x увеличивается, проходит через максимум, а затем резко уменьшается. При этом так же, как и в необлученных кристаллах, наблюдается инверсия знака проводимости. При больших $Ф_Э$ в изучаемых образцах с исходной дырочной проводимостью происходит $p \rightarrow n$ конверсия, а на кривых зависимости R_x от T инверсия не наблюдается.

На рис. 2 показана зависимость электропроводности и постоянной Холла от температуры изохронного отжига в облученных быстрыми электронами монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ n-и p -типа.

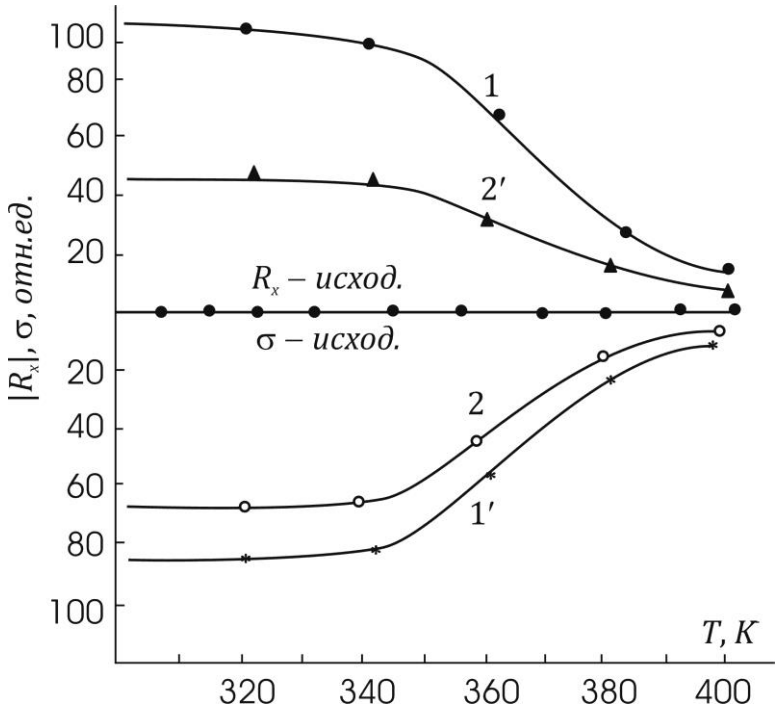


Рис. 2. Зависимость электропроводности (кривые 1, 2) и постоянной Холла (кривые 1′, 2′) от температуры изохронного отжига в облученных быстрыми электронами монокристаллах -$Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 1, 1′) и p-$Cd_xHg_{1-x}Te$ (кривые 2, 2′). $Ф_Э = 10^{18}$ см$^{-2}$.

Полученные нами экспериментальные результаты можно объяснить следующим образом. В необлученных кристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ существуют неконтролируемые технологические дефекты акцепторного и донорного типа, которые непосредственно обусловлены вакансией кадмия и ртути, междоузельными атомами [7, 8].

При высокотемпературном облучении быстрыми электронами в изучаемые кристаллы вводятся радиационные точечные дефекты донорного типа [9, 10]. Поэтому с ростом $Ф_Э$ в кристаллах n-типа увеличивается концентрация некомпенсированных свободных основных носителей заряда, соответственно, увеличивается σ, а R_x уменьшается. Уменьшение при этом подвижности μ с ростом $Ф_Э$ связано с ростом концентрации рассеивающих центров.

В кристаллах p-$Cd_xHg_{1-x}Te$ при облучении быстрыми электронами происходит несколько

процессов: во-первых, увеличивается степень компенсации; во-вторых, при относительно малых $Ф_Э$ происходит сильная флуктуация потенциала вследствие миграции созданных точечных радиационных дефектов вокруг исходных неоднородностей (скоплений); в-третьих, при более высоких $Ф_Э$ происходит упорядочение исходных пространственно неоднородных кристаллов вследствие «радиационного легирования». В результате этого с ростом $Ф_Э$ проводимость изучаемых образцов сначала (при малых $Ф_Э$) резко уменьшается относительно исходного, и в области относительно низких температур наблюдается активационный характер температурной зависимости электропроводности. Эти особенности хорошо объясняются в рамках модели пространственно неоднородного полупроводника [11]. При малых $Ф_Э$ подвижность носителей заряда уменьшается как вследствие роста количества центров рассеяния [12], так и за счет разупорядочения кристалла. С дальнейшим ростом $Ф_Э$ происходит упорядочение кристалла. Поэтому увеличивается как σ, так и μ.

В рамках указанной выше модели удовлетворительно объясняются и результаты, полученные при изохронном отжиге облученных быстрыми электронами кристаллов.

Список литературы

1. Белогорохов А.И., Флоренцов А.А., Белогорохов И.А. // ФТТ. 2006. Т. 48. В.4. С. 597.
2. Власенко А.И., Власенко З.К. // ФТП. 2006. Т. 40. В. 1. С.52.
3. Косяченко Л.А., Кульчинский В.В., Парачич С.Ю. //ФТП. 2007, Т. 41. В. 1. С. 95.
4. Максимов Г.А., Красильник З.Ф., Филатов Д.О. // ФТТ. 2005. Т.47. В.1. С. 26.
5. Л.А. Косяченко, В.В. Кульчинский, С.Ю. Паранчич, В.М. Склярчук // ФТП. 2007. Т. 41, В. 1. С. 95.
6. Нуруллаев Ю.Г. Электрон-дефектное взаимодействие в частично- неупорядоченных кристаллах. / Дис. .. докт. физ-мат. наук, Баку, 2005.
7. Елизаров А.И., Богобоящий Н.Н. // ФТП. 1984. Т. 18, В. 3, С. 455.
8. Салаев Э.Ю., Абдинов Д.Ш., Новрузова ФЭ.М., Салаев Эль.Ю., Сеидли Г.С. // Изв. АН СССР. Неорг. Мат. 1984. Т. 20, С. 2077.
9. Абдинов А.Ш., Салаев Э.Ю., Аскеров К.А., Мамедов Ф.И., Сеидли Г.С. // ДАН Аз.ССР. 1984, Т. 40, В. 6, С. 29.
10. Абдинов А.Ш., Нуруллаев Ю Г, Садыгов Н.Г., Сеидли Г.С. / В сб. Электронная техника. 1988. Сер. 6. В. 6, С. 235.
11. Шейнкман М.К., Шик А.Я. // ФТП. 1972. Т. 10, В.2, С. 209.
12. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. Л. Изд. «Наука», 1970. 303 с.

ВНЕДРЕНИЕ АТОМОВ УГЛЕРОДА В РЕНИЙ И ПОЛУЧЕНИЕ ГРАФИТОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ РЕНИЯ

Оруджов А.К., Рагимов Р.Ш.

Бакинский государственный университет

orar@mail.ru

Интерес к теоретическому и экспериментальному исследованию графенов различной конфигурации непрерывно возрастает в связи с возможностью создания принципиально новых наноэлектронных, фотонных, сенсорных и других типов приборов. Субмонослойные, монослойные и многослойные адсорбированные пленки, представляющие собой квазидвумерные и трехмерные системы, в общем случае имеют довольно сложные фазовые состояния. Изменения структуры пленки при увеличении концентрации адсорбированных атомов (адатомов) коррелируют с изменениями электронных свойств поверхности и кинетических характеристик адсорбции. Выяснение вопроса об образовании монослойного или многослойного покрытия графита на поверхности металлов очень важно для изучения процессов интеркалирования и диффузии атомов через промежуточный слой графита в рений, а так же для каталитических реакций [1-3].Изучение электрофизических свойств системы Re-C методами каталитической диссоциации молекул CsCl и термоэлектронной эмиссии (ТЭЭ) показали, что при насыщении атомами углерода нагретой до $T \leq 1800$ К рениевой ленты в парах бензола и при последующем понижении температуры на рениевой ленте образуется монослой

графита, а при насыщении нагретого до T≥1900 К рения в парах бензола ($P_{C_6H_6}=10^{-3}$тор) и при последующем понижении температуры до T≤1600 К на рениевой ленте образуется толстая пленка графита. Электрические и оптические свойства рения с монослоем и толстым слоем графита сильно различаются. Цель настоящей работы – выяснить возможность высокоэффективной диффузии атомов углерода в рений, образование монослойной и многослойной графитовой пленки.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Опыты проводили в сверхвысовакуумной магнитной масс- спектрометре. В качестве образца была использована рениевая лента с размерами 50x1,5x0,02мм (в начале лента была поликристаллическая). Работа выхода рекристаллизованной рениевой ленты определялась по методу поверхностной ионизации трудноионизируемого индия и по ТЭЭ (eφ=5,17±0,03эВ). Сопротивление рекристаллизованной рениевой ленты было R_{20^0C}= 0,29 Ом. После получения грани $(10\bar{1}0)$ Re, ленту нагретую до T=1600 К выдерживали в парах бензола с давлением $P_{C_6H_6}=2\cdot10^{-5}$ тор. Для получения монослоя графита на поверхности рения, как и в случае поликристаллической рениевой проволки, атомы углерода образуемые из разложения молекул бензола на нагретой поверхности рениевой ленты диффундировали в объем рения до тех пор, пока концентрация атомов углерода увеличивалась до концентрации предельной растворимости при данной температуре,после чего на поверхности грани $(10\bar{1}0)$ Re образовывался монослой графита. Об образовании монослоя графита на Re судили по измерению токов поверхностной ионизации (ПИ) молекул CsCl и ТЭЭ, как и в случае образования монослоя графита на рениевой проволке. Этот процесс потребовал ~1,5 час времени. Сопротивление R_{20^0C} при этом увеличивалось от 0,29 Ом до 0,46 Ом. После насыщения объема рения атомами углерода до предельной концентрации при данной температуре, при повышении температуры грани $(10\bar{1}0)$ Re на ΔT=20÷30 К от температуры растворения углерода (T=1600К) поверхность рения от монослоя графита освобождалось, т.е. поверхностные атомы углерода растворялись в объем рения или же десорбировались с поверхности. После этих процессов при данном токе накала большей, чем для T= 1600К ток ТЭЭ от чистой поверхности по сравнению до диффузии углерода несколько уменьшался. Это уменьшение можно объяснить увеличением интегрального коэффициента черноты излучения системы Re-C. Так как в результате диффузии углерода в рений его сопротивление заметно увеличивалось, то при данном токе накала должна увеличиваться выделяемая мощность $W = I^2R$. Уменьшение температуры рения можно было найти из сравнения токов ТЭЭ от чистой поверхности до и после диффузии углерода в рений из формулы Ричардсона. Изменение интегрального коэффициента черноты излучения можно было оценить из сравнения двух значений тока накала, соответствующие одинаковой температуре (т.е. одинокого тока ТЭЭ) из Re до и после диффузии углерода. Экспериментально определив отношение токов накала и по известному значению ε_T для чистого рения, была найдена $\varepsilon_{T_1} \cong 0{,}36$ для Re $(10\bar{1}0)$-C. С другой стороны известно, что концентрация предельной растворимости зависит от температуры и с понижением T она должна уменьшатся. Тогда возникает вопрос об уходе «избыточных» атомов углерода при понижении температуры рения. Так как при понижении температуры рениевой ленты насыщенной углеродными атомами, объемный фазовый переход атомов углерода не происходит, то надо полагать, что «избыточные» атомы углерода должны десобироваться из системы Re-C. Действительно, валентные связи поверхностных атомов металла с монослоем графита на металле являются сильно ослабленными, поэтому можно считать, что атомы углерода диффундирующие из объема рения к поверхности в относительно малом количестве прежде, чем образовывать структурные единицы монослоя графита, десорбируются с поверхности Re-C и поэтому толстого слоя графита не образуют. При насыщении нагретого до T=1900 К рения атомами углерода в парах бензола с давлением $P_{C_6H_6}=5\cdot10^{-3}$ тор сопротивление рения R_{20^oC} увеличивалось от 0,29 Ом до 0,66 Ом т.е. ~2,3 раза. После насыщения рения углеродом в этих условиях при понижении температуры производили измерения зависимости токов ТЭЭ и ПИ молекул CsCl от тока накала рениевой ленты. Эти зависимости сильно отличались от аналогичных зависимостей в случае насыщения углеродом при температурах T≤1800 К. После экспозиции рения в парах бензола, в вышеуказанных условиях, ток накала Re плавно уменьшили до нуля и после выдержки при комнатной температуре определенное время, снова постепенно увеличивали и измеряли ток ПИ молекул CsCl, из которого был вычислен коэффициент диссоциации молекул CsCl $\gamma = \frac{I^+}{I_0^+}$. В пользу получения толстого слоя

графита на рении свидетельствовала зависимость тока ТЭЭ от тока накала рения. Значение токов ТЭЭ с графитового слоя на Re по сравнении с токами ТЭЭ при низкотемпературном (T<1800 К) насыщении Re атомами углерода (монослой графита на рении) уменьшились в ~150÷200 раз в одинаковых значениях токов накала. Это можно было объяснить уменьшением температуры рениевой ленты, из-за увеличения коэффициента черноты излучения рения с толстым слоем графита. Действительно, в результате высокотемпературного (T>1900 К) насыщения рения углеродом сопротивление R_{20^oC} рения увеличивается в ~2,3 раза. При этом мощность тока накала для данного значения не может уменьшаться. Так как при высоких температурах мощность в основном выделяется в виде излучения, то из-за увеличения ε_T, температура должна уменьшаться. Интегральный коэффициент черноты излучения ε_T рения с толстым слоем графита можно оценить из сравнения мощностей токов накала рения с монослойными и толстыми слоями графита для T=*const,* т.е. одинакового значения токов термоэлектронной эмиссии. Из этого условия для ε_T было найдено значение ~0,9. Измерения яркостной температуры многослойной Re-C совпадало с вычисленными значениями. Эти значения температуры при одинаковых токах накала по сравнению яркостной температурой рения с монослойным покрытием меньше на ~180К. Путем выдержки рения при T≥2300 К в течении ~1 часа рений можно было очистить от основной доли растворенного углерода , так как после этой процедуры при понижении температуры в области измерения тока ТЭЭ образование углеродного покрытия на рении не наблюдалось. Насыщение рениевой ленты атомами углерода и ее очистки можно было многократно повторять.

Список литературы

1. Оруджов А.К. Модификация физических свойств иридия с поверхностной монослойной графитовой пленкой вследствие интенсивной диффузии атомов калия. Физика металлов и металловедение, 2011, том 111, № 6, с. 626–627

2. A.K. Orujov. I.M.Aliyev The process of dispersing bismuth atoms into iridium via an intermediate monolayer of graphite Journal of Modern Physics .2016., V.7, p.114-117.

3. OrucovA.K. Application of Diffusion of Cesium Atoms On Rhenium $(10\bar{1}0)$-C Coated By Graphite Monolayer to Radiation Technologies. 11-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика» 12-15 сентября 2017г. Алматы, Казахстан.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ZrO_2

Тагиев М.М.

Азербайджанский государственный экономический университет

С целью изучения влияния легирования, модифицирования и после-экструзионного отжига на свойства композиционных материалов на основе $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ были получены материалы из порошков синтезированного материала с размерами зерен 630 мкм.

Изготовление и термическая обработка брикетов, экструзия и отжиг прутков проведены в идентичных условиях. Выяснено, что макроскопическая однородность свойств экструдированных образцов существенно повышается при модифицировании. Максимальные значения электропроводности (σ), коэффициента термо э.д.с.(α) и мощности ($\alpha^2\sigma$) достигаются отжиг проведенный при температуре ~695К для $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$. Для компенсации избыточной, по сравнению с оптимальной концентрацией электронов, было проведено легирование свинцом (~0,2-0,6% масс.).

В этих образцах коэффициент термо-э.д.с. с увеличением концентрации свинца уменьшается, а при 0,06 % свинца меняет знак. Послеэкструзионный отжиг в течение 2 часов повышает одновременно термо э.д.с. и электропровод-ность, а соответственно, коэффициент мощности экструдированного материала.

Анализ приведенных результатов показывает, что изменение коэф-фициента термо э.д.с. после отжига определяется составом сплава (по легирующим компонентам) и структурным состоянием собственных и примесных точечных дефектов после экструзии. Во всех модифицированных сплавах изменение свойств после отжига меньше, чем в немодифицированных. Это свидетельствует об активном влиянии дисперсных непрозрачных для дислокации частиц модификатора на процессы структурообразования и мас-сопереноса в ходе экструзии и послеэкструзионного отжига.

Исследованы сплавы на основе $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$, модифицированные частицами ZrO_2 диаметром ~50 нм.

Ориентационные отношения во всех образцах описываются текстурами (0001) и /11 $\bar{2}$ 0/ (υ_{hi}). Модифицирование во всех случаях увеличивает долю текстуры множественного /11 $\bar{2}$ 0/. Присутствие крупных частиц слабо изменяет количество аксиальной текстуры и степень прецессии в направлении /11 $\bar{2}$ 0/ относительно оси экструзии, малые частицы приводят к существенному увеличению доли аксиальной текстуры и уменьшению прецессии относительно оси (0001) и направлений /11 $\bar{2}$ 0/ [1,2].

Таким образом, модифицирование активирует пирамидальные системы скольжения. Создавая микроскопически однородное распределение стопоров для движущихся дислокаций, модифицирование повышает степень распределения деформации [3].

Отжиг заметно увеличивает долю аксиальной текстуры в немодифи-цированном и модифицированном материале. В немодифицированном мате-риале аксиальная текстура отжига характеризуется меньшей прецессией плоскостей (0001) и направлений /11 $\bar{2}$ 0/ относительно оси экструзии.

Текстурный анализ показал, что во всех исследованных образцах основной является аксиальная или коническая текстура, а существенно меньшую долю объема занимает материал с кольцевой текстурой (0001) [4]. Отжиг немодифицированного материала способствует увеличению доли кольцевой текстуры и прецессии плоскостей (0001) и направлений /11 $\bar{2}$ 0/ относительно оси текстуры компонентов.

Модифицирование влияет на текстурообразование при экструзии и отжиге.

В таблице 1 приведены результаты измерения термоэлектрических свойств при 300 К и рассчитанные с учетом распределение полюсной плотности (0001) значения усредненных по объему компонентов тензоров проводимостей σ_{11}, σ_{33}, $\mu_{\|}(m^*/m_0)^{3/2}$, χ_{11}, анизотропии микропроводимостей и теплового сопротивления $W= [(\chi_0)_{ii} - (\chi_э)_{ii}]^{-1}$. Электронная составляющая теплопроводности рассчитана по формуле $\chi_э= L\sigma T$, где $L= A(k_0/e)^2$. Коэффициент A определялся по его зависимости от коэффициента термо-э.д.с. для случая упругого механизма рассеяния (r =-0,5) [5]. Во всех исследованных образцах $\bar{1}\,\bar{1}$ – компоненты тензоров σ и χ, рассчитанные для эквивалентных схем последовательного и параллельного соединения проводимостей и проводимость вдоль оси прутков, различаются не более чем на погрешность измерений; σ_{33} и χ_{33} компоненты рассчитаны по эквивалентной схеме параллельного соединения. Модифицирование ZrO_2 незначительно увеличивает σ_{11} деформированного материала, и почти не изменяет σ_{33} образцов[6,7]. В отожженных модифицированных образцах σ_{11} выше, чем в немодифицированных, причем максимальный параметр $\mu_0(m^*/m_0)^{3/2}$ вдоль оси прутка и вдоль 11 имеет материал, модифицированный 1% ZrO_2. Рассеяние носителей заряда на дислокациях и дислокационных стенках больше вдоль базисных плоскостей, чем вдоль главной оси симметрии в деформированном материале. Анизотропия микроподвижностей деформированного материала меньше или близка к нижней границе анизотропии подвижности, а отожженного - в интервале значений μ_{11}/μ_{33} (для монокристаллов) [6].

Тепловое сопротивление $(\chi_o - \chi_э)^{-1}$ гетерогенных материалов выше, чем полупроводниковой основы, несмотря на то, что теплопроводность механи-ческой смеси полупроводник-диэлектрик выше, чем у полупроводника. Легирование $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ свинцом для компенсации избыточной концентрация электронов существенно снижает анизотропии макро- и микроэлек-тропроводности. Имеется слабо выраженная тенденция к возрастанию анизотропии электропроводности при уменьшении концентрации электронов в зоне проводимости [1]. Анизотропия электропроводности увеличивается в ряду немодифицированный материал- модифицированный ZrO_2. Подвижность носителей заряда в значительной мере определяется рассеянием на дефектах структуры деформационного происхождения. Эти результаты свидетельствуют о том, что модифицирование, создавая большое количество стопоров для движущихся дислокаций, способствует формированию дислокационных структур с меньшим масштабом пространственной неоднородности, а степень деформации при экструзии композиционных прутков существенно выше, чем в случае деформации полупроводниковой матрицы. Отжиг увеличивает $\bar{1}\,\bar{1}$ – компонент проводимости и слабо изменяет 33-компонент.

Модифицирование слабо изменяет тепловое сопротивление $(\chi_o - \chi_э)^{-1}$, но существенно увеличивает ортогональную компоненту сопротивления.

В поликристаллических материалах при изменении температуры возможно возникновение микронапряжений, связанных с анизотропией коэффициентов термического расширение ($\alpha_{\|}/\alpha_{\perp} \approx 12{,}9\cdot10^{-6}$; $22{,}2\cdot10^{-6}$), которые могут изменять коэффициент термо-э.д.с., причем знак и степень изменения зависят от схемы деформации и уровня напряжений. Изменение уровня и

распределения напряжений в композиционных материалах может сказаться на температурной зависимости термо-э.д.с.[8].

Таким образом, на основе комплексного исследования влияния технологических процессов экструзии, размеров зерен, степени текстуры, термической обработки, примесей и модификаторов на электрические и тепловые свойства твердого раствора $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ удалось выяснить следующее:
-изменение коэффициента термоэдс после отжига определяется составом сплава (по легирующим компонентам) и структурным состоянием собственных и примесных точечных дефектов после экструзии.

Во всех модифицированных сплавах изменение свойств после отжига меньше, чем модифицированный. Это свидетельствует об активным влиянии дисперсных непрозрачных для дислокации частиц модификатора на процессы структураобразования и массапереноса в ходе экструзии и последеформационного отжига, приводящих к перераспредлению компонентов между неравновесными избыточными фазами конгломератами точечных дефектов и основным твердым раствором неравновесно кристаллизованных сплавов.

Предложенный и реализованный в работе метод компенсации избыточной над оптимальной концентрации электронов в экструдированных материалах на основе $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ путем легирования свинцом позволил получить материал со свойствами (α, σ), пригодными для использования их при изготовлении термоэлектрических охладителей.

Список литературы

1. Гольцман Б.М.. Кудинов В.А. Смирнов И.А. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3. М.: Наука, 1972, 320 с.
2. Левицкий Ю.Т., Палажченко В.И. Явление политропии примеси в монокристаллах в твердых растворов элементов IV и VI групп в висмуте // Неорган. материалы, 2000, т.36, №7, с.802
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.:, Машиностроение, 1972, 510 с.
4. Лидоренко Н.С., Соколов О.Б., Дудкин Л.Д. и др. Исследование пластической деформации при горячей экструзии полупроводниковых твердых растворов n-$Bi_2(TeSe)_3$ и p-$(BiSb)_2Te_3$ // Докл. АН СССР,1978, т.238, №2, с.335-337
5. Gind H, Lidin S, Hausserman U. Structure and bonding properties of (Bi_2Se_3)(Bi_2Te_3) stacks by first-principles density functional theory // Phys. Rev. 2005, B. 72, p. 184101-184109
6. Лукьянова Л.Н., Кутасов В.А., Константинов П.П. Эффективная масса и подвижность в твердых растворах p-$Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ для температур < 300 К // ФТТ, 2005, т. 47, № 2, с. 224-228
7. Тагиев М.М. Текстура деформации и кинетические параметры экструдированных образцов $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ и $Bi_{0,5}Sb_{1,5}Te_3$ с различными размерами зерен // Fizika, 2007,C. XIII, №4, s.206-209
8. Лукьянова Л.Н., Кутасов В.А., Попов П.П Гальваномагнитные и термоэлектрические свойства в твердых растворов $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ // ФТТ, 2004, т. 46, № 8, с. 1366-1371

Таблица 1

Макроскопические (|| и ⊥) оси экструзии и микроскопические (11 и 33) свойства материалов на основе $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ при 300К (α,мкВ/К; σ, См·см; χ. 10^3, Вт/см·К; μ($m^*/m_0)^{3/2}$, $см^2$/В·с)

Модификирование / Кол. об. %		α	$\sigma_{\parallel}$	$\sigma_{\perp}$	$\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}$	σ_{11}	σ_{33}	σ_{11}/σ_{33}	$\mu_{\parallel}$ $(m^*/m_0)^{3/2}$	$\mu_{\perp}$ $(m^*/m_0)^{3/2}$	$\mu_{\parallel}/\mu_{\perp}$	μ_{11} $(m^*/m_0)^{3/2}$	μ_{11}/μ_{33}	$\chi_{\parallel}$	$\chi_{\parallel}/\chi_{\perp}$	χ_{11}	χ_{11}/χ_{33}
1	---	162	1100	880	1,4	1120	710	1,6	250	200	1,3	250	1,6	-	- -	-	-
	--	159	1460	830	1,8	1620	510	3.2	320	180	1.8	350	3.2	-	-	-	-
3	ZrO_2	136	1970	940	2,1	2070	600	3,5	325	155	2,1	340	3,5	-	-	-	-
4	ZrO_2	126	2440	1170	2,1	2670	730	3,7	350	170	2,1	390	3,7	-	-	-	-
5*	---	180	1290	1230	1,0	1300	1040	1,3	360	345	1,0	360	1,25	12,6	1,3	12,7	2,0
6*	ZrO_2	180	1190	1120	1,1	1200	1030	1,2	355	315	1,1	335	1,25	11,7	1,4	11,7	2,2
7*	---	195	1040	1000	1,0	1040	960	1,1	350	335	1,0	350	1,10	14,1	1,3	14,1	1,7
8*	ZrO_2	188	1050	990	1,1	1050	930	1,1	325	305	1,1	325	1,05	13,0	1,4	13,2	2,4
9*	---	236	720	670	1,1	720	620	1,2	390	365	1,1	390	1,15	14,2	1,4	14,2	1,5
10*	ZrO_2	215	810	750	1,1	810	680	1,2	345	315	1,1	345	1,20	14,2	1,2	14,2	1,7

Примечание: Образцы 2, 4, 6, 8, 10 с отжигом при температуре 695 К

* - сплавы 5-6, 7-8, 9-10, легированные свинцом в количества 0,02; 0,04; 0,06 % масс. соответственно.

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $BI_{0,85}SB_{0,15}$

[1]Тагиев М.М., [2]Пириева Т.И., [3]Алигулиева Х. В.

Азербайджанский государственный экономический университет[1],
Институт физики АН Азербайджана[2]
Сумгаитский государственный университет[3]

Образцы твердых растворов системы Bi-Sb, полученные методом экструзии, обладают высокой механической прочностью, достаточно высокой и близкой к монокристаллическим образцам магнитотермоэлектрической добротностью [1-5], что делает этот материал перспективным для применения в производстве низкотемпературных электронных охладителей. В [2] показано, что магнитотермоэлектрические свойства экструдированных образцов $Bi_{0,85}Sb_{0,15}$ очень чувствительны к послеэкструзионному отжигу.

Учитывая это, были исследованы магнитосопротивление, коэффициенты термо-э.д.с.(α), Холла (R_x) образцов в интервале температур 77-300 К при напряженностях магнитного поля до ~$74x10^4$А⁄м. Электрические измерения проводили вдоль оси экструзии на постоянном токе обычным компенсационном методом.

Из рис. 1 следует, что в результате отжига удельное сопротивление и коэффициент Холла образцов при 77 К изменяются в несколько раз: в ~3 раза уменьшается ρ, а R_x растет в ~2 раза. При этом α почти не меняется. Влияние магнитного поля на параметры ρ, R_x, α в отожженных образцах значительно сильнее, чем в образцах, не прошедших отжиг. При 77 К коэффициент термо-э.д.с. образцов до отжига почти не зависит от напряженности магнитного поля, тогда как в отожженных образцах с ростом напряженности магнитного поля до ~$32x10^4$А⁄м α возрастает на ~ 40%. При высоких температурах изменения α с ростом Н для отожженных и неотожженных образцов почти одинаковы.

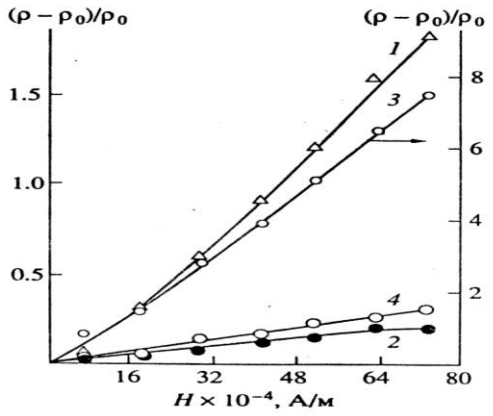
При экструзии за счет пластической деформации в образцах параллельно образованию текстуры образуются и структурные дефекты [4].

Эти дефекты являются центрами рассеяния для носителей заряда, что вызвано образованием электрически активных центров на дефектах. При термообработке происходит нормализация структуры, т.е. как бы залечивание структурных дефектов. Незначительное влияние отжига на α при существенном изменении ρ (в ~3 раза) показывает, что при термообработке, главным образом, меняется подвижность носителей заряда, т.е. уменьшается концентрация центров рассеяния. При этом рост R_x при 77К после термообработки, по-видимому, обусловлен изменением Холл фактора А, характеризующего механизма рассеяния [6].

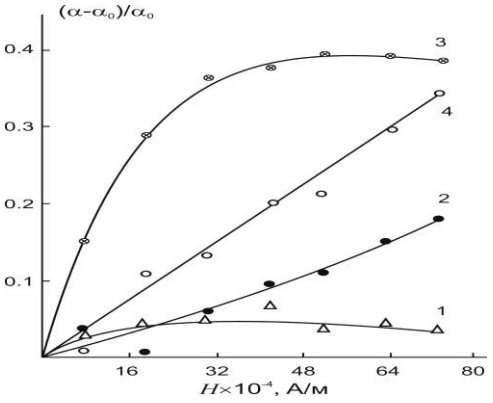
В образцах, непрошедших термообработку, при 77 К в рассеянии электронов превалирует рассеяние на дефектах. Малое изменение α при термообработке (при залечивании дефектов) дает основание предполагать, что эти дефекты, в основном, не ионизированные. При термообработке происходит залечивание дефектов, что приводит к росту подвижности носителей тока и электропроводности. В пользу предлагаемого механизма свидетельствуют и данные зависимости электрических свойств экструдированных образцов от напряженности магнитного поля.

При воздействии на образец магнитного поля, перпендикулярного направлению движения электронов, носители заряда отклоняются под действием силы Лоренца. При этом носители, которые слабее рассеиваются и, следовательно, имеют большее время свободного пробега, в магнитном поле отклоняются больше, чем сильно рассевающиеся носители. При 77 К в неотожженных образцах преобладает рассеяние электронов и дырок на дефектах структуры, которому медленные электроны подвержены в большей степени. Поэтому магнитное поле, в основном, отклоняет носители с большей энергией и их вклад в ток уменьшается. Следовательно, уменьшается средняя энергия носителей тока. Однако, в виду того, что при 77 К общее количество носителей тока с большой энергией мало, влияние магнитного поля на среднюю энергию носителей и, следовательно, на коэффициент термо-э.д.с. незначительно. С увеличением температуры средняя энергия носителей заряда растет и начинает превалировать рассеяние на акустических колебаниях решетки. Вследствие этого при температуре 300К преобладает рассеяние на акустических фононах, которому быстрые носители подвержены в большей мере, чем медленные. Поэтому при этих температурах при помещении кристалла в магнитное поле вклад в общий ток быстрых носителей увеличивается, т.е. растет средняя энергия носителей тока в образце $Bi_{0,85}Sb_{0,15}$ и α.

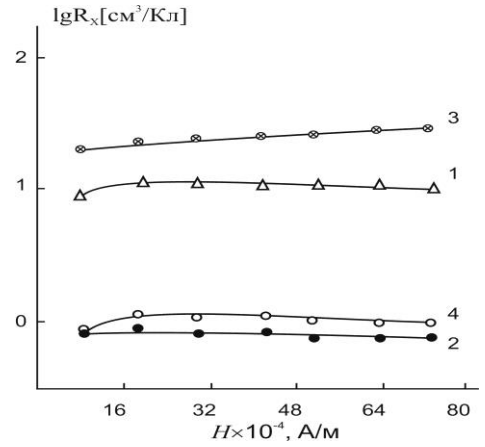
Концентрация структурных дефектов в отожженных образцах мала. Поэтому в них даже при 77 К преобладает рассеяние на акустических фононах и в магнитном поле коэффициент термо-э.д.с. сильно возрастает.



a



b



c

Рис.1 .Зависимости магнитосопротивления (a), коэффициента термо-э.д.с. (b) и коэффициента Холла от напряженности магнитного поля при 77 (1, 3) и 300 К (2, 4) экструдированных образцов до (1, 2) и после (3, 4) отжига.

Список литературы

1. Земсков В.С., Гусаков В.П., Рослов С.А. и др. Магнитотермоэлектрическая добротность твердых растворов висмут-сурьма легированных теллуром, Докл. АН СССР, 1975, т.222, №2, с.316-318
2. Иванова Л.Д., Петрова Л.И., Гранаткина Ю.В. и др. Экструдированный материал для термоэлектрических охладителей // Неорган. материалы, 2008, т.44, № 7, с.789-793
3. Тагиев М.М., Агаев З.Ф., Абдинов Д.Ш. Термоэлектрические свойства экструдированных образцов $Bi_{85}Sb_{15}$ // Неорган. материалы, 1994, т.30, №3, с.375-378
4. Тагиев М.М., Абдинов Д.Ш. Магнитотермоэлектрические свойства экструдированных образцов твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15,}$ легированного свинцом // Неорган. материалы, 1995, т.31, №11, с.1405-1407
5. Горелик С.С., Дубровина А.Н., Ковалева М.Н. и др. Структура деформации и рекристаллизации и электрические свойства экструдированного $(Bi\ Sb)_2\ Te_3$ // Изв. АН СССР, Неорган. материалы, 1978, т.14, №6, с.1054-1061
6. Gind H, Lidin S, Hausserman U. Structure and bonding properties of $(Bi_2Se_3)(\ Bi_2Te_3)$ stacks by first-principles density functional theory // Phys. Rev. 2005, B. 72, p. 184101-184109

МОНОКРИСТАЛЛЫ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $TlInSe_2$ - $CuInSe_2$ - ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Умаров С. Х. , Халлоков Ф. К.

Бухарский медицинский институт им. Абу Али ибн Сино

E-mail:Salim_umarov49@mail.ru

Введение. Кристаллы $TlInSe_2$ являются одним из представителей неполновалентных полупроводниковых соединений. Элементарная ячейка этих кристаллов содержит две самостоятельные структурные единицы, обеспечивающие для составляющих разноименных катионов одной и той же группы различную координацию, валентное состояние и характер химических связей. Эти характеристики, а также возможность введения разновалентных примесей в кристаллическую решетку $TlInSe_2$ обуславливает повышенный интерес к исследованиям электронной структуры и свойств кристаллов данного класса.

В работе [1] обнаружено, что введение в структуру примеси Cu приводит к повышению электропроводности, фоточувствительности, увеличения коэффициента тензочувствительности и уменьшения токовых шумов и снижения темнового тока изготовленных на основе кристаллов $TlInSe_2$ фоторезисторов. Целью настоящей работы является изучение влияния изменения концентрации меди на некоторые электрофизические и тензорезистивные характеристики кристаллов системы $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$ при значениях концентрации x = 0 - 0,1.

Методика эксперимента. Размеры исследованных образцов для измерения тензорезистивных свойств, составляли 10x10x0,25 mm^3. Омические контакты получены точечной сваркой соответствующих проволок конденсаторным разрядом на торцы нагретых в потоке инертного газа образцов и обеспечивали линейный характер вольтамперных характеристик до напряженностей электрического поля E = 100 V / cm. Тензочувствительность образцов по направлению [001] измерялась в статическом режиме по методике, приведенной в [2] в температурном интервале 300-410 K.

Результаты и их обсуждение. При исследовании электрических свойств монокристаллов системы $TlInSe_2$-$CuInSe_2$ и производстве этих материалов, структур и приборов возникает необходимость измерения удельного электрического сопротивления или удельной электрической проводимости полупроводниковых материалов $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$ в виде монокристаллических слитков, образцов различной геометрической формы, пластин, диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоев, составляющих часть полупроводниковых структур.

Выбор метода измерения осуществляют с учетом получения требующейся информации, особенностей исследуемого материала, возможности изготовления электрических контактов, геометрической формы образца, метрологических характеристик метода измерения. В идеальном случае измерения характеристик монокристаллов твердых растворов $Tl_{(1-x)}Cu_x\ InSe_2$ не должно приводить к разрушению образца и не должно требовать его специальной обработки.

В таблице 1 приведены результаты измерений электрофизических и фотоэлектрических свойств сплавов системы $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$ в интервале концентрации меди x = 0 - 0,1, откуда видно, что

номинальное сопротивление сплавов R и удельное сопротивление ρ от концентрации меди x в интервалах x = 0 - 0,025 и 0,025 - 0,1 линейно уменьшаются, образуя характерный излом при концентрации x = 0,025. Именно при концентрации меди x = 0,025 наблюдается скачок коэффициентов светового сопротивления и световой чувствительности легированных образцов. В концентрационных зависимостях среднего значения коэффициента тензочувствительности K, при сжатии и растяжении происходит излом или скачок также при концентрации меди x = 0,025 (рис.1 и табл.2).

Авторами [3] на основании дифференциального термического и рентгенофазового анализов, а также измерений удельной электропроводности и плотности сплавов было установлено, что в системе $TlInSe_2$-$CuInSe_2$ образуются ограниченные твердые растворы, составляющие при комнатной температуре до концентрации 2,5 mol.% со стороны $TlInSe_2$ и 1,5 mol.% со стороны $CuInSe_2$. На рентгенограммах всех исследованных сплавов проявились только линии $TlInSe_2$ или $CuInSe_2$. В интервале концентрации меди x = 0 - 0,025 наблюдаются линии, характерные только кристаллам $TlInSe_2$, а в интервале концентрации x = 0 - 0,985 – только кристаллам $CuInSe_2$. В пределах концентрации меди в интервале x = 0,025 - 0,985 обнаружены линии, характерные к обоим соединениям, т.е. в данном концентрационном интервале сплавы является двухфазными – они представляют из себя смесь кристаллов $TlInSe_2$ и $CuInSe_2$ в различных соотношениях. Установлено, что в сплавах системы $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$ в интервале x = 0 - 0,1 с повышением концентрации меди увеличивается удельная электропроводность сплавов и уменьшаются

Таблица 1. Электрофизические и фотоэлектрические параметры кристаллов $Tl_{1-x}Cu_xInSe_2$

Составы кристаллов тензодатчиков	Номинальные сопротивления, Om	Удельные сопротивления, Om. cm	Световые коэффициенты сопротивления, %/lux	Световые коэффициенты чувствительности, %/lux	Размеры образцов,mm^3
$TlInSe_2$	$6{,}87\times10^{10}$	$21{,}26\times10^{6}$	$-1{,}03\times10^{3}$	$1{,}76\times10^{3}$	0.13×0.25×10.5
99% $TlInSe_2$ - 1% $CuInSe_2$	$4{,}49\times10^{10}$	$13{,}7\times10^{6}$	$-4{,}01\times10^{3}$	$4{,}36\times10^{3}$	0,13×0,23×9,8
98% $TlInSe_2$- 2% $CuInSe_2$	$1{,}32\times10^{10}$	$6{,}4\times10^{6}$	$-7{,}21\times10^{3}$	$7{,}8\times10^{3}$	0,16×0,24×7,9
97% $TlInSe_2$ - 3% $CuInSe_2$	$4{,}3\times10^{9}$	$2{,}5\times10^{6}$	$-3{,}56\times10^{3}$	$1{,}20\times10^{3}$	0,19×0,26×8,5
95% $TlInSe_2$ - 5% $CuInSe_2$	$2{,}86\times10^{9}$	$1{,}6\times10^{6}$	$-4{,}25\times10^{3}$	$1{,}42\times10^{3}$	0,14×0,24×6
90% $TlInSe_2$ - 10% $CuInSe_2$	$2{,}64\times10^{9}$	$1{,}31\times10^{6}$	-	-	0,14×0,23×6,5

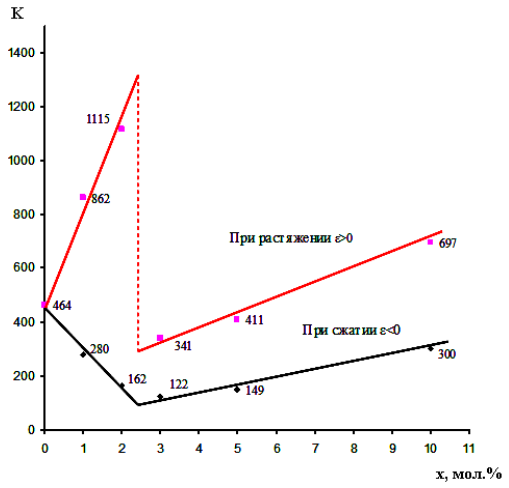


Рис.1. Зависимость коэффициента тензочувствительности сплавов $Tl_{1-x}Cu_xInSe_2$ вдоль оси [001] от концентрации Cu.

параметры тетрагональных ячеек, образуя характерный излом при концентрации x = 0,025, что объясняется фазовым переходом в системе при этой концентрации. Примечательно то, что

обнаруженные нами изломы или скачки в концентрационных зависимостях исследованных нами физических свойств в системе $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$ происходит именно при значении x = 0,025. Все это показывает, что в области существования твердых растворов многие свойства системы $Tl_{(1-x)}Cu_xInSe_2$, в том числе номинальное и удельное сопротивление, коэффициенты светового сопротивления, световой чувствительности и тензочувствительности при фиксированных температурах имеют линейные концентрационные зависимости, которые претерпевают резкое изменение при переходе границы существования твердых растворов, что обусловлено концентрационными фазовыми изменениями в системе $TlInSe_2$-$CuInSe_2$.

Таблица 2. Средние значения коэффициента тензочувствительности ($K_{ср}$) сплавов $Tl_{1-x}Cu_xInSe_2$ вдоль оси [001]

Составы сплавов тензодатчика	$K_{ср}$, при сжатии	$K_{ср}$, при растяжении
$TlInSe_2$	464	464
99% $TlInSe_2$-1% $CuInSe_2$	280	862
98% $TlInSe_2$-2% $CuInSe_2$	162	1115
97% $TlInSe_2$-3% $CuInSe_2$	122	341
95% $TlInSe_2$-5% $CuInSe_2$	149	411
90% $TlInSe_2$-10% $CuInSe_2$	300	697

Заключение. В заключение следует подчеркнуть, что наличие сильного пьезорезистивного эффекта в кристаллах $Tl_{1-x}Cu_xInSe_2$ позволяет надеяться, что на их основе можно создать высокочувствительные датчики перемещения, усилия, давления, ускорения, и датчики крутящего момента, эти кристаллы являются эффективным материалом для электронной техники и для создания чувствительных приборов.

Список литературы

1. Ж.Д.Ашуров, И.Нуритдинов, С.Х.Умаров. Влияние температуры и примесей элементов I и IV групп на тензорезистивные свойства монокристаллов $TlInSe_2$. // Перспективные материалы. 2011. № 1. С. 11 - 14.

2.Умаров С.Х.,Нуритдинов И, Ашуров Ж.Дж. Халлоков Ф.К. Монокристаллы $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ ($0 \leq x \leq 0.5$) эффективный материал для полупроводниковой тензометрии. // Письма в журнал технической физики. 2017. Т.43. вып.16, С.3-8.

3.Георгобеани А.Н., Матиев А.Х., Хамхоев Б.М., Евлоев А.М. Фазовые равновесия в системах $TlInSe_2$- $CuInSe_2$ и $TlInSe_2$- $AgInSe_2$. // Неорганич. материалы. 2005. Т.41. № 5. С. 281-285.

MAGNETOCALORIC PROPERTIES IN THE FIRST ORDER PHASE TRANSITION $Pr_{0.7}Sr_{0.2}Ca_{0.1}MnO_3$ MANGANITE: DIRECT AND INDIRECT MEASUREMENTS

Adler Gamzatov[1,2,*], A. Aliyev[1], Ph.D. Yen[2] and S.-C. Yu[2]

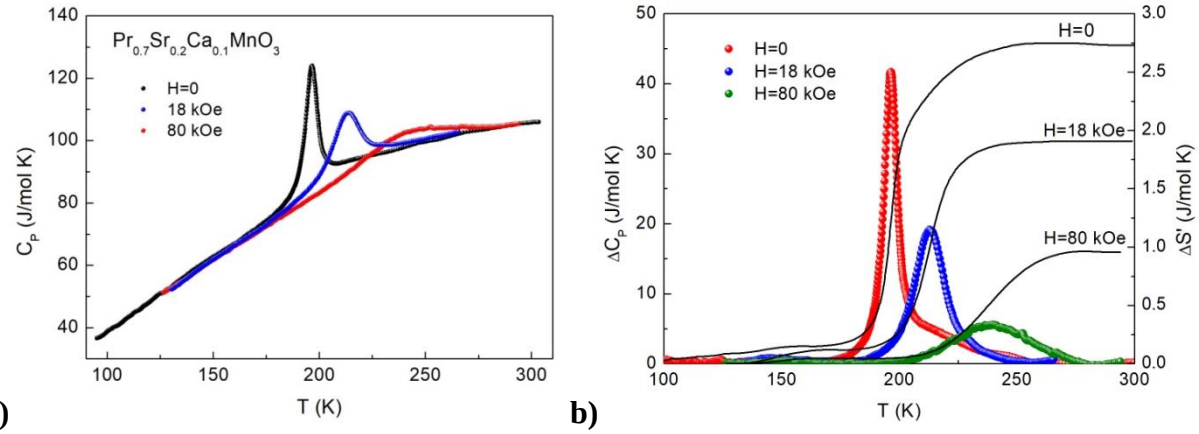
[1]Amirkhanov Institute of Physics, DSC of RAS, Makhachkala, 367003, Russia

[2]Department of Physics, Chungbuk National University, Cheongju, 28644, South Korea

*E-mail: *gamzatov_adler@mail.ru*

The manganites $R_{1-x}Sr_xMnO_3$ (R=La, Pr, Nd etc.) are among the brightest representatives of materials with giant MCE values [1-3]. The magnetic properties of manganites are determined by the balance of two competing interactions: the double exchange associated with the gain in the kinetic energy due to the transfer of delocalized electrons e_g in Mn^{3+}–O^{2-}–Mn^{4+} chains and promoting ferromagnetic (FM) ordering of the Mn magnetic moments and antiferromagnetic (AFM) superexchange between Mn magnetic moments, formed by localized t_{2g}-electrons [4]. In recent years, the interest in the study of the physical properties of $R_{1-x}A_xMn_{1-y}M_yO_3$ manganites with mixed substitution, both in the A sublattice and in the Mn sublattice has been growing. Such a substitution, as a rule, allows to control the critical temperature (T_C) of the samples in a wide temperature range, at this no significant decrease in MCE is observed [5, 6].

In this paper, the results of the study of the caloric and striction properties of polycrystalline manganite $Pr_{0.7}Sr_{0.2}Ca_{0.1}MnO_3$ (PSCMO) are presented. In particular, the specific heat and magnetostriction in magnetic fields up to 80 kOe in the temperature range of 80-310 K are studied.



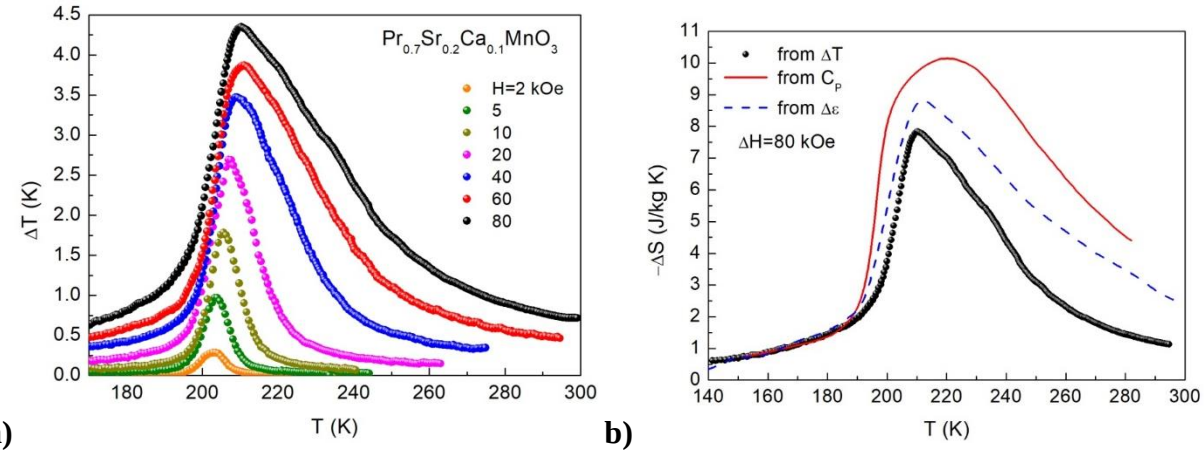
a) **b)**

Fig. 1. a) Temperature dependence of the specific heat for PSCMO $_3$ at H = 0, 18 and 80 kOe. b) Temperature dependences of the magnetic contribution of ΔC_P (solid points) and the change in entropy $\Delta S'$ of the phase transition (solid lines) at H=0, 18 and 80 kOe.

Figure 1(a) shows the results of measuring the temperature dependence of the specific heat for a PSCMO sample in the temperature range of 80-310 K in magnetic fields of 0, 18, and 80 kOe. The specific heat obeys the Debye concepts of the specific heat of solids, with the exception of a pronounced anomaly at T_C=196 K, which is associated with a ferromagnetic-paramagnet phase transition. A sharp peak of the specific heat in a zero field can signal a first-order transition, but there are no signs of hysteresis. In a magnetic field, the peak of the specific heat is suppressed and shifts toward high temperatures at 17 and 44 K in fields of 18 and 80 kOe, respectively, this behavior is not characteristic for ferromagnetic second-order transitions [7, 8].

Figure 1 (b) shows the temperature dependences of the magnetic contribution to the heat capacities $\Delta C_p(T)=C_P-C_{Ph}$ (C_{Ph} – background contribution/lattice contribution) for the PSCMO sample in magnetic fields of 0, 18, and 80 kOe. The magnitude of the specific heat jump in the phase transition area is $\Delta C_p \approx 41$ J/mol K 19 J/mol K and 5 J/mol K, respectively, at H=0, 18 kOe, and 80 kOe. Figure 1 (b) also shows the temperature dependences of the entropy change associated with the disordering of the magnetic system during the FM-PM phase transition, determined using the formula: $\Delta S'(T) = \int (\Delta C_P / T) dT$.

Figure 2 shows the results of direct MCE measurements in cyclic magnetic fields of 2-80 kOe. The maximum MCE value in a field of 80 kOe is ΔT = 4.35 K, which is very moderate. But it can be seen from Fig. 2(a) that the values of ΔT are very significant in weak fields (at ΔH=5 kOe, ΔT=0.97 K), which is large enough not only among manganites, but also among most magnetocaloric materials. This can be explained by the fact that MCE in this material is caused by a change in the entropy of not only the magnetic subsystem, but also the structural one, and the reversible magnetostructural transition occurs even in a relatively weak 5 kOe magnetic field. A more detailed discussion of this effect will be given below. The MCE behavior in the manganite studied is characteristic of materials with magnetostructural phase transitions of the first order, namely: a temperature boundary is observed on one of the sides. In this case, the boundary of the reversible magnetostructural effect is bounded from below. This boundary is a ferromagnet-paramagnet transition itself in a zero magnetic field in the heating mode.



a) **b)**

Fig. 2. a) Temperature dependence of the magnetocaloric effect ΔT in different magnetic fields (direct measurements). b) Temperature dependence of the magnetocaloric effect ΔS_M for PSCMO at the magnetic field change ΔH=80kOe.

Figure 2(b) shows the temperature dependences of the change in the magnetic entropy ΔS_M obtained with the relation $\Delta S_M=\Delta T_{ad}C_P(T,H)/T$, where ΔT_{ad} is the experimental data of direct measurements, $C_P(T,H)$ is the temperature dependence of the specific heat in a magnetic field. Also, in comparison, the data of an indirect estimate of the MCE by means of a formula $\Delta S_M = \int_{T_1}^{T_2}((C_P(T,H_0) - C_P(T,H_1))/T)_{P,H}dT$, are given using the data for the specific heat at H=0 and H=80 kOe. As we see, the results obtained by both methods agree well, but there is a significant difference in the behavior of $\Delta S_M(T)$ at $T>T_C$, and the maximum value of ΔS_M according to $C_P(T,H)$ is somewhat overestimated. The maximum ΔS_M value in a magnetic field of 80 kOe is 7.84 J/kg K и 10.18 J/kg K, respectively, according to $\Delta T(T)$ and $C_P(T,H)$. A small difference in the behavior of $\Delta S_M(T)$ and $\Delta T(T)$, obtained by different methods, is quite an expected phenomenon and has been observed by many authors [9, 10]. However, the discrepancy between indirect estimates and direct MCE measurements will be more pronounced near phase transitions of the first order [11].

Estimates of the refrigerant capacity $RC = -\int_{T_1}^{T_2}\Delta S_M(T,H)dT$ in a magnetic field of 80 kOe are 328.49 J/kg K, 813.48 J/kg K, and 554 J/kg K respectively, according to direct measurements and from $C_P(T,H)$ data and magnetostriction data. As we see, the RC value obtained from $C_P(T,H)$ data is ~ 2.5 times larger than that in direct studies data. Such a strong discrepancy in the results has several reasons. First, the results of the MCE, obtained by direct and indirect method, are compared with phase transition of the first order. Secondly, direct measurements of the MCE are performed in cyclic magnetic fields. The interval of observation of MCE in cyclic magnetic fields is substantially narrower than the interval between the temperature transition in a zero magnetic field and in some magnetic field preset. Moreover, for the first-order FM-PM phase transitions, the lower temperature boundaries for observing a reversible MCE in cyclic magnetic fields and the transition temperature in a zero magnetic field in the heating mode must coincide. And the upper temperature boundary of the reversible MCE will be lower than the transition temperature (and the boundary of the specific heat anomaly) in a constant field, which is actually observed in our experiment. It can be noted here that the MCE curve from the magnetostriction data (in a constant field) and the MCE curve obtained from the specific heat data do not coincide at high temperatures. This is explained by the fact that from the magnetostriction we obtain the structural component of the MCE only, while both the structural and magnetic components from the specific heat data are present in MCE.

The work was performed as part of the state task of Federal Agency for Scientific Organizations (FASO Russia) № 0203-2016-0009.This work was partially supported by RFBR, research project № 17-02-01195. This work has been funded in frames of the collaborative research project of the National Research Foundation of Korea through the Korea-Russia joint collaboration, No. 2017K1A3A1A49070064.

References

1. Franco V., Blázquez J. S., Ipus J. J., Law J. Y., Moreno-Ramírez L. M., A. Conde, *Progress in Materials Science*, Accepted Manuscript 2017.
2. Phan M. H., Yu S. C., *JMMM*, 308, 325-340 2007.
3. Markovich V., Wisniewski A., Szymczak H., Magnetic Properties of Perovskite Manganites and Their Modifications, *Handbook of Magnetic Materials*, Edited by K.H.J. Buschow, 22pp., 1-201, 2014.
4. Coey J. M. D., Viret M., Von Molnar S., *Advances in Physics* 48pp., 167-293, 1999.
5. Zhang Y.D., Phan T.L., Yu S.C., *J. of Applied Physics* 111, 07D703, 2012.
6. Gamzatov A. G., Batdalov A. B., Aliev A. M., Khurshilova Z., Ellouze M., Ben Jemma F., *JMMM* 443 pp., 352-357, 2017.
7. Lin P., Chun S. H., Salamon M.B., Tomioka Y., Tokura Y., J. of Applied Physics, 87, 5825, 2000.
8. Woodfield B. F., Wilson M. L., and Byers J. M., *PRL* 78 pp., 3201-3204, 1997.
9. Pecharsky V. K. and Gschneidner K. A., Jr., *PRL* 78 pp., 4494-4497, 1997.
10. A. Szewczyk, M. Gutowska, K. Piotrowski, *J. of Applied Physics* 94, 1873, 2003.
11. J. S. Amaral, V. S. Amaral, *APL* 94, 042506, 2009.

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THERMOELECTRIC FIGURE OF MERIT IN $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ ($0 \le x \le 0.10$)

[1]Aliyev F. F., [1]Eminova V. I., [3]Hasanov H. A., [2]Aghayeva U. M., [2]Zarbaliyev M. M.
[1]Institute of Physics of ANAS, [2]Sumgayit State University,
[3] The Academy named After Heydar Aliyev of the State Security Service

Sufficiently intensive studies of electrical and thermoelectric properties of $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions [1-6] are connected primarily with the use of these materials in a variety of energy converters and particularly in the manufacture of thermoelectric transducers operating at high temperatures.

According to [1] the solubility region of $TlYbTe_2$ in $TlInTe_2$ at room temperature is up to 10%. Transition from $TlInTe_2$ to $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ is accompanied by the increasing of hole concentration. The increasing of the hole concentration is connected with arising of various structural imperfections, vacancies and anti-structure defects in these alloys; emerging intrinsic defects, mainly vacancies, are electroactive.

According to Ioffe A. [7], increasing the value of μ / χ_{ph} (χ_{ph} - phonon part of the heat conductivity, mobility of charge carriers) leads to an increase in Z. It means that a quantitative decrease in phonon scattering is fully compensated by an increase in scattering by defects [8]. As the wavelength of electrons is more than of phonons it leads to the total increase in μ/χ_{ph}. The thermoelectrical peculiarities of the $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions show that these materials can provide rather high thermoelectrical figure of merit.

It is known that efficiency of a thermoelectric transducer is determined by the following formula:

$$Z = \alpha^2 \sigma / \chi_{tot} \qquad (1)$$

Here $\alpha^2\sigma$ – thermoelectrical power, χ_{tot} - total heat conductivity.

The temperature dependencies of the measured electrical conductivity σ and thermopower coefficient α for $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ ($0 \le x \le 0.10$) solid solutions in the temperature range of 80-1000K are shown in the figures 1 and 2, correspondingly.

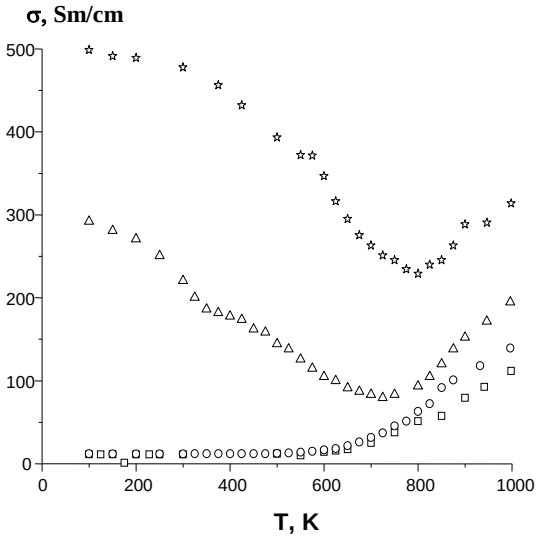


Fig1. Temperature dependencies of electrical conduction in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$;
□ – (x=0), o – (x=0.02), Δ – (x=0.05), ☆ – (x=0.10).

As seen from the fig.1, the $\sigma(T)$ dependencies for different compositions of the solid solutions are substantially unlike one another. The region of intrinsic conduction for the initial compound $TlInTe_2$ begins at the temperature ~700K while the intrinsic region shifts towards higher temperatures with increase in relative content of ytterbium in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions.

As seen from the figure 2 the $\alpha(T)$ dependences have similar character – $\alpha(T)$ grows linearly up to T~650K and then decreases in the intrinsic region – for all compositions and the sign of thermopower coefficients in the investigated temperature range is positive that proves that conduction occurs by holes in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions.

Total heat conductivity is determined as the sum of phonon χ_{ph} and hole χ_h heat conductivities. Taking into account that $\chi_h = L_0 \cdot \sigma \cdot T$, where $L_0 = (\pi^2/3)\cdot(k/e)^2 = 2.44 \cdot 10^{-8}$ W·Ω/K, we get

$$\chi_{tot} = \chi_{ph} + L_0 \cdot \sigma \cdot T \qquad (2)$$

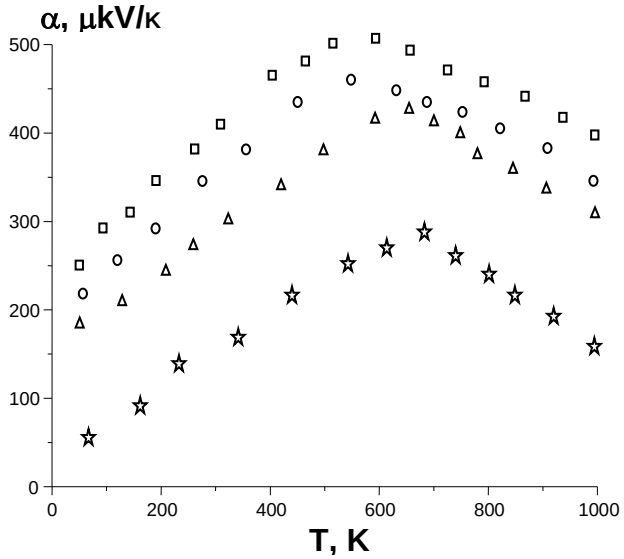


Fig.2. Temperature dependences of thermopower coefficient in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. Markers describing experimental points correspond to the values of x as in Fig.1.

It is clear that increasing α, σ and decreasing χ_{tot} lead to an increase in the values of thermoelectrical power ($\alpha^2\sigma$) and thermoelectric figure of merit (Z). Strong influence of the content of Yb atoms on Z in the investigated solid solutions is connected with high content of intrinsic defects in the materials [8].

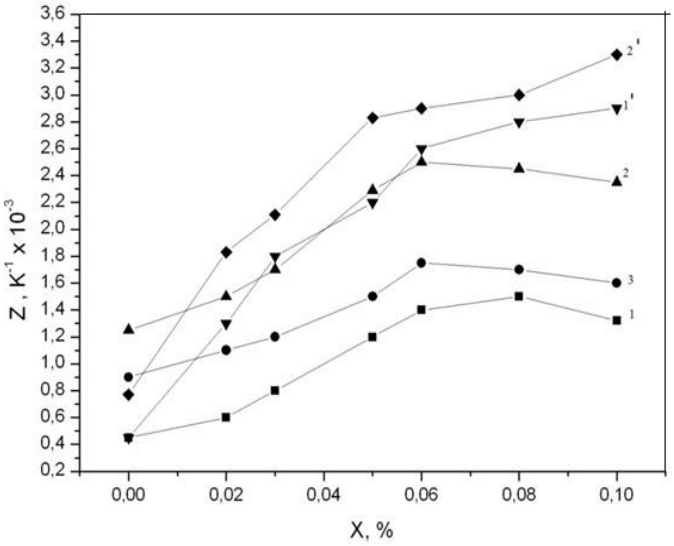


Fig. 3. The dependence of the thermoelectric figure of merit on the content of Yb in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions at the temperatures 300K (■), 500K (●) and 800K (▲).

The peculiarities of temperature dependence of χ_{ph} also may be explained by high concentration of defects in the materials [8]. It should be noted that for the $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions always $\chi_{ph} > \chi_h$, inspite of χ_h is rising, but χ_{ph} decreasing with temperature in the temperature range where the material keeps its solid state.

As seen from the figures 1 and 2, σ is decreasing, but α increasing in the temperature range of 300-700K. Therefore the decreasing of σ with temperature in the abovementioned temperature range is connected to decreasing mobility of holes. The decreasing of hole mobility with temperature occurs mainly due to scattering of holes on thermal lattice vibrations and on defects according to $\mu_h \sim T^{-0.7}$ [1,4]. The defects arise in the $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions mainly due to vacancies of In and Yb and Yb atoms' vacancies have more effect than In ones. The last is connected with the large value of screening of Yb atoms (ionic radiuses of $R_{Yb} = 1.93$Å, $R_{In} = 1.57$Å) in the $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. At the same time phonon-phonon and phonon-defect scattering effects bring to decreasing of χ_{ph} with temperature as $\chi_{ph} \sim T^{-1.2}$. With increasing of Yb atoms` content in the solid solutions the values of χ_{ph} and index n in the expression of $\chi_{ph} \sim T^{-n}$ also decreases. As a result for $x \geq 0.05$ we have the

following relation $\mu_h / \chi_{ph} \sim T^{0.5}$. Thus the increasing of Z up to ~ 700K is due to linear increasing of α (T) (fig.2).

It is shown that the solid solutions of $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ at $x \geq 0.05$ are perspective materials for practical using in the thrmoelectrical transducers operating at high temperatures. It is also established the following features for those materials:

The wavelength of holes is greater than wavelength of phonons and this fact bring to higher values of Z;

Due to the peculiar defect structure of the $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ solid solutions the condition of $\mu_h >> \chi_{ph} >> 1$ for the charge carriers and phonons is fulfilled, which result in gaining higher values for Z;

The increasing of the level of submission of In atoms with Yb ones leads to an increase in the values of thermoelectrical power ($\alpha^2\sigma$) and thermoelectric figure of merit (Z);

The maximum thermoelectric figure of merit $Z \approx 3K^{-1}$ is reached at 800K for the solid solution of $TlIn_{0.9}Yb_{0.1}Te_2$.

References

1. Zarbaliyev M.M. Inorqan. Mater. 35(5), 560, 1999 (in Russian).
2. Orujov H.S., Gojayev E.M., Kerimova R.A. Fizika Tverdogo Tela. 48(1), 40, (2006) (in Russian).
3. Ivanova L.D., Petrova Yu.V., Granatkina Yu.V.,.Svechkova T.E, Korzhayev M.A., Zemiskov V.S. Inorqanic Mater. 43 (12), 1436, 2007 (in Russian).
4. Zarbaliev M.M.. Izv. AN Azerb. Repub. Fizika. 5(3), 26, 1999 (in Russian).
5. Gojayev E.M., Kerimova R.A.. Inorqanic Mater. 40(11), 1314, 2004 (in Russian).
6. Zarbaliev M.M., Akhmedova A.M., Zarbaliyeva U.M. Vestnik Bak.Gos.Univ. 1, 1435, 2011.
7. Ioffe A.F.. Semiconductor Thermoelements (Moscow: AS USSR Publishing House), 1960 (in Russian).
8. Oskotskiy V.S., Smirnov I.I. Defects in crystals and heat conductivity. Leningrad. Nauka, 1972 (in Russian).

ENHANCEMENT OF CRITICAL CURRENT IN BISMUTH-BASED SUPERCONDUCTOR BY THE DOPING METHOD

[1]Margiani N.G., *Adamia Z.A., [2] Mumladze G.A., [3] Kvartskhava I.G.

[1, 2, 3] Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University

[2] Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University,[3]University of Georgia,

zurab.adamia@gmail.com

Since the discovery of $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ (Bi-2223) HTS, it has been considered to be one of the most promising materials for large scale applications in superconducting industry [1]. However, due to the very slow formation rate of the Bi-2223 phase, hundreds of hours are needed to synthesize an appropriate fraction of Bi-2223 HTS in the final product [2]. Substitutional and additive doping with different elements and compounds represents the most suitable method to improve the superconducting phase formation and transport properties in bismuth-based ceramics [3-6].

The influence of strontium borate [$Sr(BO_2)_2$] incorporation on the formation rate and critical current density of (Bi,Pb)-2223 phase have not yet reported. Hence, the purpose of this research is to investigate the effects of the partial substitution of $Sr(BO_2)_2$ for SrO on the superconducting properties of (Bi,Pb)-2223 ceramics.

Samples with nominal composition $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{2-x}Ca_2Cu_3O_y[Sr(BO_2)_2]_x$, x=0, 0.0375, 0.075, 0.15 were prepared by the solid state reaction method. Appropriate amounts of highly pure Bi_2O_3, PbO, $SrCO_3$, $CaCO_3$, CuO and $Sr(BO_2)_2$ powders were mixed and sintered at 845 ^oC for 40 h in air with intermediate manual grindings using *agate mortar and pestle*. Then, precursor powders were ball milled in a planetary mill (Fritsch Pulverisette 7 Premium line) for 1 h at rotating speed of 200 rpm, in air. *Ball milled powders were pressed into pellets and annealed* at 840 ^oC for 30 h in air, then cooled to room temperature in the furnace. The synthesized compounds were characterized by powder X-ray diffraction (XRD) analysis using the Dron-3M diffractometer. The resistivity as a function of temperature, ρ(T), and transport critical current density, J_c, were measured by a standard four-probe method. J_c values of prepared samples was measured at the liquid nitrogen temperature in the self field, with a criterion of 1 μV/cm.

XRD patterns of the reference and $Sr(BO_2)_2$-doped compositions are presented in Fig. 1. The dominance of the low-T_c 2212 phase over the high-T_c 2223 phase was observed in the undoped sample. With the

introduction of $Sr(BO_2)_2$, the high-T_c 2223 phase is markedly enhances, whereas the 2212 phase fraction decreases. The trace amount of the very low-T_c 2201 phase appears at doping level of x=0.15.

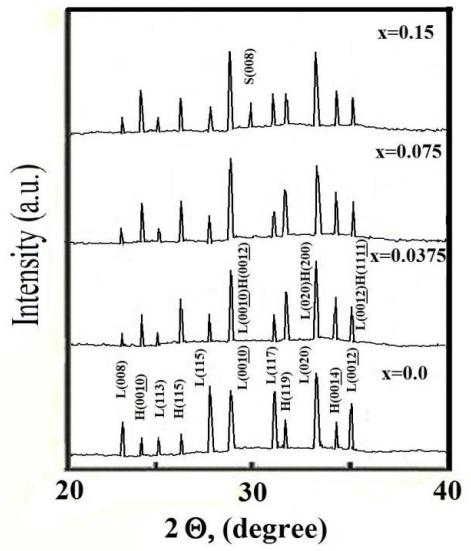


Fig. 1. XRD patterns of $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{2-x}Ca_2Cu_3O_y[Sr(BO_2)_2]_x$ samples. The diffraction peaks indexed H(hkl), L(hkl) and S(hkl) represent the Bi-based 2223, 2212 and 2201 phases, respectively.

The volume fractions of the (Bi,Pb)-2223 phase were estimated from the XRD intensity ratios of the (Bi,Pb)-2223 and Bi-2212 phases. The calculated volume fraction of (Bi,Pb)-2223 phase increases from ~30 % for reference sample to ~65 % for x=0.0375, which indicates that $Sr(BO_2)_2$ dopant accelerates the (Bi,Pb)-2223 formation. Fig. 2 represents the temperature dependence of resistivity for $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{2-x}Ca_2Cu_3O_y[Sr(BO_2)_2]_x$ samples.

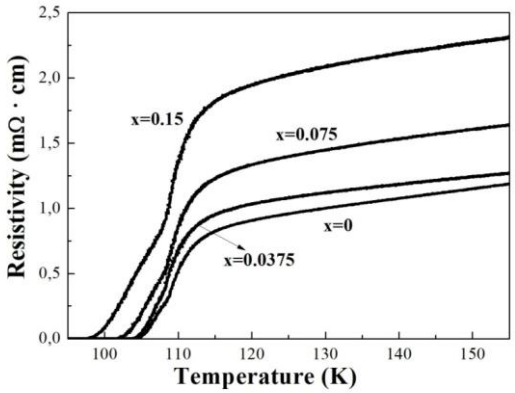


Fig. 2. Resistivity versus temperature curves for $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{2-x}Ca_2Cu_3O_y[Sr(BO_2)_2]_x$ samples

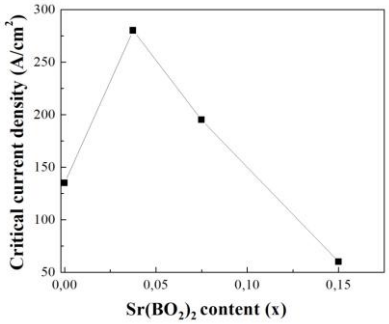


Fig. 3. Relationship between the critical current density and $Sr(BO_2)_2$ content in $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{2-x}Ca_2Cu_3O_y[Sr(BO_2)_2]_x$ samples.

For the reference specimen zero resistivity is reached at T_c^{off}=104 K. T_c^{off} decreases to 103 K with the $Sr(BO_2)_2$ content of x=0.0375. A further addition of $Sr(BO_2)_2$ leads to gradual decrease of T_c^{off}. Fig. 3 illustrates the relationship between the transport J_c values (77 K, zero field) and the amount of incorporated $Sr(BO_2)_2$ dopant. The value of J_c is 135 A/cm^2 for reference sample. Markedly enhanced J_c values were observed in the $Sr(BO_2)_2$-doped samples for x=0.0375 – 0.075. Critical current density at x=0.0375 (J_c=280 A/cm^2) is about 2 times higher than that of the undoped specimen processed for the same total sintering time of 70 h. Enhancement of J_c seems to result from the increase of the (Bi,Pb)-2223 volume fraction and improvement of the intergrain coupling in $Sr(BO_2)_2$-doped sample. In agreement with the XRD and resistivity data shown in Figs. 1 and 2, decrease of J_c values for a higher level of $Sr(BO_2)_2$-doping (x>0.075) imply the worsening of intergrain coupling caused by the formation of impurity 2201 phase at x=0.15.

Conclusion

The preliminary results presented in this paper suggest that the $Sr(BO_2)_2$ has to be considered as a suitable dopant for enhancing the formation rate and critical current density of (Bi,Pb)-2223 superconductor.

References

1. H. Maeda, Y. Tanaka, M. Fukutomi, and T. Asano, "A new high-T_c oxide superconductor without a rare earth element", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 27, part 2, no. 2, pp. L209-L210, 1988.
2. J. K. F. Yau, and Y. L. Wong, "Rapid synthesize of Bi-2223 precursor for the fabrication of superconducting tapes using electrophoretic deposition", *Physica C*, vol. 339, no.2, pp. 79-87, 2000.
3. M. Takano, J. Takada, K. Oda, H. Kitaguchi, Y. Miura, Y. Ikeda, et al, "High-Tc phase promoted and stabilized in the Bi, Pb–Sr–Ca–Cu–O system", *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 27, part 2, no. 6, pp.L1041-1043, 1988.
4. H. Öztürk, and S. Safran, "Effects of carbon-encapsulated nano boron addition on superconducting parameters of BSCCO", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 73, pp.831-838, 2018
5. S. F. Oboudi, "Synthesis and magnetic properties of $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$ added with nano Y", *J. Supercond. Nov. Magn.*, vol. 30, no. 6, pp. 1473-1482, 2017.
6. N. G. Margiani, G. A. Mumladze, Z. A. Adamia, N. A. Papunashvili, and D. I. Dzanashvili, "Influence of $Pb(BO_2)_2$ doping on superconducting properties of (Bi,Pb)-2223 HTS", *J. Supercond. Nov. Magn.*, vol. 28, no 2, pp. 499-502, 2015.

THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOLID SOLUTIONS $Ge_{1-x}Si_x$ (WHERE X: 5 TO 15 AT.%) OBTAINED FROM THE NEW MELTING ZONE

Hashimova A. I., Mammadov F. A.
Sumgayit State University

In the field of semiconductor physics classical semiconductors - germanium and silicon play a key role. Their production in pure form, growth of their high perfect single crystals and purposeful doping with various impurities opened the way for the creation of modern solid-state electronics. The unusual physical properties of semiconductor materials and the emerging great interest in them subsequently led to the synthesis in a large number of new binary, ternary and more complex substances. At present, the overwhelming majority of converting and control devices, widely used in various fields of science and technology are made on the basis of semiconductors, covering a wide interval. These solid solutions retain all the positive properties of the pure components, and these properties continuously change with a change in the composition of the crystal. Therefore, with the use of these solid solutions, it is possible to expand the range of parameter values and the field of application of devices manufactured on their basis. Opportunity to regulate the physical properties of the Ge-Si solid solution over a wide range promotes wide practical application of this compound. Due to this, on the base of these solid solutions it is possible to create conversion elements for various purposes [1].

Germanium and silicon are elements of Group IV of the Mendeleev's periodic system of elements, and when they form a joint compound, they crystallize in a diamond-like structure. Elementary lattice is a face-centered cube. At the vertex points of the cube ribs, corresponding atoms are located. Each atom, surrounded by 4 adjacent atoms, forms a system. One of the most interesting features is the opportunity to control the physical properties of the crystal by changing the ratio of its constituent components. It is known from the literature, that the width of the forbidden band of Ge-Si solid solution crystals increases linearly with the growth of silicon

content in composition in a certain interval and a certain deviation from the linear dependence is observed with a silicon amount of 15%. The width of the band gap with a change Si in the composition from 0 to 15% is given by

$$E_g = 0.72 + 1.5\alpha \quad (\alpha = 0 \div 0.15) \qquad (1)$$

and with a change in Si in the composition from 15% to 100% is given by

$$E_g = 0.93 + 0.31\alpha \quad (\alpha = 0.15 \div 1) \qquad (2)$$

For the study of single crystals of $Ge_{1-x}Si_x$ solid solutions of the composition x: 5; 6; 8; 10; 15 at.% Si, were obtained by zone melting using the new method proposed by V. Tahirov [2].

When studying various electronic processes occurring in semiconductor materials, one of the convenient methods that give more detailed information, is the measurement of kinetic parameters in weak electric fields under different conditions. For this reason, the electrical conductivity, the Hall effect over a wide temperature range was first of all studied for the samples studied.

When $Ge_{1-x}Si_x$ is hardened, thermal defects - the trapping centers of with different activation energies are formed in the crystal.

In the present work, for $Ge_{1-x}Si_x$ solid solutions crystals with a different silicon content x: 5; 6; 8; 10; 15 at.% Si, the electrical conductivity, the Hall coefficient, and thermal-e.g. in the temperature range $100 \div 700$ K were studied. The electrical conductivity and the Hall coefficient were measured by the compensation method.

Figure 1 shows the temperature dependence of electrical conductivity, and fig. 2 - the Hall coefficient.

The width of the forbidden band for the samples studied is determined from $\lg\sigma = f\left(\frac{1}{T}\right)$ and $\lg\left(|R|T^{3/2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$ the dependences. It is established, that the width of the forbidden band, depending on the amount of silicon in the crystal composition, increases linearly. This observed regularity is fully consistent with the existing band theory [3].

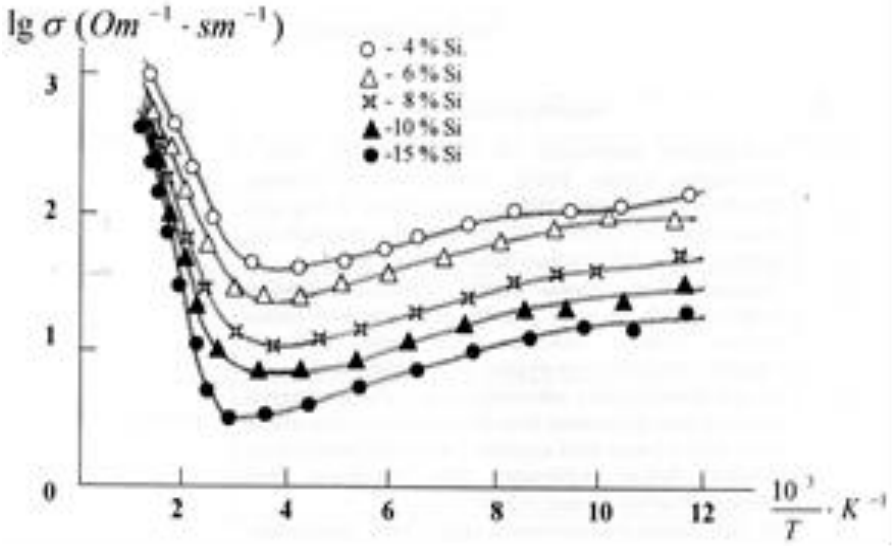


Figure 1. Temperature dependence of the electrical conductivity for samples of different composition.

References

1. Tahirov V.I. Semiconductor germanium-silicon solid solutions. Baku: Elm, 1983 (in Russian).

2. Tahirov V.I., Tahirov U.V., Guliyev A.F., Gahramanov N.F. Preparation of single crystals of a binary solid solution with a large transverse dimension by the zone melting method // Scientific News of the Sumgayit State University, 2011, Vol.11, No.2. pp. 3-13 (in Russian).

3. Mott R., Davis E. Electronic processes in non-crystalline substances.M.: Nauka, 1994, 180 p. (in Russian).

METAMATERIALS: NEW TRENDS IN PHOTONİCS

[1]Selami Palaz, [2]Amirullah M.Mamedov
[1]Department of Physics, Harran University, Sanli Urfa, Turkey
2Nanotechnology Research Center, Bilkent University, Ankara, Turkey
*e-mail: mamedov@bilkent.edu.tr

In this study, we present a general theory of effective media to establish the relationship between the local field responses on metamaterial structure and the macroscopical behaviors for artificial metamaterials composed of periodic resonant structures. By treating the unit cell of the periodic structure as a particle, we average the local field to define the local average permittivity and permeability for different unit structures and derive a general form of discrete Maxwell's equations in macroscale.

We obtain different wave modes in metamaterials including propagation mode, pure plasma mode, and resonant crystal bandgap mode. The distortion in the electromagnetic parameters has been explained well by the derived spatial dispersion model. Thus, the unfamiliar behaviors of metamaterials from the numerical S-parameter retrieval approach is further verified and described. The excellent agreements between the theoretical predictions and the numerical retrieval results indicate that the new defined model and method of analysis fit better to the physical structures and is there after a more advanced form of fitting formula for the effective electromagnetic parameters of metamaterials.

Narrow Band Ferroelectrics: Density of States.

Selami Palaz
Department of Physics, Harran University, Sanli Urfa, Turkey
*e-mail: spalaz@harran.edu.tr

1. Introduction

In recent years, the experimental and theoretical studies associated with these materials have greatly increased. The main results of this experimental and theoretical studies are that these materials show the characteristics of narrow gap semiconductors. An interesting feature of the these materials is that the variation susceptibility mass with carrier concentrations in the two band region for GeTe is opposite to that observed for SnTe. That is, the mass for GeTe increases more rapidly while the mass for SnTe increases less rapidly with concentrations in the two band region [1].

In the past, some detailed works [1, 4, 6-9] have been carried out on the structural, electronic, optical, elastic, and dynamical properties of these compounds. Shaltaf et al [4] investigated the electronic and phonon band structure, Born effective charge and optical dielectric tensors, and elastic properties of GeTe as a ferroelectric material in its low-temperature rhombohedral phase using the density functional perturbation theory. Koc et al [7] investigated the structural, electronic, and optical properties of narrow-band ferroelectric compounds (Ge, Sn) Te in ferroelectric and paraelectric phase using the generalized gradient approximation.

As far as we know, no ab initio general potential calculations of the density of states and the charge density for paraelectric phases of these compounds have been reported. Therefore, in this work, we investigated the density of states and charge density for ferroelectric and paraelectric phases of the narrow band ferroelectrics.

2. Method of calculation

In all of our calculations that are performed using the *ab-initio* total-energy program (ABINIT package) [10] the potentials used for the calculations take into account the $4s^2 4p^2$ valence electrons of each Ge-, $5s^2 5p^2$ valence electrons of each Sn-, and $5s^2 5p^4$ valence electrons of each Te-atoms. The LDA calculation within the core-state model potential of A(Ge, Sn) has only four valence electrons because the $3d^{10}$and $4d^{10}$ have become part of the core. When including a plane-wave basis up to a kinetic-energy cutoff equal to 17 Ha, the properties investigated in this work are well converged.

The unit cell of the crystal structure contains 3 GeTe and SnTe molecules (6 atoms) for ferroelectric phase and 1 GeTe and SnTe molecules (2 atoms) for paraelectric phase. When we started the calculations, we have optimized the structural properties first. The structural parameters obtained are in a good agreement with the experimental and theoretical values. We have used this structural properties in all our subsequent calculations.

3. Results and discussion

3.1. Total and Partial Density of States

Band gap values obtained from the band structures of GeTe and SnTe in ferroelectric and paraelectric were calculated as 0.742 eV and 0.359 eV in the ferroelectric phase and 0.376 eV and 0.028 eV in the paraelectric phase, respectively and the band gap character of these compounds for either phases was

determined as direct. Our results were seen to be in agreement with the results obtained in previous calculation [5-6]. The change in the energy gap for the SnTe and GeTe can be understood qualitatively in terms of the difference between the relativistic effect in Ge and Sn (spin-orbital coupling) and the relativistic correction is extremely important in determining the positions of the energy bands. The total and partial densities of states for GeTe and SnTe in ferroelectric phase are illustrated in Fig. 1 and Fig. 2. As you can see from these figures, the lowest valence bands occur between about -25 and -22 eV are dominated by d states. Similarly, the valens band occur between about -12 and -5 eV are dominated by s states. The highest occupied valence bands results from the sp-hybridization of Ge and Te bands. The other states are also contributing to the valence bands, but the values of densities of these states are so small compared to the sp-hybridization. The lowest unoccupied conduction bands just above Fermi energy level are dominated by p states.

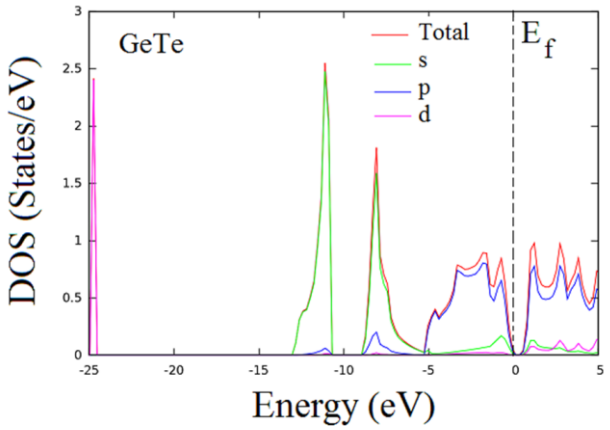


Figure 1. The total and partial density of states for GeTe in ferroelectric phase

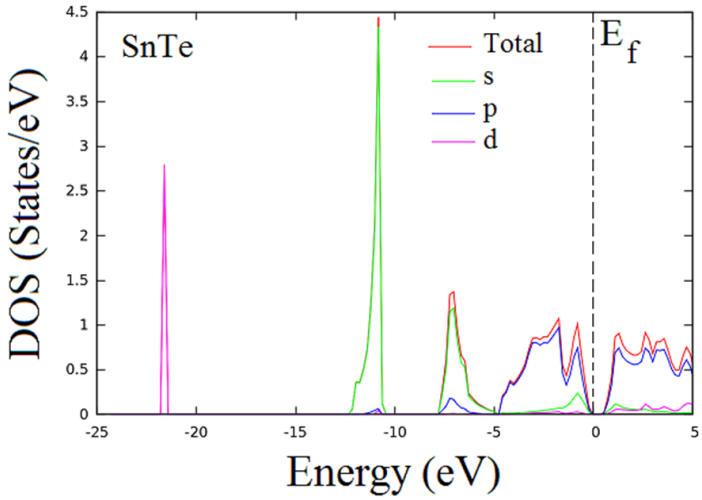


Figure 2. The total and partial density of states for SnTe in ferroelectric phase

The 2D charge density distribution is illustrated in Fig. 3. Examination of the nature of chemical bonding defining the distribution of valence charges between atom is necessary to explain the overall shape. The overall shape of charge distributions suggests the covalent bond of Ge-Te and Sn-Te. Ionicity is directly associated with the character of the chemical bond. In these figures, the shape of charge distribution shows a low electron accumulation between Ge and Sn atoms. This is a clear indication of the ionic bond. The large electron accumulation between Te atoms and their as spherical character indicates a strong directional covalent between these atoms. Therefore, the bonding of GeTe and SnTe as general can be classified as a combination of ionic, covalent, and metallic characters. In addition, evidence of metallic bonding is presented in electron density distribution map, as illustrated in the Fig.1 and Fig. 2.

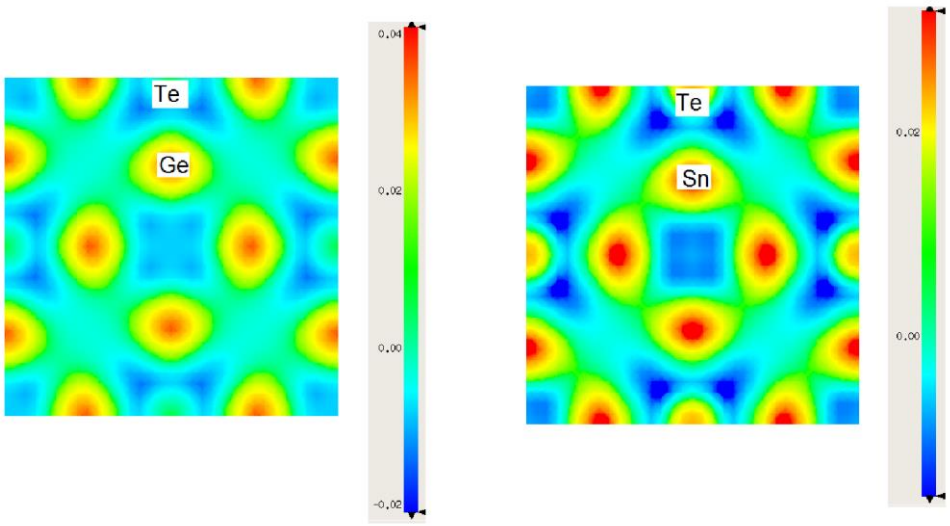


Figure 3. Charge density distribution of the valence charge of GeTe and SnTe in the (100) direction

Conclusion

In the present work, we have made a detailed investigation of the DOS and charge density for ferroelectric and paraelectric phases of the narrow band ferroelectrics (GeTe and SnTe) crystals using the density functional methods.

References

1. Tsu R., Howard W.E., and Esaki L.: Optical and electrical properties and band

2. Shaltaf R., Durgun E., Raty J.-Y., Ghosez Ph., and Gonze X: Dynamical, dielectric, and elastic properties of GeTe investigated with first-principles density functional theory. Phys. Rev. B 2008; 78: 205203

3. Koc H., Simsek S., Mamedov A.M., and Ozbay E: Optical properties of the narrow-band ferroelectrics: first principle calculations. ferroelectrics 2015; 483pp.: 1-10.

4. Gonze X., Beuken J.-M., Caracas R., Detraux F., Fuchs M., Rignanese G.-M., Sindic L., Verstraete M., Zerah G., Jollet F., Torrent M., Roy A., Mikami M., Ghosez Ph., Raty J.-Y., AllanX. D.C., First-principles computation of material properties: the ABINIT software project, Comput. Mater. Sci. 25 (2002) pp.478–492.

5.Ciucivara A., Sahu B.R., and Kleinman L.: Density functional study of the effect of pressure on the ferroelectric GeTe. Phys. Rev. B. 2006; 73: 214105**.**

6.Ghosez PH, Michenaund JP, and Gonze X.: Dynamical atomic charges: the case of ABO_3 compounds. Phys. Rev. B 1988; pp. 6224-6240.

7. Ghosez P.H., Gonze X., and Michenaund J.P.: Coulomb interaction and ferroelectric instability of $BaTiO_3$. Europhys. Lett. 1996; pp. 713-718.

8.Harrison WA: Electronic structure and the properties of solids-The physics of the chemical band. Dover Publications: 1989.

9.Koc H., Simsek S., Palaz P., Oltulu O., Mamedov A.M., Ozbay E.: Mechanical, electronic, and optical properties of the A_4B_6 layered ferroelectrics: ab initio calculation. Phys. Status Solidi C 2015; pp.1-8.

ELECTRON MAGNETIC RESONANCE STUDY OF IRON GROUP AND RARE EARTH IONS IN $PBWO_4$ SINGLE CRYSTALS

[1]Tae Ho Yeom and [2]Seong Cho Yu

[1] Department of Laser and Optical Information Engineering, Cheongju University, Cheongju 28503, Korea

[2] Department of Physics, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

thyeom@cju.ac.kr

The lead tungstate ($PbWO_4$) single crystal has been intensively studied to its potential application as a scintillation material for calorimetric detectors in high-energy accelerators [1, 2]. It was reported that the paramagnetic impurities doping significantly improve the optical and scintillation characteristics, including radiation hardness of $PbWO_4$ single crystal. The electron magnetic resonance (EMR) of the iron group ions (Cr^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}) and rare-earth ions (Ce^{3+}, Gd^{3+}, Dy3+, Eu^{2+}) have been investigated with an X-band EPR spectrometer in detail. The principal axes of the Zeeman electronic tensor ***g*** and the zero-field splitting tensor ***D*** for paramagnetic impurity ions in $PbWO_4$ crystal are compared each other for seven ions. The rotation patterns and the spin Hamiltonian parameters of the paramagnetic impurity ions in $PbWO_4$ crystals are discussed with the local site symmetry of the 7 ions. The substitutional site locations of all impurity ions in $PbWO_4$ crystals were investigated by considering the EPR parameters and the electrical and the geometric properties.

References

1. Kobayashi M., Ishii M., Usuki Y. and Yahagi H., Nucl. Instr. And Meth. A 333, 429, 1993.
2. Lecoq P., Dafinei I., Auffray E., Schneegans M., Korzhik M. V., Missevitch O.V., Pavlenko V. B., Fedorov A. A., Annenkov A. N., Kostylev V. L. and Ligun V. D., Nucl. Instr. Meth. A 365, 291, 1995.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫЕ ПЛЕНКИ Cu_2ZnSnS_4

Джафаров М.А., Насиров Е.Ф., Джахангирова С.А.
Бакинский государственный университет

E-mail: maarif.jafarov@mail.ru

1. Введение

Среди перспективных преобразователей солнечной энергии особое место занимают преобразователи на основе четверных соединений меди $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ (CZTS, CZTSe) со структурой кестеритов. В состав данных соединений входят элементы, широко распространенные в природе. Кроме того, они малотоксичны. В настоящее время в ряде лабораторий созданы опытные образцы фотоэлементов на основе данного материала с КПД фотоэлектрической конверсии до 10,1 %, хотя теоретический КПД составляет 32 %, и причины такого различия пока не ясны [1, 2]. Наиболее распространенны вакуумные методы получения поглощающих слоев CZTS(Se). Однако эти методы дороги и трудно поддаются масштабированию [3, 4]. В свою очередь, жидкофазные методы, к которым, в частности, относится метод электрохимического осаждения, являются весьма перспективными и недорогостоящими методами синтеза, позволяющими получать пленки на подложках любой формы и большой площади [5].

Поэтому в данной работе предпринята попытка более детально изучить влияние условий одностадийного электроосаждения на фазовый состав и свойства тонких пленок Cu-Zn-Sn-S (CZTS). В работе рассмотрена возможность замены цитрат- тартратной смеси на буфер Na_3Cit+H_3Cit, поскольку растворы солей цинка и олова в нем более стабильны из-за лучшей растворимости цитратов данных металлов по сравнению с тартратами. Изучены также два варианта последующей обработки синтезируемых пленок: отжиг в инертной атмосфере и в парах серы.

2. Эксперимент

Тонкие пленки соединений Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) получали методом одностадийного электроосаждения из буферных растворов электролитов, содержащих 0.02 M CuCl, 0.01 M $ZnCl_2$, 0.02 M $SnCl_2$ и 0.02 M $Na_2S_2O_3$. В качестве раствора-комплексообразователя и буфера использовали смеси 0.2 M трехзамещенного цитрата натрия и 0.1 M винной кислоты (Na_3Cit+H_2Tart) или 0.2 M трехзамещенного цитрата натрия и 0.1 M лимонной кислоты ($Na_3Cit + H_3Cit$), pH среды поддерживалась в диапазоне 5—5,5.

Рабочий электрод - подложка стекло/Al или стекло/ITO (In_2O_3-SnO_2) Электрод сравнения - 3M хлорсеребряный электрод (ХСЭ), контрэлектрод - графит. Исследование особенностей

электрохимического осаждения проводилось при помощи потенциостата/гальваностата. Электроосаждение проводили при комнатной температуре в течение 45 минут при постоянном потенциале. Образцы отжигали при T=450°C в течение 30—60 мин в атмосфере серы. Пленки исследовали методами РФА (ДРОН-4, излучение Cu-Kα), сканирующей электронной микроскопии (Zeiss LEO SUPRA 25).

3. Результаты и их обсуждение

Были получены вольтамперограммы и проанализированы серии образцов CZTS с шагом потенциала 50 mV: от –0,9 до –1,10V для Na_3Cit+H_2Tart раствора и от – 0,90 до –1,20 V для Na_3Cit+H_3Cit раствора. Для примера полученные вольтамперограммы приведены на рис. 1. Из рис. видно, что потенциалы полуволны отличаются для цитратно-тартратной и цитратной буферной смеси. На основании этих данных для образцов CZTS (Na_3Cit+H_2Tart) был выбран E= –1,02V, а для CZTS (Na_3Cit+H_3Cit) E= –1,14V

На рис. 2 представлены дифрактограммы образца CZTS, полученного при E= –1,14V (Na_3Cit+H_3Cit) после отжига атмосфере серы при T=450°C в течение 1 часа.

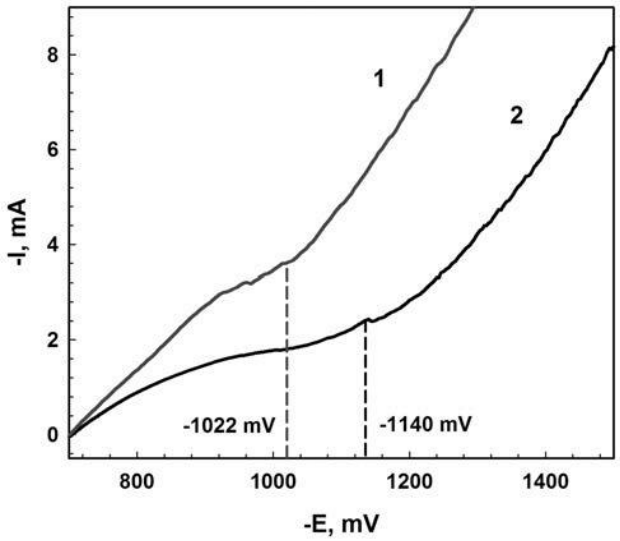


Рис. 1. Типичные вольтамперограммы для синтеза из буферных растворов:
1- Na_3Cit+H_2Tart; 2 - Na_3Cit+H_3Cit.

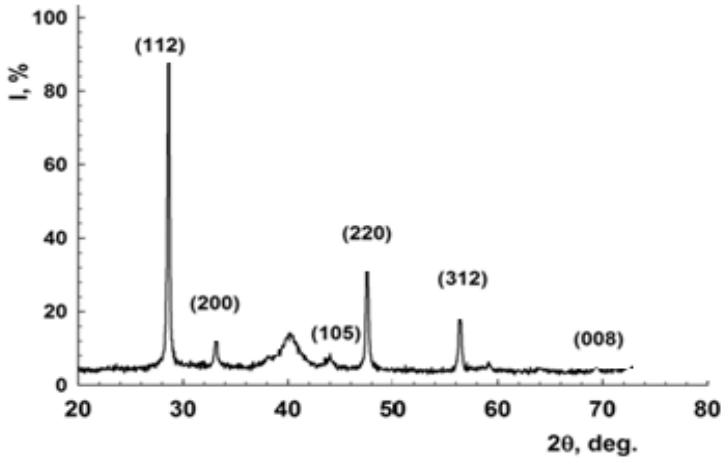


Рис. 2. Дифрактограммы образцов CZTS на подложке Al/стекло, полученных при E= –1,14V (Na3Cit+H3Cit) с последующим отжигом при T=450°C в течение 1 часа

Как можно видеть из рисунков, все линии могут быть отнесены к кестеритной фазе [JCPDS card 26-0575], однако образец, который отжигался в инертной атмосфере, содержит небольшое количество примесных фаз (X), которыми могут быть SnS, Cu_xS, Cu_xSn_y и др.

Полученная пленка состоит из наночастиц размером ~50 нм, образующих конгломераты ~600 нм. Толщина полученной пленки составила около 500—600 нм. На основании данных рентгенофлуоресцентного анализа была установлена брутто формула $Cu_{1,93}Zn_{0,5}Sn_{1,55}S_4$ образцов, полученных из буферной смеси, содержащей тартрат- и цитрат-ионы при потенциале –1,02V.

Для образцов, полученных при потенциале –1,14 V из буферной смеси, содержащих только цитрат-ионы, состав можно выразить формулой $Cu_{1,8}Zn_{0,5}Sn_{1,6}S_4$. Обедненность пленок цинком, по-

видимому, связана с более низким потенциалом восстановления (E= –0,75V), а повышенное содержание олова в образцах - следствие более низкой, чем у меди устойчивости комплексов.

На рис. 3 представлены зависимости в координатах $(\alpha h\nu)^2$ — hν для образцов CZTS, осажденных при $E_{осажд.}$= –1,02 V (для Na_3Cit+H_2Tart раствора) и E= –1,140 V (для Na_3Cit+H_3Cit раствора), которые позволяют оценить ширину запрещенной зоны для полученных образцов.

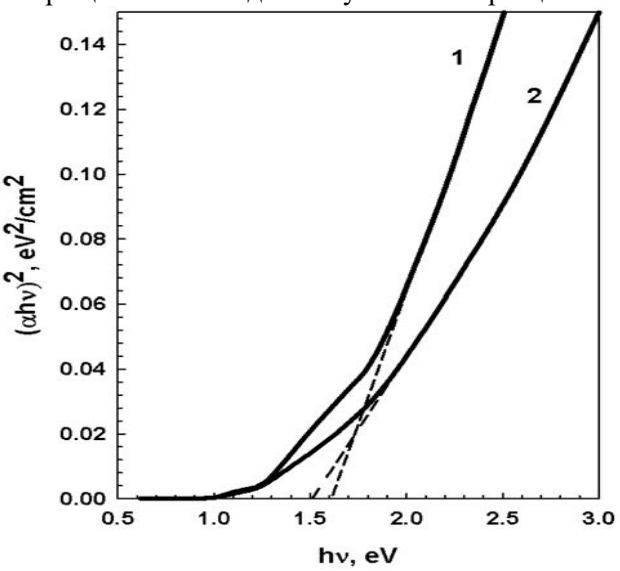


Рис. 3. Спектры поглощения в координатах $(\alpha h\nu)^2$ — hν для образцов CZTS, полученных при:
1 - *E* = –1140 mV и 2 - *E* = –1022 mV

Экстраполяция прямой линии до пересечения с осью *x* (α=0) определяет значение ширины запрещенной зоны *Eg*. Как видно из рисунка, ширина запрещенной зоны у образцов, осажденных при $E_{осажд.}$= –1,02V (для Na_3Cit+H_2Tart раствора) и $E_{осажд.}$= –1140 mV (для Na_3Cit+H_3Cit раствора) оказалось в области 1.5-1.6 эВ.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования подтвердили предположение о сильной зависимости состава и свойств пленок CZTS, получаемых методом одностадийного электроосаждения, от условий осаждения. Установлено, что для получения однофазных нанокристаллических пленок необходим выбор стабильного раствора и дополнительный отжиг в атмосфере серы. Получены спектральные распределения коэффициентов пропускания пленок CZTS. Установлены значения ширины запрещенной зоны для полученных образцов: $Cu_{1,93}Zn_{0,5}Sn_{1,5}S_4$ (*Eg* = 1.50 эВ) для цитрат-тартратного раствора $Cu_{1,8}Zn_{0,5}Sn_{1,6}S_4$ (*Eg* = 1.60 эВ) для цитратного раствора.

Список литературы

1. Jackson P., Hariskos D., Lotter E., Paetel S., Wuerz R., Menner R., Wischmann W., and Powalla M. // Prog. Photovoltaics . 2011.V.65. P.343.
2. Kumar Y. B., Bhaskar P. U., Babu G. S., and Raja V. S. // Phys. Status Solidi A.2010. V.207. P.149–156.
3. Green M. A.. First Solar Inc. case study // Prog. Photovoltaics. 2010. V 19.4. P. 498–500.
4. Han S. H., Hasoon F. S., Al-Thani H. A., Hermann A. M., and. Levi D. H // J. Phys.Chem. Solids . 2005. V66. P. 1895–1898.
5. Lundberg O., Bodegard M., Malmstrom J., and . Stolt L. // Prog. Photovoltaics. 2003.V.11, P.77–88

II BÖLMƏ
FUNKSİONAL ELEKTRONİKA VƏ NEQATRONİKA

II СЕКЦИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И НЕГАТРОНИКА

PART II
FUNCTİONAL ELECTRONİCS AND NEGATRONİCS

SILVER CHALCOGALLATES FOR X-RAYS DETECTION

Asadov S.M., Mustafayeva S.N., Huseynov D.T.
Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry, ANAS
Institute of Physics, ANAS
esolmust@gmail.com

$AgGaS_2$ (silver thiogallate) single crystals are promising materials for the construction of X-ray detectors, laser radiation converters of the intermediate IR range, and parametric quantum generators, which may find application in nonlinear optics, spectroscopy, and the communications industry [1, 2].

$AgGaS_2$ single crystals can be produced by the Bridgman–Stockbarger (BS) technique [3, 4]. A method for producing optically homogeneous $AgGaS_2$ single crystals by directed crystallization from a stoichiometric composition melt and a melt with excess Ag_2S under the pressure of gas inert to the sulfide melt was proposed in [4]. This method makes it possible to reduce the cooling rate of grown crystals and obtain single crystals of high optical quality with an absorption coefficient of 0.1 cm^{-1}. However, high pressures in the furnace, on the one hand, require cumbersome experimental equipment and, on the other hand, reduce the heater temperature accuracy.

The aim of this study was to obtain optically homogeneous based $AgGaS_2$ single crystals with high X-ray sensitivity. Single crystals were grown by the Bridgman–Stockbarger (BS) technique and also using the method of chemical transport reactions (CTR). $AgGaS_2$ was synthesized from its elementary components: Ag (high purity grade), Ga (5N grade), S (high purity grade, TU 609254677), and Se (TU 6-09-2521-77). The initial synthesis components were taken in a stoichiometric ratio. The synthesis was performed in a horizontal furnace with the temperature within it increasing at a rate of 50 K/h to 1275 K. The reaction between the components proceeded for 4 h.

The synthesized material was transferred to an ampule into a dual chamber vertical furnace for growth. $AgGaS_2$ single crystals were grown using the Bridgman–Stockbarger technique [1]. The $AgGaS_2$ melting temperature was T_m = 1271 ± 3 K. The thermal conditions in the furnace were maintained using VRT-3 high-precision temperature controllers. The temperature gradient at the crystallization front in the furnace was 3 K/mm. The ampule with molten material was lowered vertically and cooled at a rate of 0.5 mm/h. Following crystallization, the furnace was turned off and cooled to room temperature together with the sample.

The growth of $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ (x = 0; 0.5 и 1.0) single crystals was performed by the CTR method. $AgGaX_2$ (X – S, Se) are taken together with the transporting agent iodine in the ampoule for the crystal growth. They react to form the gaseous binary iodides and selenium at high temperature. All these gaseous species diffuse to the colder growth zone due to the drop in temperature. At the growth zone they react back to form the ternary chalcogenide with the release of iodine. The iodine liberated diffuses back to the source end to form the metal iodides once again. The main advantage of growing single crystals using the CTR method is the ability to conduct the process at lower temperatures and pressures.

The results of X-ray studies at room temperature showed that single crystals based on the $AgGaS_2$ compound crystallize in the chalcopyrite structure with the lattice parameters a = 5.7571–5.7572 Å and c = 10.3110–10.3036 Å for $AgGaS_2$ and a = 5.992; c = 10.883 Å for $AgGaSe_2$.

The results of analyzing the X-ray dosimetry properties of $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ single crystals are detailed below. All measurements were conducted at T = 300 K. The studied $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ single crystals exhibited

high sensitivity to X-ray radiation. The X-ray conductivity coefficient (relative change in electric conductivity of crystal due to X-ray radiation at a given dose) of a sample was determined by the following equation:

$$K_\sigma = \frac{\sigma_E - \sigma_0}{\sigma_0 \cdot E}$$

where σ_E is the sample electric conductivity ($Ohm^{-1}cm^{-1}$) under the action of X-ray irradiation with a dose rate of E (R/min) and σ_0 is the dark electric conductivity of a single crystal. The X-ray sensitivity (A min)/(V R) of a single crystal was calculated as $K = \frac{\Delta I_{E,0}}{U \cdot E}$

where $\Delta I_{E,0} = I_E - I_0$; I_E is the current strength in the sample at an X-ray dose rate of E (R/min), I_0 is the dark current, and U is the external voltage applied to the sample.

Single crystals of $AgGaSe_2$ grown by CTR method in comparison with $AgGaS_2$ and $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ had the highest X-ray sensitivity. At an effective radiation hardness of 30 keV and a dose rate of E =10 R / min the coefficient of roentgen sensitivity K = 5.4×10^{-13} (A min)/(V R) for $AgGaS_2$ and K = 15×10^{-13} (A min)/(V R) for $AgGaSe_2$. The coefficient of X-ray conductivity $AgGaSe_2$ varies within 1.2–8.5 min / R an effective radiation hardness of V_a = 25–50 keV and a dose rate of E = 0.75–31.3 R / min. It was found that the X-ray sensitivity coefficient of $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ increased with increasing radiation dose. The value of K increased fairly rapidly at V_a = 25 keV. At higher values of effective hardness of X-ray radiation, the $K(E)$dependence flattened; the X-ray sensitivity depended only weakly on E at V_a = 50 keV. Similar patterns were observed in the case of the dose dependence of K_σ of $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ single crystals.

The X-ray ampere characteristics of $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ single crystals were also studied. It follows from the results of these studies that the dependence of the steady X-ray current on the X-ray radiation dose is a power law one: $I_r = \Delta I_{E,0} = I_E - I_0 \sim E^\alpha$.

The values of α for the studied single crystals varied depending on the effective hardness of X-ray radiation from 2–2.5 at V_a = 25 keV to 1.2–1.3 at V_a = 30–50 keV. The X-ray ampere characteristics of studied single crystals tended toward linearity (α→ 1) at higher V_a values. This is important from a practical standpoint.

We also investigated the X-ray current in the $AgGaS_{2x}Se_{2-2x}$ samples and found that the dark current in the samples, in contrast to $CdIn_2S_4$ and $CdGa_2S_4$ single crystals [5, 6], reached a steady state value almost immediately after the X-ray radiation was turned off.

Thus the obtained single crystals can be recommended as active materials for the creation on their basis of uncooled and practically non-inertial X-ray recording devices.

References

1. Uematsu T., Doi T., Torimoto, T., and Kuwabata S., J. Phys. Chem. Lett., 2010, vol.1, No 22, p. 3283.

2. Zhang, Y., Wang, R., Kang, Z., et al., Opt. Commun., 2011, Vol. 284, p. 1677.

3. Route, R.H., Felgelson R.S., Raumakers R.J., and Choy, M.M., J. Cryst. Growth, 1976, Vol. 33, No 2,p. 239.

4. Shevyrdyaeva, G.S., Skrebneva, O.V., and Badikov, V.V., USSR Inventor's Certificate No1839796.

5. Mustafayeva, S.N., Asadov, M.M., and Huseynov, D.T., Inorg. Mater.: Appl. Res., 2010, Vol. 1, p. 293.

6. Mustafayeva, S.N., Asadov M.M., and Huseynov, D.T., Inorg. Mater., 2010, Vol. 46, No 6, p. 587.

PULCUQLARIN SIQNAL ÖTÜRMƏ XÜSUSIYYƏTLƏRI

Qocalı C.A., Əliyeva Ş.V.
AzərbaycanTexniki Universiteti

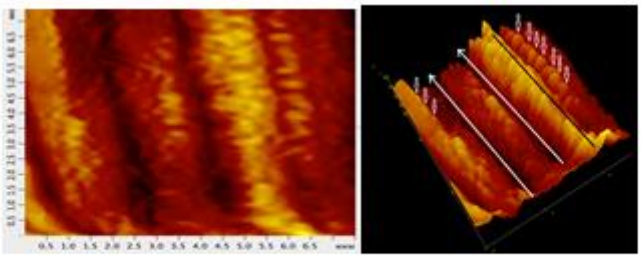
Məlum olduğu kimi, balıq pulcuqları çoxkomponentli, mürəkkəb materialdır. Pulcuqlar əsasən mineral maddələrdən və kollagendən ibarətdir. Müxtəlif növ balıqlarda pulcuqların kimyəvi tərkibləri, ölçüləri, düzülmə qanunauyğunluqları bir – birindən kəskin dərəcədə fərqlənir. Balıq pulcuqlarının tərkibinə daxil olan kollagen - skleroprotein qrupuna aid olan təbii polimerdir.

Balıq pulcuqlarının səthinin mikrostrukturlarının atom-molekulyar səviyyədə tədqiq olunması həm elmi, həm də praktiki baxımdan xüsusi əhəmiyyət kəsb edə bilər. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, optik və elektron mikroskopiya üsulları ilə mürəkkəb quruluşa malik balıq pulcuqlarının səthlərinin tədqiqatı aparılmışdır. Pulcuqlar su altında yuyulur, üzərindəki selikdən təmizlənir, 50^0C temperaturda 24 saat ərzində qurudulur. Tədqiqatlar səthi təmizlənmiş balıq pulcuqlarında aparılmışdır.

Həmin əməliyyatdan sonra atom qüvvə mikroskopu və optik elektron mikroskopları vasitəsilə balıq pulcuqlarının səthlərinin mikrorelyeflərinin təsvirləri alınmışdır. Səthlərin səthi və həcmi təsvirləri 3D və 2D miqyaslarında alınmışdır və nəticələr şəkil 1 – də verilmişdir. Alınmış təsvirlərin təhlili göstərmişdir ki, pulcuq səthlərində 15 -20 nm ölçüdə nanokanallar mövcuddur və onlar kənardan alınmış məlumatların baş beyinə ötürülməsinə xidmət edir və pulcuqların səthlərinin fraktal xarakterə malik olmasını təsdiq edir. 3D ölçülü təsvirdə uzununa xəttlərlə pulcuq üzərindən keçən kanallar təsvir edilmişdir bu kanallar balığın başı ilə quyruğunu birləşdirir, təsvir olunan bu kanal pulcuq üzərində yan xəttin bir hissəsini göstərir. Şaquli oxlarla pulcuq üzərində təsvir olunmuş nanoadaçıqlar verilmişdir. Qara oxla isə aqreqasiya olunmuş nanoformalaşmalar - bioklasterlər təsvir edilmişdir.Balıqların ətraf mühitlə əlaqəsini təmin etmək və ətraf mühitin təsirini hiss etmək üçün, yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, balıq pulcuqları üzərində mövcud olan kanallar ətrafdan alınan siqnalların balıqətrafı yan xəttlərə və onların vasitəsilə isə baş beyinə ötürülməsini təmin edir (şəkil 2.).

Yan xətt – istiqamətin həssaslığını və su axınının sürətini təmin edir.

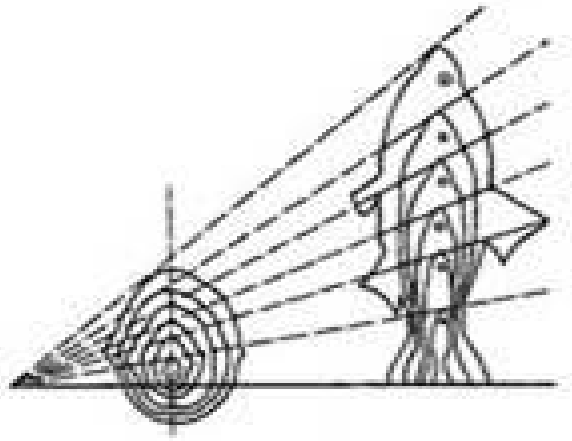
Balıqların dərisi ətraf mühitin zərərli təsirlərindən orqanizmi müdafiə edir, maddələr mübadiləsində iştirak edir. Onun vasitəsilə duzlar, oksigen, su və digər maddələr bədənə hopurlar. Dəridə sinir sonluqları yerləşmişdir, bunun sayəsində o, həssas orqanların funksiyasını yerinə yetirə bilər. Xarici qatın səthi məsaməlidir və yerləşdiyi yerdən asılı olaraq müxtəlif ölçülərə malikdir. Təhlil göstərir ki, bu strukturlar fraktal xarakter daşıyır. Epidermanın aşağı hissəsində kolbaşəkilli hüceyrələr



yerləşmişdir. Bu hüceyrələr selik ifraz edir. Selik bakteriyaların, parazitlərin orqanizmə daxil olmasına mane olur. Bu da pulcuqların fraktallığına imkan yaradır.

Yan xəttlər balıqların kənar təsirlərdən qorunmalarını, hərəkət istiqamətlərini və ov etmələrini təmin edir. bu xəttlər xaricdən dartılmış ipə bənzəyir və balığın quyruq hissəsindən başına qədər istiqamətlənir. Bəzi balıqlarda yan xəttləri elektroreseptorlar formasındadır və ətraf mühitin elektrik rəqslərini tutma xüsusiyyətinə malikdir. Yan xəttlərin reseptorları neyromastlar adlanır və onlaın hər biri lifə oxşar toxumalardan təşkil olunur. Lifəbənzər toxumalar yan xəttləri təşkil edən üzvlərin aşağı hissələrində və çuxurlarında yerləşirlər. yan xəttin lifəbənzər toxumaları daxili qulaqcıqların lif toxumalarına oxşardır ki, bu da o deməkdir ki, həmin orqanlar eyni funksiaları yerinə yetirirlər. sümüklü balıqlarda yan xəttləri kanal formasında olur və kənar mühitlə əlaqə həmin kanal boşluqları vasitəsilə yaranır. Qeyd edilməlidir ki, balığın səthinin müxtəlif yerlərində əlavə neyromastların olması mümkündür. Çapaq balığında iki minə qədər lifəbənzər neyromast mövcuddur. Onlar balığın funksional fəaliyyətini müəyyən etməyə xidmət edir.

Şəkil. 3– də balığın pulcuğunun səthində illik üzüklərin şəkilləri verilmişdir. Pulların üzərində həlqələrin artması mərkəzi rüşeymdən başlanır, hər il yeni həlqələr yaranır. Təqdim edilmiş şəkillərdən hər biri fiziki fraktal kimi müəyyən maraq kəsb edir.



Şəkil. 2. Pulcuq üzərində illik həlqələrin təsiri. Pulcuq üzərindəki bu həlqələri sayaraq balığın dəqiq yaşını təyin etmək olur

Ədəbiyyat siyahısı

1.Б.А. Багатых. Фрактальные структуры живого и эволюционный процесс. Журнал общей биологии, Том 67, 2006. №4, июль- август, с.243 -255.

2.Godzhaev Eldar, Abasov Abbasali, Aliyeva Sharafkxanim, Charuxcev David // The Surface Fractal Structure of Fish Scales Open Journal of Inorganic Non-Metallic Materials, 2014, 4, pp 7-11

3.Б.Б.Мандельброт // Фрактальная геометрия природы, И. Москва, 2002, с.654

4.Э.М. Годжаев, К.Ш. Кахраманов, Ш.В. Алиева, А.Б. Нагиев // Квазифрактальная поверхность чешуи рыб // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология,2014,№1(6),с.56-61

5. В.Л.Миронов // Основы сканирующей зондовой микроскопии Нижний Новгород,2004, 114с.

BİOLOJİ MƏNŞƏLİ KOMPOZİTLƏRİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ TƏDQİQ OLUNMA PERSPEKTİVLƏRİ

Qocayev E.M., Əliyeva Ş.V.

Azərbaycan Texniki Universiteti

Polimer əsaslı kompozit materialları, təsadüfi və ya nizamlanmamış, həmçinin nizamlı quruluşa malik olan maddələrin qarışığıdır. Ümumi şəkildə polimer kompozit materialları, bir kəsilməz fazanın digər dispers faza (doldurucu) ilə qarışdırılması nəticəsində alınan yeni maddələrdir. Deməli, kompozisiya materiallarının alınmasının əsasında iki və daha çox müxtəlif fazanın texnoloji fəndlər vasitəsi ilə bir – birinə qarışdırılması durur.

Polimerlərin xassələrinə kəskin təsir edən çoxsaylı xüsusi maddələr qrupu polimer əlavələri hesab edilir. Polimerlərin modifikasiya olunması, yeni funksional xassəli materialların aşkar edilməsinə imkan verir. Xüsusi qeyd olunmalıdır ki, kompozit materiallarının alınmasında bir neçə amilə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Çalışılmalıdır ki, müəyyən əlavələr etməklə alınmış kompozisiya materiallarının kompleks fiziki – kimyəvi xassələri və onlara müvafiq parametrləri yaxşılaşdırılmış olsun. Bu məqsədə çatmaq üçün müxtəlif təzyiqli və ya sıxlıqlı polimerlərə toxuma keyfiyyətinə malik, lifəbənzər doldurucuлardan, incə dispers doldurucuлardan, aerosillərdən habelə, üzvi və qeyri üzvi mənşəli digər doldurucuлardan istifadə edilir. Kompozit materialları alınarkən onlara doldurucuların əlavə edilməsi zamanı çalışılır ki, onların elektrofiziki, termik və digər xassələri yaxşılaşsın və idarə oluna bilsin. Bu zaman doldurucunun hissəcikləri bu və ya digər üsulla polimer matrisasında paylanır. Bunlarla yanaşı, kompozitlərin alınmasında istifadə olunan doldurucuлara da müəyyən tələblər qoyulur. İlk növbədə çalışılır ki, doldurucunun matrisada paylanması kompozitin xassələrini idarə etməyə imkan versin, tələb olunan parametrləri yaxşılaşdırmağa xidmət etsin, təbii ehtiyatları çox olsun və qiymətləri mümkün qədər ucuz olsun. Amma, bu şərtlərin hamısını eyni zamanda ödəyən doldurucu seçmək asan məsələ deyildir. Ədəbiyyat məlumatlarının araşdırılması göstərir ki, müxtəlif mənşəli əlavələr etməklə alınan kompozit materialları məişət əşyalarının hazırlanmasından tutmuş, müasir kosmik aparatların detallarının

hazırlanmasına qədər geniş miqyasda tətbiq olunmaqdadır. Amma, kompozitlərin imkanları bunlarla məhdudlaşmır, durmadan çalışılır ki, dayanıqlı parametrlərə malik, kənar təsirlərə, o cümlədən, müxtəlif mənşəli şüalanmalara qarşı daha dözümlü və daha ucuz başa gələn kompozit materialları əldə edilsin. Bunun üçün müvafiq doldurucuların seçilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Digər tərəfdən, son illər biokompozitlərin alınaraq tədqiq olunmasına da xüsusi diqqət yetirilir və bu istiqamətdə xüsusilə Yaponiyada, ABŞ – da, Niderlandda və digər ölkələrdə geniş miqyaslı tədqiqatlar aparılır. Amma, bu istiqamətlərdə tədqiqatların aparılmasına qonşu Rusiyada yeni – yeni başlanılır.

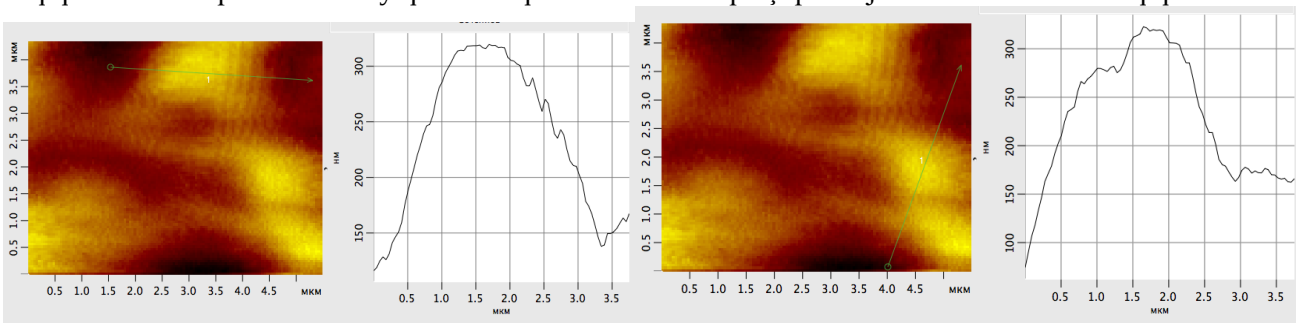
Respublikamızda isə bu istiqamətdə demək olar ki, tədqiqatlar aparılmamışdır [1,2]. Biokompozitlərin sənayenin müxtəlif sahələrində geniş istifadə olunma imkanlarına malik olması, onlara marağı daha da artırır və bu istiqamətdə fundamental tədqiqatlar aparılmasını stimullaşdırır. Biokompozitlər həm ayrılıqda, həm də standart materiallara əlavə kimi istifadə oluna bilir. Biokompozit materiallar bir sıra özəlliklərə sahibdirlər: sağlamlığa müsbət təsir edir; təhlükəsizdir; yüngüldür; ekoloji baxımdan ətraf mühitin çirklənməsinə az təsir edən materiallardır ki, bu da belə materiallardan istifadəni daha əlverişli edir. Bu tip materiallar həmçinin qırılmaya və ya dağılmaya qarşı da dözümlü olurlar. Biokompozitlər təbii liflərdən əlavələr edilməklə formalaşmış kompozit materiallardır. Bu tip materialları əksər hallarda canlı orqanizmlərdə mövcud olan strukturlar kimi qəbul edirlər. Biokompozitlərin əsas komponentləri kimi bioloji mənbələrdən alınan, təbii ehtiyatı çox olan, emalı daha asan və ucuz başa gələn materiallardan istifadə olunur. Biokompozitləri doldurucuların növünə görə ağac və qeyri ağac mənşəli liflərə bölürlər. Ağac lifləri ona görə belə adlandırılırlar ki, onların tərkiblərinin təxminən 60% – i ağac elementlərindən, məsələn, pambıq liflərindən, ağac ovuntularından və s. təşkil olunur. Qeyri ağac mənşəli liflər fiziki və mexaniki xassələrinə görə sənaye üçün daha cəzbedicidir. Bundan əlavə, onlar nisbətən uzun liflərdir, tərkiblərində seluloidin miqdarı çoxdur ki, bu da onların möhkəmliyini və dartılmaya davamlılığını artırır. Bununla yanaşı, təbii liflər bəzi çatışmamazlıqlara da malikdirlər. Onların tərkiblərində OH hidroksil qrupu vardır ki, bu da su molekullarını özünə cəlb edə və lifin yox olmasına gətirə bilər. Bu, kompozitin sərhəddində boşluqlar yaradır, o da öz növbəsində mexaniki xassələrə və ölçülərinin stabilliliyinə təsir edir. Təbii liflər uzun və elastiki iynəvari quruluşlu, bərk növləri isə daha qısa, sərt və sellülozanın daha aşağı kristallaşma dərəcəsinə malik olurlar. Qeyri ağac mənşəli liflərə misal olaraq canlı orqanizmlərdən alınan, əsasən tullantı materialları hesab edilən tük, yun, sümük və pulcuq kimi materialları göstərmək olar. Bu tip materiallar təbiətdə mövcud olan təbii polimerlərdir və ətraf mühitin təsirlərinə daha davamlıdırlar.

Qeyd olunanlara əsaslanaraq biokompozitlərin alınmasında doldurucu kimi istifadə olunan balıq pulcuqlarının, sümüklərinin və üzgəclərinin, habelə onların iştirakı ilə alınan biokompozitlərin alınması və xassələrinin tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə doldurucuların seçilməsi təsadüfi deyildir. Dövri ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, bu materiallar kənar təsirlərə qarşı kifayət qədər davamlı olan təbii polimerlərdir. Onlardan istifadə olunmasının böyük iqtisadi səmərə verməsi isə şübhəsizdir. Çünki, təbii ehtiyyatı kifayət qədər çox olan və ucuz başa gələn materialların tədqiq edilməsi və tətbiqolunma imkanlarının aşkar edilməsi dövrümüzün aktual problemlərindən biridir. Tədqiqatlar nəticəsində aşkar edilmişdir ki, balıq sümükləri, üzgəcləri və pulcuqları, mürəkkəb, çoxkomponentli sistem olub, əsasən mineral maddələrdən və kollagendən ibarətdir. Müxtəlif növ balıqların pulcuqlarının kimyəvi tərkibləri, ölçüləri və spesifik düzülüşləri bir – birindən az da olsa fərqlənir. Balığın pulcuqları, üzgəcləri və sümükləri ixtiojelatinin mənbəyi olan skleroprotein qrupuna aid kollagen əsaslı təbii polimerdir. Kollagenin ilkin strukturu amin turşularından ibarət olan polipeptid zəncirdir. Kollagen - dərinin, qığırdaqların və sümüyün toxumalarının əsas struktur zülalları hesab olunur. Bu, əksər canlıların ümümi zülallarının dörddə birini təşkil edir. Məsələn, balığın çəkisinin 75% – i, o cümlədən, dərisi, sümükləri, üzgəcləri, başı tullantı kimi atılır. Bu səbəbdən də bütün elmi ictimaiyyət dənizlə əlaqədar olan biomaterialalrın intensiv tədqiqatları ilə məşğul olurlar. Biotexnologiya istiqamətində son illərdə aparılmış tədqiqatlarla dəniz məhsullarının zəngin birləşmələr, bioloji aktiv maddələr, funksional elementlər mənbəyi olması sübut edilmişdir [3-6]. Kollagenə gəldikdə, bu materialdan biotibbi və əczaçılıq sahələrində tətbiq olunması, zədələnmiş toxumaların bərpa olunmasında və bu imkanların daha da genişləndirilməsi istiqamətində intensiv tədqiqat işləri aparılır [7-9]. Bundan əlavə qida sənayesində, yeyinti məmulatları üçün örtüklərin hazırlanmasında və fotoqrafiya sənayesində artıq tətbiq olunurlar. Belə ki, Dənizlə əlaqədar olan biomaterialların tərkibindəki kollagen, kosmetik vasitələrin hazırlanmasında çox geniş tətbiq olunan, effektiv, dayanıqlı xassələrə malik qiymətli material hesab edilir. Hazırda təbii biomateriallar bioprotezlərin yaradılmasında müvəffəqiyyətlə istifadə edilir. Bundan əlavə, tullantı materialları hesab edilən balıq pulcuqlarından nanogeneratorlar hazırlanmasında, balıq sümüyündən biodizel yanacaqlarının hazırlanmasında istifadə edilir [10]. Bu, ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaqla yanaşı, kifayət qədər böyük iqtisadi səmərə verir. Balıq sümüyündən orqanların bərpa edilməsində istifadə edilməsi daha təhlükəsiz hesab olunur. Bu, insan və balıq evolyusiyaları arasında böyük fərqin olmaması ilə əlaqədardır. Bundan əlavə, kifayət qədər təbii ehtiyatı olan və tullantı materialı hesab edilən balıq sümüyündən biotibbi məqsədlər üçün istifadə olunması

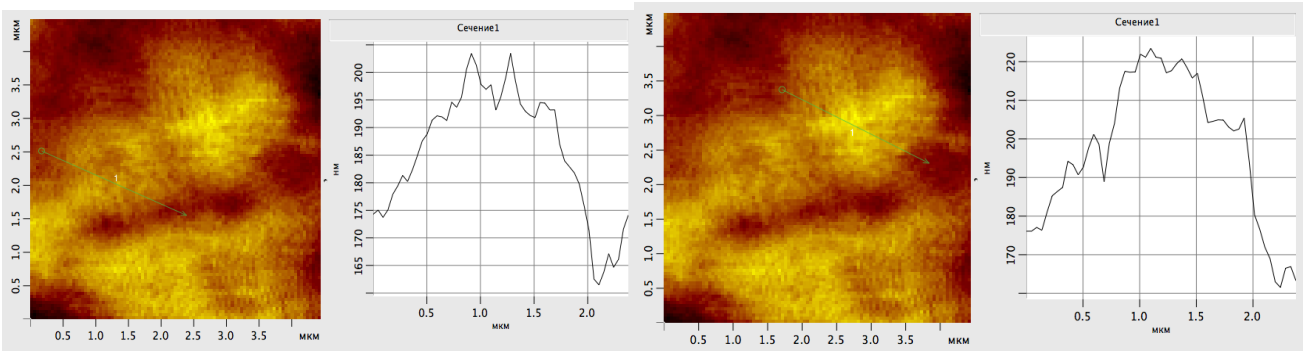
da böyük iqtisadi səmərə verir. Balıq sümüyünün rentgenofaza analizi vasitəsilə tərkibi öyrənilərkən onun tərkibində kalsium, kalsium sulfat, kalsium oksid, kalsium fosfid, hidroksiapatit və kollagen olması müəyyən olunmuşdur. Həmin materiallar adətən katalizator qismində istifadə edilir. Təbiətdə kifayət qədər təbii ehtiyatı olan, tullantı materialı hesab edilən balıq sümüyündən əlavələr edilməklə yeni tip biokompozitlərin alınması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Qeyd olunanları nəzərə alaraq aşağı sıxlıqlı polietilenə balıq sümüyündən və metal nanohissəciklərindən əlavələr etməklə yeni tip kompozitlərin və nanokompozitlərin tədqiqi xüsusi maraq kəsb edir və bu tip kompozitlərin tədqiq olunmasının aktuallığı şübhəsizdir.

Doldurucu kimi istifadə edilən balıq sümüyünün tərkibi kifayət qədər mürəkkəbdir. Nəm halda olan sümüyün tərkibində 50% su, 15.5 % yağ, 22 % qeyri – üzvi, 12.5 % üzvi mürəkkəb birləşmələr mövcuddur. Bu halda olan sümüyün 1/3 hissəsi üzvi, 2/3 hissəsi isə qeyri – üzvi maddələrdən ibarət ola bilir və bu 40 – 60% arasında dəyişə bilir.

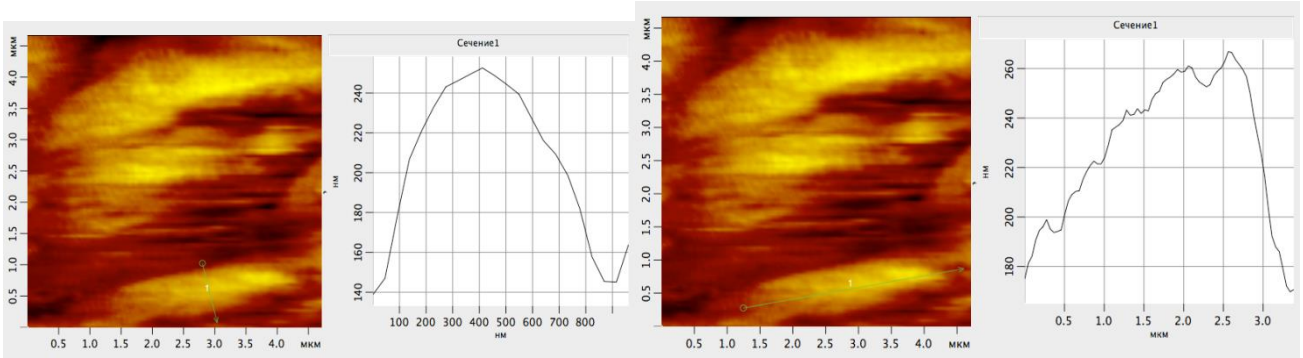
ASPE+xhəcm%Bs tip kompozitlərin alınması üçün doldurucu kimi istifadə edilən sümük xüsusi texnologiya ilə hazırlanır: təmiz su ilə diqqətlə yuyulur. Üzərindəki qalıqlardan təmizlənir, 50^0C temperatura qədər qızdırılıb qurudulur. Üyüdücü dəyirman vasitəsilə toz halına salınır. Toz halına salınmış balıq sümüyünü ələkdən keçirməklə bu hissəciklərindən ölçüləri də 100 mkm – dən böyük olmayan nanohissəciklər alınır. Kompozitlərin alınması üçün balıq sümüyü tozundan hazırlanmış doldurucu və M-158 markalı aşağı sıxlıqlı polietilen matrisası stexiometriyaya uyğun olaraq tərəzidə çəkilir. Hazırlanmış polimer əlavə qarışığı, titrəmə üsulu ilə diqqətlə qarışdırıldıqdan sonra, alüminium folqa arasına yerləşdirilir, nümunələrin alınması üçün 10MPa təzyiqdə və 130^0C temperaturda pres altında sıxılır. Qarışıq həmin temperaturda və təzyiq altında 3dəqiqə saxlanıldıqdan sonra təzyiq 15MPa qədər artırılır və qarışıq bu rejimdə əlavə daha 5 dəqiqə saxlanılır.



ASPE +3 həcm%Bs



ASPE +5 həcm%Bs



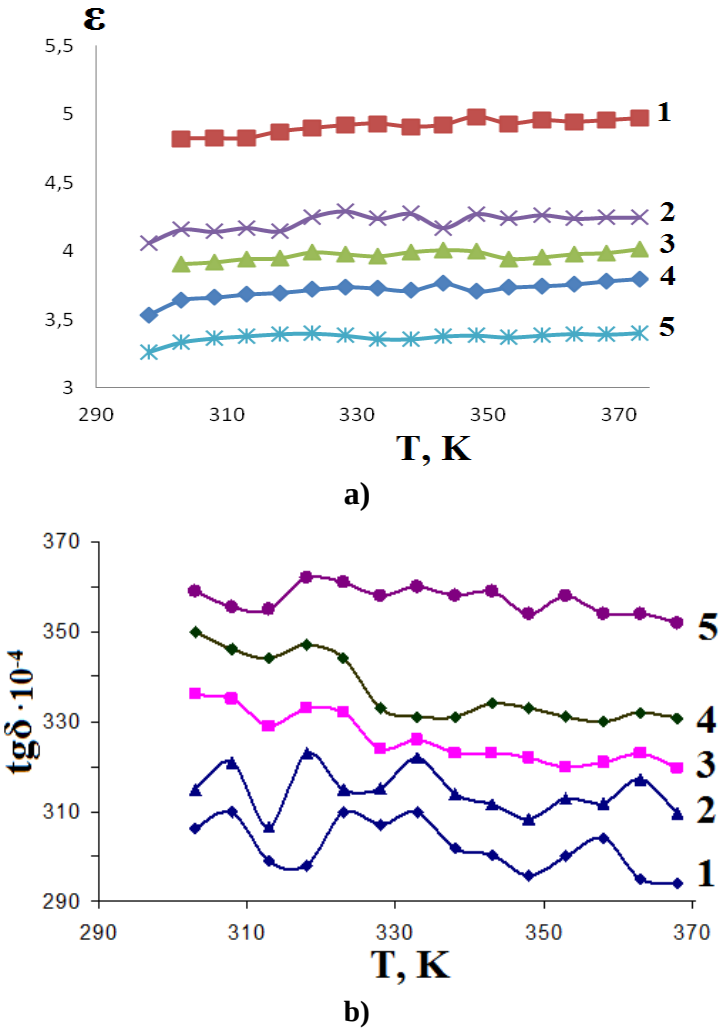
ASPE +7 həcm%Bs

Şəkil 1 . ASPE+x həcm%Bs kompozitlərin səthlərinin Atom qüvvə mikroskopu (AQM) üsulu ilə alınmış profiloqrammaları.

Bu prosesdən sonra nümunələr əriməkdə olan buzlu suda soyudulur və aluminium folqa arasından çıxarılır. Diskşəkilli alınmış nümunələrin diametri 5 sm, qalınlığı 200mkm olmuşdur. Alınmış yeni tip kompozitlərin səthlərinin mikrorelyefləri AQM üsulu ilə tədqiq edilmiş və nəticələr şəkil 1- də verilmişdir.

Kompozitlərin dielektrik nüfuzluqlarının və dielektrik itki bucaqlarının tangenslərinin temperaturdan asılılıqları [11] işində verilmiş üsulla tədqiq edilmişdir.

ASPE+xhəcm%Bs tip kompozitlərin dielektrik nüfuzluqlarının və tangens itki bucaqlarının temperatur asılılıqlarının tədqiqi şəkil 2 - də verilmişdir.



Şəkil 2. ASPE+xhəcm%Bs tip kompozitlərin dielektrik nüfuzluqlarının və tangens itki bucaqlarının temperaturdan asılılığı:1-x=15, 2-x=10, 3-x=7; 4-x=10; 5- x=3.

Təcrübə 290 – 390K temperatur intervalında aparılmışdır. Aşkar edilmişdir ki, temperaturun artması ilə bütün qeyd olunan kompozitlərin dielektrik nüfuzluqları cüzi olaraq artır. Bundan əlavə tərkibdə doldurucunun miqdarı artdıqca dielektrik nüfuzluğu artır. Dielektrik itki bucağının temperaturdan asılılığı bir az mürəkkəbdir. Ümumilikdə isə tərkibdə doldurucunun miqdarı artdıqca dielektrik itki bucağının tangensinin qiyməti azalır. Temperaturun artması ilə də dielektrik itki bucağının tangensinin qiyməti azalır.

Dielektrik nüfuzluğunun bioəlavəli kompozitlərdə bu cür dəyişməsi əsasən Maksvell – Vaqner polyarlaşması dielektrikin və doldurucunun səth enerjiləri sistemin keçiriciliyi və onun perkolyasiya astanasına yaxın olması ilə əlaqədardır. Doldurucunun kompozitdə kiçik miqdarlarında dielektrik nüfuzluğunun artması Maksvell – Vaqner polyarlaşması ilə əlaqədardır. Lakin, doldurucunun konsentrasiyası artdıqca kompoziti əmələ gətirən komponentlərin səth enerjilərinin fərqli olması ilə əlaqədar olaraq kompozitin quruluşu qeyri dayanıqlı olur və onları təşkil edən hissəciklərin yekun səthindən kiçik olan klasterlər əmələ gətirir. Klasterlərin sayının doldurucunun konsentrasiyasının artması ilə artmasına, hissəciklər arasında dielektrik qatlarının azalmasına və bu da nəticədə elektrik tutumunun artmasına gətirir. ASPE+x həcm%Bs tip kompozitlərin $\varepsilon(T)$, $tg\delta(T)$ dispersiya əyriləri göstərir ki, həmin kompozitlərin dielektrik nüfuzluqları temperaturun artması ilə monoton olaraq azalır. $\varepsilon(T)$ bu cür asılılığı dielektrik nüfuzluğunun relaksasiya xarakterli olmasını göstərir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Асланбек Б., Ольга А. Мировой рынок биополимеров // The Chemical Journal, №3,2012,48-53 с.
2. Валеева Н.Ш., Хасанова Г.Б. Биополимеры – перспективный вектор развития полимерной промышленности // Вестник казанского технологического университета, 2013, Т.16, №. 22.184-187 с.
3. Silva T.H., Alves A., Ferreira B. et al. Materials of marine origin: A review on polymers and ceramics of biomedical interest // Int. Mater. Rev., 2012,v.57, p.p. 276–306.
4. Se-Kwon K. Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications. John Wiley & Sons Ltd, NJ,USA, 2013, 816 p.
5. Cheung R.C., Ng T.B., Wong J.H., Marine peptides: Bioactivities and applications // Mar. Drugs,2015, v.13, p. p. 4006–4043.
6. Mao X., Liu Z., Sun J., Lee S.Y., Metabolic engineering for the microbial production of marine bioactive compounds // Biotechnol Adv., 2017, v35(8), p.p. 1004-1021.
7. Elsner P., Berardesca E., Maibach H. et al. Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum. CRC Press, FL, USA, 1994, 2nd edn, 440 p.
8. Peng Y., Glattauer V., Werkmeister J. A., Ramshaw J.A. Evaluation for collagen products for cosmetic application // J. Cosmet. Sci.,2004, v.55, pp. 327-341.
9. Киладзе А.Б. Рыбные отходы — ценное сырье // Рыбное хозяйство,№3, 2004, 58-59 с.
10. Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф.Процессы и технологии производства биодизельного топлива, Международный научный журнал«Инновационная Наука» №5, 2016, 69-70с.
11. E.M.Qocayev, Ə.Ə.Əbdürrəhimov, Ş.V.Əliyeva, S.İ.Səfərova, A.M.Ələkbərov Температурные характеристики диэлектрических свойств композитов с наполнителями биологического происхождения AzTU – nun Elmi əsərləri Fundamental elmlər, İSSN 1815-1779, №1, Bakı 2017. səh. 86-94

OBTAINING FUNCTIONAL MATERIALS BASED ON MAGNETITE NANOPARTICLES AND DIAZOCROWN ETHERS AND STUDYING THEIR BIOCHEMICAL PROPERTIES

Vəzirova L.Z., Həsənova Ü.Ə.
Research Institute Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry,
L_vez@mail.ru

Supramolecular structures play a vital role in functioning of living organism. Their feature is that they arise spontaneously, via hydrophobic interactions, electrostatic effects that in turn arise from the interaction of functional groups of biomolecules with an aqueous environment and through non-covalent bonds. Synthetic analogues of supramolecular systems are of great interest. They imitate the properties of naturally occurring systems. The crown ethers can demonstrate the properties of naturally occurring membrane active antibiotics. Macrocycle cavity of crown ether binds the cations trough ion-dipole and dipole-dipole non-covalent bonds [1-3].

The aim of this work is to functionalize iron nanoparticle with hydroxyl substituted diazacrown ether which is able to mimic natural siderophores. Synthesis of macrocycle 1,13-Diaza-5,9-dioxa-7-hydroxy-3,4:10,1-dibenzocyclopentadecan was carried out according to the method [4].

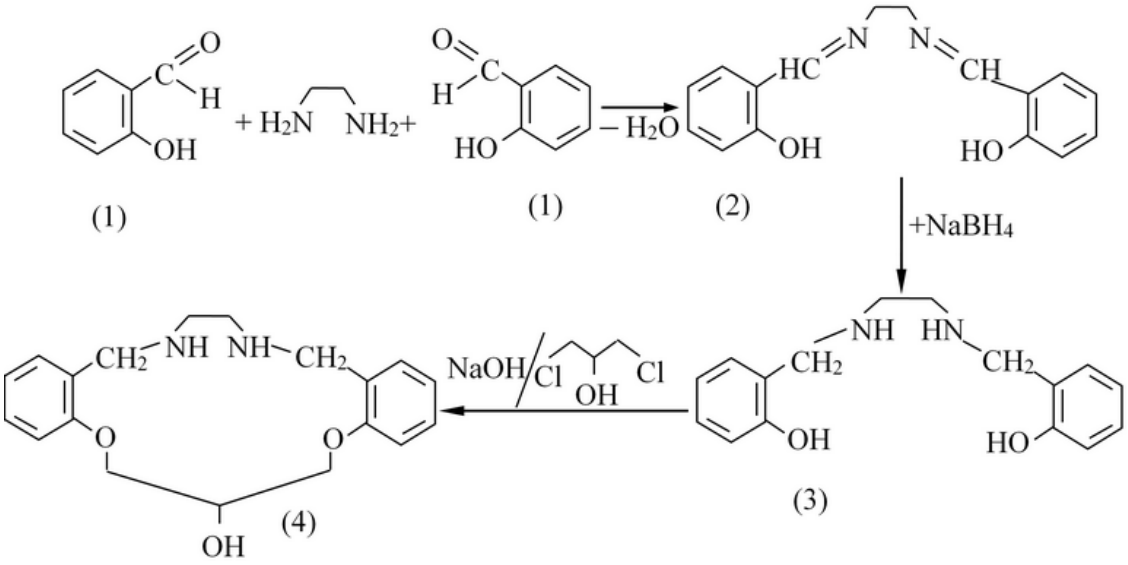
Synthesis of nanostructures was carried out by functionalization of Fe_3O_4 nanoparticles (NPs) with MC (MC@Fe_3O_4NPs). A direct method for proving the nanostructure was the results of energy-dispersive X-ray spectroscopy, which was taken in the course of analysis by transmission electron microscopy. Magnetic iron oxide nanoparticles are prepared by wet chemical precipitation from aqueous iron salt solutions in alkaline milieu, created by using NH4OH, in the atmosphere of gaseous nitrogen [5].

The formed Fe_3O_4 nanoparticles were separated by NdFeB permanent magnet, repeatedly washed with distilled water and dispersed in ethanol. The ethanol solution of MC, taken in excess, was added to ethanol solution of Fe_3O_4 nanoparticles and thoroughly stirred. After stirring during 8 hours in ambient conditions, the prepared nanostructures were separated by strong NdFeB permanent magnet and repeatedly washed with distilled water. The obtained NPs were dried in ambient conditions and the iron content in the samples was analyzed by atom absorption spectroscopy performed on Varian SpectrAA 220FS Atomic absorption spectrometer. Samples were prepared by Milestone ETHOS 1 Microwave extraction unit. The UV spectra were recorded on Spectrophotometer Specord 250 Plus. UV spectra were recorded at the 275 nm range for standard solutions of MC.

Antibacterial activity of MC and MC@Fe_3O_4 was tested by diffusion method, performed on Petri dishes, on Staphylococcus aureus, Klebsiella spp. and Escherichia coli [6].

The synthesized substances were taken in amount equal to 30 μg. Escherichia coli were cultivated on Endo's medium, Klebsiella spp.on Sabouraud medium and Staphylococcus aureus on Baird-Parker agar (cultures were kindly provided by one of the clinical laboratories of Baku, Azerbaijan). Due to the fact that this method provides only quality data, microdilution method was also performed. By this method the MIC of prepared substances on Staphylococcus aureus, Klebsiella spp. and Escherichia coli was identified. To perform microdilution method the stock solutions of different concentrations of the substances were prepared in distilled sterile water and were distributed in 96 multi-well plates. Each well was inoculated with 0.1 mL of microbial suspensions of 0.5 McFarland turbidity, prepared from 24 h fresh culture. Sterility control wells and microbial growth controls were involved. The plates were incubated for 24 h at 37 ˚C.

In order to measure antibacterial effect on biofilm development, wells were washed with PBS three times, dried for 15 minutes in room temperature and stained by crystal violet 1% for 15 min. After the deletion of crystal violet 1%, wells again were washed 3 times with PBS and dried at room temperature for 15 minutes. Further, the biofilm, formed on the plastic wells, was re-suspended in 30% acetic acid and the intensity of the coloured suspension was assayed by measuring the absorbance at 590 nm. Synthesis of MC 1,13-Diaza-5,9-dioxa-7-hydroxy-3,4:10, 1-dibenzocyclopentadecan (4) is depicted on the scheme 1. N, N′ ethylenebis(salysilimine) (2) was prepared by condensation of salysilaldehide (1) with ethylenediamine. The reduction of (2) was carried out by sodium borohydride. The ring closure step was carried out by reaction of corresponding saturated derivative (3) with 1,3-dichloro-2-propanol.



Scheme. The synthesis of MC 1,13-Diaza-5,9-dioxa-7-hydroxy-3,4:10,1 dibenzocyclopentadecan.

The purity and crystalline properties of the MC@Fe_3O_4 were investigated by powder X-ray diffraction (XRD). All the XRD peaks were well defined and corresponded to Fe_3O_4 nanoparticles with cubic structure. XRD peak broadening is the evidence of nanocrystal formation. All of the lines in the pattern relate to magnetite and can be indexed using the ICDD (PDF-2/Release 2011 RDB) DB card number 00-001-1111, for prepared nanostructure. The pattern of MC@Fe_3O_4 NPs has characteristic peaks at 30.250 (220), 35.750 (311), 43.520(400), 57.440(511), 62.930(440).

The synthesized MC@Fe_3O_4 NPs would be able to reveal antimicrobial activity (bacteria Staphylococcus, Escherichia coli and Klebsiella spp.), due to ionoforic properties as well as MC@Fe_3O_4 nanostructures can mimic the properties of natural siderofores, especially in case of gram-negative microorganisms.

The results of the microdiffusion method show that the inhibition zone, produced by MC on *Staphylococcus aureus*, was 14 mm in diameter, but there was no effect on *Escherichia coli* and *Klebsiella spp*. However, when it comes to MC@Fe_3O_4, the contrary results were observed. It has no effect on *Staphylococcus aureus*, but has produced an inhibition zone with the diameter 28 mm on *Escherichia coli* and 22 mm on *Klebsiella spp*.

The antibacterial effect of MC on *Staphylococcus aureus* can be explained by the fact that it acts like ionophore, disrupting the membrane's potential of bacteria. At the same time, in case of MC@Fe_3O_4, antibacterial effect is absent, probably, because Fe_3O_4 NPs blocked action sites of crown ethers, responsible for ionophore binding with membrane via OH, NH and MC' oxygen atoms by means of ion-dipole and dipole-dipole interactions.

When it comes to Escherichia coli and Klebsiella spp., the mechanism is different. As Gram-negative bacteria form so called siderophoric system that can acquire iron from the environment by secreting special iron-chelating agents – siderophores. These siderophores penetrate to periplasmic space through responsible for iron uptake porin channels.

Hydroxyl substituted diazacrown ether is similar to siderophores in their ability to chelate iron. MC alone cannot penetrate through the thick membrane of Gram-negative bacteria and produce antibacterial effect. However, laden with iron, it plays a role as a siderophore and is more advantageous for bacterial cells than natural free-from-iron siderophore. The sum of all above-mentioned factors contributes to high antimicrobial effect of MC@Fe_3O_4 on gram-negative bacteria.

Conclusion

Synthesized hydroxyl substituted diazacrown shows a significant antibacterial effect and low MIC on Gram-positive Staphylococcus aureus, whereas nanostructured hydroxyl substituted azacrown produces an effect and low MIC on Gram-negative microorganism Klebsiella spp. and Escherichia coli, and even has ability to inhibit their growth in biofilm in all concentrations.

References

1. Steed J.W. and Atwood J.L. Supramolecular chemistry, 2nd edition, John Wiley & Sons, Ltd., (2009) Chapter 1.7, pp.27-38.

2. Peter J.C. Supramolecular Chemistry: From Biological Inspiration to Biomedical Applications, Springer, (2010) DOI: 10.1007/978-90-481-2582-1.

3. Liu L. and Chen S. Theoretical Study on Cyclopeptides as the Nanocarriers for Li^+,Na^+, K^+ and F^-, Cl^-, Br^-, Journal of Nanomaterials, 2015, Article ID 276191, DOI: 10.1155/2015/276191.

4. Shabanov A.L., Gahramanova Z.O., Vezirova L.Z., Hasanova U.A., Asadov M.M. Synthesis and properties of new crown compounds containing amine and hydroxyl groups in a macrocyclic ring // Encyclopedia of a Chemical Engineer. (2014) № 10, pp. 23-26.

5. Massart R. Preparation of Aqueous Magnetic Liquids in Alkaline and Acidic Media, IEEE Transactions on Magnetics, (1981) V. 17, pp. 1247-1248. DOI: 10.1109/TMAG.1981.1061188.

6. Mayrhofer S., Domig K.J., Mair C., Zitz U., Huys G., and Kneifel W.. Comparison of Broth Microdilution, E test, and Agar Disk Diffusion Methods for Antimicrobial Susceptibility Testing of *Lactobacillus Acidophilus* Group Members. Applied and Environmental Microbiology, (2008) V. 12, pp. 3745-3748. DOI: 10.1128/AEM.02849-07.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СВЕТА С «S»-ОБРАЗНОЙ ВАХ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ p-GaSe<РЗЭ>

[1]Абдинов А. Ш., [2]Бабаева Р. Ф.

[1]Бакинский Государственный Университет

[2]Азербайджанский Государственный Экономический Университет (UNEC)

Возможность совмещения электролюминесценции (ЭЛ) с эффектом переключения (ЭП) на едином образце [1] монокристаллов p-GaSe позволяет создать на их основе переключатели света (ПС). В данной работе сообщается о результатах, полученных при экспериментальном исследовании ПС с **«S»-образной ВАХ на основе** легированных редкоземельными элементами (РЗЭ) при содержаниях введенной примеси $N \leq 10^{-1}$ ат.% **монокристаллов** p-GaSe.

В результате проведенных при $T \leq 300$ К и напряженностях электрического поля до ~$3{,}5 \cdot 10^3$ В/см измерениях установлено, что в монокристаллах p-GaSe<РЗЭ> в области низких температур ($T \leq 200$ К), под действием электрического поля с напряженностью, больше значения определенного $E_з$ (напряженности зажигания электролюминесценции), наблюдается ЭЛ.

Спектр обнаруженной ЭЛ охватывает диапазон длины волны оптического спектра 0,58 мкм$\leq\lambda\leq$1,10 мкм, обладает резким коротковолновым спадом, а также кроме обнаруженного при $\lambda_{мо}\approx$0,60 мкм основного, дополнительными максимумами при $\lambda_1\approx$0,67 мкм и $\lambda_2\approx$0,82. Резкий коротковолновой спад его соответствует значению ширины запрещенной зоны (~2,04 эВ) [2], а основная и дополнительные полосы излучения -рекомбинационным центрам с различной энергетической глубиной залегания (ε_r) в запрещенной зоне монокристаллов p-GaSe [3].

Зависимость яркости электролюминесцентного свечения (B_λ) от приложенного к исследуемому образцу электрического напряжения (U) имеет степенной, а от силы тока, проходящего через образец (i) – линейный характер.

Параметры и характеристики ЭЛ от химической природы введенной примеси не зависят, а с содержанием его (N) - меняются. В частности, с ростом N значение $E_э$, сначала (при $N \leq 10^{-4}$ ат.%) на ~ 25-30 % увеличивается относительно имеющего место в самом низкоомном чистом кристалле ($E_{зо}$), а затем (при $10^{-4} < N \leq 10^{-1}$ ат.%) постепенно уменьшаясь, при $N \approx 10^{-1}$ ат.% становится даже меньше чем $E_{зо}$. Значение B_λ с ростом N сначала (при $N \leq 10^{-4}$ ат.%) на ~30÷40 % уменьшается относительно имеющего место в самом низкоомном чистом кристалле ($B_{\lambda 0}$), а далее (при $10^{4} < N \leq 10^{-1}$ ат.%) резко увеличиваясь, при $N \approx 10^{-1}$ ат.% в 1,5÷2,5 раза превышает $B_{\lambda 0}$. С повышением температуры B_λ сначала (в области $T \leq 160 \div 170$ K) почти не меняется, а далее экспоненциально уменьшается до нуля, т.е. происходит температурное тушение ЭЛ. Температура, при которой происходит полное температурное тушение ЭЛ, от легирования не зависит и составляет ~200 K.

При достижении внешнего напряжения (U), равного напряжению переключения ($U_{пер}$) [1] помимо ЭП, происходит и скачкообразное тушение электролюминесценции. Пока образец находится в низкоомном состоянии, ЭЛ не наблюдается.

С ростом N напряженность электрического поля ЭП сначала ($N \leq 10^{-4}$ ат.%) на ~20÷25 % увеличивается относительно имеющих место в чистых кристаллах $E^0_{пер}$, а далее (при $10^{-4} < N \leq 10^{-1}$ ат.%) - уменьшается и становится даже ~10÷15 % меньше чем $E^0_{пер}$. Параметры и характеристики всех созданных на основе монокристаллов p-GaSe<РЗЭ> с $N \approx 10^{-2} \div 10^{-1}$ ат.% ПС для разных образцов являются почти одинаковыми, а также стабильными и воспроизводимыми. Стабильность параметров и характеристик ПС проверялась путем более 500-кратным испытанием одного, а воспроизводимость их - сравнением результатов для 100 разных ПС с $N \approx 10^{-1}$ ат.%.

Полученные результаты в общем случае удовлетворительно объясняются на основе процесса рекомбинации инжектированных неосновных носителей заряда (электронов) через r-центры рекомбинации [3] и резким уменьшением падения напряжения на исследуемом образце при ЭП [1].

Что касается обнаруженной зависимости расхождения параметров и характеристик ПС от предыстории и (или) уровня легирования его рабочего элемента, то скорее всего, они связаны с наличием в них (в монокристаллах p-GaSe) случайных макроскопических дефектов (СМД) [4]. При легировании РЗЭ, ионы введенной примеси, скапливаясь на этих дефектах, увеличивают их размеры. Вследствие чего, сначала (при $N \leq 10^{-4}$ ат.%), с ростом N пространственная неоднородность и соответственно, влияние СМД на электронные процессы усиливается. Далее из-за «укрупнения» СМД, расстояния между ними (между соседними СМД) становиться сравнимо с длиной свободного пробега и длиной диффузии носителей заряда. В результате чего, как будто макроскопические дефекты сплачиваются, и монокристаллы p-GaSe<РЗЭ> постепенно приближаются к квазиупорядоченному состоянию. При этом, из-за роста доли ионно-ковалентной связи между находящимися в соседних естественных слоях кристалла ионами РЗЭ, усиливается также связь между слоями. Обе эти процессы, в свою очередь, приводят к росту B_λ, а также повышению стабильности и воспроизводимости параметров и характеристик ПС на основе монокристаллов p-GaSe<РЗЭ>.

Тушения электролюминесценции при ЭП может объясняться резким спадом падения напряжения на исследуемом образце и шнурованием тока протекающего через него [5].

Таким образом, можно заключить, что:

- Возможность совмещения ЭП и ЭЛ на едином образце монокристаллов p-GaSe<РЗЭ> позволяет создать на их основе переключателя света с «S»-образной ВАХ.

- Значения, а также их стабильность и воспроизводимость параметров и характеристик ПС на основе монокристаллов p-GaSe<РЗЭ> могут целенаправленно управляться путем варьирования содержания введенной примеси.

- Зависимость параметров и характеристик ПС на основе монокристаллов p-GaSe<РЗЭ> от легирования связана с изменением пространственной неоднородности и связи между соседними естественными слоями кристалла с содержанием введенной примеси.

Список литературы

1. Ахундов Г.А., Абдинов А.Ш., Кязым-заде А.Г., Мехтиев Н.М. Электролюминесцентный переключатель из слоистого полупроводника GaSe. // ФТП, 1975, т. 9, в. 5, с. 980-982.

2. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы. М.: Наука, 1968, - 216 с.

3. Воробьев Л.Е., Данилов С.Н., Зегря Г.Г., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А., Яссие- вич И.И.,

Берегулин Н.В. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и размерно-квантовых структурах. Санкт Петербург: Наука. 2001. -248 с.

4. Щик А.Я. Фотопроводимость случайно-неоднородных полупроводников. // ЖЭТФ, 1972, т. 15, с. 408-410

5. Тагиев Б.Г., Кот А.К., Плиев Ф.И. Природа низкоомного состояния в бистабильных переключателях на основе GaSe. // ДАН Аз.ССР, 1975, т. 31, № 2, с. 27-30.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УРОВНЕМЕР ЖИДКИХ СРЕД

Абрамишвили Р.Л., Денисова Ольга Аркадьевна

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Измерение уровня всевозможных материалов очень широко применяется в технологических процессах, на транспорте, в энергетике, летной технике. Измеряя уровень можно получить информацию о массе нефтепродукта или горючего в танкерах, нефтяных резервуарах, баках самолетов и ракет. Для этих целей предназначены устройства - уровнемеры.

Большое разнообразие сред мониторинга, а так же реальных условий применения уровнемеров не позволяет использовать только один из физических принципов преобразования. Поэтому часто тип уровнемера и принцип его работы выбирают исходя из контролируемых продуктов, их физического состояния и условий использования. Для обеспечения достаточной достоверности и точности измерений, для контроля изменения уровня данного вещества могут применяться уровнемеры, работа которых основана на разных принципах. Это используют, например, в тех случаях, когда в контролируемой жидкости образуются фракций, которые возникают в процессе переработки, хранения или транспортировки.

Например, образование пены в процессах ферментации или нагревания делает затруднительным использование ультразвуковых и ёмкостных уровнемеров, а для поплавковых и радиационных уровнемеров наличие пены не является критичным. Радиационные уровнемеры в основном, используются как сигнализаторы уровня, а поплавковые - при измерении в обычном режиме измерения, по сравнению с ультразвуковыми и ёмкостными имеют меньшую точность. Поэтому для обеспечения необходимой точности измерения на объект устанавливают уровнемеры различного принципа действия, например, поплавковый и ультразвуковой.

Современная уровнеметрия обладает значительным арсеналом средств для измерения уровня и количества жидких сред, характеризующихся различными метрологическими, технологическими и эксплуатационными показателями [1-5]. Широкое распространение в настоящее время получили уровнемеры с механическими элементами. Особое место среди эффектов, используемых в уровнеметрии, занимает ультразвук.

Относительная простота ввода ультразвука и схем обработки принимаемых сигналов обусловили широкое применение ультразвука в технике измерения уровня, как в качестве основного, так и вспомогательного средства.

Разные методы преобразования, применяемые для измерения уровня жидкостей, объединяют в несколько блоков, каждый из которых основан на фундаментальных, физических законах.

Ультразвуковые методы относятся к полевому блоку**,** в которых используются различного рода физические поля для определения границы раздела «воздух - жидкость», а так же эффекты их отражения и поглощения в контролируемых средах.

Все методы различаются трудоёмкостью, аппаратурным и метрологическим обеспечением, следовательно, их применимость в различных отраслях нефтегазового комплекса различна. Выбор конкретного метода контроля зависит от измеряемой среды, необходимой точности, быстродействия, интервала измерения, температуры, различных технологических факторов.

Принцип измерения уровня жидкости с помощью ультразвукового уровнемера работает следующим образом. При возбуждении пьезоэлектрического преобразователя ультразвукового уровнемера, состоящего из двух керамических пьезоизлучателей ультразвука, резонатора и генератора электрических импульсов, в резонаторе возникает стоячая ультразвуковая волна. Для увеличения амплитуды волны пьезокерамические излучатели подключены к генератору в противофазе, поэтому сжатие или растяжение резонатора происходит одновременно справа и слева от резонатора. Резонатор приваривается к волноводу сбоку так, что ультразвуковые колебания в нем совершаются перпендикулярно оси волновода. То есть создается поперечная ультразвуковая волна, которая будет распространяться вдоль волновода.

Если через волновод в виде стальной проволоки диаметром d распространяется поперечная ультразвуковая волна с волновым вектором $\vec{q}_z$ (ось OZ направлена вдоль стержня), то вследствие возникновения областей сжатия и растяжения в металле волновода появляется переменное электрическое поле. Причина его появления связана со смещением ионов в узлах кристаллической решетки металла. При этом электроны практически не взаимодействуют с ультразвуком и движутся только под действием электрического поля ионов. Фактически возникают микротоки. Если приложить магнитное поле перпендикулярно смещению ионов, то под действием силы Лоренца электроны начнут отклоняться в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, само направление отклонения электронов определяется по правилу левой руки. Этот эффект называется магнитоэлектрическим [6]. При соответствующем подборе размеров диаметра d проволоки волновода, величины магнитного поля $\vec{B}$ поплавка и длины ультразвуковой волны, траектория замкнется, и по поверхности проволоки волновода будет течь ток.

Определим эти условия. Сила Лоренца, действующая на заряд в магнитном поле равна [7]:

$$\vec{F} = e\left[\vec{\upsilon} \times \vec{B}\right],$$

где e – заряд электрона, $\vec{\upsilon}$ - скорость движения электронов.

Пусть магнитное поле направлено вдоль оси OZ, смещение – вдоль оси OX. Тогда скорость электрона в системе координат решетки будет $\upsilon_x = du/dt$, u – смещение ионов, а сила Лоренца:

$F = e\dfrac{du}{dt}B,$ где $\dfrac{du}{dt}B$ - индукционное поле.

При условии равенства силы Лоренца и центробежных сил: $e\dfrac{du}{dt}B = \dfrac{2m\upsilon^2}{d}$,

отсюда скорость вращения электронов: $\upsilon = \sqrt{\dfrac{ed}{2m}\dfrac{du}{dt}B}.$

Основной вклад в появление тока дают радиальные колебания, поэтому в волноводе возникают вихревые токи, оси которых параллельны оси OZ. Так как $u(r) = u_o(r)\sin\omega t$, ω - частота колебаний ультразвуковой волны, то полный ток:

$$i = jS = N_o e\upsilon S = \frac{N_o e\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{ed}{2m}\frac{du}{dt}B},$$

где N_o – число электронов в единице объема металла звукопровода.

Поскольку вдоль волновода распространяется знакопеременная волна поляризации, то зона магнитного поля должна быть меньше длины ультразвуковой волны. Если толщина магнита меньше длины волны ультразвука, то применяется один магнит. В этой ситуации локальные электрические микротоки будут перпендикулярны направлению магнитного поля. При соблюдении этих двух условий ультразвуковая волна, проходя зону инверсии магнитного поля поплавка, дает удвоенную величину ЭДС магнитной индукции на измерительной катушке. Ее величина определяется коэффициентом самоиндукции L одного витка и числом витков n катушки в зоне действия магнитного поля:

$$\varepsilon = -Ln\frac{di}{dt} = -Ln\frac{N_o e\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{ed}{2m}Bu_o}\,tg\omega t\sqrt{\sin\omega t}.$$

Откуда следует наличие резонансов через каждый период колебаний.

Таким образом, принцип измерения уровня жидкости с помощью ультразвукового уровнемера основан на применении магнитоакустического эффекта в металлах, приводящего к появлению замкнутых переменных токов, перпендикулярно оси проволоки.

Переменные микротоки в волноводе вызывают появление переменного магнитного поля. Оно проходит через измерительную катушку, вследствие чего возникает ЭДС в ней [7], то есть ЭДС в измерительной катушке возникает за счет принципа взаимоиндукции.

Принцип действия ультразвукового уровнемера заключается в измерении интервала времени, необходимого для прохождения сигнала ультразвуковой волны от пьезоэлектрического преобразователя, расположенного на начальной отметке измеряемого расстояния, до поплавка с кольцевым магнитом внутри.

Информация от группы датчиков поступает на автоматизированное рабочее место оператора, которое позволяет контролировать состояние всех уровней жидких сред в различных резервуарах. Полученные

данные могут быть представлены и сохранены в любой удобной форме. Кроме того, возможно автоматическое отслеживание аварийных ситуаций и выдача предупреждающих сообщений о переходе уровней через предельно допустимые значения.

Список литературы

1. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений / Г.Г. Раннев. -М: Академия, 2008. 336 с.
2. Бриндли К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие: Пер. с англ. / К. Бриндли -М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.
3. Абрамишвили Р.Л. Система измерения и контроля уровня жидкости с использованием ЖК-ячейки / Р.Л. Абрамишвили // В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодёжи. Сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017, с. 100-102.
4. Denisova O., Abramishvili R. Nonlinear orientation effect in liquid crystals to create a linear displacement sensor / O. Denisova, R. Abramishvili // В сборнике: MATEC Web of Conferences 13. Сер. "13th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems", DTS 2017" 2017, С. 02008.
5. Денисова О.А., Абрамишвили Р.Л. Жидкокристаллическая ячейка для индикации контроля и измерения уровня жидких сред / О.А. Денисова, Р.Л. Абрамишвили // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017, т. 13. №1, с. 98-111.
6. Давыдов А.С. Теория твердого тела / А.С. Давыдов. – М.: Наука, 1976. с. 206 – 215.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. / И.В. Савельев –М.: Высшая школа, 2015, 430 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕТЕРО ЭПИТАКСИЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$.

Алигулиева Х.В., Аллахвердиев Н.А., Байрамов Д.Д., Талыфлы А.Ф.

[1]*Сумгаитский государственный университет*

Температурные зависимости электропроводности исследовались в широкой области температур 0,5-300К и в магнитных полях вплоть до 8 Тл. Магнитное поле было направлено перпендикулярно плоскости эпислоя. Исследования эффекта Холла проводились при двух взаимно противоположных направлениях магнитного поля для исключения вклада магнитосопротивления в холловское напряжение. Измерения проводились стандартным четырёхзондовым методом (рисунок 18) по селективной методике на частоте ~20,5 Гц. Точечные контакты наносились медным проводом диаметром 50 мкм марки ПЭВ 2 при помощи серебряной пасты. Омичность нанесенных контактов постоянно контролировалась в процессе измерений, в том числе, и посредством наблюдения активной и реактивной составляющих сопротивления (селективный усилитель *Lock in Amplifier SR 905*).

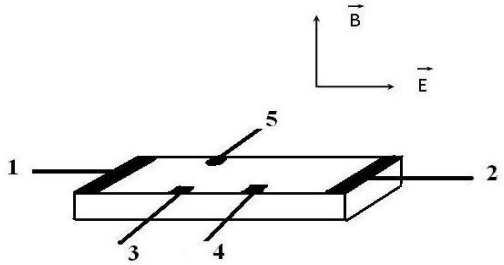


Рисунок 1. Схема монтажа контактов на гетероэпитаксиальных структурах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (R 811) и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$ (R 1051) для электрических и гальваномагнитных измерений:

1 и 2 – токовые контакты,

3 и 4 – потенциальные контакты,

3 и 5 – холловские контакты.

Ниже приведена фотография монтажа контактов на образце.

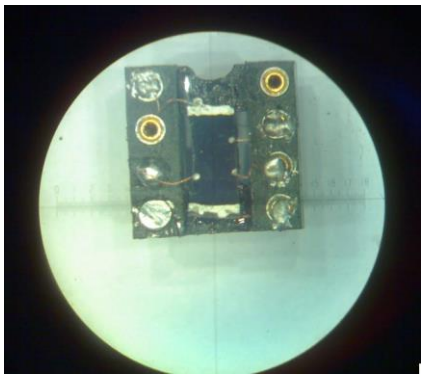


Рисунок 2. Фотография монтажа контактов

1. Электропроводность гетероэпитаксиальных структур $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$

На рисунке 20 приведена температурная зависимость удельного сопротивления образца $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (R 811) в области температур 5-300К. Хорошо заметен термоактивационный характер температурной зависимости сопротивления в области температур 300-100К, характерный для собственной проводимости:

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}} \quad (1)$$

с уменьшением температуры удельное сопротивление плёнки экспоненциально увеличивается. Здесь ΔE - ширина запрещённой зоны. Наблюдаемое плато в области температур ниже T<100K обусловлено тем, что повышение сопротивления шунтируется более низкоомными нижележащими слоями гетероэпитаксиальной структуры.

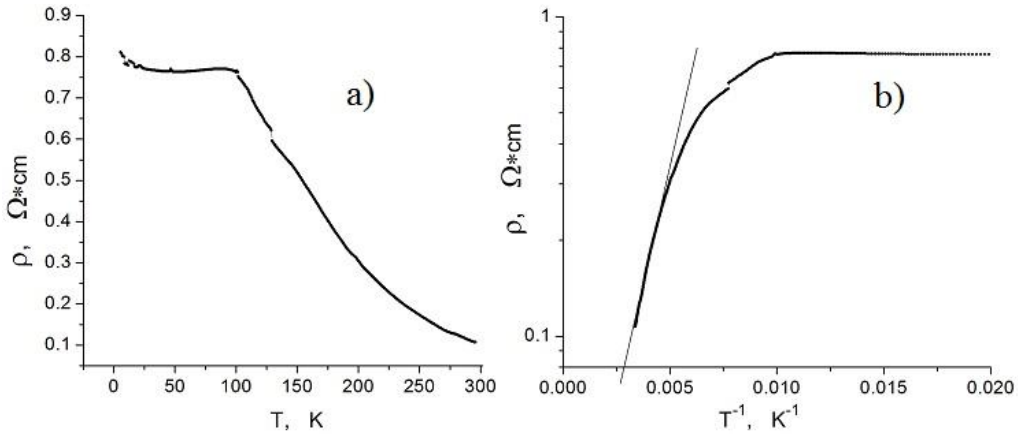


Рисунок 3. Температурная зависимость удельного сопротивления образца $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (R 811) в области температур 5-300К: a) в обычных координатах, b) в координатах Аррениуса.

По наклону кривой на рис. 20b из (1) определяем ширину запрещённой зоны

$$\Delta E = 2k * 690 = 1380 \cdot 8{,}617 \cdot 10^{-5} eV = 120 meV \quad (2)$$

2. Эффект Холла.

Все исследуемые образцы были *n*-типа. На рисунке 21 приведены полевые зависимости холловского напряжения для $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (a) и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$ (b).

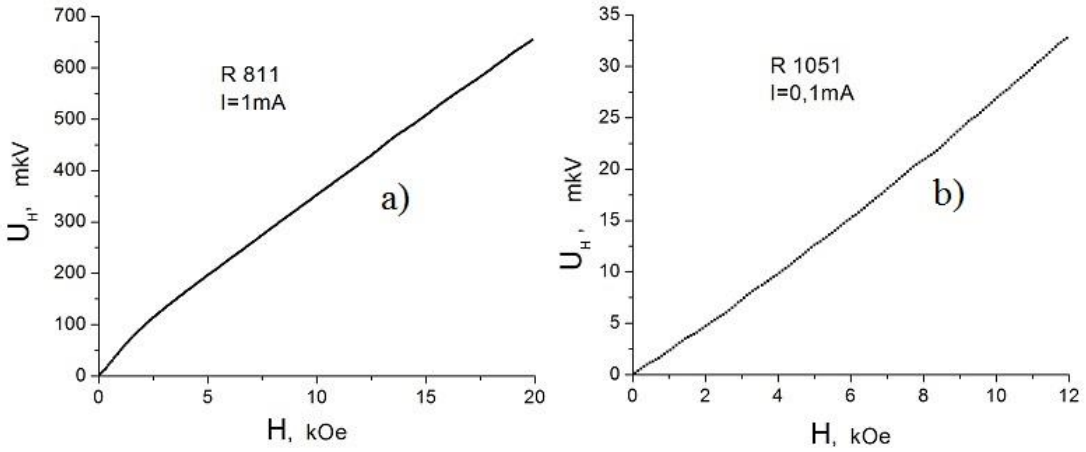


Рисунок 4. Полевые зависимости холловского напряжения в образцах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (a) и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$ (b).

Как известно, коэффициент Холла экспериментально определяется из соотношения:

$$R = \frac{V(\mu kV)\cdot d(mm)}{I(mA)\cdot H(Эрст)}\cdot 10^4 \qquad (3)$$

здесь V - холловская разность потенциалов в поле H, I - величина текущего тока, а d - толщина образца в направлении магнитного поля.

Вычисление величины постоянной Холла для $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$ в соответствии с (3) даёт значение

$$R = \frac{25mkV\cdot 0{,}4mm}{0{,}1mA\cdot 10^4}\cdot 10^4 = 100 = \frac{1}{ne}$$

Отсюда концентрация электронов

$$n = \frac{1}{100\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}} = \frac{10^{17}}{1{,}6} = 6\cdot 10^{16} см^{-3}$$

Вычисление величины постоянной Холла для $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ в соответствии с (3) даёт значение

$$R = \frac{300mkV\cdot 0{,}4mm}{1mA\cdot 10^4}\cdot 10^4 = 120 = \frac{1}{ne}$$

Отсюда концентрация электронов

$$n = \frac{1}{120\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}} = \frac{10^{17}}{1{,}2\cdot 1{,}6} = 5\cdot 10^{16} см^{-3}$$

Как видно, с увеличением содержания атомов Sb концентрация электронов в твёрдом растворе $InAs_{1-x}Sb_x$ уменьшается.

2. Магнитосопротивление.

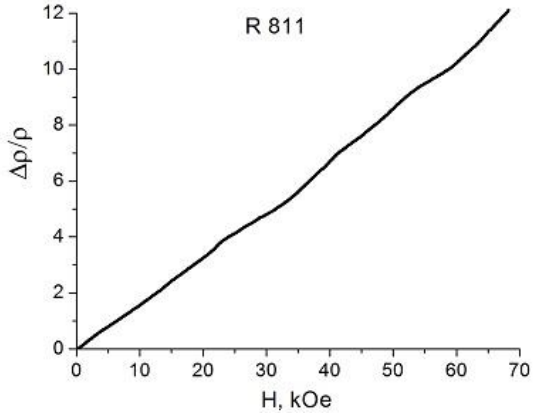


Рисунок 5. Полевые зависимости магнитосопротивления в образцах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$.

На рисунке 4 приведена магнитополевая зависимость сопротивления в образцах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ (R 811). Как видно, отмечается наличие значительного магнитосопротивления: при величине магнитного

поля H=70 кЭ сопротивление возрастает почти 13 раз, т.е. $\Delta\rho/\rho \approx 12$. Это свидетельствует о высокой подвижности носителей заряда – электронов. Кроме того, на полевой зависимости магнитосопротивления наблюдаются биения, характерные для осцилляций Шубникова-де Газа.
Выделенные фурье-анализом осцилляции приведены на рисунке 5. Анализ показывает, что период осцилляций примерно равен 30 kOe.

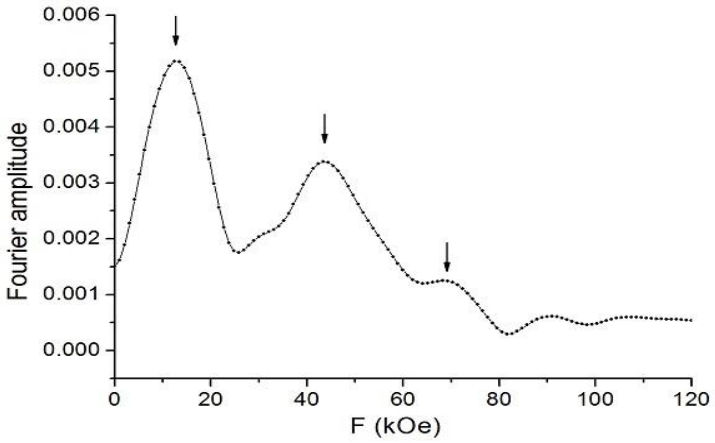


Рисунок 6. Осцилляции магнитосопротивления в образцах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$, выделенных фурье-анализом.

Как известно, из периода P осцилляций магнитосопротивления можно оценить концентрацию n носителей заряда. В общем случае, для замкнутой поверхности Ферми произвольной формы период осцилляций определяется выражением [11]:

$$P\left(\frac{1}{H}\right) = \frac{2\pi e}{\hbar c S_F} \qquad (4)$$

здесь S_F - экстремальная площадь сечения поверхности Ферми $\varepsilon(\vec{k}) = \mu_F$ плоскостью, перпендикулярной направлению магнитного поля.

Для соединений типа InSb концентрация носителей заряда определяется из соотношения:

$$n = \frac{1}{3\pi^2}\left(\frac{2e}{c\hbar P(1/H)}\right)^{3/2} \qquad (5)$$

Вычисления дают

$$n = \frac{1}{3\pi^2}\left(\frac{2e}{c\hbar P(1/H)}\right)^{3/2} = \frac{1}{10}\left(\frac{2\cdot 4{,}8\cdot 10^{-10}}{3\cdot 10^{10}\cdot 10^{-27}\cdot\frac{1}{3}\cdot 10^{-4}}\right)^{3/2} = \frac{10^{18}}{10} = 10^{17}$$

Таким образом, концентрация носителей заряда определённая из осцилляций Шубникова- де Гааза хорошо согласуется с концентрацией, вычисленной из данных измерений эффекта Холла.

Список литературы

1. I. Vurgaftman, J.R. Meyer, L.R. Ram-Mohan. J. Appl. Phys., 89, 5815 (2001).
2. Z.M. Fang, K.Y. Ma, D.H. Jaw, R.M. Cohen, G.B. Stringfellow. J. Appl. Phys., 67, 7034 (1990).
3. M.Y. Yen, R. People, K.W. Wecht, A.Y. Cho. Appl. Phys. Lett., 52, 489 (1988).
4. S.P. Svensson, W.L. Sarney, H. Hier, Y. Lin, D. Wang, D. Donetsky, L. Shterengas, G. Kipshidze, G.L. Belenky. Phys. Rev. B, 86, 245205 (2012).
5. E.A. Fitzgerald, Y.H. Xie, M.L. Green, D. Brasen, A.R. Kortan, J. Michel, Y.J. Mii, B.E. Weir. Appl. Phys. Lett., 59, 811 (1991).
6. J. Tersoff. Appl. Phys. Lett., 62, 693 (1993).
7.G.L. Belenky, D. Donetsky, G. Kipshidze, D. Wang, L. Shterengas, W.L. Sarney, S.P. Svensson. Appl. Phys. Lett., 99, 141116 (2011).
8.M. Razeghi. Eur. Phys. J. Appl. Phys., 23, 149 (2003).
9.D.E. Aspnes, A.A. Studna. Phys. Rev. B, 27, 985 (1983). [10] Y.B. Li, S.S. Dosandjh, I.T. Ferguson, A.G. Norman, A.G. de Oliveyra, R.A. Stradling, R. Zallen. Semicond. Sci. Technol., 7, 567 (1992)

АКУСТООПТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ

Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Сулейманов И.И., Гусейн-Заде Б.Э.
Национальная академия авиации
hasanov@naa.edu.az

Линии задержки (ЛЗ) для обработки радиосигналов являются основным узлом формирователей имитационных помех в системах радиопротиводействия. В настоящее время широко применяются два типа ЛЗ: рециркуляторы радиоимпульсов (накопители с динамической памятью) и цифровые системы [1]. Техника запоминания в рециркуляторах радиоимпульсов хорошо отработана, и они широко используются в большинстве систем радиоэлектронного противодействия. Сущность запоминания в них состоит в многократной рециркуляции принятого сигнала через усилительно-задерживающую систему с обратной связью. Для когерентной пачки импульсов применяют более сложные схемы накопления сигналов с фазовым детектированием и ультразвуковой ЛЗ. В этом случае необходим сигнал опорного гетеродина, фазовый детектор и другие сложные устройства. К тому же нужно учитывать Доплеровское смещение частоты. Высокие требования к точности выполнения отдельных узлов являются основным недостатком этих устройств.

В цифровых системах спектр принятого радиоимпульса переносится в область промежуточных частот, преобразуется в цифровой сигнал, обрабатывается (подвергается временному преобразованию), снова преобразуется в аналоговый сигнал, спектр которого переносится в область рабочих частот радиолокационной станции и излучается. Здесь, уменьшением шага дискретизации, можно приблизиться к плавной регулировке времени задержки имитационной помехи. Однако в системах радиопротиводействия этот признак может быть использован для распознавания "чужого" сигнала.

В контексте устранения вышеуказанных недостатков известных ЛЗ хорошие результаты можно получить, используя особенности фотоупругого эффекта.

Устройство для реализации фотоупругого эффекта называют акустооптическим модулятором (АОМ). АОМ представляет собой фотоупругую среду (ФУС), к одному торцу которой прикреплен электроакустический преобразователь (ЭАП), а к другому – акустический поглотитель (АП) (рис. 1). ЭАП преобразует электрический сигнал в упругие волны (УВ), которые распространяются в ФУС к АП. Просвечивающий АОМ пучок лазера модулируется при дифракции на неоднородностях диэлектрической проницаемости, вызываемых деформациями материала ФУС, обусловленными УВ.

Различают дифракции Рамана-Ната и Брэгга [2]. В случае дифракции Брэгга (рис. 1) лазерный луч падает в апертуру ФУС под углом Брэгга - $\theta_B = 0{,}5\lambda/\Lambda$, где λ - длина волны лазерного излучения, Λ - длина УВ. Основным внешним отличием дифракции Брэгга является то, что отклоненный свет сосредоточивается в одном дифракционном порядке.

Акустооптические устройства, использующие дифракцию Брэгга, применяются в системах обработки информации, работающих в области частот от нескольких десятков МГц до единиц ГГц.

УВ распространяется в ФУС со скоростью υ, примерно в 10^5 раз меньшей скорости распространения электромагнитной волны. Поэтому отклик системы на входное воздействие отстает на время $\tau = x_0/\upsilon$, где x_0 - расстояние от ЭАП до точки акустооптического взаимодействия. Очевидно, что путем изменения расстояния от ЭАП до точки акустооптического взаимодействия x_0, легко можно получить желаемую задержку отклика системы. Именно эта особенность фотоупругого эффекта используется для построения АОЛЗ.

Достоинства АОЛЗ особенно ярко проявляются при обработке широкополосных аналоговых сигналов, ибо полоса пропускания АОМ составляет $40-60\,\%$ от его центральной частоты.

Структурно-электрическая схема АОЛЗ для обработки радиосигналов приведена на рис. 2. Это устройство также называют АОЛЗ гетеродинного типа, в силу использования особенностей эффекта оптического гетеродинирования [3]. В АОЛЗ гетеродинного типа центральные частоты АОМ и полосового усилителя (ПУ) выбираются равной несущей частоте обрабатываемого радиосигнала. В этом устройстве гетеродинный пучок света формируется с помощью полупрозрачного (ППЗ) и непрозрачного (НПЗ) зеркал. В качестве источника света можно использовать маломощные газовые лазеры (ЛГ-78), а в качестве фотоприемника (ФП) фотоэлектронные умножители.

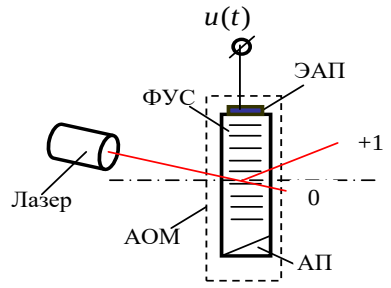


Рис. 1. Дифракция Брэгга

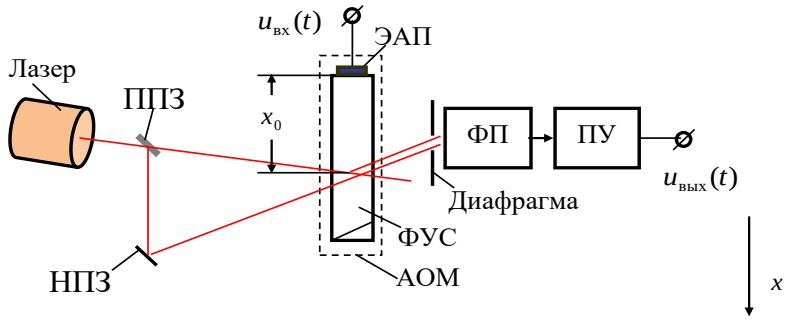


Рис. 2. АОЛЗ для обработки радиосигналов

Применительно к рис. 2 сущность оптического гетеродинирования можно интерпретировать следующим образом. Гетеродинный пучок пересекает апертуру АОМ на расстоянии x_0 от ЭАП и представляется выражением:

$$\dot{E}_{\Gamma}(t) = \exp[j(\omega t + \theta_{\Gamma})], \quad (1)$$

где ω - частота света, $\theta_{\Gamma} = \omega \cdot (x_0/\upsilon)$ - начальная фаза гетеродинного поля.

Радиосигнал $u_{вх}(t) = \exp(j\Omega t)$ возбуждает в АОМ соответствующую УВ с частотой Ω. Световой пучок взаимодействует в АОМ с УВ и частично отклоняется. Используемый в качестве сигнального поля отклоненный свет описывается выражением

$$\dot{E}_c(t) = \exp[j(\omega + \Omega)t]. \quad (2)$$

Фотодетектор реагирует на интенсивность суммарного поля. Поэтому выходной сигнал будет пропорционален величине

$$u(t) = \frac{1}{d}\int_{x_0-0,5d}^{x_0+0,5d} \left|\dot{E}_c + \dot{E}_{\Gamma}\right|^2 dx = \frac{1}{d}\int_{x_0-0,5d}^{x_0+0,5d} \left[\left|\dot{E}_c\right|^2 + \left|\dot{E}_{\Gamma}\right|^2\right] dx + \frac{1}{d}\int_{x_0-0,5d}^{x_0+0,5d} \left[\dot{E}_c \cdot \dot{E}_{\Gamma}^* + \dot{E}_c^* \cdot \dot{E}_{\Gamma}\right] dx, \quad (3)$$

где d - диаметр гетеродинного пучка света.

ПУ выделяет составляющую с частотой Ω. Подставляя (1) и (2) в (3) можно получить следующее выражение для сигнала на выходе ПУ:

$$u_{вых}(t) = c \cdot \cos[\Omega(t - x_0/\upsilon)]$$

или

$$u_{вых}(t) = c \cdot u_{вх}(t - x_0/\upsilon), \quad (4)$$

где c - постоянный множитель.

Из (4) следует, что сигнал на выходе ПУ $u_{вых}(t)$ с точностью до постоянного сомножителя повторяет задержанный на время x_0/υ входной радиосигнал. При этом изменением расстояния x_0 можно регулировать задержку выходного сигнала. В приведенной на рис. 2 схеме такую регулировку можно осуществить путем механического перемещения АОМ в плоскости перпендикулярной оптической оси. Однако механическая регулировка времени задержки выходного сигнала в некоторых случаях может не отвечать требованиям высокого быстродействия. Эту проблему можно решить применением АОЛЗ с электронной регулировкой, которые описываются в работах [4,5].

Для апробации полученных теоретических результатов авторами построен макет АОЛЗ гетеродинного типа.

Схема экспериментальной установки для исследования АОЛЗ гетеродинного типа приведена на рис. 3.

Осциллограммы импульсов на входе и на выходе АОЛЗ приведены на рис. 4.

На вход АОЛЗ подается прямоугольный радиоимпульс длительностью в 1 мкс и частотой заполнения в 30 МГц. Импульс на выходе АОЛЗ отстает от входного импульса на время $\tau \approx 5$ *мкс*. Этот импульс отличается от входного импульса более пологими фронтами, что обусловлено, в основном, временем вхождения упругого волнового пакета в световой пучок.

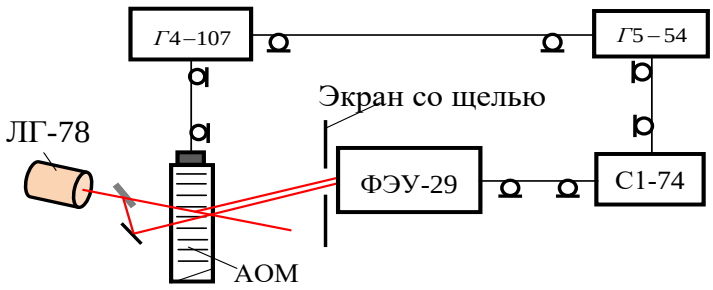


Рис. 3. Схема экспериментальной установки для исследования АОЛЗ гетеродинного типа

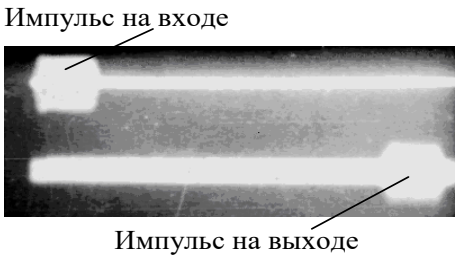


Рис. 4. Осциллограммы импульсов на входе и на выходе АОЛЗ радиосигналов

Приведенные на рис. 4 осциллограммы радиоимпульсов хорошо коррелируют с теоретическими утверждениями.

Заключение

Однозначно установлено, что особенности фотоупругого эффекта и оптического гетеродинирования могут быть использованы для построения устройств с переменной задержкой аналоговых сигналов с большой базой. Если принять во внимание публикации об акустооптических модуляторах, возбуждаемых акустической мощностью в несколько десятков милливатт, то можно отметить возможность изготовления малогабаритных АОЛЗ гетеродинного типа в будущем.

Список литературы

1. Юдин Л., Фомичев К. Системы радиоэлектронного противодействия: запоминание высокочастотных сигналов // Электрон.: Наука, технол., бизнес, 1999, № 1, с. 48-51.
2. Christopher C. Davis. Lasers and Electro-optics. Cambridge University Press, 2014. – 867p.
3. Протопопов В.В, Устинов Н.Д. Лазерное гетеродинирование. М.: Наука, Главная редакция физико-математич. литературы. 1985, 288с.
4. Гасанов А.Р., Абдуллаев Х.И., Байрамов Р.М. и др. Быстродействующая акустооптическая линия задержки радиосигналов // Радиоэлектроника, 2010, т. 53, №12, с. 51- 54.
5. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А. Электронно-управляемые акустооптической линии задержки дискретного действия // Приборы и системы: управление, контроль, диагностика, 2015, №9, с.12-16.

СТРУКТУРНЫЙ ПЕРЕХОД НЕМАТИКОВ В УСЛОВИЯХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

[1]Асланов М.А., [1]Мамедов Ф. Ш.
[1]Гаджиев Х.Ф., [1]Исмаилов И.М.,[2]Мамедов Х.А.
[1]Азербайджанский Архитектурно – Строительный Университет
[2]Азербайджанский Технический Университет
majid.aslanov@mail.ru

Цель работы – найти связь оптического отклика НЖК с амплитудами продольной волны и волны сдвига, а также апробировать предложенную в [1]модель, которая описывает искажение макроструктуры слоя НЖК для рассматриваемой геометрии задачи в рамках гипотезы, поступирующей потоковый механизм ориентационного воздействия ультразвука на мезофазу. Отметим, что в наших опытах источники продольных волн и волн сдвига возбуждались от одного и того же генератора через усилитель с двумя регулируемыми выходами, что позволяло независимо контролировать и варьировать амплитуды этих волн. Рассмотрение проведено для той области частот, где длина вязкой волны, порождаемой в НЖК волной сдвига и распространяющийся в глубь слоя от его границ, меньше толщины слоя d, тогда как длина упругой волны в мезофазе это значение превышает.

Оптическая система установки построена на основе поляризационного микроскопа. Пучок света от лампы накаливания, который формировал конденсор, проходил через поляризатор осветительную линзу, светофильтр и падал на слои НЖК. Оптическое изображение рассматривали в скрещенных полароидах через окуляр микроскопа, фотографировали и фотометрировали. Две плевые диафрагмы служили для изучаемого участка слоя НЖК. Частоту колебаний варьировали в интервале 14,7-18,7 МГц и контролировали частотомером. Электрическое напряжение, подводимое к излучателям, измеряли с помощью вольтметров. Эти значения напряжения пересчитывали в амплитуды колебаний сдвига

U_sпродольных колебаний U_l на границе слоя НЖК к координате z=0 по методике разработанной для многослойных систем типа излучатель – переходной слой – рабочая среда [2] с учетом добротности колебательной системы. Значение добротности этой системы (Q=7) было определено независимом экспериментом, где регистрировали изменения оптического отклика НЖК на воздействие только продольных волн, варьируя при этом частоту в интервале 14,7-15,3 МГц.

Картины просветления НЖК, которые формируются в слое при воздействии ультразвука и отображают искажение поля директора НЖК, вблизи его открытого края и в области расположенной в центре слоя – разные. Вблизи открытых краев – это периодическая система чередующихся светлых и темных регулярных полос параллельных этим краям, контрастность которых зависит от амплитуды и сдвигов волн. Пространственный период этой системы коррелирует с половиной длины λ продольной волны в НЖК на частоте воздействия.

В центральной области слоя НЖК оптическая картина искажения его макроструктуры – иная: это – просветление однородное по плоскости слоя. В этой части слоя «реализуются условия двухволнового» взаимодействия в НЖК, так что измерение изменений оптической прозрачности НЖК под действием ультразвука проводились именно здесь. Для этого поля зрения микроскопа с помощью щелевой и круглой диафрагм вырезали участок слоя длиной 0,0125 мм и шириной ~ 20 мкм и фотометрировали его при различных значениях амплитуд продольных и сдвиговых колебаний в указанном выше диапазоне частот в слое НЖК толщиной 10 – 40 мкм.

Проанализируем полученные экспериментальные данные и сопоставим их с выводами. Следующими из модели [1], которая базируется на гипотезе о потоковом механизме искажения макроструктуры НЖК в ультразвуковых полях и описывает явление в условиях взаимодействия тангециальной и нормальной составляющих колебательного движения среды. Согласно этой гипотезе, сжатие в слое НЖК в поле первичных продольных волн преобразуется благодаря наличию открытых концов в периодическое движение нематической жидкости. Эти вторичные продольные волны, распространяясь вдоль слоя от его концов к центру, порождают в НЖК вязкие волны, бегущие от границ пластин в глубь слоя. В свою очередь всякие волны генерируют в НЖК и волны сдвига, причем колебания в этих волнах происходят в том же направлении, что и колебательное движение среды в плоскости слоя индуцированное движением его открытых концов.

Конвективные напряжения пропорциональные произведению колебательной скорости в вязких волнах и скорости сжатия слоя НЖК в первичной продольной волне, приводят к возникновению стационарного течения жидкости [3], которая вызывает отклонение молекул НЖК. При одновременном воздействии на слой НЖК продольных волн и волн сдвига скорость потоков, которые возникают в условиях взаимодействия первичной продольной волны с вязкими волнами, инициированными как колебательным движением среды в плоскости слоя, так и волнами сдвига выше чем при любом из этих двух одноволновых взаимодействий. Данные [4], где представлена теория структуроного перехода НЖК в условиях падения на слой ограниченного пучка продольных волн, позволяют нам смоделировать такую ситуацию согласно этой теории в тонких слоях НЖК, когда значение коэффицента затухания продольных вторичных волн в НЖК $\beta = K/2qd$ такое, что справедливо неравенство $\beta L > 1$, вторичные продольные волны из-за высокого их затухания при распространении вдоль слоя не доходят в область прилежащую уцентру слоя и удаленную от его открытых концов. В таких слоях , в этой области реализуется именно та ситуация, которую описывает модель [1].

Подводя итог проведенному исследованию, важно отметить следующие обстоятельства.

- Впервые определены условия, когда при одновременном воздействии на слой НЖК когорентных волн с взаимно ортогональной поляризацией можно не только управлять чувствительностью его макроструктуры к одному виду воздействия.

- Идея одновременного воздействия на НЖК таких когорентных волн представляется весьма перспективной как с позиции глубокого проникновения в природу явления, так и с прикладной точки зрения.

- Существенно что особенность этого нового ориентационного состояния НЖК в удаленной от открытых концов слоя центральной области, где вязкая волна взаимодействует только с первичной продольной волной, проявляется в независящем от граничных условий пространственно при однородном отклике НЖК на двухволновое воздействие, который отвечает структуре волнового поля излучателя продольных волн. Дело в том, что в продольной волне колебания – симфазные, а их амплитуды распределены по плоскости более или менее разномерно [3], что картина просветления и отображает.

- При одновременном воздействии на слой НЖК когорентных продольных волн и волн сдвига можно управлять его чувствительностью к тому или иному виду воздействия. Так, по данным наших

опытов на частоте 15 МГц на слое НЖК толщиной 40 мкм при увеличении амплитуды U_sот 3,4 до 10 A^0 значения амплитуды U_l уменьшаются от 0,55 до 0,18 A^0

- Проведена апробация теоретической модели [1] построенной в рамках линейной гидродинамики НЖК и гипотезы потового механизма структурного перехода НЖК в условиях взаимодействия нормальной и тангециальной составляющей колебательного движения среды поля ультразвуковых волн.

Список литературы

1. Аникеев Д.Н., и др. Акуст. журн. 1989, т.58.№8,с. 1554
2. Капустина О.А., Кристаллография . 2009, Т.54, №4, с.725
3. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.:1984.245с
4. Гуськов Н.К., Кожевников Е.Н., Акуст. журн. 1983, т.29,№1,с.38

ОРИЕНТАЦИЯ ЛАМЕЛЛЯРНЫХ ФАЗ В ЛИОТРОПНЫХ СИСТЕМАХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

[1]Асланов М.А., [1]Мамедов Ф.Ш., [1]Исмаилов И.М., [2]Мамедов Х.А., [1]Зейниева Я.М

[1]Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

[2]Азербайджанский Технический Университет

majid.aslanov@mail.ru

Многие вещества биологического происхождения могут иметь жидкокристаллическую (ЖК) структуру [1], например, клеточные мембраны, играющие важную роль в процессах преобразования энергии и переноса веществ и информации из клетки в клетку. Образующие их мембранные липиды обладают способностью образовывать лиотропные ЖК. Модельным материалом, позволяющим охарактеризовать структуру и многие свойства таких биологических систем, являются синтетические ЖК-лиотропики [2, 3].

Как и термотропные ЖК, лиотропные нематики и смектики обладают ориентационными свойствами, которые проявляются в изменении первоначальной ориентации директора мицелл лиотропика под действием электрического, магнитного, вызывающих деформации продольного и поперечного изгиба, кручения и т.д. мицелл.

В [4] впервые удалось ориентировать в слабом постоянном лиотропную ЖК-фазу которая наблюдалась в многокомпонентной смеси, состоящей из децилсульфата натрия, h-децилового спирта, Na_2SO_4 и D_2O.

Впоследствии было установлено, что эти лиотропные ЖК-фазы являются лионематиками. Вследствие анизотропии диамагнитной восприимчивости свободная энергия ансамбля молекул (мицелл) лиотропного нематика во внешнем магнитном поле H имеет минимум при вполне определенной ориентации директора n мицелл относительно поля. При положительной величине анизотропии диамагнитной восприимчивости n стремится установиться вдоль поля H, при отрицательной – перпендикулярно ему. Это позволяет получать хорошо ориентированные с помощью однородного слоя леомезофаз для оптических исследований и идентифицировать их [5].

В исследуемой многокомпонентной системе, полученной на основе детергента цетилтриметиламмоний бромида (ЦТАБ), ЦТАБ – н – децилловый спирт – NaBr – D_2O обнаружены и идентифицированы не только нематические лиомезофазы с дискотическими и цилиндрическими мицеллами, но гексогональная и ламеллярные фазы. Большинство смесей получены на основе детергента с длиной углеводородной цепью в 12 углеродных атомов. Чаще всего ориентация амфифильных лионематиков исследовалась методом H ЯМР. Проведенные исследования по спектрам с ЯМР показали, что гексагональные фазы с высокой вязкостью имеют довольно высокую подвижность углеродов в углеводородной цепи детергента ЦТАБ. Оно повышает подвижность углеродов цепи детергента в ламилярных фазах [5]. При этом ориентация ламилярных ЖК-фаз считалась невозможной по причине их высокой вязкости. Для исследования ориентации ламеллярных фаз использовалось довольно сильное МП в 11.7Т.

Была исследована ориентация ламеллярной фазы в двухкомпонентной системе на основе детергента ЦТАБ в D_2O. Ориентацию зарегистрировали с помощью H ЯМР, являющегося самым

удобным методом для этой цели [6] . В настоящее время обнаружены ориентирующиеся в МП гексагональные фазы, полученные в двухкомпонентных смесях.

При синтезировании лиотропных ЖК-смесей использовался детергент ЦТАБ, фирмы Serv, который был индивидуальным соединением C_6 ТАБ, а в некоторых образцах смесью C_{12} ТАБ, C_{14} ТАБ, C_{16} ТАБ, как в [5]. Гомогенность детергента проверялась методом С ЯМР [4]. ЦТАБ и н-дециловый спирт использовались без дополнительной очистки. Гомогенные смеси, проявляющие те или иные мезофазы, изготавливались смешиванием, весовом соотношении и последующим их центрекругированием в запаянных стеклянных ампулах диаметром 9 мм с сужением в центре до 1-2 мм. Каждая ампула являлась готовым образцом для исследования Н ЯМР, снимались на импульсном спектрометре АМ-500 фирмы Bruker на частоте 76,8 МГц при температуре 30 ± 0,5ºС. МП прикладывалось параллельно длинной оси ампулы. Для быстро ориентирующихся смесей знак диамагнитной анизотропии исследуемой лемезофазы определялся сравнением спектра Н ЯМР вращающегося образца со спектром Н ЯМР, снятым без его вращения. Если диамагнитная анизотропия мезофазы положительна, то эти спектры в случае перпендикулярно приложенного к образцу МП различаются; при этом вращении образца ориентация всегда разрушается. Если диамагнитная анизотропия отрицательна, то спектры Н ЯМР вращающейся пробы не отличаются от спектров, снятых без вращения, если МП H_0 приложено перпендикулярно образцу.

Все пробы с определенным таким способом знаком диамагнитной анизотропии исследовались затем поляризованно–оптическим методом. Текстуры лиомезофаз изучались при помощи поляризационных микроскопов полом Л-311 и МИН-8 компенсатором Берека [5] до и после воздействия постоянного МП.

Состав лиотропных амфифильных смесей на основе детергента ЦТАБ в D_2O, фазы, наблюдаемые в этих лиосмесях и определенные с помощью Н ЯМР спектров и поляризационно – оптической микроскопии, а также величины характерно квадрупольного расщепления ЯМР сигнала ядер Н от воды.

При ориентации лимезофаз в капилляре наблюдалось образование текстуры с ориентированными конфокалами, приведенной в [4]. В образцах, не имеющих в составе соли NaBr, ламеллярные фазы характеризуются медленно. Исходный спектр ядер Н не ориентированной ламеллярной фазы характеризуется видом дублета, важного для определения типа ориентации исследуемых фаз. Когда компоненты спектра Н ЯМР исследуемой фазы при ориентации в МП растут от внешних пиков спектра, ламеллы исследуемой фазы ориентируютя параллельно приложенному МП H_0, при перпендикулярной ориентации компоненты спектра Н ЯМР растут от внутренних пиков. Исследуемые ламеллярные фазы в образцах, в которых отсутствует соль NaBr, относятся к типу 1, ламеллярные фазы в образцах с солью – к типу 2 [5]. В ламеллярных фазах в лиосмесях, в составе которых имеется соль NaBr, ламеллы под действием МП ориентируются директором перпендикулярно H_0. Спектры снимались в образцах в МП 11.7Т при изменении температуры датчике ЯМР от комнатной до ~ 90^0С и обратно в течение примерно двух часов.

Список литературы

1. Чистяков И.Г. Жидкие кристаллы. М.: Наука, 1966, с.126
2. Кейренд Э.О., Чумакова С.П., Пехк Т.И. Кристаллография. 1986, т.31, Вып.4. с.732.
3. Петров А., Чумакова С.П., Науденова Т. Кристаллография. 1984, т.29. Вып.4, с.1138.
4. Lowson K.D., Flautt T.J. Am.Chem.Soc. 1967. v89. P.5489
5. Кейренд Э.О., Чумакова С.П., Пехк Т.И. Кристаллография. 2007, т.52. №1, с.158.
6. Rapp A., Ermolayev K., Fung B.M. J.Phys.Chem. B. 1999. V.103. P.1705

МЕХАНИЗМ ПРОТЕКАНИЯ ТОКА В ОМИЧЕСКОМ КОНТАКТЕ СТРУКТУР (Bi-Sn)-SnTe

Ахундова Н.М.

Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC)

Полупроводниковые материалы $A^{II}B^{VI}$, в частности, SnTe и его твердые растворы представляют интерес как топологические изоляторы и среднетемпературные термоэлектрики. Эти материалы кристаллизуются с отклонением от стехиометрии и их образцы содержат структурные электрически активные вакансии в подрешетке олова с концентрацией до 10^{21} $см^{-3}$. Поэтому введением избыточных

атомов олова можно варьировать концентрацией носителей тока, изменять значения электрических параметров кристаллов SnTe и растворов на его основе.

С другой стороны, параметры полупроводниковых электронных преобразователей, в частности, термоэлементов наряду со свойствами полупроводника определяются и физическими свойствами контактов металл-полупроводник, являющихся неотъемлемой частью этих преобразователей.

В связи с этим получение монокристаллов SnTe с различными концентрациями вакансий в подрешетке олова, создание на их основе структур SnTe-металл и исследование их электрических свойств представляют определенный научно-практический интерес.

В данной работе получены монокристаллы SnTe, содержащие дополнительно введенное избыточное олово в количестве до 1,0 ат.%, созданы структуры металл - SnTe и исследованы их электрические свойства в интервале температур ~77÷300К. Синтез SnTe проводился прямым сплавлением исходных компонентов, взятых в соотношении соответствующих с 0; 0,01; 0,05; 0,10; 0,50 и 1,0 ат.% с избытком олова, в вакууммированных до ~10^{-2} Па кварцевых ампулах при температуре ~ 1135 К в течение 6 часов.

Монокристаллы SnTe выращивались методом Бриджмена. Однофазность и монокристалличность слитков подтверждены рентгеновским методом. Уточненные параметры элементарной ячейки составляют 6,318 (1) Å.

Из монокристаллических слитков на электроэрозионной установке вырезались образцы длиной ~12 мм. Удаление нарушенного слоя, образующегося на торцевых поверхностях образцов при резке, осуществлялось электрохимическим травлением. Образцы (структуры) для исследования контактного сопротивления состояли из припаянных друг к другу с эвтектикой Bi-Sn торцами двух одинакового размера кристаллов. Удельное сопротивление кристаллов и контактов измеряли зондовым методом на переменном токе. Вольт-амперные характеристики структур свидетельствовали об омичности контактов.

Были измерены температурные зависимости удельного сопротивления контактов r_k в структурах на основе монокристаллов SnTe с различными концентрациями избыточного олова и контактов в структурах на их основе. Контактное сопротивление структур во всех случаях с температурой растет. При этом с ростом концентрации избыточного олова r_k при ~ 77К уменьшается от $2{,}61\cdot10^{-4}$ Ом·см^2 для стехиометрического состава до $5{,}40\cdot10^{-5}$ Ом·см^2 для образца с 1 ат.% избытка олова. Тогда как, удельное сопротивление кристаллов при ~77 К вначале (до 0,1 ат.% Sn) с ростом концентрации избыточного атома олова слегка растет (от $1{,}2\cdot10^{-4}$ Ом·см для стехиометрического образца до $1{,}8\cdot10^{-4}$ Ом·см для образца с 0,1 ат.% избыточного олова), а затем уменьшается до ~ $2{,}4\cdot10^{-5}$ Ом·см для образца с 1 ат.% избыточного олова.

Как было отмечено выше, SnTe содержит электроактивные вакансии в подрешетке олова. Принимается, что часть атомов избыточного олова, введенных в SnTe, располагаясь в этих вакансиях, приводят к уменьшению концентрации дырок и соответственно к росту удельного сопротивления образцов кристалла. При концентрации избыточного олова, равного 0,05÷0,10 ат.% завершается заполнение вакансий в подрешетке олова. Атомы избыточного олова с концентрацией больше 0,10 ат.% сами создавая новые носители тока, приводят к росту σ образца. Аналогичный механизм происходит и в контакте (Bi-Sn)-SnTe. В процессе нанесения расплавленной эвтектики Bi-Sn на торцы образцов SnTe, за счет взаимной диффузии, приконтактная область кристалла будет обогащаться атомами Bi и Sn. Малые концентрации атомов Bi и Sn (до ~10^{21} см$^{-3}$), располагаясь в вакансиях Sn, могут привести к уменьшению концентрации дырок в приконтактной области и соответственно к росту r_k.

Однако при больших концентрациях атомы Bi и Sn сами, создавая дополнительные носители тока (например, приводя к образованию вакансий в подрешетке теллура), уменьшают r_k контактов. Об этом свидетельствует и зависимость ρ кристаллов от концентрации избыточного олова.

В сплавных омических контактах может проявляться механизм протекания тока по металлическим шунтам [1]. В этом случае сопротивление контакта увеличивается с ростом температуры, что характерно для металлического типа проводимости.

Результаты измерений показывают, что во всех случаях наблюдается возрастание сопротивления омического контакта (Bi-Sn)- SnTe с температурой. На основе этого делается предположение, что сплавной омический контакт (Bi-Sn)-SnTe, в процессе создания которого происходит растворение полупроводника в эвтектике, может образовываться за счет появления металлических шунтов, пронизывающих слой объемного заряда в результате осаждения атомов Bi и Sn на приповерхностных несовершенств SnTe. Это становится вероятным и из-за того, что при вплавлении эвтектики в SnTe, плотность несовершенств в приконтактной области сильно увеличивается по причине различия в постоянных решетки кристалла и контактного сплава.

При создании сплавного контакта на границе раздела SnTe с эвтектикой Bi-Sn могут образоваться промежуточные фазы в виде теллуридов висмута [2]. Образование таких высокоомных относительно SnTe фаз (удельное сопротивление соединения Bi_2Te_3 при 77 К примерно в 5-6 раз больше, чем SnTe) приводит к росту контактного сопротивления.

Эти данные свидетельствуют о том, что для сплавного омического контакта монокристаллов SnTe с различными концентрациями избыточного атома олова с эвтектикой мас.% 57 Bi + 43Sn, основным механизмом является протекание тока по металлическим шунтам.

Опыты показали, что адгезионная прочность исследованных контактов находится в пределе ~ 20 кГ/см^2.

Таким образом, выращены монокристаллы SnTe с избытком атомов олова и исследованы их электрические свойства, а также сплавных омических контактов этих монокристаллов с эвтектикой мас.% 57Bi+43Sn в интервале 77÷300 К. Выяснено, что избыточные атомы олова при малых концентрациях, заполняя вакансии в подрешетке Sn, приводят к уменьшению концентрации дырок, а при больших концентрациях, создавая новые носители тока, увеличивают электропроводность σ образцов.

Список литературы

1. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. Механизм протекания тока в омических контактах металл-полупроводник // ФТП, 2007, Т. 41, С. 1281-1309.
2. Алиева Т.Д., Абдинова Г.Дж., Ахундова Н.М., Абдинов Д.Ш. Адгезионные и электрические свойства границ раздела кристаллов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ со сплавом In-Ag-Au // ЖФХ, 2008, Т. 82**,** С. 2185-2186.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd>

Бабаева Р. Ф.

Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC)

Обладающие уникальными фотоэлектрическими свойствами слоистые полупроводники p-GaSe и n-InSe уже долгие годы привлекают внимание физиков и конструкторов как перспективные материалы для создания фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. После выявления возможностей создания гетероструктур на их основе [1], а также управления физических параметров и характеристик этих материалов путем легирования редкоземельными элементами (РЗЭ) [2], этот вопрос стал еще более актуальным.

В представленной работе сообщается о результатах, полученных при экспериментальном исследовании основных параметров и характеристик анизотипных гетероструктур p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd> с различным процентным содержанием введенной примеси ($N \leq 10^{-1}$ ат.%).

Измерения проводились при 77К$\leq T \leq$350К, длинах волн и интенсивностях света $0{,}20 \leq \lambda \leq 1{,}60$ мкм и $\Phi \leq 5 \cdot 10^2$, соответственно.

Установлено, что все исследуемые структуры в пределах рассмотренных условий являются резкими переходами и имеют диодный характер, с пропускным (прямым) направлением, когда положительная полярность внешнего электрического напряжения прикладывается к слою селенида галлия. При комнатной температуре коэффициент выпрямления составляет ~ 8÷10 для различных структур, а прямые ветви темновой ВАХ при относительно малых напряжениях подчиняются зависимости [3]:

$$I = I_0 \left\{ \exp \frac{eU}{\beta kT} - 1 \right\}. \qquad (1)$$

Входящий в (1) параметр β имеет значения ~2÷5 для различных структур. При $U \geq 3{,}0$ В экспоненциальный ход ВАХ заменяется линейным:

$$U = U_{oc} + R_0 I \qquad (2)$$

Здесь U_{oc} - напряжение отсечки, а R_0 – остаточное сопротивление рассмотренного гетероперехода. В зависимости от значения N величины U_{oc} и R_0 при 300 К составляют ~ 0,45÷0,50 В и ~$10^4 \div 3 \cdot 10^5$ Ом,

соответственно. При 300 К в первом приближении величина U_{oc} соответствует высоте потенциального барьера ($eU_{oc}=e\varphi_0$) на контакте. С понижением температуры до 77 К, значение R_0 – резко возрастает.

Как значения, так и стабильность и воспроизводимость электрических параметров меняются с изменением *N*. Сопротивления контактирующих p-GaSe<Gd> и n-InSe<Gd> компонентов в зависимости от значения *N* меняются немонотонно и проходят через максимум при $N=10^{-3}$ ат.%.

Установлено, что входящий в выражение (1) параметр I_0 меняется с температурой по закону $I_0 \approx exp\left(-\frac{\varepsilon}{kT}\right)$ и найденное из зависимости $lnI_0(\frac{1}{kT})$ зна-чение $\Delta\varepsilon$ - при всех значениях *N* составляет ~ 0.40 эВ.

Фотоэлектрические свойства гетероструктур p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd> исследованы в фотовольтаическом режиме. Установлено, что максимальное значение фотонапряжения наблюдается при освещении изучаемых структур со стороны p-GaSe<Gd> компонента. Когда освещение осуществляется со стороны n-InSe<Gd> компонента, характер спектра фоточувствительности полностью определяется поглощением в этом полупроводнике и оказывается подобным спектру фоторезистора, изготовленного на его основе. При освещении со стороны p-GaSe<Gd> компонента, в спектре фотоэ.д.с. наблюдаются связанные с поглощением света в p-GaSe<Gd> и в n-InSe<Gd> две области. При оптимальных условиях напряжение холостого хода (U_x) и ток короткого замыкания ($i_{к.з.}$) в исследуемых структурах составляют ~0,34 В и~ 32 мкА/см^2, соответственно.

Установлено, что при легировании гадолинием с $N\approx10^{-5}$ ат.% величина и ширина спектрального распределения фотоэ.д.с. увеличиваются относительно имеющих место для структур p-GaSe/n-InSe, а с дальнейшим ростом *N*, обе они уменьшаясь, приближаются к исходному. Однако при этом фотоэлектрические параметры изучаемых структур становятся более стабильными и воспроизводимыми. При освещении со стороны p-GaSe<Gd> компонента спектр фоточувствительности исследуемых структур с ростом *N* до 10^{-1} ат.% сначала значительно расширяется, при $N\approx10^{-3}$ ат.% охватывает диапазон длин волн 0,25 ÷1,45 мкм, а далее сужаясь, при $N\approx10^{-1}$ ат.% ограничивается в диапазоне ~ 0,35÷1,30 мкм.

Показано, что для объяснения полученных экспериментальных результатов необходимо учесть зависимость пространственной неоднородности монокристаллов p-GaSe и n-InSe от *N*.

Начальный слабый рост обратного тока в изучаемых структурах может объясняться вкладом тока утечки в обратносмещенных структурах, а изменение величины U_0 с *N* - с зависимостью степени пространственной неоднородности монокристаллов p-GaSe<Gd> и n-InSe<Gd> от N.

Расширение спектра фоточувствительности изучаемых структур при освещении их со стороны p-GaSe<Gd>, по всем своим признакам, связано с «эффектом окна» [3], а резкий спад фоточувствительности со стороны коротких длин волн- с маленьким значением длины диффузии неравновесных свободных носителей заряда в направлении оси «С», по сравнению с толщиной слоев контактирующих компонентов.

Полученные результаты показывают, что область фоточувствительности гетероструктур p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd> охватывает очень широкий и высокоэнергоносимый диапазон солнечного излучения и при освещении этих структур фотоактивным светом даже при $T\geq300$К возникает значительная фотоэ.д.с. Все сказанное свидетельствует о том, что гетероструктуры p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd> являются перспективными функциональными элементами для создания фотоэлектрических преобразователей энергии солнечного излучения в электрическую с управляемыми параметрами путем изменения уровня легирования контактирующих пар РЗЭ.

Список литературы

1. Бакуменко В.Л., Ковалюк З.Д., Курбатов Л.Н., Тагаев В.Г., Чищко В.Ф. Исследование гетеропереходов InSe-GaSe, приготовленных посадкой на оптический контакт. I. Электрические характеристики неосвещенных переходов. // ФТП, 1980, в. 6, с. 1115-1119.

2. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф. К вопросу о механизме влияния легирования редкоземельными элементами на фотолюминесценцию монокристаллов соединений A_3B_6 со слоистой структурой. // Прикладная физика. 2004, № 5, с. 74-78

3. Шарма Б.Л., Пурохит Р.К. Полупроводниковые гетеропереходы. М.: Советское радио. 228 с.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ФОРМИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУР, ВКЛЮЧАЮЩИХ МАКРОЦИКЛЫ КРАУН ЭФИРА И НАНОЧАСТИЦЫ МАГНЕТИТА МЦ@Fe_3O_4 NPs

Везирова Л.З., Гасанова У.А.

НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»,

L_vez@mail.ru

Актуальным является изучение биологически активных свойств наноструктур. Это новое направление исследований и в настоящей работе представлены результаты исследования антимикробных свойств формированных нами наноструктуры МЦ@Fe_3O_4 NPs [1-6].

На основе полученных нами краун эфиров [7], формировывали наноструктур МЦ@Fe_3O_4 NPs, которые тестировали с различными штаммами микроорганизмов.

Учитывая то, что мембраны Грам-отрицательных Г(-) и Грам-положительныех Г(+) штаммов микроорганизмов устойчивые к различным воздействиям, например антибиотикам, мы изучали влияние приготовленных наноструктур на устойчивость штаммов. При этом учитывали мутацию и приспасабливаемость микроорганизмов к воздействующим структурам МЦ@Fe_3O_4 NPs. Это позволило разработать или модифицировать способ приготовления образцов, которые были способны разрушать мембранную защиту микроорганизмов.

Наши опыты показали, что полученные наноструктуры МЦ@Fe_3O_4 NPs обладают биологической активностью в отношении изучаемых клинических микроорганизмов. Полученные наноструктуры МЦ@Fe_3O_4 NPs тестировали в отношении Г(+) штамма Staphylococcus aureusи и Г(-) штаммов Escherichia coli и Klebsiella spp.

Синтезированные цистые краун эфиры проявли невысокую антимикробную активность в связи с их ионофорными свойствами. В структуре МЦ@Fe_3O_4 NPs наличие атомов азота в макроциклическом кольце обуславливает возможность связывания краун эфира с наночастицами магнетита. Это в свою очередь создает возможность полученным наноструктурам МЦ@Fe_3O_4 NPs имитировать свойства природных сидерофоров. Это эффект является важным при исследовании антимикробной активности полученных наноструктур.

Определенные микродиффузионным методом диаметры зоны ингибирования в результате воздействия исследуемого краун эфира на Staphylococcus aureus составляли 14 мм. При исследовании биологической активности в отношении Г(-) штаммов Escherichia coli и Klebsiella spp было выявлено, что исследуемый диазакраун эфир не проявил биологической активности, в противоположность его воздействию на и Г(+) Staphylococcus aureus. При этом обнаружено, что синтезированные наноструктуры МЦ@Fe_3O_4 NPs, проявили себя активными в отношении Г(-) штаммов, тогда как в отношении Г(+) штаммов Staphylococcus aureusне наблюдалась активность.

Микродиффузионным методом было выявлено, что при воздействии синтезированных наноструктур МЦ@Fe_3O_4 NPs, диаметры зон ингибирования составляли 28 мм в отношении Escherichia coli и 22 мм в отношении Klebsiella spp.

Антибактериальный эффект чистого краун эфира в отношении Staphylococcus aureus объясняется ионофорными свойствами крауна, заключающимися в нарушении мембранного потенциала бактериальной клетки. В то же время, отсутствие антимикробного эффекта МЦ@Fe_3O_4 NPs в отношении Staphylococcus aureus, вероятно связано с тем, что при хелатировании магнетитом краун эфира, наночастицы блокируют активные группы молекулы краун эфира, ответственные за ионофорный эффект.

Установлено, что в МЦ@Fe_3O_4 NPs многоцентровое нековалентное связывание наночастиц магнетита с молекулами краун соединения происходит гидроксильными и аминными группами. В этом процессе участвуют также кислородные атомы макроциклического кольца, которые в свою очередь ответственны за ионофорное связывание с клеточной мембраной за счет ион-дипольных, диполь-дипольных, водородных и др. взаимодействий.

Для бактериальной клетки предпочтительным является связаться с железохелатирующим агентом, чем свободной от железа секретируемой бактериальной клеткой сидерофора. Вероятно сумма вышеперечисленных факторов вносит свой вклад в выраженный антимикробный эффект материала МЦ@Fe_3O_4 NPs в отношении Г(-) штаммов.

На основе полученых нами результатов с использованием метода микроразведений было установлено, что минимальная ингибирующая концентрация наночастиц МЦ@Fe_3O_4 NPs в отношении Klebsiella spp.была равна 0.5 мг/мл, тогда как в отношении Staphylococcus aureus минимальная ингибирующая концентрация чистого гидроксилзамещенного крауна составила 1 мг/мл. В случае с

Escherichia coli, минимальная ингибирующая концентрация наночастиц МЦ@Fe_3O_4 NPs составила 0.5 мг/мл. Результаты нащих экспериментов представлены на рисунке.

При определении чувствительности диско-диффузионным методом на поверхность агара в чашке Петри наносили бактериальную суспензию определенной плотности. Эквивалентный стандарт мутности по McFarland составлял 0,5. Затем на диски помещали заданное количество антибиотика. Диффузия антибиотика в агар приводит к формированию зоны подавления роста микроорганизмов вокруг дисков. Инкубацию в чашках проводили в термостате при температуре 35-37°С в течение 24 ч. После измеряли диаметр зоны вокруг диска в миллиметрах и анализировали результаты.

Определение чувствительности микроорганизма с помощью Е-теста (определение минимальной ингибирующей концентрации) проводили аналогично тесту диско-диффузионнога метода. Отличие состоит в том, что вместо диска с антибиотиком использовали полоску Е-теста, содержащую градиент концентраций антибиотика от максимальной к минимальной. В месте пересечения эллипсовидной зоны подавления роста с полоской Е-теста получали значение минимальной подавляющей концентрации.

Достоинством диффузионных методов является простота тестирования и доступность выполнения в бактериологической лаборатории. Однако с учетом высокой стоимости Е-тестов (определение минимальной ингибирующей концентрации - МИК) в основном использовали диско-диффузионный метод.

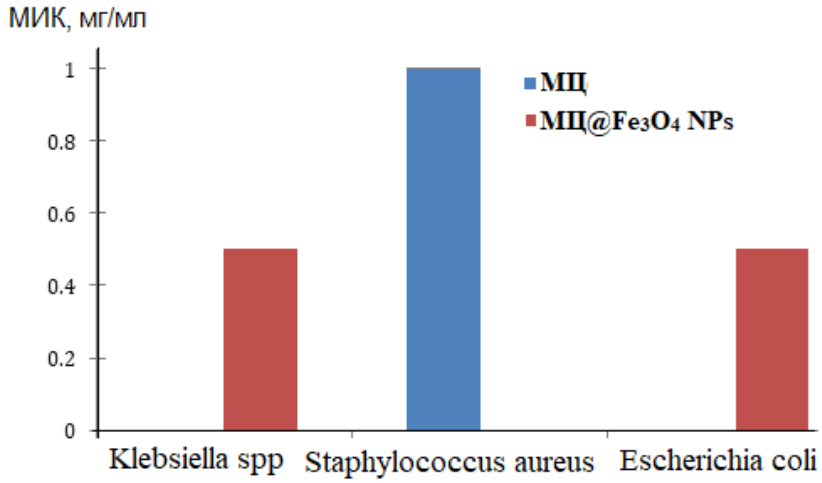


Рисунок1. Графическое изображение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) наночастиц МЦ@Fe_3O_4 NPs и несвязанного макрогетероцикла (МЦ) в отношении штаммов бактерий Klebsiella spp., Staphylococcus aureus и Escherichia coli.

Метод разведения осуществляли путем использования двойных последовательных разведений концентраций антибиотика от максимальной к минимальной концентраций. Использовали концентрационный интервал от 128 мг/мл, 64 мг/мл, и т.д. до 0,5 мг/мл, 0,25 мг/мл и 0,125 мг/мл. Первую наименьшую концентрацию антибиотика (из серии последовательных разведений), где визуально не определяется бактериальный рост принимали за минимальную подавляющую концентрацию [8].

Установлено, что наночастицы МЦ@Fe_3O_4 NPs проявляют ингибирующую активность на развитие биопленки, продуцируемой штаммом Klebsiella spp. во всех тестируемых концентрациях, взятых в интервале от 20 до 0.5 мкг. Эти результаты указывают на то, что загрузка молекул краун эфира на наночастицы магнетита обеспечило улучшенную доставку активного вещества к бактериальному объекту даже в том случае, когда он находился в труднодоступной матрице биопленки.

Таким образом, синтезированные супрамолекулярные ансамбли в виде новых наноструктур МЦ@Fe_3O_4 NPs в сочетании с различными биологически активными молекулами проявляют заметный эффект. Эти структуры могут быть предложены для создания новых эффективных антимикробных препаратов.

Список литературы

1. Campbell M.K., Farrell S.O. Biochemistry 7th EDITION. Belmont, USA. Brooks/Cole. 2010. 865 p.

2. Cragg P.J. Supramolecular Chemistry: From Biological Inspiration to Biomedical Applications. Springer Netherlands. 2010. 276 p.

3. Djokić S. Editor. Biomedical and Pharmaceutical Applications of Electrochemistry. Springer International Publishing Switzerland 2016. 470 p.
4. Egorova E.M., Kubatiev A.A., Schvets V.I. Biological Effects of Metal Nanoparticles. Springer International Publishing. Switzerland 2016. 295 p.
5. Shpak A.P., Gorbyk P.P. Nanomaterials and Supramolecular Structures. Physics, Chemistry, and Applications. 2010. Springer Netherlands. 426 p.
6. Yan B., Zhou H., Gardea-Torresdey J.L. Bioactivity of Engineered Nanoparticles. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017. 383 p.
7. Везирова Л.З. Синтез и свойства новых краун-соединений, содержащих аминные и гидроксильные группы в макроциклическом кольце / Шабанов А.Л., Гахраманова З.О., Везирова Л.З., Гасанова У.А., Асадов М.М. // Энциклопедия инженера-химика. 2014, № 10, С. 23-26.
8. Поляк М.С. Основы антибиотикотерапии. СПб.: НИЦФ, 2003, 32 с.

О ВЛИЯНИИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ СИСТЕМ НА ПРОМЫВКУ ТКАНЕЙ

Велиев Ф.А.
Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC)

Магнитная обработка воды, используемой для промывки тканей, приводит к интенсификации массопереноса не только за счет увеличения коэффициента диффузии, но и, как показано ниже, вследствие изменения химических потенциалов.

Экспериментальные и теоретические исследования [1,2] свидетельствуют о том, что длительность процесса промывки зависит от разновесных концентраций загрязнений на материала и в растворе .

Согласно принципам неравновесной термодинамики принимаем , что поверхностная плотность загрязнений ткани меняется со временем t до достижения равновесного значения a_p при данной концентрации C загрязнения в растворе . Для так называемой прерывной модели запишем

$$\partial a / \partial t \approx \Delta\mu = \mu_1 - \mu_2 \qquad (1)$$

Где μ_1 и μ_2 – химический потенциал загрязнений соответственно на ткани и в растворе.

Рассмотрим промывку ткани после крашения. Пусть система ткань – промывной раствор в термодинамическом смысле закрыта (то есть не обменивается массой с внешней средой). В стационарных условиях работы полагаем, что температура T_1 ткани равна температуре T_2 промывного раствора : $T_1=T_2=T$.

В изобарических условиях ($P_1=P_2=P$) при отсутствии химических реакций для ткани и соответственно промывного раствора изменение энтропии

$$dS_1=(dU_1+PU_1-\mu_1 dn_1)/T \qquad (2)$$

$$dS_1=(dU_1+PU_1-\mu_1 dn_1)/T \qquad (3)$$

Где U_1 и U_2 - внутренняя энергия ткани и раствора.

Если под n_1 и n_2 понимать число молей, то μ_1 и μ_2 -молярные химические потенциалы. Изменение энтропии всей системы можно характеризовать суммой (2) и (3) .Причем в стационарных условиях промывки тканей объем системы не меняется (V=const ,dV=0) и масса удаляемого с ткани загрязнения поступает в раствор (сохраняется). Вместо (2) и (3) для всей системы в целом имеем

$$TdS=dS=dU-\Delta\mu dn \qquad (4)$$

Следуя схеме прерывной модели , записываем

$$\mu_1=RTlnC_1+\mu_1^0$$

$$\mu_2=RTlnC_2+\mu_2^0 \qquad (5)$$

Где R – универсальная газовая постоянная;

C_1, C_2-концентрация красителя соответственно на ткани и в промывном растворе;

μ_1° ,μ_2° -стандартные химические потенциалы.

Разность химических потенциалов из (5) $\Delta\mu=\mu1-\mu2=RTln(C_1/C_2)+\Delta\mu^0$(6)

Для вычисления воспользуемся условием равновесия $\partial a/\partial t=0$, что означает $\Delta\mu = 0$ и соответственно

$$\Delta\mu^0=RTln(C_{2p}/C_{1p}) \quad (7)$$

Где –C_{2p} и C_{1p} равновесные концентрации красителя соответственно в промывном растворе и на ткани.

Подставив (7) в(6), найдем

$$\Delta\mu=RTln(C_1/C_{2p}/\ C_2/C_{1p}) \quad (8)$$

Из (1) и (8) следует , что чем выше равновесное значение C_{2p}, тем выше скорость процесса промывки и, соответственно меньше его продолжительность.

На рис.1 приведены результаты опытов промывки сатина арт. 544 после крашения прямым черным 2С на красильной линии ЛКС-140-17. По оси ординат отложена измеренная ФЕК-56М оптическая плотность промывного раствора, позволяющая определить содержание красителя в промывных коробках.

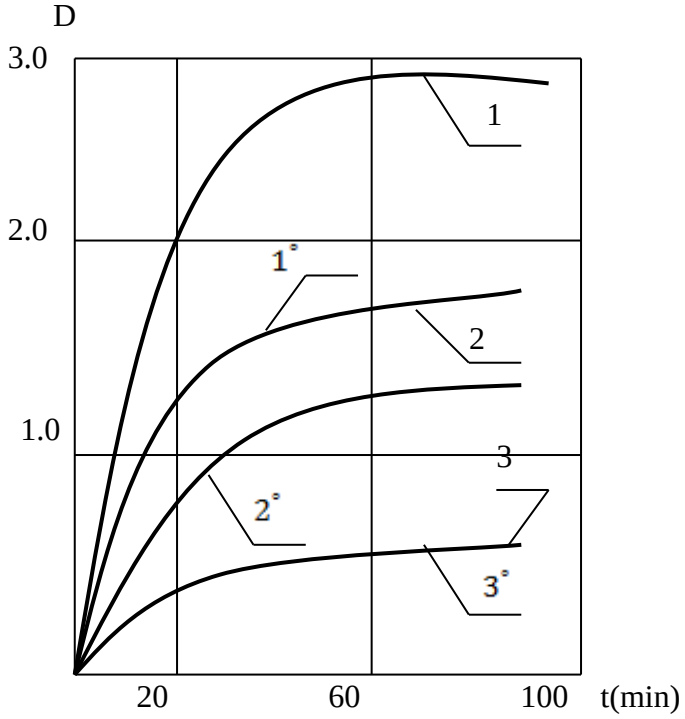


Рис .1

Опыты носили сравнительный характер .В одних в промывную часть линии подавали подогретую воду после магнитной обработки- кривые 1,2,3, в других промывка шла по обычной тенологии-1’2’,3’,- контрольные промывки.

По оси абсцисс отложено время непрерывной работы линии (время накопления загрязнений).Проведены опыты по накоплению красителя в промывных ваннах №1- кривая 1,№2-кривая 2 и №3-кривая 3. В промывную ванну №9 подогретая вода согласно технологии не подается. Соответственно кривые 3 и 3’ совпали. В остальных случаях видно, что динамически равновесное содержание (C_{2p}) красителя в промывных ваннах при магнитной обработке воды больше (асимптотическое значение для кривых 1,2,3 выше , чем для кривых 1’2’,3’) в сравнении с обычной технологией (без магнитной обработки) и соответственно быстрее идет смыв незафиксированного красителя.

Аналогичная картина наблюдается и при промывке хлопчатобумажных тканей после печати активными красителями.

На рис.2 приведены результаты промывки фланели арт .1672 после печати. Как видно, динамически равновесное содержание загрязнений в промывной ванне №1 при использовании магнитной обработки 1 выше , чем при работе линии по обычной технологии 2. При этом качество промывки ткани с использованием магнитной обработки воды не хуже, чем в контрольных опытах.

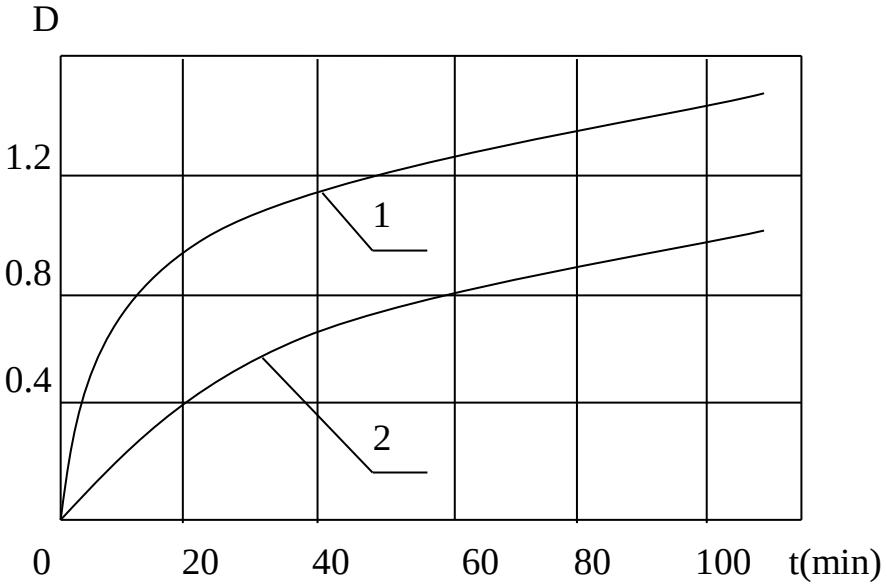


Рис. 2

Таким образом, магнитная обработка водных систем влияет на равновесные концентрации и соответственно на химические потенциалы фаз. С последними связано и другое важное для мокрых обработок текстильных материалов свойство – химическое сродство.

Список литературы

1.Процессы промывки тканей и методы их интенсификации / Под ред. Б.С.Сажина, Ф.Л.Альтер Песоцкого.- М. : Легпромбытиздат, 1984.

2.Сажин Б. С., Реутский В.А. Сушка и промывка текстильных материалов: теория , расчет процессов - М. : Легпромбытиздат, 1990.

ПРОДОЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТОКА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ С ГЛУБОКИМИ ЛОВУШКАМИ, СКРЕЩЕННЫХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

[1]Гасанов Э.Р., [2]Магеррамов А.Б., [2]Гасанова Р.А.

[1]Бакинский Государственный Университет

[2]Институт Физики НАН Азербайджана

В работах [1,2] построена теория колебания тока в полупроводниках с глубокими ловушками при наличии внешнего постоянного электрического поля E_0. Модель полупроводника в работах [1,2] очень подробно изложена. Мы в этой теоретической работе построим теорию продольных колебаний тока в полупроводниках с определенными глубокими ловушками и двумя типами носителей заряда (электроны и дырки) в скрещенных электрическом и магнитном полях. В продольном колебание тока переменное магнитное поле равно нулю.

$$\frac{\partial \vec{H}'}{\partial t} = -c\left[\vec{k}\vec{E}'\right] = 0, \qquad \vec{H}' = 0 \qquad (1)$$

($\vec{k}$ - волновой вектор). Наличия магнитного поля может влиять на колебание тока только в сильном (т.е. $\mu_{\pm} H_0 >> c$) значение ($\mu_{\pm}$ - подвижности дырок и электронов).

Если концентрация дырок n_+ и концентрация электронов n_- меньше, чем концентрация глубоких носителей, то вероятность рекомбинации и генерации носителей заряда больше.

Тогда в построенной теории нужно учитывать условия

$$n_+^0 << N, \qquad n_-^0 << N \qquad (2)$$

Модель полупроводника и основные уравнения задачи

Пусть концентрация однократных заряженных ловушек N и концентрация двукратных отрицательно заряженных ловушек N_-, тогда (2) должен быть

$$n_+^0 << N^0 N_-^0, \qquad n_-^0 << N^0, N_-^0 \qquad (3)$$

(значки «0» означают равновесные значения соответствующих величин).

Концентрация $n_\pm, N, N_-$ и плотность тока, при наличии электрического и магнитного полей, удовлетворяют уравнениям[2,3]

$$\frac{\partial n_-}{\partial t} + div\vec{j}_- = \gamma_-(0) n_{1-} N_- - \gamma_-(E) n_- N = \left(\frac{\partial n_-}{\partial t}\right)_{rek.}$$

$$\frac{\partial n_+}{\partial t} + div\vec{j}_+ = \gamma_+(E) n_{1+} N - \gamma_+(0) n_+ N_- = \left(\frac{\partial n_+}{\partial t}\right)_{rek.}$$

$$\frac{\partial N_-}{\partial t} = \left(\frac{\partial n_+}{\partial t}\right)_{rek.} - \left(\frac{\partial n_-}{\partial t}\right)_{rek.} \quad div\vec{J} = e div\left(\vec{j}_+ - \vec{j}_-\right) = 0$$

$$\vec{j}_+ = n_+ \mu_+ \left(E_{0,} H_0\right)\vec{E} + n_+ \mu_{1+} \left[\vec{E}\vec{h}\right] + n_+ \mu_{2+} \left(E_{0,} H_0\right)\vec{h}\left[\vec{E}\vec{h}\right] - D_+ \vec{\nabla} n_+ -$$
$$- D_{1+} \left[\vec{\nabla} n_+ \vec{h}\right] - D_{2+} \vec{h}\left(\vec{\nabla} n_+ \vec{h}\right)$$

(4)

$$\vec{j}_- = -n_- \mu_- \left(E_{0,} H_0\right)\vec{E} + n_- \mu_{1-} \left(E_{0,} H_0\right)\left[\vec{E}\vec{h}\right] - n_- \mu_2 \left(E_{0,} H_0\right)\vec{h}\left[\vec{E}\vec{h}\right] - D_- \vec{\nabla} n_- +$$
$$+ D_{1-} \left[\vec{\nabla} n_- \vec{h}\right] - D_2 \vec{h}\left(\vec{\nabla} n_- \vec{h}\right)$$

Здесь $\vec{h}$ – единичный вектор по магнитному полю, $\mu_\pm\left(E_0, H_0\right)$ – омическая, $\mu_{1\pm}\left(E_0, H_0\right)$ – холловская, $\mu_{2\pm}\left(E_0, H_0\right)$ – фокусировочная подвижности дырок и электронов, $D_\pm, D_{1\pm}, D_{2\pm}$ – соответственно омические, холловские, фокусировочные коэффициенты диффузии носителей. В невырожденных полупроводниках носители заряда имеют эффективную температуры и для коэффициентов диффузии справедливо соотношения Эйнштейна

При наличии колебания тока вовнешней цепи вольтамперная характеристика образца имеет падающий участок. В этом участке реальная часть импеданса отрицательна.

Частота колебания тока при этом определяется из уравнения

$$-\mathrm{Re}\, Z + R = 0 \qquad (5)$$

(Z - импедансе кристалла, R - омическое положительное сопротивление в цепи).

Электрическое поле, при которых происходит колебания тока в цепи, определяется из уравнения

$$JmZ + R_1 = 0 \qquad (6)$$

JmZ - мнимая часть импеданса, R_1 - сопротивление емкостного или индуктивного характера.

Для определения частоты колебания тока и электрического поля уравнения (5-6) должны решаться как система уравнений

$$n_\pm\left(\vec{r}, t\right) = n_\pm^0 + \Delta n_\pm\left(\vec{r}, t\right), N_-\left(\vec{r}, t\right) = N_-^0 + \Delta N_-\left(\vec{r}, t\right)$$

Положим $\quad N\left(\vec{r}, t\right) = N^0 + \Delta N\left(\vec{r}, t\right), \vec{E} = \vec{E}_0 + \Delta\vec{E}\left(\vec{r}, t\right) \qquad (7)$

$$N_0 = N^0 + N_-^0$$

и обозначим следующие характерные частоты $\nu_- = \gamma_-\left(E_0\right)N_0$ – частота захвата электронов однократно отрицательнозаряженными ловушками, $\nu_+ = \gamma_+\left(0\right)N_-^0$ – частота захвата дырок двукратноотрицательно заряженными ловушками, $\nu_+^E = \gamma_+\left(E_0\right)N_0$ – частота испускания дырок однократно отрицательнозаряженными ловушками.

$\nu'_- = \gamma_-(E_0)n_-^0 + \gamma_-(0)n_{1-}, \nu'_+ = \gamma_+(0)n_+^0 + \gamma_+(E)n_{1+}$ «комбинированные» частоты захвата и испускания электронов и дырок.

Для вычисления импеданса кристалла мы должны определить $\Delta E(x,t)$

$$Z = \frac{1}{\Delta J}\int_0^L \Delta E(x,t)dx \qquad (8)$$

Линеаризуя систему уравнений (3) и представляя флуктуации $\Delta n_\pm$, в следующем виде

$\Delta n_\pm(\vec{r},t) = \Delta n'_\pm e^{i(\vec{k}\vec{r}-\omega t)} + \Delta n''_+ e^{-i\omega t}$ (9)

мы получим для электрического поля выражение $\Delta\vec{E} = U\Delta\vec{J} + \vec{U}_1\Delta n_+ + \vec{U}_2\Delta n_-$ (10)

Значения $U, \vec{U}_1, \vec{U}_2$ легко получаются при линеаризации системы уравнений с учетом (3). Однако, уравнение легко решается при справедливом неравенстве

$\nu'_\pm << \nu_\pm, \nu_+^E$ и тогда $\Delta n'_\pm = \sum_{j=1}^{4}\lambda_\pm^j e^{i(k_j r_j - \omega t)}$ (11)

Для нахождения $\lambda_\pm^j$ мы должны использовать граничные условия

$$x = 0, \Delta n_\pm(0) = \delta_\pm^0 \Delta J, x = L, \Delta n_\pm(L) = \delta_\pm^L \Delta J$$

Где $\delta_\pm$ - коэффициенты инжекции дырок и электронов. Нужно отметить что при слабом инжекций

$$e\delta_\pm \upsilon_- << 1 \qquad (12) \qquad [4]$$

После этого можно вычислить переменную разность потенциалов на концах кристалла и импеданса. Мы получаем для реальной части импеданса следующие выражения.

$$\frac{\mathrm{Re}\,Z}{Z_0} = x_+^2\left\{\begin{array}{l} 1 + \frac{A_-}{x_+\theta}\left[\left(1+\frac{\nu_+^2}{\omega^2}\right)(\cos\alpha - 1) + \frac{\nu_-}{\omega}\sin\alpha\right] + \\ + \frac{A_+}{x_+\theta}\left[\frac{\mu_+}{\mu_-}\left(\frac{\nu_+}{\nu_+^E} + \frac{\nu_-^2}{\omega^2}\right)\cos\alpha - \frac{\mu_+}{\mu_-}\left(1+\frac{\nu_-^2}{\omega^2}\right)\left(1+\frac{\nu_+\mu_+}{\mu_-}\sin\alpha\right)\right] - \frac{e\upsilon\delta x_+}{\theta}\frac{\mu_+}{\mu_-} \end{array}\right\} \qquad (13)$$

$$\frac{JmZ}{Z_0} = \frac{x_+}{\theta}\left\{\frac{3}{2}A_-\theta x_+ \frac{eE_0}{Tk_y}\left(\frac{x_- S}{\mu_+ E_0}\right)^2\left[\frac{n_+\nu_+^E\mu_+\beta_+}{n_-\nu_-\mu_-\beta_-}\left(1+\frac{\nu_-^2}{\omega^2}\right) - \left(1+\frac{\nu_+^2}{\omega^2}\right)\right] + e\upsilon\delta x - \left(\frac{\mu_+}{\mu_-}\right)^3\cos\alpha\right\} \qquad (14)$$

Здесь $Z_0 = \frac{L_x}{\sigma_0 S}$ S - (поперечное сечение образца, $\sigma_0 = e(n_-\mu_- + n_+\mu_+)$

Из выражения (13) и (14) видно, что в общем виде вещественная и мнимая части импеданса слишком сложно зависят от частоты колебания тока и внешнего электрического поля. Поэтому мы будем исследовать их в предположении

$$\mu_- >> \mu_+ \qquad (15)$$

И при этом, рассмотрим два предельных случая относительно колебания тока

1) Высокочастотный случай

$\omega >> \nu_\pm, \nu_+^E$

Напишем (13) в следующем виде

$$\begin{array}{l} \frac{\mathrm{Re}\,Z}{Z_0} = U + U_1\sin\alpha + U_2\cos\alpha + \frac{R}{Z_0} = 0 \\ \frac{JmZ}{Z_0} = F + F_1\cos\alpha + \frac{R_1}{Z_0} = 0 \end{array} \qquad (16)$$

Из совместного решения (16) получим:

$$F_1^2\left(U_0^2-U_1^2\right)+\left(U_1^2+U_2^2\right)F_0^2=2U_0U_2F_0F_1$$
$$F_0=F+\frac{R_1}{Z_0};U_0=U+\frac{R}{Z_0} \qquad (17)$$

Равенство (17) справедливо

если $U_0=U_1$ (18)

$$\text{и } F_0\left(U_1^2+U_2^2\right)=2U_0U_2F_1 \qquad (19)$$

Из (19) легко получим:

$$\omega=\nu_-\frac{n_-\beta_-+n_+\frac{\nu_+^E}{\nu_-}\beta_+\frac{\mu_+}{\mu_-}}{n_0}\left(\frac{E_0}{E_1}\right)^2;E_1^2=\frac{2L_x\nu_-^2\left(n_-\beta_-+n_+\beta_+\frac{\nu_+^e}{\nu_-}\right)}{n_0k_y\mu_-^2} \qquad (20)$$

Решение (21) дает для определения электрического поля выражение

$$E_0=\frac{E_1^2x_+^2}{2E_\delta}\left[\sqrt{1+\frac{8A_-E_\delta^2}{E_1^2x_+}}-1\right] \quad A_-=\frac{2n_-\nu_-\beta_-}{n_0\omega} \quad E_0=\left(\frac{2E_1^2x_-}{e\delta\mu_+}\right)^{1/3} \qquad (21)$$

R_1 – отрицательно т.е. имеет индуктивный характер

$$\frac{|R_1|}{Z_0}=3\frac{eE_0}{Tk_y}\left(\frac{x_-S}{\mu_+E_0}\right)^2\frac{n_+\nu_+^E\mu_+\beta_+}{n_0}\frac{\nu_-}{\omega}x_+^2\left(\frac{E_1}{E_0}\right)^2 \qquad (22)$$

2) Низкочастотный случай

$$\frac{R}{Z_0}=x_+^2\ .\ \omega=\nu_-\frac{n_0}{n_-\beta_-+n_+\beta_+\frac{\mu_+}{\mu_-}\frac{\nu_-\nu_+^E}{\nu_+^2}}\left(\frac{E_0}{E_1}\right)^2 \qquad E_0=E_1\phi\left(x,n_\pm\right) \quad (23)$$

В этом предельном случае выражения (22) для $|R_1|$ остается в силе.

Обсуждение результатов

Таким образом, построена теория продольного колебания тока в полупроводниках с определенными глубокими ловушками. Когда частота колебания тока больше чем существующие частоты, в теории найдены значения частоты колебания тока, как функция внешнего электрического поля. Частота в этом предельном случае $\omega\sim E_0^2$

В этой тории для численного значения E_0 и ω нужно сначала определить значения $\beta_\pm$. Однако, можно полагать что $\beta_\pm\sim 2$ и найти численные значения E_0 и ω,

а электронное поле $E_0\sim H^{1/3}$. В этом случае омическое сопротивление вносимое в цепь $R\sim \mathrm{H}^2$. В цепи появляется сопротивление индуктивного характера и значения этого индуктивного сопротивления уменьшается как функция внешнего электрического поля $|R_1|\sim\frac{1}{\mathrm{E}_0^3}$ и $|R_1|$ увеличивается с увеличением магнитного поля $R\sim \mathrm{H}^2$ в обратном частотном предельном случае (т.е. частота колебания меньше всех характерных частот в теорию).

$R\sim \mathrm{H}^2$, $\omega\sim E_0^2$, $E_0\sim H^{3/4}$ и закономерности, появляющиеся в цепи сопротивления индуктивного характера не меняется. В теорию во-внешном электрическом поле, когда рассеяния имеет релаксационный [5] характер численные значения взять из [6] и соглашения с экспериментом удовлетворительное.

Список литературы

1. E.R.Hasanov, R.N.Hosseyn, A.Z.Panahov and A.I.Demirel. «Instability in Semiconductors with Deep Traps in the Presence of Strong ($\mu_{\pm}H >> c$) External Magnetic Field» Adv. Studies. Phys. Vol.5, 2011, N1, 25-30.
2. Nonlinear electric and magnetic field of radiation, E.R.Hasanov, I.I.Mustafaeva, A.R.Salimi, S.S.Ahadova, K.N.Yysifova, 13th International Conference on «Technical and Physic Problems of Electrical Engineering » 21-23Septemper 2017, p.201-204.
3. В.Л.Бонг-Бруевич, И.П.Звячин, А.Г.Миронов «Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках», Издательство Наука,1972, ст.59-138
4. «Nonlinear Oscillations of the charge curriers concentration and electric field in semiconductors with deep traps», F.F. Aliev, E.R.Hasanov, IOSR Journal Applied Physics (IOSR-JAP) vol.10, ISSUE1, Ver II (Jan-Feb 2018) ,p.36-42.
5. М.Н.Иглучин, Э.Г.Пель, Л.Я.Первова, В.И.Фистуль «Неустойчивость электронно-дырочной плазмы полупроводнике обусловленная нелинейностью вольтамперных характеристик»ФТТ, вып.12, ст.3606-3614

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ЭВТЕКТИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА InSb-MnSb

[1]Мамедов И.Х., [2]Барайшук С.М., [1]Араслы Д.Г., [1]Халилова А.А.,
[2]Ткаченко Т.М., [3]Галяс А.И., [1]Рагимов Р.Н.
[1]Институт Физики НАН Азербайджана;
[2] Белорусский государственный аграрный технический университет.
[3]ГО "НПЦ НАН Беларуси по материаловедению"

Введение

Эвтектические композиты на основе соединений III-V групп с 3d-переходными металлами, состоящие из полупроводниковой матрицы и металлических включений, представляют интерес из-за сохранения микроструктуры до температуры плавления, повторяемости и стабильности характеристик. Такие эвтектические композиты ведут себя как неоднородные и вырожденные полупроводники и их физические свойства существенно зависят от электронной конфигурации 3d-элементов, геометрии включений и особенностей формирования межфазных зон. Из-за наличия ферромагнитных металлических включений эти композиты перспективны для создании инжекторов спин-поляризованных электронов.

Ранее нами исследованы микроструктура и физические свойства эвтектических композитов на основе InSb и GaSb [1-3]. В данной работе приведены результаты рентгенофазового, микроструктурного анализов и топологии поверхности полученных нами тонких пленок эвтектического композита InSb-MnSb.

Экспериментальная часть

Тонкие пленки эвтектического композита InSb-MnSb получены методом «мгновенного испарения» и имели толщину в пределах 0.4÷1.0 μm.

Аттестация полученных пленок проведена рентгенофазовым анализом, исследованием микроструктуры. Рентгенофазовый анализ проведен на дифрактометре «Advance 8D» с CuK_{α} – излучением, микроструктурный анализ - сканирующим микроскопом FEI Quanta FEG, элементный состав определен на спектрометре "EDS system - Oxford Inca X-act". Топология поверхности исследуемых тонких пленок изучена на многофункциональном атомном силовом микроскопе Nt-206 Microtestmachines Co в контактном режиме с использованием зондов Mikromasch CSC 38. Для оценки поверхности было выбрано не менее 5 площадок сканирования размером 20×20 мкм^2 и 5×5 мкм^2 с разных участков поверхности, что позволило провести усреднение параметров рельефа. Обработка полученных данных произведена с помощью программы «SurfaceXplorer» по методике, описанной в [4].

Результаты и обсуждение

Сравнительные дифракционные спектры массивных образцов эвтектики InSb-MnSb и его тонких пленок приведены на рис.1. Как видно из спектра, массивные и тонкие пленки имеют двухфазные структуры. Интенсивные линии в спектре соответствуют соединению InSb (индексы Миллера: 23.77^0 (111), 39.31^0 (220), 46.48^0 (311), 62.41^0 (331), 71.38^0 (422)), а слабые линии,

обозначенные звездочкой - соединению MnSb. Интенсивность линий на дифракционном спектре пленок указывает на их кристаллизацию. Идентичность рентгенограмм массивного и пленочного образцов обусловлена идентичностью их состава. На это указывают и представленные микроструктура (рис.2) и элементный состав (рис.3) тонких пленок InSb-MnSb. Распределение атомов In, Sb и Mn соотвествует стехиометрическому составу.

АСМ-исследования показали, что типичная поверхность тонких пленок эвтектического композита InSb-MnSb имеет сложный микрорельеф. При размере площадок сканирования 20×20 мкм^2 (рис.4) на поверхности наблюдаются равномерно распределенные структурные образования округлой формы размером 0.5-2 мкм, в поперечнике с средней высотой 0,8-0,9 мкм что видно из профиля сечения (рис.4c). Средняя арифметическая шероховатость поверхности, усредненная по 5 различным площадкам, при указанном выборе площадки составляет Ra=78.3 нм, среднеквадратичная Rq=103.3. Отношение полной площади поверхности к проективной составляет 1,14. Распределение высот для указанных площадок представлено на рис.5a, там же приведен анализ ориентированности поверхностных структур, который позволяет утверждать отсутствует сколь, либо выраженная ориентация (рис. 5b). Кроме того, в левом нижнем углу представленного АСМ изображения можно заметить структуры размером 8-12мкм в поперечнике округлой формы, что хорошо согласуется с данными СЭМ.

По АСМ-изображениям вычислялась мультифрактальная размерность поверхности методом горизонтальных сечений (площадь–периметр). При вычислении фрактальной размерности учитывалось систематическое отклонение, характерное для метода горизонтальных сечений [5, 6]. Анализ фрактальности исследованных площадок по 500 подслоям (рис. 6) дает среднее значение фрактальной размерности 2.79.

Кроме того, дополнительно было проведено изучение межзеренного пространства при большем разрешении сканирования и областей, содержащих аномальные топографические структуры для данных поверхностей. В частности, при размере области сканирования 5×5 мкм^2 полученные при помощи АСМ, изображения (рис.7) хорошо согласуются с данными СЭМ, приведенными на рис.2.

Для этих областей характерно отсутствие сколь либо значительных по размеру структур, однако наблюдается мелкозеренная структура с преобладающей высотой ~30нм (рисунок 8). Зерна неправильной формы размером 40-80 нм в поперечнике так же не имеют ярко выраженной ориентации. Это приводит к уменьшению значений средней арифметической и среднеквадратичной шероховатости до Ra=9.4 нм и Rq=12.2нм, соответственно. При этом среднее значение фрактальной размерности исследованных площадок несколько возрастает в сравнении с основным рельефом и достигает 2.82, что говорит о развитой «объемной» поверхности. Это подтверждает высокое качество поверхности и достаточно высокую равномерность нанесения покрытий.

Кроме указанных особенностей топографии на поверхности в нескольких местах были замечены следующие особенности: на одной из площадок сканирования обнаружено наличие упорядоченно направленных продолговатых структур длинной 1,2-1,4мкм, шириной ~0,1, высотой 0,15-0,2 мкм. Так же при изучении соседних областей были обнаружены две структуры продолговатой формы: одна длинной 4,2 мкм, шириной ~0,3мкм, высотой 0,3-0,4 мкм и вторая, имеющая сходное направление с первой и более мелкими структурами длинной 12 мкм, шириной ~0,8 мкм, высотой 0,6-0,2 мкм в зависимости от длины имеющей излом.

Появление указанных структур может быть как особенностью протекания каких либо процессов в ходе нанесения покрытий,так и дефектом обработки поверхности перед нанесением. Анализ динамической составляющей работы зонда в контактном режиме дает сходные значения (разница менее 20%) как для основного рельефа, так и для обнаруженных неоднородностей,что позволяет сделать заключение , что структуры не являются «мусором» и имеют адгезию с поверхностью.

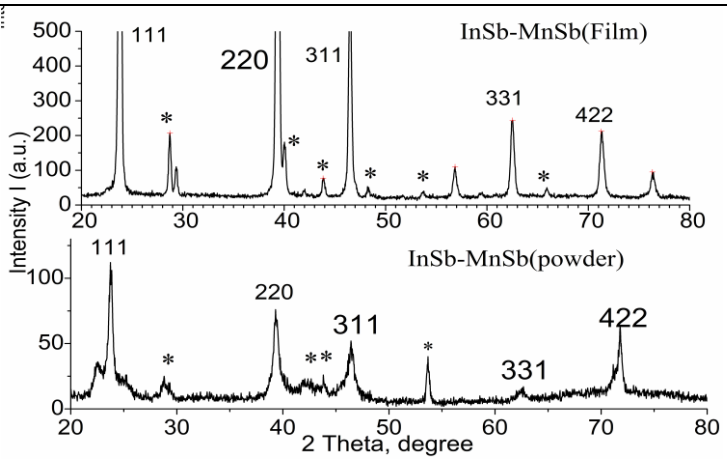
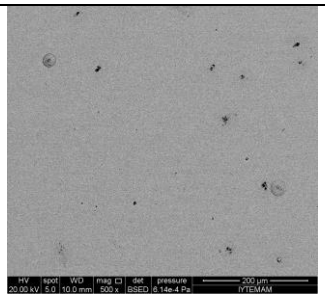
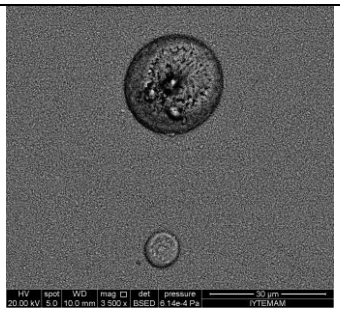


Рис.1. Дифрактограмма массивного образца и тонкой пленки InSb-MnSb.

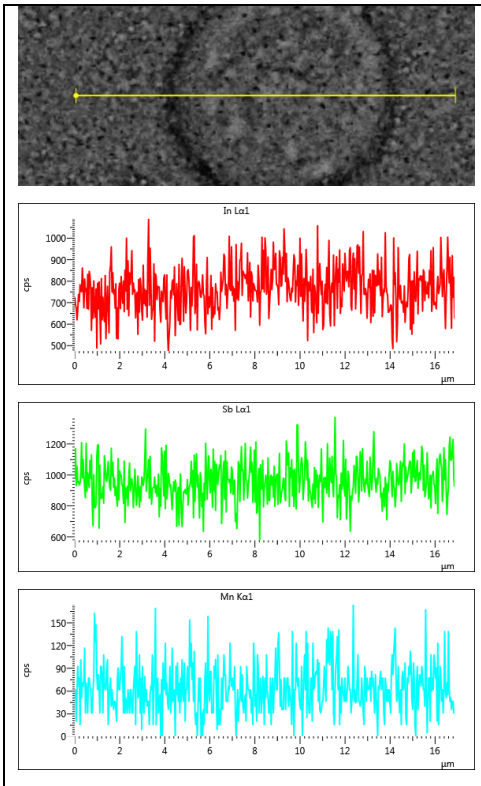


а) увеличение 500



б) увеличение 3500

Рис.2. Микроструктура тонкой пленки InSb-MnSb



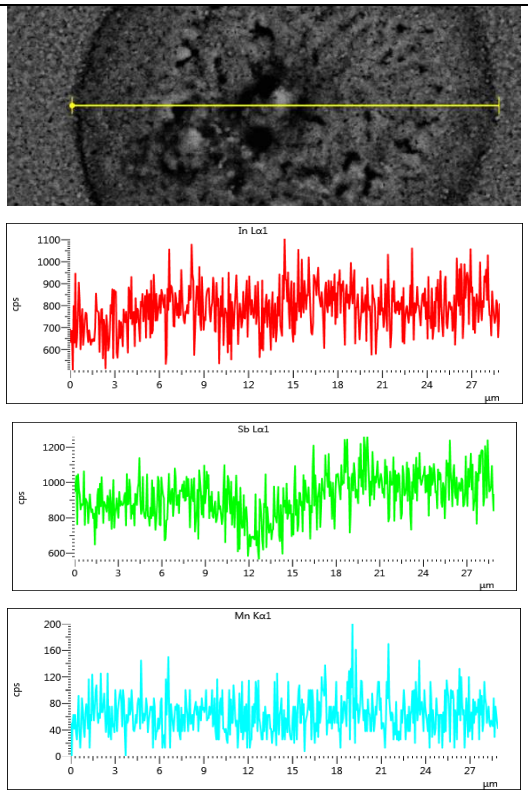


Рис.3. Элементный состав пленки InSb-MnSb.

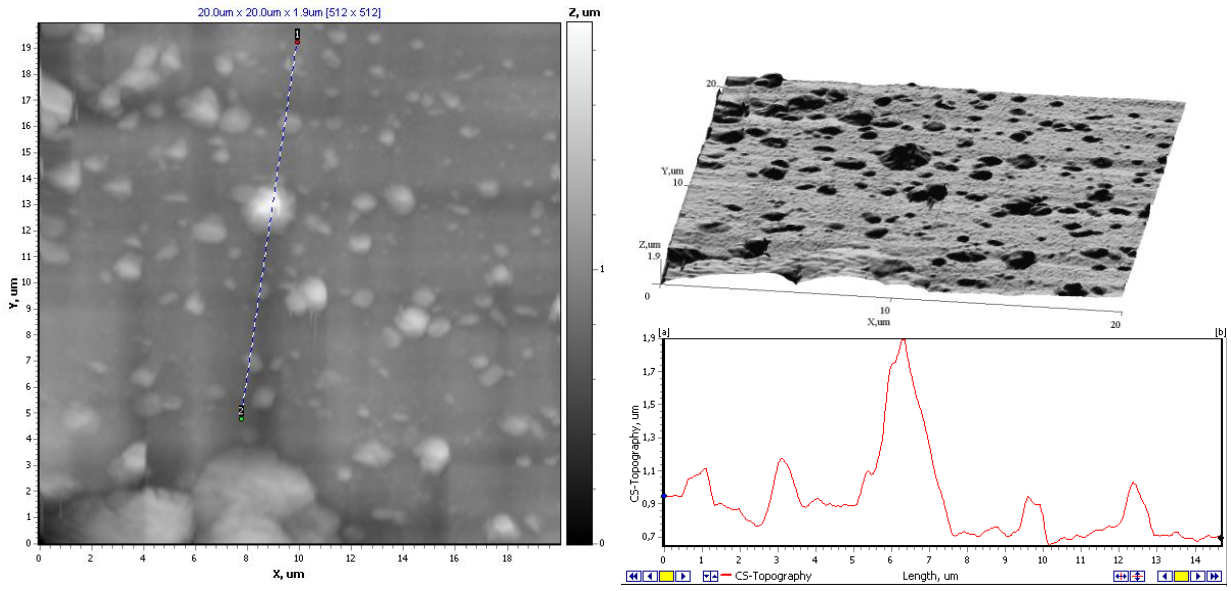


Рис.4. Топография поверхности (a), профиль сечения вдоль линии 1-2 (b), 3-х мерная реконструкция (c) поверхности пленки InSb-MnSb.

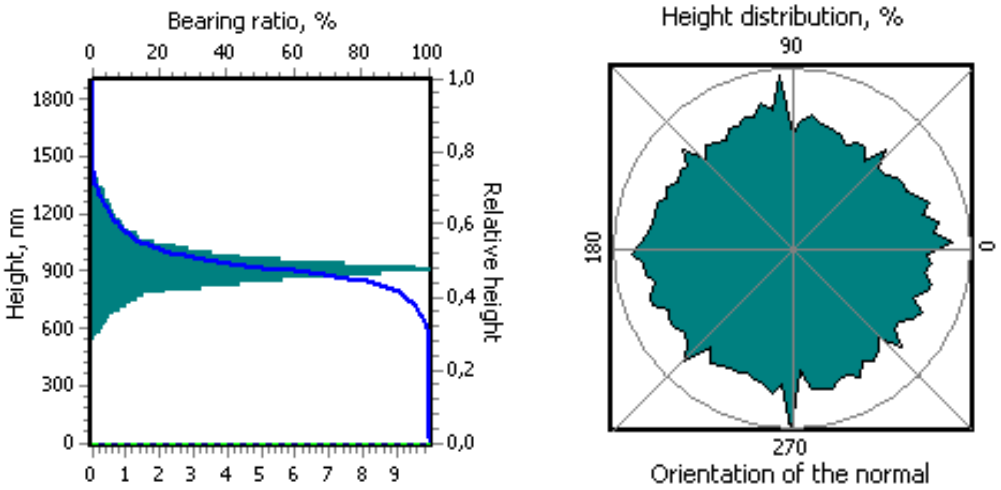


Рис.5 Распределение высот (a) анализ ориентации поверхностных структур (b).

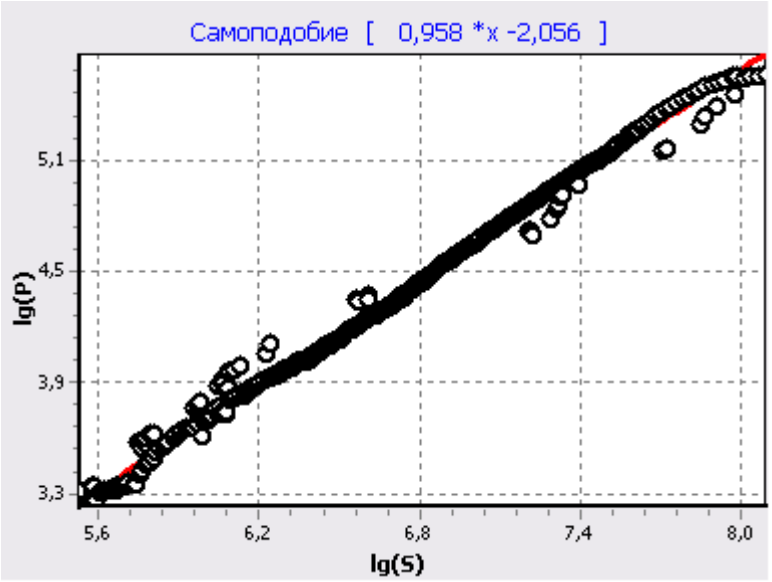


Рис.6. Результаты расчета мультифрактальной размерности.

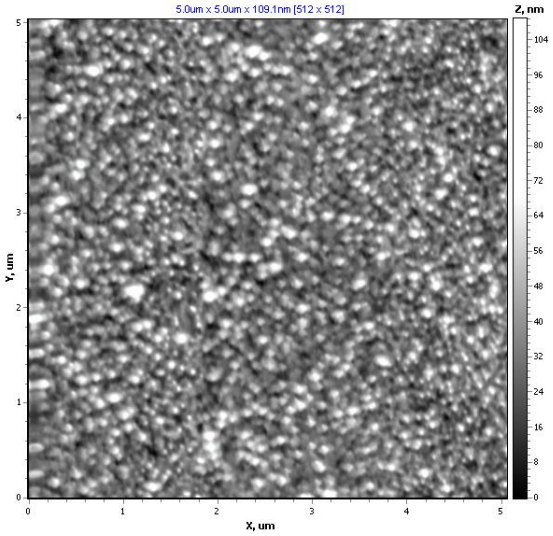


Рис.7. Топография поверхности InSb-MnSb при сканировании по площадке 5×5 мкм^2 с разрешением 10нм.

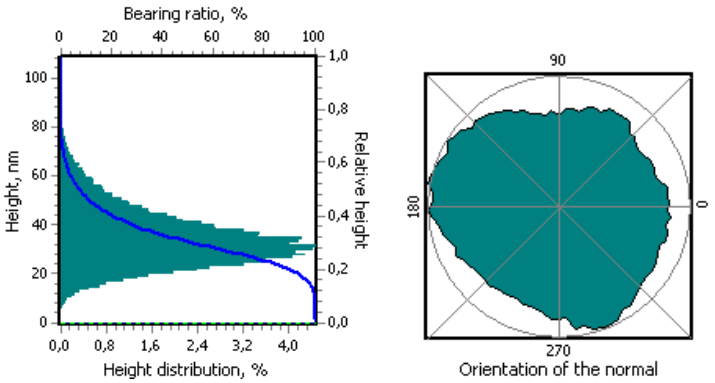


Рис.8. Распределение высот (a) анализ ориентации поверхностных структур (b) при анализе пространства между образованиями на поверхности и площади сканирования 5×5 мкм^2.

Список литературы

1. Mamedov I. Kh., Arasly D. H., Khalilova A. A., and Rahimov R. N., Anisotropic Electrical Properties of a Eutectic InSb + MnSb Composite, Inorganic Materials, 2016, Vol. 52, No. 4, pp. 423–428.

2. Rahimov R.N., Kazimov M.VArasly., D.H., Khalilova A.A., Mammadov I.Kh., Features of Thermal and Electrical Properties of GaSb-Crsb eutectic composite. Journal Ovonic Research, 2017, Vol.13, No. 3, pp. 113 – 118.

3. Aliyev M.I. Khalilova A.A. Arasly D.H., Rahimov R.N., Tanoglu M. Ozyuzer L. Features of electron and phonon processes in GaSb-FeGa. J.Phys.D: Applied Phys., 2003, 36, p.2627-2633.

4. Tashlykov I.S., Baraishuk S.M.. Elemental composition, topography, and wettability of the surface of graphite modified by ion-assisted deposition of chromium coatings, Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2008, V. 49. N 4, P. 303-307.

5. Almqwist N.. Fractal analysis of scanning probe microscopy images. Surface Science. –1996 (355), 221-228.

6. Zahn W., Zösch A.. The dependence of fractal dimension on measuring conditions of scanning probe microscopy. Fresenius J Analen Chem (1999) 365: 168-172.

ЭПР ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Cd_{1-x}mn(Fe)_xte$

[1]Мехрабова М.А., [2]Нуриев И.Р., [3]Оруджев Г.С., [1] Керимова Т.И., [3]Абдуллаева А.А.

[1]Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,

[2]Институт Физики им. академика Г.М.Абдуллаева НАН Азербайджана,

[3]Азербайджанский Технический Университет

m.mehrabova@science.az

В последние годы полумагнитные полупроводники (ПМП) $Cd_{1-x}Mn(Fe)_xTe$ нашли свое успешное применение в создании различных приборов, в том числе, солнечных элементов, радиационных детекторов, ИК детекторов, фотоприемников, оптических изоляторов и т.д., которые созданы в основном на основе массивных кристаллов.

Современную электронику сегодня невозможно представить без тонких пленок. Поскольку приборы создаются на поверхности кристаллов, и все структурные изменения отражаются на параметрах приборов, требуется получение пленок с совершенной кристаллической структурой и чистой гладкой поверхностью.

Для получения тонких пленок ПМП $Cd_{1-x}Mn(Fe)_xTe$ с совершенной структурой, были синтезированы твердые растворы $Cd_{1-x}Mn_xTe$ (x=0,01, x=0,1) и $Cd_{1-x}Fe_xTe$ (x=0,03). С целью изучения совершенства кристаллической структуры были проведены ЭПР исследования этих твердых растворов.

ЭПР спектры снимались при комнатной температуре в спектрометре фирмы “Bruker” EMX/lus (в области x, при частоте ν=9,9Гц, λ=3,2см$^{-1}$). Параметры ЭПР спектров, полученных от трех составов, а также от CdTe следующие [1]:

1) CdTe, g=0; ΔH≈95 Гс
2) $Cd_{1-x}Mn_xTe$, x=0,01; g ≈ 2,0082; ΔH≈112 Гс
2) $Cd_{1-x}Mn_xTe$, x=0,1; g ≈2,0070; ΔH≈4000 Гс,
3) $Cd_{1-x}Fe_xTe$, x=0,03; g ≈3.9; ΔH ≈ 300-325Гс

Как видно из рис.1 в ЭПР спектрах CdTe не наблюдаются сигналы от парамагнитных центров.

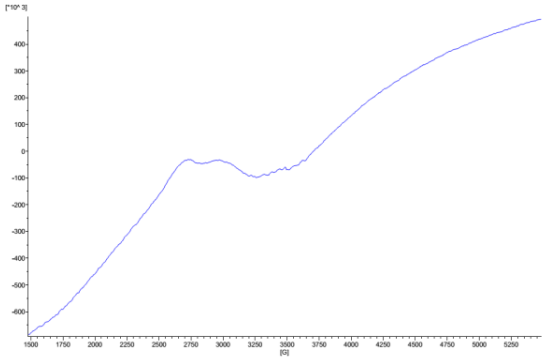
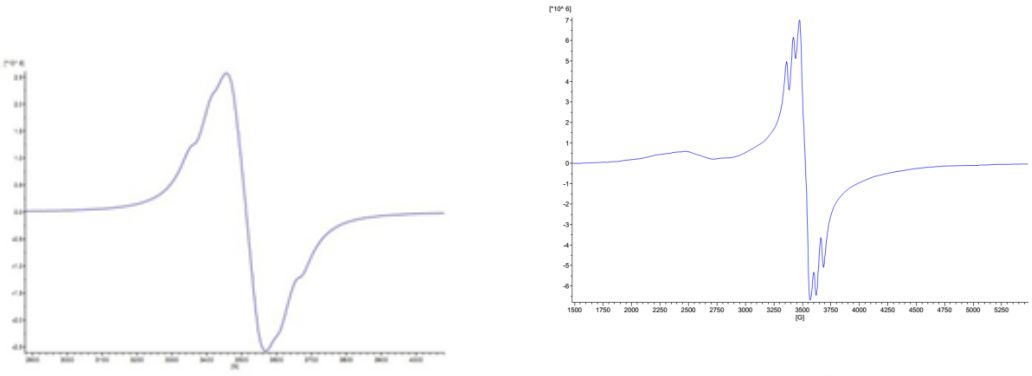


Рис.1. ЭПР спектры твердых растворов CdTe

С внедрением атомов Mn(Fe) в CdTe в ЭПР, в спектрах появляются дополнительные спектры, которые происходят от парамагнитных центров (рис.2, рис.3). В образцах $Cd_{1-x}Mn_xTe$, x = 0,01 наблюдается широкая линия с g-фактором g=2,0082, (ширина ΔH=112Гс). Это указывает на то, что ионы Mn^{2+} однородно внедрились в матрицу соединения. Спектр состоит из простых симметричных синглетных линий. При малых значениях магнитного поля не наблюдаются дополнительные спектры (рис.2,a).

Далее с увеличением концентрации Mn при больших значениях магнитного поля наблюдаются дополнительные спектры, на эту широкую линию накладываются шесть узких линий с $\Delta H \approx$ 25Гс (рис.2,b). На рис. 2,b спектр состоит из суперпозиции сигналов от двух химических источников.



a) b)

Рис.2.ЭПР спектры твердых растворов $Cd_{1-x}Mn_xTe$ a) x=0,01, b) x=0,1

Первая линия имеет ярко выраженную суперсверхтонкую структуру. Сверхтонкая структура появляется вследствие взаимодействия магнитных моментов электронов S=1/2 с магнитным моментом ядра I=5/2, что принадлежит спину ядра марганца (I= 5/2). Значит, полученный спектр соответствует ионам марганца Mn^{2+}. g- фактор составляет g=2,0070, площадь суперсверхтонкой структуры A≈60.5Гс, ширина между пиками суперсверхтонкой структуры ~25 Гс.

Вторая линия является более интенсивным симметричным синглетом шириной ΔH=4000Гс и g=2,0070. Для однозначной идентификации природы химического источника этой синглетной линии необходимы дополнительные эксперименты (изменение x или облучение). Изменение мощности супервысокочастотных волн не влияет на спектр. С другой стороны, вариация амплитуды модуляции тоже не влияет на форму спектра. Поэтому, пока трудно сказать мнение о природе синглетного сигнала.

В образцах $Cd_{1-x}Fe_xTe$, x=0.03 наблюдается несимметричная линия с $g \approx$ 3.9 (ширина $\Delta H \approx$ 300-325Гс), на которую накладываются дополнительные линии с $\Delta H \approx$ 25-30Гс. Наличие несимметричной линии в ЭПР спектре образцов $Cd_{1-x}Fe_xTe$, x=0.03 связаны с ферромагнитным состоянием железа Fe^{3+}. Полученные результаты согласуются с литературными данными [2].

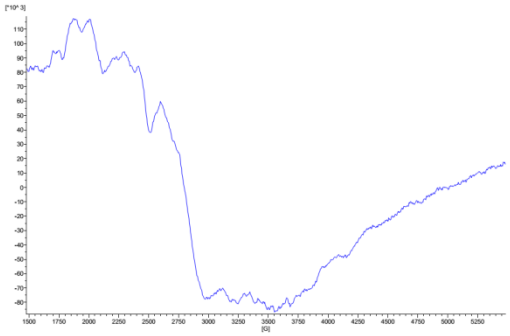


Рис.3. ЭПР спектры твердых растворов $Cd_{1-x}Fe_xTe$, x=0.03

Было проведено сравнение спектров ЭПР твердых растворов $Cd_{1-x}Mn_xTe$, которые обладают антиферромагнитными свойствами, и $Cd_{1-x}Fe_xTe$. Для твердых растворов $Cd_{1-x}Mn_xTe$ спектры ЭПР имеют симметричную линию с g ≈ 2.0082, ширина которой возрастает с ростом концентрации переходного металла.

Список литературы

1. Мехрабова М.А., Нуриев Г.Р., Гасымов Р.С., Дадашов З.Х., Гусейнов Н.И. ЭПР исследование синтезированных твердых растворов $Cd_{1-x}Mn_xTe$. 8th Conference “Radiation Research and Its Practical Aspects”, Баку, 2013, с.43-44
2. Жуковский П., Партыка Я., Венгерэк П., Колтунович Т., Сидоренко Ю., Стельмах В., Лапчук Н. Проводимость на переменном токе и электронный парамагнитный резонанс соединений $Cd_{1-x}Fe_xTe$. Физика и техника полупроводников. 2007,том.41,вып. 5.с 544-548.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОСХЕМ

Сементеева Л.Ш., Иванова Е.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Микроэлектроника – современная отрасль техники. Микросхемой (интегральной микросхемой - ИМС, интегральной схемой - ИС) называют функционально законченный электронный узел (модуль), элементы и соединения в котором конструктивно неразделимы и изготовлены одновременно в едином технологическом процессе в общем кристалле-основании. Для изготовления микросхем используются системы электрохимического осаждения, камеры отмывки, лабораторные окислительные камеры, системы электроосаждения меди, фотолитографическое и другое технологическое оборудование [1].

Для создания интегральных схем применяется процесс травления. Его используют в целях растворения и удаления некоторой части материала с поверхности образца для выявления структуры поверхности материала, а также для обработки его поверхности. Условно процессы технологического травления можно подразделить на химические, физические и физико-химические. Более универсальным является плазмохимическое травление. Плазмохимическое травление (ПХТ) происходит в результате химических реакций между химически активными частицами и поверхностными атомами материала.

Химическое травление основано на процессах растворения исходных материалов. Травление может осуществляться как в жидких, так и в газообразных средах. При этом обрабатываемый материал частично претерпевает химические изменения.

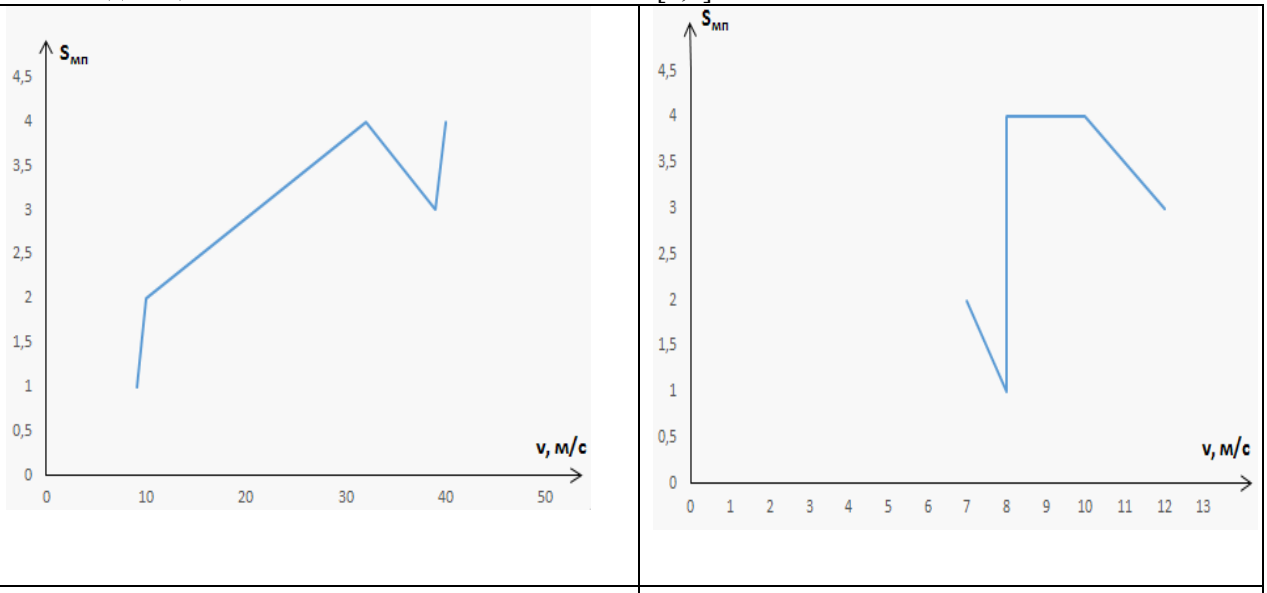
Примерами химического травления служат изотропное растворение полупроводника с одинаковой скоростью травления по всем направлениям, и анизотропное травление – растворение полупроводника с различной скоростью по разным направлениям монокристалла. Также к этой группе методов относят селективное травление – растворение полупроводника с различной скоростью на разных участках поверхности с различным химическим составом; локальное травление – удаление материала со строго ограниченных и заданных участков полупроводника; послойное травление.

К физическим процессам травления относятся сухое травление, которое основано на использовании низкотемпературной газоразрядной плазмы – ионов, электронов, возбужденных атомов. Плазмохимическое травление, как ионное, проводят в вакуумных установках и также используют плазму газового разряда.

Плазмохимическое травление (в отличие от чисто физического распыления при ионном травлении) имеет химическую природу. Оно основано на использовании обладающих большой реакционной способностью химически активных частиц, получаемых в плазме газового разряда.Если обрабатываемый материал находится в области плазморазряда, то процесс травления называется плазменным (ПТ). В этом процессе химические реакции травления будут активизироваться низкоэнергетической бомбардировкой как электронов, так и ионов. Если же материал находится в вакуумной (реакционной) зоне обработки, то травление производят только химически активные частицы без дополнительной электронной или ионной бомбардировки. Это так называемый процесс радикального травления (РТ).

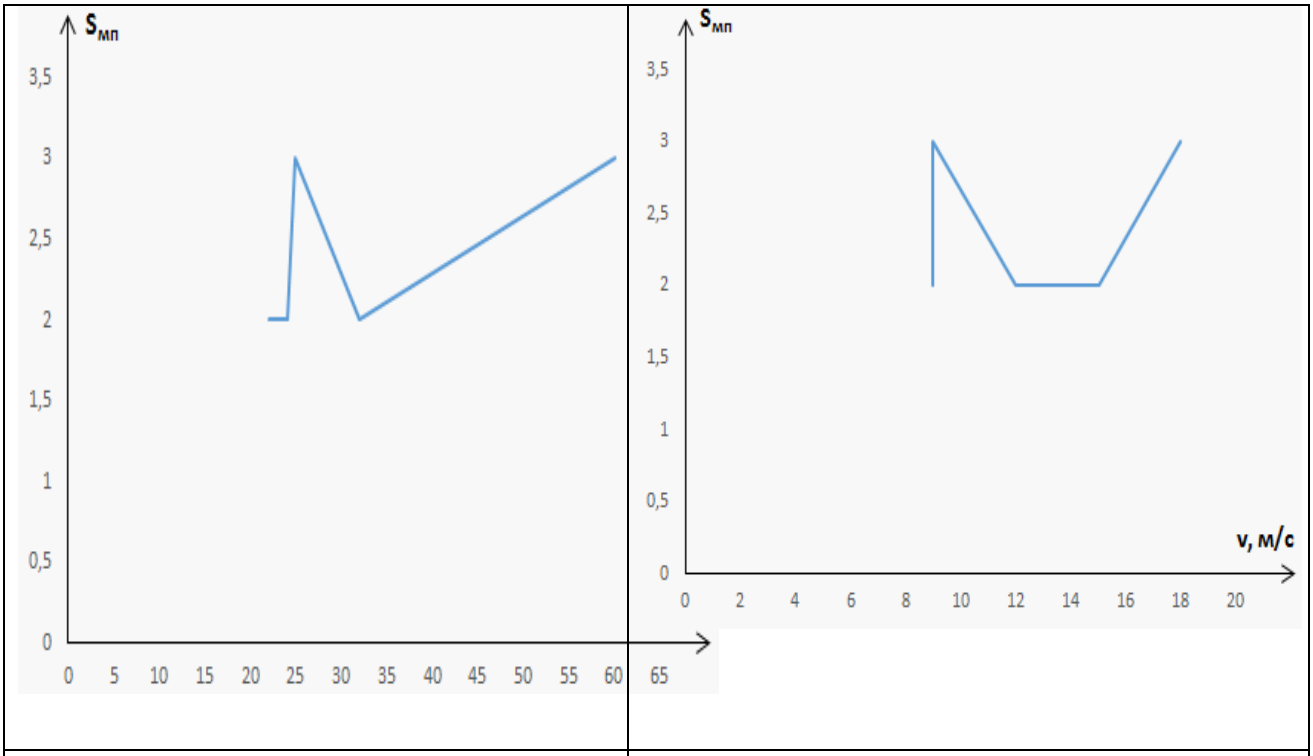
Низкотемпературная газоразрядная плазма генерируется разрядами, возбуждаемыми постоянным электрическим полем, а также разрядами в низко- и высокочастотных электромагнитных полях оптического диапазона частот. При возбуждении плазмы постоянным током электроды помещаются непосредственно в камере, в других случаях - вне ее. Такая плазма представляет собой слабо концентрированный газ при низких давлениях. Для увеличения плотности плазмы и снижения рабочего давления используется магнитное поле. Частицы в плазме имеют температуру, близкую к температуре окружающей среды, а энергии электронов достаточно для возбуждения и ионизации

молекул.Если основой плазмы является инертный газ, то она содержит ионы, электроны и атомы, в том числе и возбужденные. Если же используются молекулярные газы, то присутствуют также свободные атомы и радикалы, имеющие на внешней электронной оболочке неспаренный электрон и вследствие этого обладающие высокой химической активностью [1,2].



а ***б***

Рис.1. Зависимость показателя селективности травления от скорости травления Si_3N_4 ***(а)*** и зависимость показателя селективности травления от скорости травления SiO2 ***(б)*** (при давлении 0,01 мм.рт.ст.).



а ***б***

Рис.1. Зависимость показателя селективности травления от скорости травления Si_3N_4 ***(а)*** и зависимость показателя селективности травления от скорости травления SiO2 ***(б)***(при давлении 0,02мм.рт.ст.).

Ниже представлены графики зависимости скоростей травления Si_3N_4и SiO_2от показателей селективности травления ($S_{мп}$) этих же веществ (при давлении 0,01 и 0,02мм.рт.ст. соответственно).Селективность или избирательность травления определяется как отношение скоростей травления различных материалов. Анализ графиков показывает, что при одинаковом давлении 0,01мм.рт.ст.скорость травления Si_3N_4преобладает над скоростью травления SiO_2, и показатель селективности к травлению Si_3N_4преобладает над SiO_2 в число раз, находящемся в зависимости от выбора скорости травления. При увеличении давления в два раза сохраняется такая же тенденция.

Список литературы

1. О.В.Рувинский, М.В.Устьянцев, А.Х.Харахашев, М.М.Климов. Вестник ДГТУ, 2009, Спец. выпуск. с.101

2. Б.М.Симонов, А.В.Заводян. Технологические основы микроэлектроники. Часть 2. Учебное пособие под редакцией д.т.н.проф.С.П.Тимошенкова.

III BÖLMƏ
OPTİK VƏ KVANT ELEKTRONİKASI

III СЕКЦИЯ
ОПТО И КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

PART III
OPTO-AND QUANTUM ELECTRONICS

ŞÜANIN OPTİK LİFDƏ YAYILMASI

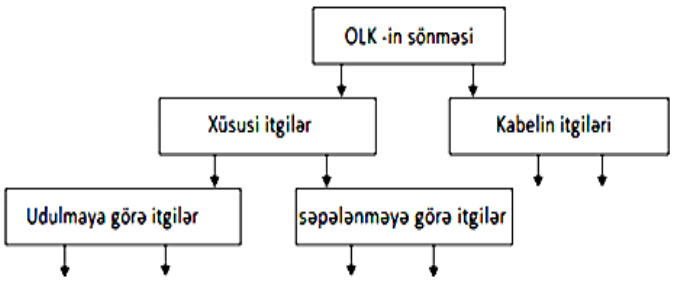
Məmmədov İsrail Mehdi oğlu
Azərbaycan Texnologiya Universiteti

Liflər əsas iki parametrləri ilə xarakterizə olunurlar [1]: sönmə və dispersiya. Sönmə nə qədər az olarsa lifdə yayılan siqnalın dispersiyası da o, qədər az olar. Beləliklə də təkrarqəbul məntəqələri arasında məsafələr də çoxalmış olur. Lifdə işığın sönməsinə təsir edən əsas amillər: udulmaya görə itgilər, səpilməyə görə itgilər və kabelin özünün itgiləri. Udulmaya və səpilməyə görə itgilər xüsusi itgilər adlanır. Kabelin itgiləri isə öz təbiətinə görə əlavə itgilər adlanırlar, bunlar isə aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir (şəkil 1).

Lifin tam sönməsi aşağıdakı cəm formasında təyin olunur və dB/km vahidi ilə ölçülür:

$$\alpha = \alpha_{xi} + \alpha_{kabi} \; ; \qquad \alpha = \alpha_{udi} + \alpha_{səpi} + \alpha_{kabi} \qquad (1)$$

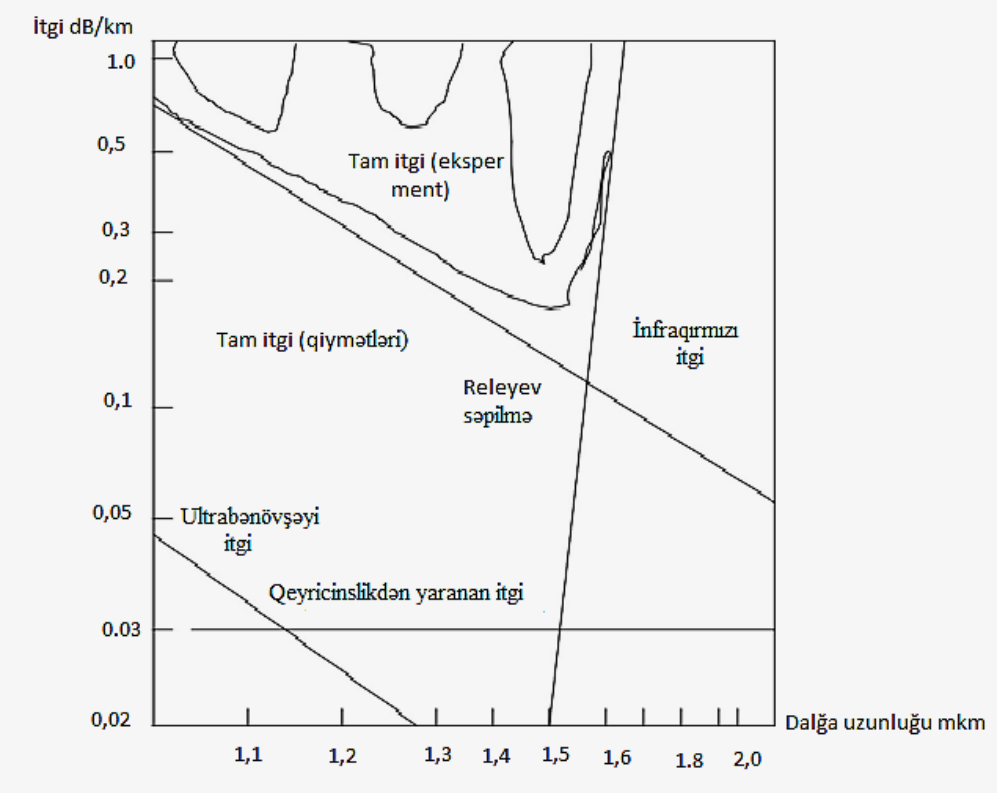
burada, α_{xi} – xüsusi itgilər, α_{kabi} -kabel itgiləri, α_{udi} –udulmadan yaranan itgilər və $\alpha_{səpi}$ –səpilmədən yaranan itgilər.



Şəkil.1.Optik lifli kabellərdə lifin sönməsinin əsas növlərinin təsnifatı

Udulmadan yaranan itgilər α_{udi} kvars şüşənin (ultrabənövşəyi və infraqırmızı itgilər) xüsusi itgilərindən, həmçinin işığın əlavə qatqılar hesabına itgilərdən ibarətdir. Qatışıq mərkəzlər, qatışığın tipindən asılı olaraq, müəyyən edilmiş dalğaların uzunluqlarında işığı udurlar və istiliyin djoul şəklində udulmuş işıq enerjisini yayırlar. Hətta qarışığın cüzi konsentrasiyası itgi əyrisində zirvələrin yaranmasına səbəb olur (şəkil 2.).

Şəkildən aydın olur ki, zirvənin xarakterik maksimumu dalğa uzunluğunun 1480 nm ərazisində olur. Bu pik həmişə mövcud olur. Udulmadan yaranan itgilər, ultrabənövşəyi və infraqırmızı sahələrdə bir mənalı olaraq çoxalır. Şüalanmanın dalğa uzunluğu 1,6 mkm yuxarı olarsa, adi kvars şüşə, infraqırmızı itgilərin artması səbəbindən qeyri- şəffaf olmur.



Şəkil.2. 1550 nm ərazisində sönməyə təsir edən amillər

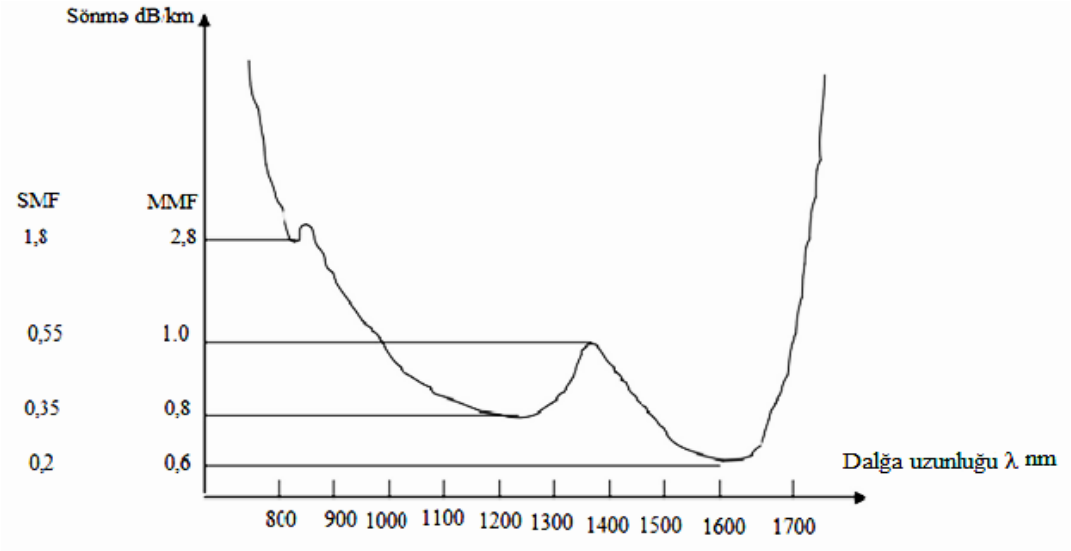
Səpilmədən yaranan itgilər $\alpha_{səpi}$, artıq 1970-ci ildən başlayaraq optik liflər daha təmiz (99,99999%) hazırlanmağa başlanmışdır, bu isə əlavə qarışıqların olması səbəbindən lifin sönmə faktorunun əsas olmamasına gətirib çıxarır. Dalğa uzunluğu 800 nm olduqda sönmə 1,5 dB/km olur. Sönmənin azalmasını əngəlləyən bir faktorda işığın reley səpilməsidir. Reley səpilməyə səbəb lifdə mikroskopik ölçüdə qeyricinsliyin olmasıdır. İşıq bu qeyricinsliyə düşən kimi müxtəlif istiqamətlərə səpilir (reley səpilmə). Nəticədə, onun bir hissəsi örtükdə itir. Kabelin istehsalı zamanı bu qeyricinslikdən qaçmaq qeyri mümkündür. Lifdə reley səpilmədən yaranan itgilər, dalğa uzunluğundan λ^{-4} qanununa uyğun olaraq asılıdır və bu qısa dalğalar sahəsində özünü daha çox biruzə verir (şəkil.3.). Təmiz kvars lifin xüsusi sönməsinin ən aşağı qiymətinə dalğa uzunluğunun 1550 nm qiymətində nail olunur və infraqırmızı itgilərlə və reley səpilmədən yaranan itgilər arasında münasib razılıq əsasında təyin edilir. Daxili itgiləri aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar[1]:

$$\alpha = K_{rel}\,\lambda^{-4} + \delta_{OH}(\lambda) + Ce^{-k/\lambda} \quad (2)$$

burada K_{rel} – reley səpilmə əmsalıdır, $\delta_{OH}(\lambda)$ – OH qarışığında yaranan itginin 1480 nm dalğa uzunluğunda maksimum zirvəsini göstərir. Birinci və üçüncü tərkiblər reley səpilmədən yaranan itginin və infraqırmızı itginin qiymətlərinə uyğundur. Şəkil 1.10- da itginin spektral asılılığının lifləri üçün ayrılıqda sönmənin dörd qiymətində ümumi görünüşü müasir təkmodlu SMF və çoxmodlu MMF liflər üçün göstərilmişdir (üç şəffaflıq pəncərəsinin 850,1310 və 1550 nm dalğa uzunluğunda ən az sönmələr və 1480 nm dalğa uzunluğunda itgi zirvələri).

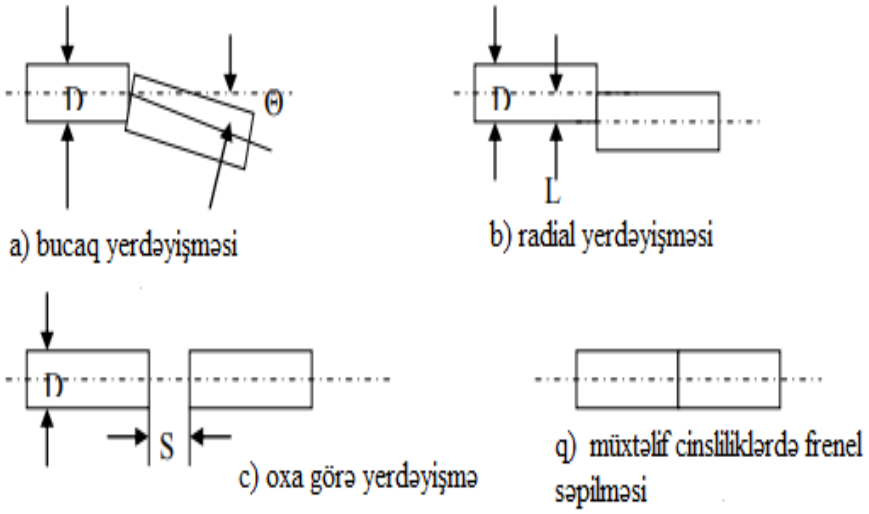
Frenel səpilmə dedikdə, Frenelin düsturları ilə amplitudaları və müxtəlif sınma göstəricili iki mühitin sərhəddindən keçmə vaxtı əks edilmiş elektromaqnit dalğanın sınma intensivlikləri müəyyən edilir. Bu formalı səpilmə Frenel səpilmə adlanır.

Kabel itgilərinə α_{kabi}, liflərdəki eşilmələr, əyilmələr və deformasiyalar səbəb olur. Bunlar isə kabelin istehsalında örtüyün və müdafiə qabığının quraşdırılmasından yaranır, eyni zamanda da kabellərin qoyulmasında yaranır. Kabelin qoyuluşunda texniki normalara əməl edilərsə, bu itgilərdən yaranan tam sönmənin qiyməti 20 % çox olmur. Əlavə itgilər o, zaman yaranır ki, kabelin əyilmə radiusu verilmiş OLK kabelin spesifikasında göstərilmiş radiusunun minimum əyilmə qiymətindən az olsun.



Şəkil.3. Optik lifin xüsusi itgiləri

Xarici itgilər. Optik lifin birləşmə yerlərində yaranan sönmələri böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ənənəvi kabellərin sönməsindən fərqli olaraq OL birləşmələrində sönmənin qiyməti böyük ölçüdə olur. Buna isə OL-də oxun və eninin yer dəyişməsi səbəb olur. Aşağıdakı şəkildə (şəkil 4.) OL deffektlərinin mümkün varıantları (radial, bucaq və oxun yer dəyişməsi) göstərilmişdir. Radial deffekt- radius istiqamətində yerləşən, radial simmetriyanın pozulması kimi başa düşülür.



Şəkil.4. OL deffektlərinin mümkün variantları

Radial yerdəyişmədə lifdə yaranan əlavə itgilər aşağıdakı formula ilə təyin edilir [2] :

$$A_\delta = 10\lg\frac{d}{d-\delta}, \qquad \text{dB} \qquad (3)$$

burada, d – OL özəyinin diametridir; δ – OL radial yerdəyişmədir;
Bucaq yerdəyişmədə yaranan əlavə itgilər aşağıdakı formula ilə təyin edilir:

$$A = 10\lg\frac{\theta_A}{\theta_A-\theta}, \qquad \text{bB} \qquad (1.4)$$

burada, θ_A - lifin apertur bucağıdır; θ – bucaq yerdəyişməsidir.
Say apertura aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Apertur bucağında θ_A say aperturun NA hesabatı üçün *arcsin* (NA) tapmaq lazım gəlir. *Arcsinx* tapmaq üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur:

$$\text{Arcsin}x = x + \frac{x^3}{2\cdot 3} + \frac{1\cdot 3x^5}{2\cdot 4\cdot 5} + \frac{1\cdot 3\cdot 5x^7}{2\cdot 4\cdot 6\cdot 7} + \ldots \left[x^2 \prec 1\right]. \qquad (1.5)$$

Oxun yerdəyişməsinə görə yaranan əlavə itgiləri aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$A_s = 10\lg \frac{2d}{2d - S\cdot tg\theta_A}, \text{ dB}, \qquad (1.6)$$

burada, θ_A – lifin arertur bucağıdır; d – OL özəyinin diametridir; S – OL oxun yerdəyişməsindən yaranan itgidir.

Bu ifadələr, əgər δ, θ və S qiymətləri kifayət qədər kiçik olarsa ($\delta/d \leq 1$, $S/d \leq 1$, $\theta < 10^0$) bunlar ekspermental qiymətlərlə yaxşı uzulaşır. Ən ciddi tələblər radial və bucaq yerdəyişmələrinə qoyulur. Liflərin ucları arasındakı boşluqun olması itgilərə kifayət qədər az təsir edir.

Əbəbiyyat siyası

1.Ю.А.Зингеренко. Оптические цифровые телекоммуникАционные системы и сети синхронной цифровой иерархии.Санкт-Петербург2013.

2. И.С.Гольдфарб, В.П. Иноземцев. Ортические кабели многоканальных линийсвязи.Москва «Радио и связь» 1987.

3. Иванов.А.Б. Волоконная оптика. Москва 1999.

$(TlGaSe_2)_{0,3}(TlInS_2)_{0,7}$ BƏRK MƏHLULUNUN ALINMASI VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Qocayev M.M., Zeynalov H.İ. , Quluyeva S.Ş.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Elmi texniki tərəqqinin müasir mərhələsində elementar və binar yarımkeçiricilərin yeni funksional imkanlarını üzə çıxarmaq istiqamətində aparılan tədqiqatlarla yanaşı, fiziki-kimyəvi və elektrofiziki parametrlərinə görə daha üstün olan yeni yarımkeçirici birləşmələrin axtarışı da davam edir. Yeni mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrin alınmasına və tədqiqinə göstərilən maraq da elə bununla əlaqədardır. Laylı quruluşa malik olan $A^3B^3C_2^6$(A-Tl; B-İn, Ga; C-S, SE, Te) və onların əsasında bərk məhlullar belə birləşmələrdəndir [1].

Bu sinfə daxil olan kristallardan biri də enli zonaya malik olan $(TlGaSe_2)_{0,3}(TlInS_2)_{0,7}$ bərk məhluludur. Bu bərk məhlulun başqa birləşmələrdən bir çox üstünlükləri vardır. Belə ki, bunlar laylı quruluşa malikdirlər. Bunları laylar istiqamətində doğrayanda səthləri çox yüksək dərəcədə hamar nümunələr alınır. Bu isə praktiki nöqtey-nəzərdən çox mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Monokristalların yetişdirilməsində fiziki-kimyəvi meyar çox mühüm rol oynayır. Ona görə də əlvərişli şəraitin axtarışında bu amili nəzərə almaq lazımdır. Bu meyara ilkin maddələrin faza tərkibi, onun kimyəvi təmizliyi, kristallaşma mühiti, ampulanın materialı və forması, temperatur qradiyenti, kristallaşma cəbhəsinin paylanma sürəti və sair daxildir. Ona görə də mürəkkəb birləşmələrin monokristallarının yetişdirilməsi üçün əlvərişli üsulun seçilməsində, tədqiq olunan birləşmənin mövcüd olduğu sistemin hal diaqramı haqqında müəyyən təsəvvür olmalıdır. Ona görə də hal diaqramında bu birləşməyə uyğun gələn tərkibin yaxın ətraflı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, stexiometriyadan cüzi kənara çıxma bu birləşmələrin elektrofiziki, optik və başqa xassələrində çox güclü dəyişiklik yarada bilər. Tədqiq olunan tərkibin sintezi, difernsial-termik analizi, tablaşdırılması, monokristalının yetişdirilməsi üçün kvars ampulalardan istifadə olunmuşdur. Bu ampulalar əvvəlcə təmizlənərək distilə edilmiş su ilə yuylur. Yuyulduqdan sonra onlar xüsusi dolablarda qurudulur. Kənar çirklənmələrdən qorumaq üçün onların ağzı pambıqla bağlanır. Bu cür diqqətlə təmizlənmiş amulalara başlanğıc komponentlər böyük dəqiqlikdə stexiometrik tərkibə uyğun olaraq analitik tərəzidə çəkilərək yerləşdirilir. Doldurulmuş ampula rezin boru vasitəsilə vakuum yaradan sistemə qoşulur. Ampulanın içərisində təzyiq 10^{-4}mm. C.s. qiymətinə çatdıqda metan-oksigen odluğu vasitəsilə onun ağzı bağlanır. Ampulaların diametri 2÷2,3 sm, uzunluğu isə 23-25 sm olmuşdur. Hər dəfə ampulalara 30-50 q maddə doldurulmuşdur [2].

Birləşməni sintez etmək üçün ampulalar $20\text{-}25^0$ bucaq altında yerləşən sobalara elə qoyulur ki, onların üçdə bir hissəsi sobadan kənarda qalsın. Sobalar stabilləşdirilmiş gərginliklərdə işləyir. Sobanın temperaturuna xromel-alümel termocütü vasitəsilə nəzarət edilmişdir.

Sobanın temperaturu 200-250 K/saat sürətlə sintez olunan maddənin ərimə temperaturundan yuxarı qaldırılır. Bu halda ampulanın sobadan kənarda olan hissəsi su ilə isladılmış pampıqla daim soyudulur. Bu zaman hələ reaksiyaya girməmiş xalkogenlərin buxarının bir hissəsi ampulanın soyuq divarına dəyərək

kondensasiya edir və damla şəkildə qaynar zonaya qayıdır. Bu damlalar daxili təzyiqin doymuş buxarın təzyiqinə qədər qalxmasının qarşısını alır. Ampulanın divarlarında kondensasiya başa çatdıqdan sonra tamamilə qaynar zonaya salınır. Reaksiyanın tam başa çatması üçün içində ərinti olan ampula sobanın oxu ətrafında daim fırladılır.

Reaksiya başa çatdıqdan sonra soba şaquli istiqamətdə qaldırılır və bir temperaturlu rejimdə tablaşdırılır. $(TlGaSe_2)_{0,3}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,7}$ 1030÷1050 temperaturda tablaşdırılıb. Ərinti 30÷60 dəqiqə müddətində ərimə temperaturda saxlanılır. Ərintinin soyuması üçün soba söndürülür. Sintez prosesinin termoqrafik yazısından aydın olur ki, söndürülmüş sobada kristallaşma temperaturuna qədər soyuma sürəti 300 K/saat olmuşdur.

$(TlGaSe_2)_{0,3}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,7}$ bərk məhlulunun monokristalları Brijmen-Stokbarqer üsulu ilə yetişdirilmişdir. Alınan monokristalların keyfiyyəti rentgenoqrafik analiz vasitəsilə yoxlanılmışdır [3].

Bərk məhlulun fotokeçiriciliyini öyrənmək üçün nümunələr ölçmələrə uyğun dəqiqliklə seçilib hazırlanmışdır. Qeyd etdiyimiz kimi bu kristallar laylı quruluşa malikdirlər.ona görə də nümunələr hazırlayarkən bu xüsusiyyət nəzərə alınmışdır. Belə ki, fotoelektrik ölçmələr aparmaq üçün nümunələr kristalları müstəvi paralel lövhələrə bölməklə hazırlanmışdır. Tədqiq olunan kristallar deşik keçiriciliyinə malik olmuşdur. Bu nümunələr keçirici olmayan xüsusi altlıqlar üzərində epoksik yapışdırıcı vasitəsilə bərkidilmişdir. Omik kontaktlar almaq üçün indium elementindən istifadə edilmişdir. Nümunələrə elektrik sahəsi təbii laylar istiqamətində, işıq laylara perpendikulyar istiqamətdə salınmışdır. Fotoelektrik spektri həm 77 K, həm də 300 K-də öyrənilmişdir. Ölçmələr üçün elə nümunələr seçilmişdir ki, onların kontaktları aşağı temperaturlarda sabit fotorezistiv xarakteristikaları stabil saxlansınlar. Nümunələrdə kontaktlar arasındakı məsafə 0,25÷0,45 sm, nümunələrin sahələri isə $2{,}7\cdot10^{3}\div1{,}2\cdot10^{-2}$ sm^2 tərtibində olmuşdur. Fotocərəyanın ölçülməsi modulyasiya olunmamış şüalanma selində aparılmışdır. Elektrik sahəsinin gərginliyi elə seçilmişdir ki, nümunənin volt-amper xarakteristikasının omik hissəsinə uyğun gəlsin.

Fotocərəyanın spektral xarakteristikasını ölçdükdən sonra, işıq selinə kvantların sayına görə düzəliş aparılmışdır. Bu düzəliş əvvəlcədən dərəcələnmiş germanium fotodiodu vasitəsilə aparılmışdır.

Kristalın fotokeçiriciliyinin düşən işığın enerjisindən asılılığı yəni spektral xarakteristikası çıxarılmışdır. Bu spektral əyridən istifadə edərək kristalın bəzi parametrləri o cümlədən yarımkeçirici kristallar üçün ən xarakterik parametr olan qadağan olunmuş zolağın eni təyin olunmuşdur.

Otaq temperaturunda $(TlGaSe_2)_{0,3}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,7}$ mpnokristalının spektral əyrisindən təyin olunmuş qadağan olanmış zolağın eni E_g=2,28 ev olmuşdur. 77 k yəni azot temperaturundaisə E_g=2,44 ev olmuşdur.

Monokristalın bəzi elektrofiziki və fotorezistiv xarakteristikaları da təyin olunmuşdur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Gurbanov M.M., Godjayev M.M., Akhmedova A.M. Debay temperature and some elastik properties of solid solitions $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ (x=0,1; 0,2). Azerbaycan Journal of Phsics Fizika, 2017, V. XXIII, №2, p. 30-31.
2. Мустафаева С.Н., Годжаев М.М., Асадов С.М., Магеррамов А.Б. Расчет фазовой диаграммы системы $TlGaSe_2$ - $Tl\dot{I}nS_2$ и свойство твердых растворов на ее основе. VI Международная Конференция «Деформация и разрушение материалов и нано материалов». Сборник материалов DFMN, Москва, 2015, с. 634-635.
3. Гусейнов Т.Д., Абдинбеков С.С., Годжаев М.М., Агамалиев Д.Г. Параметры элементарной ячейки твердых растворов $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$. Неорганические материалы, 1988, Том 24, №1, с. 144-145.

ФОТОРЕФРАКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ В ПЛАНАРНОЙ ЯЧЕЙКЕ С ФОТОПРОВОДЯЩИМИ СЛОЯМИ

[1]Асланов М.А. , [1]Мамедов Ф.Ш.,[1]Зейниева Я.М.,[2]Мамедов Х.А.

[1]Азербайджанский Архитектурно – Строительный Университет

[2]Азербайджанский Технический Университет

majid.aslanov@mail.ru

Фоторефрактивный эффект исследовался в планарной ячейке с толщиной ЖК – слоя 9 мкм. Стеклянные подложки ячейки покрыты прозрачными проводящими электродами, на которые методом центро– фигурирования нанесены слои из полипиромеллитимида диаминодифени–локсида Kapton фирмы Dipont является его коммерческим аналогом. Подложки выдерживались в течение 10 мин. при

температуре 60°С для удаления растворителя, а затем в течение 80 мин при 190°С. В результате толщина ориентирующих слоев из Ре составляла 0,12 – 0,16 мкм. После натирания велюром они обеспечивали строгую планарную ориентацию ЖК 6СНВТ с углом пред наклона ~10°. Структурная формула Ре и предполагаемый механизм фотопроводимости, основанный на адсорбции/ десорбции ионов из ориентирующих слоев под воздействием света и приложенного напряжения, приведен в [1]. Ячейка заполнена нематическим ЖК 4 – транс – 4′–Н –гексилциклогексил – изотиоцианатобензолом (6СНВТ), активированным смесью антрахиноновых красителей AD – 1 и AD – 2 [2]. Нематик 6СНВТ имеет положительную диэлектрическую анизотропию $\Delta\varepsilon = 8$ с компонентами статической диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{11} = 12.0$ и $\varepsilon_{\perp} = 4.0$. Оптическая анизотропия характеризуется значением $\Delta n = 0.152$ на длине волны 632.8 нм. Для приведения в рабочее состояние свежеприготовленные ячейки выдерживались при постоянном напряжении $U = 50B$ в течение 5 мин. В конце этого времени плотность тока J, протекающего через ячейки, составляла $J = J_u / S$, где J_u – ток, а S площадь ячейки. Для получения зависимости $J_u(U)$ рабочих ячеек в тем новом режиме значение тока регистрировалось через 1 мин после подачи заданного напряжения U. Как показала экспериментальных данных, зависимость плотности тока J от приложенного напряжения U хорошо описывается формулой $J = a_1 U + a_3 U^3$, где a_1 и a_3 – постоянные коэффициенты. Наблюдалась некоторая асимметрия $J(U)$, отношение численных значений коэффициентов составляло a_1 / a_3 ~1000 для положительной и ~500 для отрицательной ветви графиков. По–видимому, это связано со способом перевода ячеек в рабочее состояние. В диапазоне напряжений от – 5 до 5В плотность тока через ячейки J пропорциональна приложенному напряжению U. При больших напряжениях $J \sim U^3$. Дальнейшие эксперименты показали, что ячейки с меньшей плотностью тока J обладают более высокой дифракционной эффективностью в режиме динамической фоторефрактивности. В данной работе исследованы ячейки с $J \sim мкА/см^2$ и плотностью фототока $J_{ph} \sim 0.02 мкА/см^2$ при $U = 30B$. Для измерения фототока использовалось излучение Не–Ne–лазера с интенсивностью $500 мВТ/см^2$, модулированное электромеханическим прерывателем с частотой 100 Гц. Все эксперименты проводились при температуре образца 16 – 18°С.

Пучок линейно поляризованного непрерывного Не–Ne– лазера делился на два Р - поляризованных взаимно когерентных пучка равной интенсивности. Угол пересечения пучков $\theta = 6^o$ и наклон биссектрисы $\alpha = 30^o$ были выбраны из условия углового резонанса [2]. Суммарная интенсивность записывающих пучков составляла $190 мВТ/см^2$. Директор ЖК – ячейки ориентирован в плоскости рисунка. К одной из обкладок ячейки подключался источник постоянного напряжения смещения, ко второй – генератор одиночного прямоугольного импульса. Изменение пропускания ячейки во времени исследовалось с помощью одиночного Р - поляризованного пучка с интенсивностью $6 мВТ/см^2$, угол падения пучка α варьировался в диапазоне от –45° до +45°. Первый порядок дифракции на индуцированной решетке Pamana – Hatta и пучок, прошедший через ячейку, регистрировались с помощью фотодиодов с апертурой 3 мм. Мощности падающего пучка и первого порядка дифракции в непрерывном режиме контролировались фотодиодами, перед которыми устанавливались механические прерыватели, модулирующие амплитуду световых пучков.

Выводы фотодиодов подключались к аналоговому запоминающему осциллографу.

Результаты и их обсуждение

Для исключения воздействия краткосрочной памяти ячейки на переходные процессы, перед переключением ячейки находилась под напряжением U_0 в течение трех минут. Как показал эксперимент, эффективность самодифракции в первом импульсе возрастает на порядок по сравнению со стационарным значением. Если ячейка находилась при нулевом постоянном напряжении U_0=0, то первый импульс самодифракции при подаче управляющего импульса напряжения практически отсутствовал. Это свидетельствует о том, что для перехода ЖК – ячейки в режим динамической фоторефрактивности необходима предварительная подача напряжения. Еще большее возрастание эффективности самодифракции и ряд нетривиальных зависимостей характеризуют второй импульс

самодифракции. Поэтому все результаты, приведенные далее в работе, относятся к световым импульсам, возникающим после восстановления исходного внешнего напряжения U_0 на ячейке.

В режиме динамической фоторефрактивности самодифракция является нестационарным процессом. Поэтому в работе приведены зависимости для пиковой мощности первого порядка самодифракции. Наибольший интерес представляют следующие особенности динамической фоторефрактивности в режиме одиночного импульса:

1. наличие оптимальной длительности τ ~4–6 с, когда пиковая дифракционная эффективность достигает 25%, что почти на два порядка превышает ее значения ~0,4% при постоянном напряжении;
2. монотонное сокращение длительности и временной задержки импульса самодифракции с ростом τ. Максимальное значение пиковой мощности импульса первого порядка самодифракции достигается в диапазоне 15 – 22 В постоянного напряжения U_0. Увеличение постоянного напряжения U_0 приводит к монотонному уменьшению длительности и задержки импульса самодифракции.

Исследования динамики пропускания ячейкой Р - поляризованного пучка в режиме одиночного импульса показали, что после выключения постоянного поля U_0 время релаксации в планарное состояние $\tau_{чел}$ определяется также временем нахождения ячейки под напряжением. Если ячейка находилась под напряжением секунды, то $\tau_{чел}$ ~1с, если минуты - $\tau_{чел}$ ~1с, если часы - $\tau_{чел}$ ~100с. Еще одной интересной особенностью процесса релаксации является его асимметрия относительно угла падения пучка α.

Показано, что для перехода ЖК – ячейки в режим динамической фоторефрактивности необходима предварительная подача напряжения. В режиме одиночного импульса получено пиковое увеличение дифракционной эффективности на два порядка по сравнению с ее значением при постоянном электрическом напряжении.

Список литературы

1. Boichuk V., Kucheev S., Parka J. et. al. // J. Appl. Phus, 2001,v.90, p.5963
2. Agashkov A.V., Kovalev A.A., Serak S.V., Parka J.// MCLC, 2002 v. 375, p.269

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАДИОТЕРМО- И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ γ-Al_2O_3

Гаджиева Н.Н.

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана

Среди существующих модификаций оксида алюминия, люминесцентные свойства которых на протяжении многих лет, интенсивно изучались, являются анион - дефектные монокристаллы (α-Al_2O_3).Это связано с применением выращенных в восстановительных условиях кристаллов на основе анион - дефектного корунда для дозиметрии ионизирующих и неионизирующих излучений [1-3]. При этом основное внимание уделялось экспериментальным и теоретическим исследованиям термостимулированной люминесценции (ТЛ) этих дозиметрических кристаллов. Показано, что вся совокупность реально наблюдаемых особенностей: зависимость выхода ТЛ от скорости нагрева, температурного положения пика ТЛ при 450K и его формы от дозы облучения и скорости нагрева, падение средней энергии активации в пределах дозиметрического пика, обусловлена одним процессом – тушением люминесценции F-центров. Высказано предположение, что ТЛ пик в анион - дефектном корунде обусловлен комплексным дефектом, образованным кислородными вакансиями в разных зарядовых состояниях, ионами хрома и, возможно, ионами других переходных металлов [4-6]. Рассмотрено также влияние глубоких ловушек на люминесцентные свойства анион - дефектных монокристаллов α-Al_2O_3. Установлено, что глубокие ловушки имеют электронную природу, их заполнение происходит в результате фотоионизации F-центров и сопровождается конверсией $F \rightarrow F^+$-центров [7,8].

По сравнению с монокристаллами на основе анион - дефектного корунда люминесцентные свойства порошкообразных образцов γ- оксида алюминия мало изучены. Лишь в последнее время появилось несколько работ, в которых были сделаны некоторые попытки в этом направлении [5]. Проведение подобного рода исследований и сравнительное изучение радиотермо- и фотолюминесцентных свойств γ-Al_2O_3 позволяет обнаружить центры электронного и дырочного типа, АЛЭ (автолокализованный экситон) и другие активные частицы с целью выяснения их роли в радиационно-гетерогенных процессах разложения воды и углеводородов. Эти исследования важны

также с точки зрения перспективs для поиска новых дозиметрических материалов ионизирующих излучений на основе порошкообразных оксидов.

Исходя из вышеизложенного, в настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований особенностей радиотермо- и фотолюминесценции образцов дисперсного γ- оксида алюминия.

Кривые радиотермолюминесценции (РТЛ) были регистрированы в интервале температур 80-550K. Для РТЛ анализа образцы получены в виде таблеток толщиной 1 мм прессованием из монодисперсных порошков γ-Al_2O_3 с размерами зерен ~ 100 мкм. Согласно данным микроанализа о химическом составе исследуемых образцов оксида алюминия, в них содержатся примеси ионов Cd, Co, Cr, Fe, Mg, Ti, где содержание ионов составляет ~ 10^{-4} вес%. Образцы предварительно обрабатывались в вакууме (p =10^{-5} Па) при температурах T = 300 и 873K.

Для РТЛ анализа образцы облучались γ- лучами от источника ^{60}Co при мощности дозы 3,2 Гр/ при температуре 77K .Кривые РТЛ получены со скоростью разогрева образцов 0,08 K/c.

Фотолюминесценция возбуждалась как ультрафиолетовым излучением азотного лазера (337 нм), так и ртутной лампой.

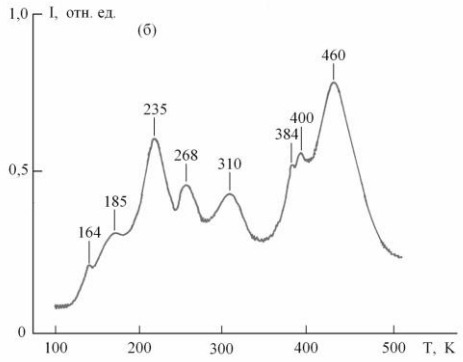


Рис.1 Спектр РТЛ γ-облученного при $Ф_γ$=10 кГр γ-Al_2O_3.

На рис.1 приведен спектр РТЛ оксида алюминия. Как видно, облучение гамма квантами образцов Al_2O_3 дозой 10 кГр приводит к появлению ряда пиков ТЛ с максимумами при 164,185, 235, 268, 310, 384, 400 и 460K . Низкотемпературные слабые пики при 164 и 185K могут быть связаны с поверхностно- хемосорбированными OH- группами или кислородом, так как они отсутствуют в образцах, тренированных при температуре 873 K . Пики со средней интенсивностью с максимумами при 268 ,384 и 400 K , по - видимому , обусловлены присутствием примесей – ионов Mg,Ti и Cd и вызваны их термической делокализацией. Сравнительно сильный пик при 235K относится к автолокализованной дырке в виде O^-, а пик РТЛ при T=310K типичен для оксидов и имеет также примесную природу. Наблюдаемый высокотемпературный широкий пик с максимумом при 460K и энергией активации E_a=1,45 эВ находится в дозиметрической области температур. Температурное положение и форма этого пика зависит от дозы облучения, что связано тушением люминесценции электронных центров F^+ и F, а сам ТЛ-пик - со сложным комплексным дефектом, образованным кислородными вакансиями радиационного происхождения в разных зарядовых состояниях и ряда ионами переходных металлов, в том числе ионами трехвалентного хрома [8-10].

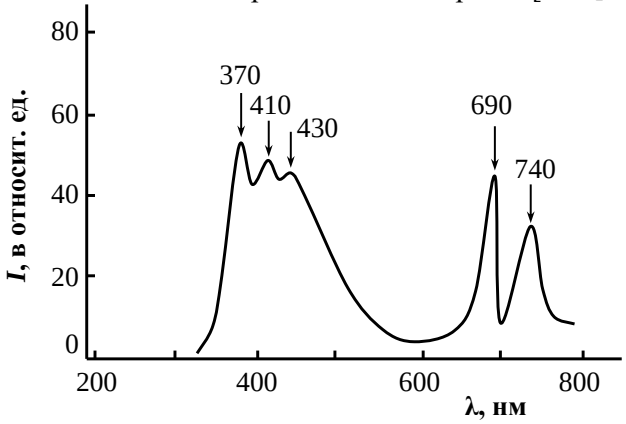


Рис.2 Спектр фотолюминесценции γ- оксида алюминия.

На рис. 2 представлен спектр фотолюминесценции γ- оксида алюминия, в котором можно выделить полосы излучения ионов железа Fe^{3+} (740 нм) и хрома Cr^{3+} (690нм), а также свечения с λ =370,410 и 430 нм. Область свечения 350-450 нм характерна для многих оксидов, в том числе , и для оксида алюминия [6,7]. Полосы свечения с максимумами при 370 и 410 нм связаны с электронными центрами F^+ (370нм) и F (410нм), так как аналогичные полосы свечения с максимумами при 330 и 410 нм наблюдались и для α- оксида алюминия и были отнесены к электронным центрам [2,4,9].

Спектры люминесценции γ- оксида алюминия существенно отличаются при фото - и гамма возбуждении, что связано с различными механизмами преобразования энергии в нем. Спектр радиолюминесценции отличается, преимущественно, экситонным свечением. Экситонное свечение также обнаружено при исследовании рентгенолюминесценции γ- оксида алюминия [9].

Совокупность полученных экспериментальных данных имеет как теоретическое, так и прикладное значение при изучении свойств оксидов, использующихся в качестве носителей и катализаторов. Эти информационные данные играют также важную роль при определении и выяснении механизма взаимодействия на границе раздела двух фаз в радиационностимулированных гетерогенных процессах.

Список литературы

1.Кортов В.С., Мильман И.И.Термостимулированная люминесценция дозиметрических кристаллов α-Al_2O_3 //Изв. вузов,Физика, 1996,в.11,с.145-161

2. Кортов В.С., Мильман И.И., Никифоров С.В. и др. Механизм люминесценции F-центров в анион-дефектных монокристаллах оксида алюминия //ФТТ,2003,т.45,в.7,с.1202-1208

3. Кортов В.С., Мильман И.И., Никифоров С.В. Фотоиндуцированные процессы в облученных анион-дефектных кристаллах оксида алюминия /Доклад междун. конфер. (ФХП-9),Кемерово,2004,т.1,с.161-162

4. Мильман И.И., Кортов В.С.,Никифоров С.В.Интерактивный процесс в механизме термостимулированной люминесценции анион-дефектных кристаллов α-Al_2O_3 //ФТТ,1998,т.40,№2,с.223-226

5. Гаджиева Н.Н. Особенности радиотермолюминесценции γ-оксида алюминия /Труды 17-й междун. конфер. по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению. Алушта, Крым,4-9 сентября,2006,с.51-52

6. Кузнецов В.Н., Лисаценко А.А. О природе оптического поглощения, наведенного УФ-облучением γ-Al_2O_3 в кислороде // Кинетика и катализ,1991,т.32,в.1, с.222-225.

7. Валбис Я.А., Спрингис М.Е.Дефекты решетки и люминесценция монокристаллов α-Al_2O_3. Аддитивно окрашенные кристаллы.//Изв. АН Латвийской ССР, сер. физ. и тех. наук,1977,№5, с.51-57

8. Григоров В.А., Мартынович Е.Ф., Токарев А.Г.Люминесценция центров окраски в α-Al_2O_3.//Укр. физ. журн.,1983,т.28,№5,с.784-785

9. Чистофорова Н.В., Раджабов Е.А., Яровой П.Н. и др. Сравнительные характеристики фото- и рентгенолюминесценции окисных носителей и катализаторов. /Докл. междун. конфер.»ФХП»,Кемерово,2004,т.11,с.90-92

10.Кружалов А.В., Огородников И.Н., Кудяков С.В. Излучательная релаксация низкоэнергетических электронных возбуждений и точечные дефекты в оксиде бериллия //Известия высших учебных заведений. Физика,1996,№11,с.76-93

АКУСТО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

Гасанов Х.Г.

ОАО «Азеркосмос»

Исследованию коэффициента поглощения акустических волн и его температурной зависимости посвящено огромное количество теоретических и экспериментальных работ, краткий обзор которых приводится в [1]. Интерес к исследованию коэффициента поглощения акустических волн объясняется тем, что он, помимо теоретического, представляет и большой практический интерес. Так, например, для борьбы с парафиноотложением при транспортировке парафинистых нефтей по трубопроводу ультразвуковая обработка нефти, по нашему мнению, является весьма эффективным методом.

Учитывая важность вопроса, были предложены различные теоретические и экспериментальные методы исследования коэффициента поглощения акустических волн в нефти. В теоретических работах, как правило, на основе молекулярной теории стараются объяснить результаты, полученные экспериментально. Следует отметить, что во многих работах результаты экспериментов не сходятся, иногда даже противоречат существующим теориям. На основе анализа, проведенного по существующим работам, касающихся исследования коэффициента поглощения акустических волн в жидкости, можно сделать вывод о том, что релаксационная теория, оперирующая одним или даже спектром времен релаксации, непригодна для объяснения результатов экспериментов. В связи с отмеченным мы рассматриваем термо-гидродинамическое объяснение температурной зависимости коэффициента поглощения акустических волн. Нами предварительно были проведены эксперименты на различных образцах нефти, отобранных из различным нефтяных месторождений Азербайджана. Эти исследования показали, что с повышением температуры коэффициент поглощения уменьшается по линейному закону [1]. Для установления общей закономерности поведения температурной зависимости коэффициента поглощения акустических волн в жидкостях необходимо теоретической исследование взаимодействия акустических волн с жидкостью.

При взаимодействии акустических волн с жидкостью поглощенная энергия волны идет на нагревание самой жидкости. Для определения температурного поля применяется закон сохранения энергии, который математически выражается уравнением теплопроводности. В случае одномерного температурного поля дифференциальное уравнение теплопроводности имеет следующий вид

$$c\rho\left(\frac{\partial T}{\partial t}+v\frac{\partial T}{\partial x}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(x)\frac{\partial T}{\partial x}\right)+Q(x); \qquad (1)$$

в уравнении (1) слагаемое *Q(x)* есть объемная плотность поглощенной энергии акустической волны.

Для случаев, когда коэффициент поглощения постоянен по координате, изменение интенсивности акустического излучения с толщиной образца (или жидкости) выражается законом Бугера

$$J(x)=J_0\exp\ (-\alpha x) \qquad (2)$$

В данном случае, объемная плотность поглощенной энергии акустической волны определяется по следующей формуле

$$Q(x)=\alpha\cdot J_0\exp\ (-\alpha x) \qquad (3)$$

Очевидно, что когда коэффициент поглощения меняется с температурой, приведенная формула непригодна для описания процесса. В последнем случае, уменьшение интенсивности излучения акустических волн по толщине жидкости dx определяется из формулы энергетического баланса

$-dJ=\alpha(x)\cdot J\cdot dx$,

откуда имеем

$$J(x)=J_0exp\left[-\int_0^x\alpha(x)dx\right] \qquad (4)$$

Сама плотность поглощенной энергии акустических волн для случаев меняющегося коэффициента поглощения определится по формуле

$$Q(x)=\alpha(x)\cdot J_0\cdot exp\left[-\int_0^x\alpha(x)dx\right] \qquad (5)$$

С учетом выражения (5) уравнение теплопроводности (1) преобразится к виду

$$c\rho\left(\frac{\partial T}{\partial t}+v\frac{\partial T}{\partial x}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(x)\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\alpha(x)\cdot J_0\cdot exp\left[-\int_0^x\alpha(x)dx\right] \qquad (6)$$

Таким образом, задача определения температурной зависимости коэффициента поглощения акустических волн математически сводится к решению обратной задачи для дифференциального уравнения (6). Получение аналитического решения уравнения (6) сопряжено с определенными математическими трудностями; поэтому, для реализации предлагаемого акусто-термодинамического метода определения температурной зависимости коэффициента поглощения акустических волн в жидкости мы несколько упростим задачу, а именно, рассмотрим случаи, представляющие практический интерес. Будем считать, что температурное поле в жидкости после действия излучения вышло на стационарный режим, теплофизические свойства жидкости постоянны и перенос тепла за счет конвекции намного больше, чем за счет диффузии, другими словами, имеет место условие

$$c\rho v\frac{\partial T}{\partial x}\gg\lambda\frac{d^2T}{dx^2}$$

Если принять указанные условия, то уравнение (6) существенно упростится и примет вид

$$c\rho v\frac{\partial T}{\partial x}=\alpha(x)\cdot J_0\cdot exp\left[-\int_0^x\alpha(x)dx\right] \qquad (8)$$

После интегрирования, из уравнения (8) получим

$$T(x) - T_0 = \int_0^x \frac{\alpha(x)}{c\rho v} J_0 exp\left[-\int_0^x \alpha(x)dx\right] \quad (9)$$

После несложных преобразований для определения α (x) получим следующее уравнение

$$\int_0^x \alpha(x)dx = \ln\left[1 - \frac{c\rho v}{J_0}(T(x) - T_0)\right] \quad (10)$$

Отсюда, для коэффициента поглощения α (x) имеем

$$\alpha(x) = \alpha(0) - \frac{c_p \rho v \frac{dT}{dx}}{J_0 - c_p \rho v (T(x) - T_0)} \quad (11)$$

Эксперименты, проведенные нами в [1], показали, что изменение температуры жидкости с глубиной при озвучивании жидкости может быть выражено общей формулой вида

$$T(x) = T_0 e^{-bx}, \quad (12)$$

где T_0 – температура на границе излучение – жидкость, а b – некоторая постоянная величина. С учетом зависимости (12) формула (11) примет вид

$$\alpha(T) = \alpha(0) + \frac{c_p \rho v b T_0}{J_0 - c_p \rho v (T(x) - T_0)} \quad (13)$$

Полученная формула (13) определяет температурную зависимость коэффициента поглощения акустических волн, полученного акусто-термодинамическим методом.

Список литература

1. Гасанов Х.Г. Гидродинамические исследования взаимодействия акустических и лазерных излучений с жидкостью. Баку, Ачыг дюнья, 2002, 384 стр.

МЕТОД «ЛЮМИНОФОР НА ЧИПЕ» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

[1,2]Оруджев Т.Я, [1,2]Абдуллаева С.Г.,[3]Оруджев С.К., [1,2]Джаббаров Р.Б.

[1]Институт физики, Национальная академия наук Азербайджана

[2]Исследовательский центр высоких технологий, Министерство связи транспорта и высоких технологий Азербайджанской республики

[3]Сумгаитский Государственный Университет

В светодиодах белый цвет обычно реализуется частичным преобразованием коротковолновых фотонов, от синего светодиода, в относительно длинные волны, например, в жёлтый диапазон с помощью неорганических люминофоров в качестве преобразователя длины волны [1]. Конфигурация собранного белого светодиоде состоит в равномерно распределённом люминофора в чаше отражателя, покрывающего светодиодный чип, после их диспергирования в жидком полимерном геле, называемом «люминофор в чашке». Хотя эта структура обычно используется в промышленности, она имеет предел как в эффективности фотонного извлечения, так и в качестве цвета благодаря изотропному переизлучению от люминофоров и относительно узкому диапазону повторных спектров. Люминофорное покрытие считается основным фактором, влияющим на производительность в светодиодной упаковке. Поэтому, хорошее качество люминофорного покрытия крайне необходимо для высокой эффективности преобразования излучения. В настоящее время используется распространенный метод покрытия люминофором, распределяющей люминофорный композит на площади подложки (рис. 1(а)). Однако в этом методе покрытия есть как положительные стороны [2], так и множество факторов, ухудшающих световую отдачу и распределение яркости излучения в пространстве [3].

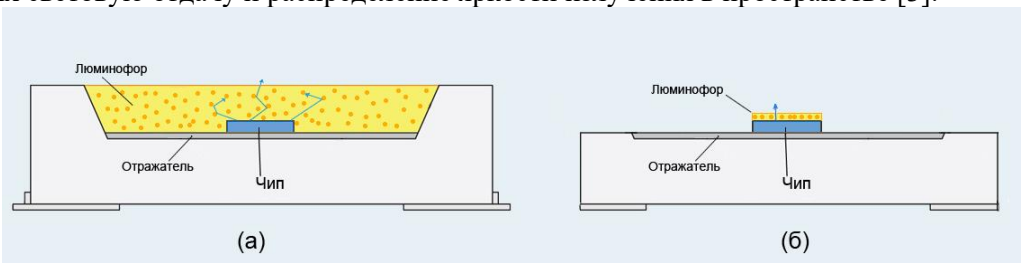


Рисунок 1 . Схематическое представление светодиодов

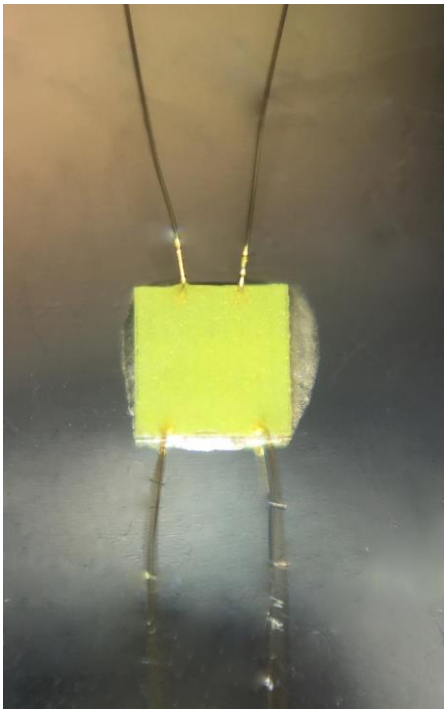


Рисунок 2 . Увеличенное избражение «люминофора на чипе»

Авторами этого тезиса были изготовлены светодиоды, в которых люминофор покрывает чип тонким слоем, толщина которого составляет лишь 30 μм (рис. 1(б), 2). Светодиодные чипы были приклеены в центре отражательных поверхности печатанной платы с металлическим основанием. Для создания покрытых люминофором светодиодов, были использованы синие чипы (λ=450 нм) и люминофор YAG:Ce с пиковой длиной волны λ=550 нм и размером зёрен 8 μм. Порошок люминофора был смешан с полимером, до достижения хорошей его диспергации, в весовом соотношении 1:1, и его концентрация составляла 5 г/см^3. Вязкость и удельный вес силикона составляют 3,8 Па·с и 1,23 г/см^3 соответственно. Такая концентрация является высокой, что позоляет получать слои в 8-10 раз тоньше с поддерживанием концентрации люминофора на единицу толщины слоя.

Чтобы реализовать тончайший слой люминофора поверх чипа использовался метод центрифугирования, который позволяет сделать слой очень тонким и равномерным. Данный метод получения тонких плёнок использует силу внутреннего трения, и слой вещества постепенно утончается. Для начала в середину чипа помещалась капля вещества, которая растекается по краям под действием центробежной силы. Путём изменения скорости вращения достигается различная толщина слоя, и в данном эксперименте скорость вращение составляла 2000 об/мин. После люминофорного покрытия светодиодные модули перемещались в печь с температурой 150° С в течение 1 часа для отверждения люминофорной смеси. Светодиодные модули также были произведены обычным методом наполнения люминофора для сравнения. Все светодиодные модули с двумя методами покрытия имели одни и те же светодиодные чипы и люминофор.

Средняя цветовая температура, индекс цветопередачи и световая отдача (эффективность преобразования электрической энергии в свет) каждого светодиодного упакованного модуля измерялись при прямом токе 350 мА интегрирующей сферой [4] (PMS-80, Everfine, Китай). Для точного измерения распределения световой температуры расстояние между детектором и светодиодом составляло 2 м. Цветовая температура светодиодного упакованного модуля регистрировалась каждые 5 градусов при изменении угла обзора от -90 ° до + 90°.

На рис. 3 показано сравнение углового распределения цветовой температуры светодиодов с залитым на подложку люминофорным покрытием и методом «люминофор на чипе». Можно видеть, что при средней цветовой температуре около 6500K отклонение цветовой температуры составляет 200 K в настоящем покрытии «люминофор на чип». По сравнению с отклонением цветовой температуры в 1700K при залитом покрытии люминофора, данный метод обладает большим превосходством. Исходя из того, что люминофор покрывает лишь поверхностную площадь чипа, излучение на выходе, имея

определённый угол рассеяния, излучается равными геометрическими пропорциями люминофора. В других методах на перефирии чипа находится большое количество избыточного люминофора, которое создаёт «желтое кольцо» по краю.

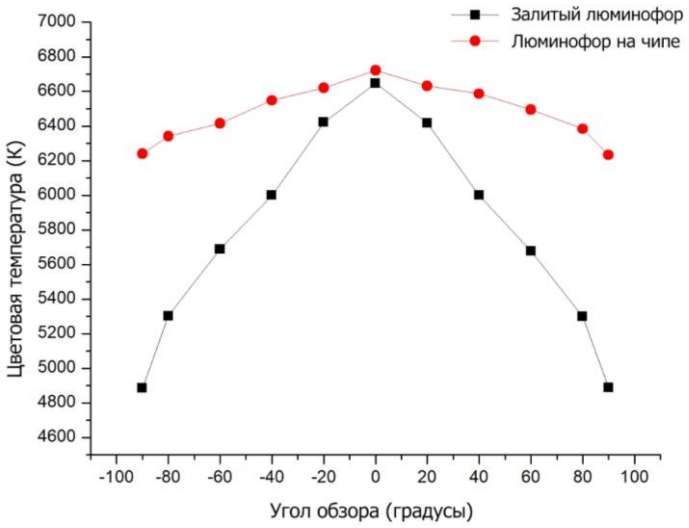


Рисунок 3 . Пространственное распределение цветовой температуры

Световая эффективность светодиодных модулей с методом покрытия «люминофор на чипе» и обычным методом покрытия люминофором показаны на рис. 4. Выбирая точки на графике, подсчитанная средняя световая эффективность метода покрытия «люминофор на чипе» составляет около 96 лм/Вт, а обычного люминофорного покрытия составляет 91 лм/Вт. Представленный метод показывает несколько большую светоотдачу (эффективность). Это объясняется тем, что при тонком слое люминофора в нём теоретически происходит меньше потерь при столкновении фотонов с частицами люминофора, на которых они рассеиваются и возрастает вероятность перепоглощения фотонов. Индексы цветопередачи двух методов покрытия люминофором составляли около 68.

Таким образом, было продемонстрировано, что нанесение люминофора на чип методом центрифугирования улучшает пространственные характеристики светодиода, а также увеличивает эффективность поглощения фотонов из-за маленькой толщины слоя. Также, в толстом слое геля, содержащего люминофорные частицы наблюдается осаждение, в результате чего диспергация частиц оказывается неравномерной. Технология нанесения люминофора на светодиоды на чиповую область позволяет сделать эмиттеры компактными, для плотного размещения на плате, что обеспечивает высокую мощность свечения центрального луча с минимальным затенением по сравнению с другими типами светодиодов. Кроме того, маленькая матрица позволяет компактному легкому модулю светодиода соответствовать сжатому пространству в лампах с закрытым патроном.

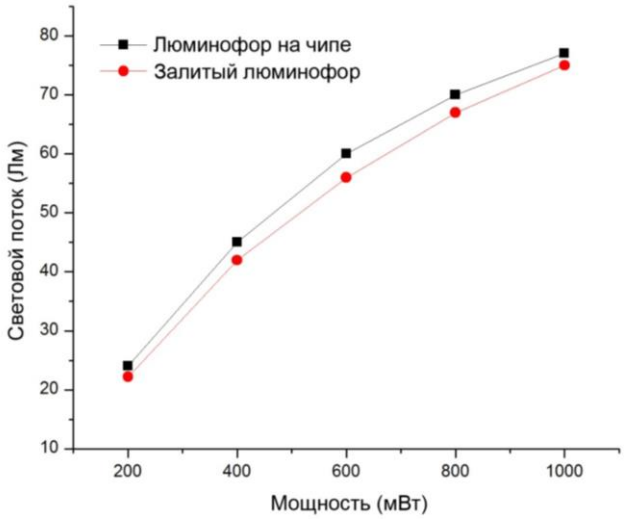


Рисунок 4 . Зависимость светового потока от мощности светодиода

Список литературы

1. L. Chen, C.C. Lin, C.W. Yeh and R.S. Liu, Light converting inorganic phosphors for white light-emitting diodes, Materials, 2010, №3, 2172-2195
2. Basic research needs for solid-state lighting, report of the basic energy sciences workshop on solid-state lighting, Office of Sciences, May 22-24, 2006
3. S. Liu and X. B. Luo, LED packaging for lighting applications: design, manufacturing and testing, Chemical Industry Press, John Wiley & Sons, 2011
4. V.Y.F. Leung, A. Lagendijk, T.W. Tukker, A.P. Mosk, W.L. IJzerman, and W.L. Vos, Interplay between multiple scattering, emission, and absorption of light in the phosphor of a white light-emitting diode, Optics Express Vol. 22, Issue 7, 8190-8204, 2014

SF_6 QAZ MÜHİTİNDƏ, ELEKTRİK QAZBOŞALMASININ TƏSİRİ ŞƏRAİTİNDƏ POLİETİLENTEREFTALAT MATERİALINDAN EMİSSİYA PROSESLƏRİ

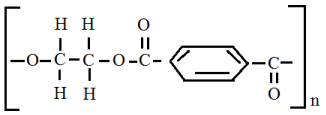
Həşimov A. M., Süleymanova L.Ç., Qurbanov K.B.
AMEA Fizika İnstitutu,

Kondensə halında olan maddələrdən ion emissiyası prosesi mürəkkəb məsələ olaraq, emissiya olunan ionların miqdarı və növü, maddənin kimyəvi tərkibindən, təşkil olduğu elementlərdən, fiziki strukturundan və təsir vasitəsinin gücündən asılı olur.

Metallardan ion emissiyasının mexanizmlərini molekulyar dielektriklərə tətbiq etmək olmur. Metall, biri digəri ilə eyni növ rabitə əlagəsi olan, bir növ atomdan təşkil olunur, molekulyar dielektrik isə müxtəlif kimyəvi əlaqələri olan, müxtəlif atomlardan təşkil olunurlar. Bombaardıman nəticəsində metallarda kristal qəfəsi dəyişiliklərə məruz qaldığı halda, molekulyar dielektriklərdə molekulyar qurluşun dəyişməsi ilə yanaşı eyni zamanda tərkibdə kimyəvi dəyişiliklər də müşahidə oluna bilər [2-4].

Təqdim olunan işdə SF_6 qaz mühitində, məşəl şəkilli qazboşalmasının təsirlərinə məruz qalan, amorf və polikristallik struktura malik, izotrop və anizatrop qurluşlu polietilentereftalat (PETF) materialından emissiya proseslərinin tədqiqindən əldə edilən nəticələr şərh olunmuşdur.

Aşağıda PETF-ın təkrar olunan elementar kimyəvi bəndinin konfiqurasiyası verilmişdir:



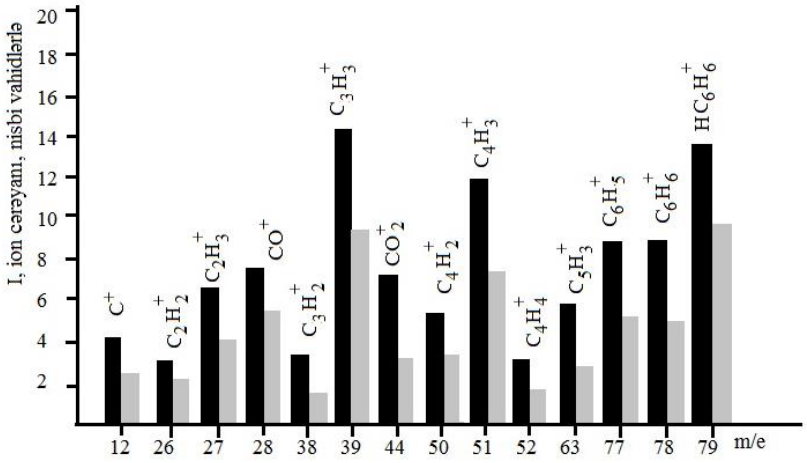
Polietilentereftalatı 80^0C-dən aşağı temperaturlarda emal etdikdə şüşəvari olaraq amorf struktura, 110^0C-dən yuxarı temperaturlarda isə polikristallik struktura malik olur.qeyd etmək lazımdır ki, 110^0C-dən yuxarı temperaturlarda emal etdikdə izotrop halda-sferolit, anizotrop halda isə-fibrilyar struktur elementləri ilə xarakterizə olunur.

Şəkil 1 də PETF-in sferolit strukturlarını xarakterizə edən mikrofotoqrafiyaları verilmişdir [1].

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi temperatur parametrlərindən istifadə edərək PETF-ı amorf və polikristallik şəkildə almaq olar. PETF-in ərimə temperaturu 265^0C təşkil edir. Amorf struktura malik PETF-in sıxlığı 1,335q/sm^3, polikristallik halda isə sıxlığı 1,455q/sm^3 olaraq təyin edilmişdir [1].

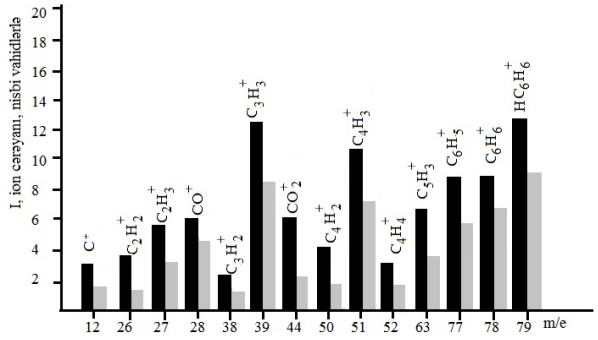
Tədqiqat nümünələri birinci halda 0,3mm qalınlıqda, 300^0C tempaturda PETF-ın sənayedə istehsal olunan isti proseslənməsi üsulu ilə əldə edilmişdir, izotrop amorf nümunələrin ərintilərinin kristallaşması t=15 dəqiqqə müddətində $t_{kr}=20^0$C temperaturda yerinə yetirilmişdir. İkinci halda nümunə t=30 dəq; $t_{kr}=50^0$C rejimlərində əldə edilmişdir. Polikristallik izotrop nümunələr birinci halda t=40dəq; $t_{kr}=160^0$C, ikinci halda t=60dəq; $t_{kr}=220^0$C temperaturunda emal edilmişdir.

Şəkil 1. Polikristallik polietilentereftalat polimer mat5erialının 140^0C (a) və 165^0C(b) temperaturlarda emal olunmuş nümunələrini xarakterizə edən sferolit strukturlarının mikroşəkilləri [1]



Şəkil 2. Amorf struktura malik izotrop və bir ox istiqamətində amorf materialın deformasiya olunmuş anizotrop nümunələrinin səthindən emissiya proseslərinin kütlə-spektoqramması

Ərintininkristallaşma müddəti 15 dəqiqə, kristallaşma temperaturu $t_{kr}=20^0$C təşkil etmişdir.Spektoqram-mada işarə edilən ioncərəyanlarını xarakterizə edən göstəricələr, müvafiq olaraq, izotropvə bir ox istiqamətində deformasiya olunmuş (anizatrop) nümunələrdən müşahidə edilən emissiya prosesinə aiddir.



Şəkil 3. Amorf struktura malik, kristallaşma müddəti 30 dəq., $t_{kr}=50^0$C-də emal olunmuş PETF-in səthindən müşahidə olunmuş kütlə ■spektoqramması - ilkin halın göstəriciləri ■ - deformasiya olunmuş halın göstəriciləri

Yuxarıda qeyd olunan hallarada emal olunmuş tədqiqat nümunələri bir ox istiqamətində deformasiya edərək, struktur baxımından fərqlənən yeni tədqiqat nümunələri əldə edilmişdir və bütün hallarda əldə edilmiş nümunələrdən, qaz boşalmasının təsirləri nəticəsində, mümkün olan emissiya prosesləri tədqiq edilmişdir. Şəkil 2-də yuxarıda qeyd olunan hallara müvafiq olan kütlə-spektroqrammaları təqdim olunmuşdur.

Amorf struktur ilə xarakterizə olunan və kristallaşma müddəti 30 dəqiqə, $t_{kr}=50^0$C-də emal olunan polietilentereftalat nümunələrindən baş verən emissiya prosesini xarakterizə edən kütlə spektoqramması şəkil 3-də təqdim olunmuşdur.

Şəkil 2 və 3-dən görsənir ki PETF-in emal (t_{kr}) temperaturu artıqdıqca materialda müəyyən qədər nizamlı qurluş əmələ gəldikcə, materialın sıxlığı artır və bu səbəbdən də səthdən emisiya müəyyən qədər zəifləyir. Material yuxarıda qeyd olunan emal temperaturunda yenə də amorf struktura malik olur. Həriki halda deformasiya olunmuşmateriallardan səthi emisiyanın zəiflənməsi prosesin materialın strikturu və sıxlığı ilə əlaqədar olduğunu təsdiq etmiş olur.

Tədqiqatların növbəti mərhələsində polikristallik struktura malik nümunələrin səthindən baş verən emissiya prosesləri tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlar PETF materialının kristallaşma temperaturlarının t_{kr}=160 və t_{kr}=200^{0}C qiymətlərində hazırlanmış nümunələrindən istifadə edərək yerinə yetirilmişdir.

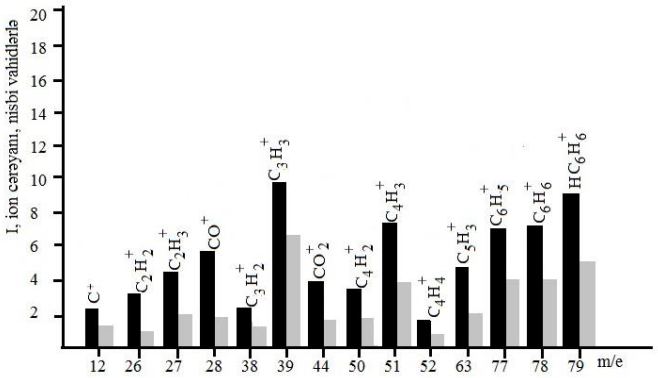
Şəkil 4 və 5 müxtəlif kristallaşma və müxtəlif zaman müddətində emal olunmuş və eyni zamanda hər iki halda, bir ox istiqamətində deformasiyaya məruz qalan polietilentereftalat materialın səthində, qazboşlmasının səthə təsirləri nəticəsində, reallaşan emissiya proseslərinin kütlə spektoqrammaları təqdim olunmuşdur.

Şəkil 4-dən görünür ki, polikristallik materialda, amorf materiala nisbətən (şəkil 2 və 3) səthdən emissiya prosesinin intensivliyi nəzərə çarpacaq dərəcədə azalmışdır. Şəkil 5-də, materialın emal müddətinin çox olması və t_{kr}-kristallaşma temperaturunun materialın ərimə temperaturuna yaxın olması ilə əlaqədar olaraq emisiya prosesinin intensivliyi kəsgin olaraq azalmışdır.

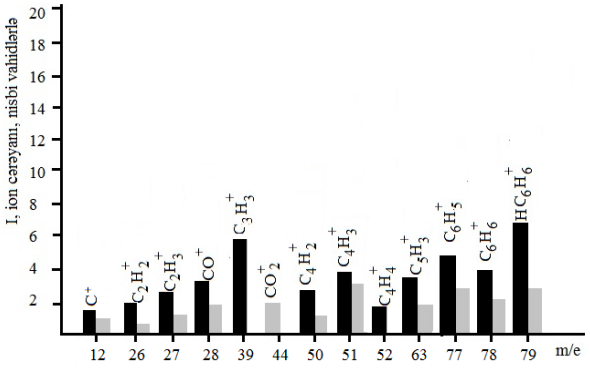
Qeyd etmək lazımdır ki, qazboşalmasının təsiri nəticəsində polimer materialın səthində lokal qızma oblastları mövcud olur. Məlumdur ki, polimer materialı makromolekullardan təşkil olunur və materialdan makromolekulanın tam şəkildə desorbsiyası (emissiyası) üçün xaricdən materiala yüksək enerji daxil etmək lazımdır. Bu halda polimer material onu xarakterizə edən xassələrini itirərək, alçaq molekullu materiala çevrilə bilər. Odur ki, polimer materialın səthindən müşahidə olunan emissiya prosesini, qazboşalmasının səthi təsiri nəticəsində, səthdə əmələ gələn lokal qızma oblastlarından makromolekulları bir hissəsinin (qəlpəsinin) ionlaşaraq emissiya prosesinə məruz qalması ilə izah etmək olar. Qazboşalmasının səthə təsirinin ilk anında, materialın lokal qızma oblastlarında makromolekulanın bir hissəsinin həyacanlanması və təsir vastəsinin sonrakı müddətlərində makromolekulanın həyacanlanmış hissəsinin emissiya prosesinə uğraması mexanizmini ehtimallı hesab etmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, makromolekullardan bir hissənin ionlaşaraq emisiya etməsi üçün təsir vastəsinin sərf etdiyi enerji, alçaq molekullu birləşmələrdə molekullararası əlaqələri parçalamaq üçün lazın olan enerjidən çox olmalıdır və bu səbəbdən yüksək molekullu birləşmələrdən emissiya prosesi nisbətən zəif olur.

Təqdim olunan kütlə-spektoqrammalarında emissiya prosesində qeydə alınan ionların, sistemin qalıq qaz mühitində mövcud olan atom və molekullarla ion-molekulyar reaksiyaları nəticəsində əmələ gələn birləşmələrə aid maksimumlar, tədqiq edilən polimer materialı xarakterizə etmədiyi üçün spektoqrammalarda qeydiyyatı aparılmamışdır.



Şəkil 4. Polikristallik PETF materialından emissiya prosesi. T=40 dəq., t_{kr}=160^{0}C



Şəkil 5. Polikristallik PETF materialından emissiya prosesi. T=60 dəq., t_{kr}=220^{0}C

Qeyd etmək lazımdır ki, yerinə yetirilmiş tədqiqatlarda əldə edilmiş nəticələr, polimer materiallarda "struktur-xassə" əlaqələrinin öyrənilməsi üzrə elmi əhəmiyyət kəsb etməsi ilə yanaşı, eyni zamanda polietilentereftalatın güclü elektrik sahələrində və elektrik qazboşalmalarının təsirləri mövcud olan sənaye sahələrində-fiziki cihaz və texniki avadanlıqlarda elektroizoləedici material kimi istifadə edilməsinin istismar müddətinin proqnozlaşdırılması baxımından da əhəmiyyət kəsb edir.

İşdə aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. Müəyyən edilmişdir ki, PETF-in emal temperaturunun yüksək qiymətlərində, materialda müəyyənqədər nuzamlı quruluş əmələ gəlməsi səbəbindən materialın sıxlığı artır və bu səbəbdən də səthdən müşahidə olunan emissiya prosesi zəifləyir.
2. Material bir ox istiqamətində deformasiya prosesinə məruz qaldıqda materialda amorf-kristallik strukturun əmələ gəlməsi və kristallaşma dərəcəsinin artması səthdən emissiya prosesinin zəifləməsinə səbəb olur.
3. Tədqiqatın nəticələri PTEF-in, elektrik qazboşalmalarının səthə təsiri şəraitində, istismar müddətinin proqnozlaşdırılmasına imkan verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Джейк Ф.Х. Полимерные монокристаллы, перевод с английского В.Г.Баранова, Т.И. Волкова, В.М. Гинзбирга, Ю.Н.Панова, под.ред. С.Я.Френкеля, изд. «Химия», Ленинградское отделение, 1968, 551 с.
2. Həşimov A.M., Süleymanova L.C., Ağayeva G.Ə., Ahmet Nayir Ragip, Qurbanov K.B., Hüseynov H.C.Elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan polimer materialların səthindən emissiya prosesləri, Energetikanın problemləri, 214, №4, s.26-33.
3. Магеррамов А.М., Дашдамиров М.К., О структурных аспектах радиационного модифицирования диэлектрических свойств полиолефинов. Химия высоких энергий, 2008, том39, №3, s.176-182.
4. Həşimov A.M., Süleymanova L.C., Qurbanov K.B.Müxtəlif texnoloji şəraitlərdə hazırlanmış polietilen materialının "struktur-xassə" əlaqələri Energetikanın Problemləri, №2, 2016, s.61-65.

STRUCTURAL AND OPTİCAL PROPERTİES OF CADMİUM SULFİDE NANOPARTİCLES

Jafarov M.A., Nasirov E.F., Jahangirova S.A.
Baku State University
maarif.jafarov@mail.ru

1. Introduction

The synthesis and application of semiconductor nanoparticles like cadmium sulfide (CdS) have gained tremendous interest due to their wide range of applications as biosensors, photo catalysts, solar cells, diodes and quantum dots for targeted drug delivery and therapy [1-3]. The size and composition of the nanoparticles play a critical role in determining the wide range of applications.

In the present work, we report the synthesis and characterization of cadmium sulfide. The effect of variation in the ratio of cadmium chloride and thiourea in the formation of nanoparticles has been addressed.

2. Materials and Methods

All chemicals used for experiments were of high purity and analytical grade. Cadmium chloride was purchased from SRL. thiourea, nutrient agar, nutrient broth, Muller Hinton agar, potato dextrose agar and maltose extract agar were purchased from Himedia. The synthesis of cadmium sulfide nanoparticles involves the reaction between cadmium chloride and thiourea. $CdCl_2 + (NH_2)_2CS + H_20 \rightarrow CdS + 2NaCl + CO_2$ 0.25 M concentration of cadmium chloride and thiourea was used for the reaction to synthesize CdS. Four different ratios of cadmium chloride and thiourea ranging 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 respectively was taken to check the effect of cadmium chloride on nanoparticle formation. A volume of 5, 3.2, 2.5 and 2 ml of cadmium chloride and 5, 6.4, 7.5, and 10 ml of thiourea corresponding to ratio 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 were added in different screw cap tubes and allowed to react. The sodium chloride formed from the reaction of cadmium chloride and thiourea was removed without disturbing the CdS nanoparticle precipitate. The precipitate was washed with acetone and water to remove if any contaminants present and dried in hot air oven at 45° - 50°C.

The formation of cadmium sulfide nanoparticles was characterized by Shimadzu UV-2.42 UV-visible spectrophotometer. The spectrum was recorded from 300 nm to 650 nm. The size and morphology of the CdS nanoparticles were analyzed by coating the air dried nanoparticles on the copper grid and observed under

Scanning Electron Microscope (ZEISS). The crystalline nature of the CdS nanoparticles was assessed by powder X-Ray Diffractormeter – Rigaku SmartLab. The intensities were recorded from 10° to 80° at 2θ angles.

3. Results and Discussions

In the present study, the synthesis of cadmium sulfide nanoparticles. The reaction between cadmium chloride and thiourea was reduced to cadmium sulfide nanoparticles under the influence of enzyme sulfate reductase. The formation of coalescent orange-yellow clusters at the bottom of the tube indicated the formation of nanoparticles (Fig.1). The precipitation was highest in the ratio of 1:1 and was found to be least in the ratio of 1:4 of cadmium chloride and thiourea. The formation of p-CdS precipitate is said to be inversely proportional to the amount nanocrystal formation and the maximum synthesis of nanoparticles been reported to form at stationary phase of cell cycle. Our results correlate with the above findings showing highest nanoparticles formation and least precipitation at the ratio of 1:3.

The size and morphology of CdS nanoparticles were examined by AFM analysis (Figure 2). The images were analyzed for all four ratios 1:1 Figure 2(a), 1:2 Figure 2(b), 1:3 Figure 2(c) and 1:4 Figure 2(d) of $CdCl_2$ and sodium sulfide which showed the presence of nanoparticles. The synthesized nanoparticles were mostly triangle in shape with size ranging from 20 - 40 nm taken in a scale bar of 2 μm.

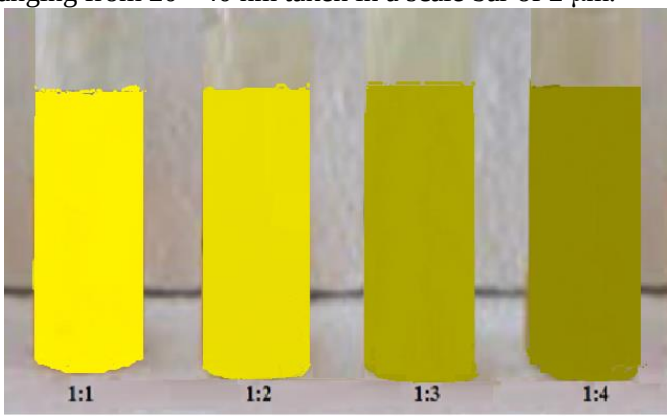


Figure 1. Synthesized CdS nanoparticles with different ratios of cadmium chloride and thiourea 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 respectively

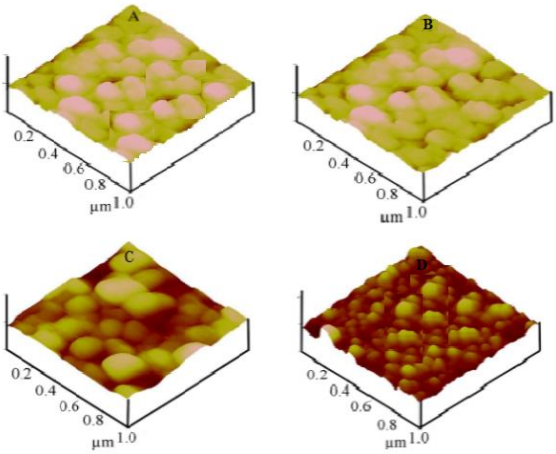


Figure 2. AFM images of CdS nanoparticles taken at a scale bar of 2 μm. Images of different ratios of $CdCl_2$ and sodium sulfide 1:1 (a), 1:2 (b), 1:3 (c) and 1:4 (d)

The crystalline structure of the cadmium sulfide nanoparticles was characterized by Rigaku, Smart Lab X-Ray Diffractormeter (Figure 3). The diffraction pattern for all four ratios 1:1 Figure 3(a), 1:2 Figure 3(b), 1:3 Figure 3(c) and 1:4 Figure 3(d) was measured at 2θ values with a range varying from ($10° \leq 2\theta \leq 80°$). Strong diffraction peaks were seen at 26.3°, 31.7°, 43.5°, and 51.5° which can be indexed to the (111), (200), (220) and (311) planes of face centered crystalline CdS respectively.

Therefore, the emission peak of the CdS nanoparticles was blue-shifted. CdS showed another high intensity emission peak at 510 nm, which could be due to the sample having more than one nanostructure such as nanoflowers and nanoplates, each of which has its own optical band gap. Ordinarily, two emissions can be obtained from nanocrystalline semiconductor: a sharp excitonic emission near the absorption edge and another broad emission at a longer wavelength due to surface states or defects.

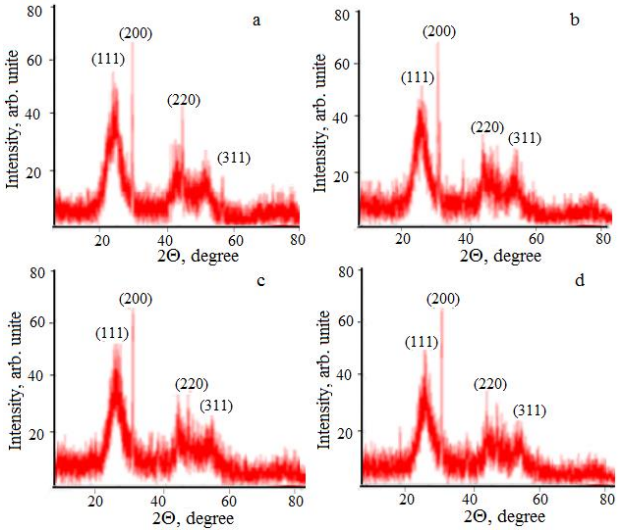


Figure 3. X-Ray Diffraction pattern of powder CdS nanoparticles of ratios 1:1 (a), 1:2 (b), 1:3 (c) and 1:4 (d) showing peaks at 111, 200, 220 and 311 of the lattices planes

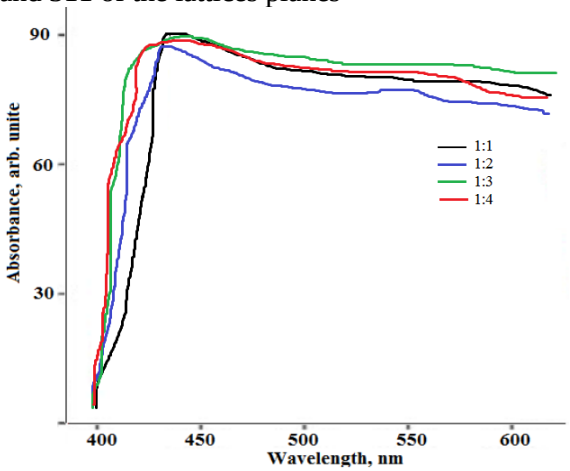


Figure 4. UV- visible absorption spectrum of CdS nanoparticles of all four ratios 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4

The CdS nanoparticles were analyzed using UV-Visible spectrophotometer (Figure 4). The absorbance spectra for the nanoparticles was measured from 300 nm to 650 nm which showed strong absorption peaks from 420 nm - 440 nm. The broad peaks formed correspond to the surface plasmon resonance indicating the presence of stable nanoparticles.

Fig. 5 shows the PL spectra of CdS nanocrystalline structures samples 1-4. For CdS nanoflowers and nanoplates, the PL emission peak appeared at 493 nm, known as green emission band of CdS.

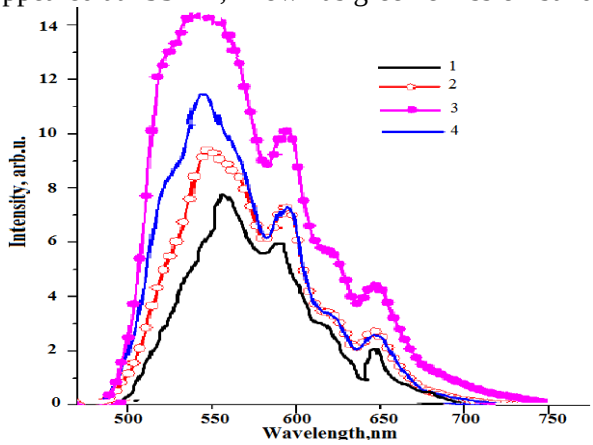


Fig.5. PL spectra of CdS nanoparticles of all four ratios 1:1 (1), 1:2 (2), 1:3 (3) and 1:4 (4)

4. Conclusions: The present study demonstrates the green synthesis of cadmium sulfide nanoparticles. The synthesized nanoparticles proved to be stable for more than three months in water. The morphological and structural studies showed the nanoparticles were face centered crystals with a lattice plane spacing (d) of 3.3 nm. Using varied ratios of cadmium chloride and sodium sulfide showed changes in the formation of functional groups of the nanoparticles which can act beneficial for CdS capping.

References

1. Ezekoye1 B. A. , K. O. Ighodalo1, V. A. Ezekoye1, T. M. Emeakaroha1, J. I. Ezema1 and P. O. Offor. Nanocrystalline Cadmium sulfide (CdS) thin film synthesized at different dip times by chemical bath deposition technique Int. J. Phys. Sci. 2015; **10**(13) : 403-412
2. Demir R, Gode F. Structural, optical and electrical properties of nanocrystalline CdS thin films grown by chemical bath deposition method. chalcogenide lett. 2015;12(2):43-50
3. Chen G., Yi B., Zeng G., Niu Q., Yan M., Chen A., Du J., Huang J., and Zhang Q. "Facile green extracellular biosynthesis of CdS quantum dots by white rot fungus Phanerochaete chrysosprium*", Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*., 2014;117: 199-205

ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК МОНОСЕЛЕНИДА ИНДИЯ

В.М. Салманов[1], А.Г. Гусейнов[1], Р.М. Мамедов[1],
***А.А. Салманова[2],* Ф.М. Ахмедова[1]**
[1]Бакинский государственный университет
[2]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Значительный прогресс в науке о получении полупроводниковых тонких пленок и наночастиц достигнут благодаря применению лазеров. В основе **лазерного метода получения** тонких пленок **и наночастиц** лежит лазерное испарение материала, который располагается вблизи канала сопла и облучается интенсивными лазерными импульсами. Образующиеся за счёт лазерной абляции атомы, ионы и небольшие кластеры материала мишени захватываются газом-носителем и охлаждаются в процессе газодинамического расширения, формируя небольшие кластеры и наночастицы. Для испарения образца используется излучение либо эксимерного, либо Nd:YAG-лазера. Преимуществом метода лазерной абляции является то, что вещественный состав мишени полностью отражается в составе получаемых наночастиц [1].

Известно, что технология получения тонких пленок InSe с инконгруэнтным плавлением и изменение типа проводимости их в процессе получения, сопряжено с большими трудностями, связанными с разложением вещества при температурах плавления. Поэтому, для получения тонких пленок InSe, часто используют метод дискретного испарения, при котором из-за мгновенного испарения пылинок вещества, осажденный осадок имеет стехиометрический состав, близкий к исходному. Однако для успешного применения дискретного испарения необходимо иметь мелкий однородный и сыпучий порошок данного вещества с легирующей примесью, что удается изготовить не для всех веществ.

Наиболее успешным методом получения тонких пленок и наночастиц InSe является лазерная абляция. Большой интерес к этим веществам обусловлен тем, что они открывают большие перспективы для создания на их основе новых приборов с широким спектром функциональных возможностей [2]. Сверхтонкие нанослои моноселенида индия имеют уникалные свойства, которые качественно выделяют его среди остальных двумерных кристаллов. В полученных двумерных образцах моноселенида индия подвижность электронов является наивысшей (~ 7000 $см^2/В·сек$). Этот параметр материала является чрезвычайно важным с точки зрения повышения быстродействия приборов, которые могут быть созданы на их основе. По мнению ученых, у моноселенида индия есть широкие перспективы дальнейшего практического применения, поскольку его нанослои при сочетании с графеном и некоторыми другими функциональными двумерными кристаллами имеют все шансы составить конкуренцию кремнию (Si), как основного материала современной электроники.

В данной работе рассматриваются получения тонких пленок InSe под действием лазерного излучения и исследование их электрофизических свойств.

В качестве исследованных образцов были использованы монокристаллы InSe, полученные методом Бриджмена. Осаждение пленок производилось с помощью импульсного Nd:YAG лазера со встроенными генераторами 2-й и 3-й гармоник, предназначенный для генерации излучения с длиной волны 1064, 532 и 335нм. Длительность лазерного импульса составляла 12 нс с максимальной мощностью ~12 $МВт/см^2$ [3]. Интенсивность излучения изменялась при помощи калиброванных нейтральных световых фильтров. Пленки наносились как на изотропные подложки (стекло, плавленый кварц), так и на монокристаллы NaCl и листочки слюды. Процесс лазерной абляции производилось в криостате при вакууме 10^{-5} мм рт. ст. Подложка помещалась на расстоянии ~ 20 мм от мишени, а температура подложки могла меняться от 50 до 300 ^{0}C. Толщина пленок, полученных за один импульс, составляла несколько сотен ангстрем.

На рис.1,а представлена электронограмма тонких пленок InSe, полученных под действием Nd:YAG-лазера. Частицы, испаренные под действием лазерного излучения, осаждались на подложки из NaCl с температурой 300 ^{0}C. Как видно из рисунка, при мощности накачки ~ 1 МВт/см^2 наблюдается упорядоченная кристаллическая структура пленки. Формированная при таком режиме тонкая пленка с толщиной 13 мкм имела кристаллическую структуру. Проведенный расчет электронограмм показывает хорошее совпадение параметров осажденных пленок и исходного вещества.

Как показывают экспериментальные результаты при возбуждении тонких пленок n-InSe импульсным Nd:YAG лазером, с длиной волны λ=1064 нм, мощностью ~ 5 МВт/см^2, наблюдается изменение типа проводимости. Участок образца, до облучения лазерным светом, имеющий n–тип проводимости после облучения обладает p-типом проводимости. При этом одновременно наблюдается изменение и в вольт-амперной характеристике (ВАХ) исследованных образцов (рис. 1,б). Как видно из рисунка до лазерного облучения (ВАХ) имеет симметричную линейную характеристику (рис.1,б, кр.1). После лазерного облучения ВАХ обладает диодной характеристикой, коэффициент выпрямление при 2 В составляет ~$2\cdot10^2$ (рис.1,б, кр.2). Механизм токопрохождения через p-n переход имеет рекомбинационный характер. Освещение образцов светом лампы накаливания, сильно обогащает область объемного заряда p-n перехода (рис.1,б, кр.3). Анализ структуры тонких пленок InSe методом спектроскопии дисперсной энергии рентгеновских лучей (EDAX) показывает, что состав вещества до и после лазерного облучения остается без изменения (рис.2,а). Следует отметить, что изменение типа проводимости тонких пленок InSe наблюдается при облучении образцов 1-ой ($\hbar\omega = 1.17$эВ) и 2-ой ($\hbar\omega = 2.34$эВ) гармониками Nd:YAG лазера. Сопоставление энергии квантов с шириной запрещенной зоны InSe ($E_g \approx 1.3$эВ) показывает, что в первом случае имеет место примесное возбуждение, а во втором случае, когда энергия кванта больше ширины запрещенной зоны ($\hbar\omega > E_g$) происходят межзонные переходы [4]. Об этом также свидетельствуют люкс-амперные характеристики фотопроводимости исследуемых образцов (рис. 2,б).

Как видно из рисунка, при возбуждение 1-ой гармоникой Nd:YAG лазера наблюдается линейная зависимость с последующим насыщением при высоких уровнях возбуждения (рис.2,б, кр. 1), характерная особенность примесного возбуждениям. При возбуждение с энергией кванта $\hbar\omega = 2.34$эВ, за счет перехода зона-зона наблюдается линейная зависимость вплоть до высоких уровнях возбуждения (рис.2,б, кр. 2).

По- нашему мнению, инверсия типа проводимости в тонких пленках InSe под действием лазерного излучения может быть обусловлено локальным изменением динамики поведения дефектов кристаллической решетки за счет нагрева, либо в результате поглощение света в структурных неоднородностях разрушенных и распределенных по участку пленки облученного лазерным излучением.

Список литературы

1. В.М. Салманов, А.Г. Гусейнов, Р.М. Мамедов. Оптические квантовые генераторы. «Ляман Няшрийят Полиграфия», Баку, 2018, 204 с.
2. З.Д. Ковалюк. Моноселенид индия – революция в наноэлектронике. www. 2 geek. ru/ news/ 336/.
3. А.Г. Кязым-заде, В.М. Салманов, А.Г. Гусейнов, Р.М. Мамедов, А.А. Салманова, Ф.Ш. Ахмедова. Особенности оптического поглощения и фотопроводимости моноселенида индия при лазерном возбуждении. Известия Высших учебных заведений. 2017, т.60, №10, с. 30-33.
4. С.М Рывкин. Фотоэлектрические явления в полупроводниках, М.: Физ.мат. 1963, 494 с.

IV BÖLMƏ
YÜKSƏK ENERJİ FİZİKASI

IV СЕКЦИЯ
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

PART I
HİGH ENERGY PHYSİCS

ОБ ЭВОЛЮЦИИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КВАДРАТИЧНЫХ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ

[1]Нагиев Ш.М., [1]Тарвердиева В.А., [2]Ахмедов А.И.

[1]Институт физики, Азербайджанская национальная академия наук

[2]Институт физических проблем, Бакинский государственный университет

E-mail: ahmadovazar@yahoo.com, shakir.m.nagiyev@gmail.com

1.Введение

Нестационарные квадратичные квантовые системы – свободная частица [1-4], частица в переменном однородном поле [4-8], гармонический осциллятор (с силой и без силы) [9-12], как и их стационарные аналоги, играют важную роль во многих областях физики. Они находят широкое применение в статистической механике, теории сверхпроводимости, атомной и ядерной физике, молекулярной спектроскопии, квантовой теории поля и т.д. Например, 1) зависящий от времени гармонический осциллятор моделирует поведение заряженной частицы в переменном магнитном поле, а зависящий от времени линейный потенциал моделирует движение заряженной частицы в переменном однородном электрическом поле (см., например, [10]); 2) ион в ловушке Пауля описывается моделью параметрического осциллятора [13]. Гамильтониан параметрического осциллятора с произвольной зависимостью частоты от времени имеет вид $H = \hat{p}^2/2m + m\omega^2(t)\hat{x}^2/2$. Для иона в ловушке зависимость частоты от времени берется в виде $\omega^2(t) = 1 + k^2 \sin^2 \Omega t$; 3) вынужденное комбинационное рассеяние можно также описывать с помощью квадратичного гамильтониана (см., например, [14]).

Цель настоящей работы – показать с помощью метода оператора эволюции, что частица с переменной массой $M(t)$ в переменном однородном поле и гармонический осциллятор с переменными массой $M(t)$ и частотой $\omega(t)$, на которой действует переменная сила $F(t)$ унитарно эквивалентны свободной частице с переменной массой $M(t)$ и построить пропагаторы, волновые функции и другие функции этих систем. Метод оператора эволюции оказался одним из мощных методов для описания квадратичных квантовых систем.

Как известно, для квантовой системы, описываемая гамильтонианом $H(t)$, оператор эволюции определяется формулой

$$U(t,t_0) = T\exp\left\{-\frac{i}{\hbar}\int_{t_0}^{t} H(t')dt'\right\}, \tag{1.1}$$

где T – оператор хронологического упорядочения. Оператор эволюции является унитарным: $U^+U = UU^+ = 1$. Изменение состояний квантовой системы во времени описывается временным уравнением Шредингера $\hat{S}(t)\psi(t) = 0$ или оператором эволюции $U(t,t_0)$, если известна волновая функция системы в начальный момент времени $\psi(t_0)$, т.е.

$$\psi(t) = U(t,t_0)\psi(t_0), \tag{1.2}$$

где $\hat{S}(t) = i\hbar\partial_t - H(t)$ есть оператор Шредингера. Оператор эволюции также удовлетворяет уравнению Шредингера с очевидным начальным условием $U(t_0,t_0) = 1$. Ядро оператора эволюции называется функцией Грина или пропагатором квантовой системы и содержит всю информацию о системе.

2. ОПЕРАТОРНЫЕ ТОЖДЕСТВА

Приведем в этом разделе два операторных тождества типа Бейкера-Кампбелла-Хаусдорфа, которые будут использованы в последующих разделах. Они имеют вид (здесь $a(t)$-произвольная функция времени) [15]:

$$1)\ \exp\left\{\int_{t_0}^{t} a(t')dt'\partial_x^n + i\hbar^{-1}\delta(t)x\right\} = \exp\left\{\lambda\left(\frac{i}{\hbar}\right)^n \int_{t_0}^{t} a(t')\left[-i\hbar\partial_x - \delta(t) + \delta(t')\right]^n dt'\right\}\cdot$$
$$\cdot \exp\left\{i\hbar^{-1}\delta(t)x\right\}\cdot \exp\left\{\lambda_1\left(\frac{i}{\hbar}\right)^n \int_{t_0}^{t} a(t')\left[-i\hbar\partial_x + \delta(t')\right]^n dt'\right\}, \tag{2.1}$$

$$2)\ \exp\left\{\int_{t_0}^{t} a(t')dt'\partial_x^n + \delta(t)\partial_x x\right\} = \exp\left\{\lambda e^{-n\delta(t)} \int_{t_0}^{t} a(t')e^{n\delta(t')}dt'\partial_x^n\right\}\cdot$$
$$\cdot \exp\left\{\delta(t)\partial_x x\right\}\cdot \exp\left\{\lambda_1 \int_{t_0}^{t} a(t')e^{n\delta(t')}dt'\partial_x^n\right\}. \tag{2.2}$$

3. Операторы эволюции

Для нас в дальнейшем важную роль будут играть операторы эволюции рассматриваемых систем. Поэтому приведем здесь их явный вид.

1. **Свободная частица с переменной массой.** Она описывается уравнением Шредингера

$$\hat{S}_F(x,t)\psi_F(x,t) = 0,\ \hat{S}_F(x,t) = i\hbar\partial_t + \frac{\hbar^2}{2M(t)}\partial_x^2. \tag{3.1}$$

Оператор эволюции для этого уравнения имеет самый простой вид

$$U_F(x,t) = e^{i\hbar S_2(t)\partial_x^2},\quad S_2(t) = \int_{t_0}^{t} \frac{dt'}{2M(t')}. \tag{3.2}$$

2. **Квантовая частица с переменной массой в переменном однородном поле.** В этом случае имеем [4,16]

$$\hat{S}_L(x,t)\psi_L(x,t) = 0 \qquad \hat{S}_L(x,t) = i\hbar\partial_t + \frac{\hbar^2}{2M(t)}\partial_x^2 + F(t)x, \tag{3.3}$$

а оператор эволюции находим с помощью тождества (2.1)

$$U_L(x,t) = V_L(x,t)U_F(x,t). \tag{3.4}$$

Здесь $V_L(x,t)$ есть оператор “порождающий” действие силы на свободную частицу и имеет вид

$$V_L(x,t) = e^{i\varphi_0(x,t)}e^{-S_1(t)\partial_x},\quad \varphi_0(x,t) = \hbar^{-1}\left[x\delta(t) - S_0(t)\right], \tag{3.5}$$

где введены следующие обозначения

$$S_0(t) = \int_{t_0}^{t} \frac{\delta^2(t')}{2M(t')}dt',\qquad S_1(t) = \int_{t_0}^{t} \frac{\delta(t')dt'}{M(t')}.$$

Формулы (3.2) и (3.4) устанавливают унитарную связь между свободной квантовой частицей с переменной массой и квантовой частицей с переменной массой в переменном однородном поле [4], т.е.

$$\psi_L = V_L\psi_F,\qquad \psi_F = V_L^{-1}\psi_L,$$
$$\hat{S}_L = V_L\hat{S}_F V_L^{-1},\qquad \hat{S}_F = V_L^{-1}\hat{S}_L V_L. \tag{3.6}$$

3. **Гармонический осциллятор с переменными массой и частотой, на который действует переменная сила.** Такой осциллятор описывается уравнением Шредингера

$$\hat{S}_H(x,t)\psi_H(x,t) = 0,$$
$$\hat{S}_H(x,t) = i\hbar\partial_t + \frac{\hbar^2}{2M(t)}\partial_x^2 - \frac{1}{2}M(t)\omega^2(t)x^2 + F(t)x. \tag{3.8}$$

Используя тождества (2.2), после некоторых преобразований можно показать, что оператор эволюции этого уравнения имеет вид

$$U_H(x,t)=e^{-\frac{1}{2}b(t)+\frac{i}{\hbar}\sigma_H(t)}e^{-\xi(t)\partial_x}e^{\frac{i}{\hbar}M(t)\dot{\xi}(t)x}e^{i\alpha(t)x^2}e^{b(t)\partial_x x}e^{iS(t)\partial_x^2}. \tag{3.9}$$

Здесь функция $\xi(t)$ удовлетворяет классическому уравнению движения

$$\frac{d}{dt}\left[M(t)\dot{\xi}(t)\right]+M(t)\omega^2(t)\xi(t)=F(t), \tag{3.10}$$

$\sigma_H(t)$ есть классическое действие гармонического осциллятора с вынуждающей силой

$$\sigma_H(t)=\int_{t_0}^{t}[\frac{1}{2}M(t')\dot{\xi}^2(t')-\frac{1}{2}M(t')\omega^2(t')\xi^2(t')+F(t')\xi(t')]dt', \tag{3.11}$$

а функцию $\alpha(t)$ можно представить в виде

$$\alpha(t)=\frac{M(t)\dot{\eta}(t)}{2\hbar\eta(t)},$$

где $\eta(t)$ является решением дифференциального уравнения второго порядка

$$\frac{d}{dt}[M(t)\dot{\eta}(t)]+M(t)\omega^2(t)\eta(t)=0. \tag{3.12}$$

Отметим, что действительные функции $\xi(t)$ и $\alpha(t)$ удовлетворяют начальным условиям $\xi(t_0)=0$, $\dot{\xi}(t_0)=0$, $\alpha(t_0)=0$, $\eta(t_0)\neq 0$ и $\dot{\eta}(t_0)=0$, а функции $b(t)$ и $S(t)$ выражаются через $\eta(t)$ следующим образом

$$b(t)=\ln[\frac{\eta(t_0)}{\eta(t)}],\qquad S(t)=\hbar\eta^2(t_0)\int_{t_0}^{t}\frac{dt'}{2M(t')\eta^2(t')}. \tag{3.13}$$

Справедливы предельное соотношение $\lim_{\omega\to 0}U_H(x,t)=U_L(x,t)$, т.е. в пределе $\omega\to 0$ оператор эволюции осциллятора с силой совпадает с оператором эволюции частицы в однородном поле.

Введем для дальнейшего понятия перенормированной массы $M_{\mathrm{Ren}}(t)=M(t)[\frac{\eta(t)}{\eta_0(t)}]^2$, перенормированного свободного уравнения Шредингера

$$\hat{S}_F^{\mathrm{Ren}}(x,t)\psi_F^{\mathrm{Ren}}(x,t)=0,\ \hat{S}_F^{\mathrm{Ren}}(x,t)=i\hbar\partial_t+\frac{\hbar^2}{2M_{\mathrm{Ren}}(t)}\partial_x^2 \tag{3.24}$$

и перенормированного оператора эволюции для свободной частицы

$$U_F^{\mathrm{Ren}}(x,t)=U_F(x,t)\big|_{M\to M_{\mathrm{Ren}}}=e^{iS(t)\partial_x^2}. \tag{3.25}$$

Введем также унитарный оператор $V_{FH}(x,t)=e^{\frac{1}{2}b(t)}e^{-\xi\partial_x}e^{i\hbar^{-1}[M(t)\dot{\xi}(t)x+\sigma_H(t)]}e^{i\alpha(t)x^2}e^{b(t)x\partial_x}$, который осуществляет унитарную связь между осциллятором с силой и свободной частицей с перенормированной массой, т.е.

$$\hat{S}_H=V_{FH}\hat{S}_F^{\mathrm{Ren}}V_{FH}^{-1},\quad \hat{S}_F^{\mathrm{Ren}}=V_{FH}^{-1}\hat{S}_HV_{FH}. \tag{3.26}$$

Можем теперь написать следующее соотношение между волновыми функциями осциллятора и свободной частицы ψ_H и ψ_F^{Ren}:

$$\psi_H=V_{FH}\psi_F^{\mathrm{Ren}},\quad \psi_F^{\mathrm{Ren}}=V_{FH}^{-1}\psi_H. \tag{3.27}$$

Операторы U_H (3.9) и U_F^{Ren} (3.25) связаны между собой равенством

$$U_H(x,t)=V_{FH}(x,t)U_F^{\mathrm{Ren}}(x,t). \tag{3.28}$$

Отсюда следует, что оператор V_{FH} переводит каждое решение перенормированного свободного уравнения (3.24) в решение уравнения для осциллятора (3.8), а оператор V_{FH}^{-1} осуществляет обратный переход.

4. Пропагаторы

В этом разделе вычислим пропагаторы рассматриваемых систем методом оператора эволюции. Приведем полученные результаты.

1) Пропагатор свободной частицы с переменной массой:

$$K_F(x_2,t;x_1,t_0)=\frac{\theta(t-t_0)}{\sqrt{4\pi i\hbar S_2(t)}}e^{\frac{i(x_2-x_1)^2}{4\hbar S_2(t)}}. \tag{4.1}$$

2) Пропагатор свободной частицы с перенормированной массой:

$$K_F^{\mathrm{Ren}}(x_2,t;x_1,t_0)=\frac{\theta(t-t_0)}{\sqrt{4\pi iS(t)}}e^{\frac{i(x_2-x_1)^2}{4S(t)}}. \tag{4.2}$$

3) Пропагатор частицы с переменной массой в переменном однородном поле:

$$\begin{aligned}&K_L(x_2,t\ ;x_1,t_0)=V_L(x_2,t)K_F(x_2,t\ ;x_1,t_0)=\\&=e^{i\varphi_0(x_2,t)}K_F(x_2-S_1(t),t;x_1,t_0).\end{aligned} \tag{4.3}$$

Это есть самое общее выражение для пропагатора квантовой частицы во внешнем однородном поле, когда и масса частицы, и сила, действующая на частицу со стороны поля, зависят произвольным образом от времени. При $F(t)=0$ имеем $K_L\big|_{F=0}=K_F$.

5) Пропагатор гармонического осциллятора с переменными массой и частотой, находящихся под действием переменной силы:

$$\begin{aligned}&K_H(x_2,t;x_1,t_0)=V_{FH}(x_2,t)K_F^{\mathrm{Ren}}(x_2,t;x_1,t_0)=\\&=e^{\frac{1}{2}b(t)+\frac{i}{\hbar}\sigma_H(t)}e^{\frac{i}{\hbar}M(t)\dot\xi(t)[x_2-\xi(t)]+i\alpha(t)[x_2-\xi(t)]^2}K_F^{\mathrm{Ren}}(e^{b(t)}[x_2-\xi(t)],t;x_1,t_0).\end{aligned} \tag{4.4}$$

При $\omega(t)=0$ имеет место соотношение $K_H\big|_{\omega=0}=K_L$. Формулу (4.4) перепишем в следующем виде

$$K_H(x_2,t;x_1,t_0)=\frac{\theta(t-t_0)}{\sqrt{2\pi i\mu_1(t)}}e^{i[\alpha_1(t)x_2^2+\beta_1(t)x_2x_1+\gamma_1(t)x_1^2+\varepsilon_1(t)x_2+\nu_1(t)+f_1(t)]} \tag{4.5}$$

где $\mu_1(t)=2S(t)e^{-b(t)}$, $\alpha_1(t)=\alpha(t)+\dfrac{\exp(2b(t))}{4S(t)}$, $\beta_1(t)=-\dfrac{1}{\mu_1(t)}$, $\gamma_1(t)=\dfrac{1}{4S(t)}$,

$$\begin{aligned}&\varepsilon_1(t)=\hbar^{-1}M(t)\dot\xi(t)-2\alpha_1(t)\xi(t),\ \nu_1(t)=-\beta_1(t)\xi(t),\\&f_1(t)=\frac{1}{2\hbar}[-M(t)\xi(t)\dot\xi(t)+\int_{t_0}^{t}F(t')\xi(t')dt']+\alpha_1(t)\xi^2(t).\end{aligned} \tag{4.6}$$

Выражение (4.5) есть самое общее выражение для пропагатора гармонического осциллятора с переменными массой и частотой, на которого действует переменная сила. Из него можно получить все пропагаторы, найденные в работе [11], как частные случаи.

Рассмотрим один частный случай формулы (4.5). Пусть $M(t)=me^{2\lambda t}$, $\omega(t)=\omega_0$. Такой выбор соответствует модели затухающего квантового осциллятора Калдирола-Канаи с вынуждающей силой [17]:

$$H=\frac{\hat p^2}{2m}e^{-2\lambda t}+\frac{m\omega_0^2}{2}\hat x^2e^{2\lambda t}-F(t)\hat x. \tag{4.7}$$

Функции η, α, b, S и ξ в данном случае задаются формулами

$$\begin{aligned}&\eta(t)=e^{-\lambda\tau}Q(t),\quad \alpha(t)=-\frac{m\omega_0^2\sin(\omega\tau)}{2\hbar Q(t)}e^{2\lambda t},\\&b(t)=\ln[\frac{\omega}{Q(t)}e^{\lambda\tau}],\quad S(t)=\frac{\hbar\sin(\omega\tau)}{2mQ(t)}e^{-2\lambda t_0},\end{aligned} \tag{4.8}$$

$$\xi(t)=\frac{1}{m\omega}\int_{t_0}^{t}e^{-\lambda(t+t')}F(t')\sin\omega(t-t')dt',$$

где $Q(t)=\omega\cos(\omega\tau)+\lambda\sin(\omega\tau)$ и $\omega=\sqrt{\omega_0^2-\lambda^2}>0.$ При этом для коэффициентов (4.6) получаем

$$\mu_1(t)=\frac{\hbar}{m\omega}e^{-\lambda(t+t_0)}\sin(\omega\tau),\ \ \alpha_1(t)=\frac{m}{2\hbar}e^{2\lambda t}[\cot(\omega\tau)-\lambda],$$

$$\gamma_1(t)=\frac{mQ(t)}{2\hbar\sin(\omega\tau)}e^{2\lambda t_0}. \qquad (4.9)$$

При $\lambda=0$ функции (4.9) переходят в функции для стационарного осциллятора с силой, а при $\omega_0=0$ они воспроизводят соответствующие формулы для линейного потенциала, когда масса $M(t)=me^{2\lambda t}$, т.е.

$$\eta(t)=i\lambda,\ \alpha(t)=0,\ S(t)=\frac{1}{4m\lambda}\left(e^{-2\lambda t_0}-e^{-2\lambda t}\right)=S_2(t),$$

$$\xi(t)=\frac{1}{m}\int_{t_0}^{t}e^{-2\lambda t'}\delta(t')dt'=S_1(t). \qquad (4.10)$$

Отметим, что все полученные пропагаторы удовлетворяют нужному начальному условию: $\lim\limits_{t\to t_0}K=\delta(x_2-x_1).$

5. Заключение

Метод оператора эволюции оказался относительно простым и в тоже время плодотворным методом применительно к квадратичным системам. Например, он позволил нам легко установить унитарные связи между квадратичными квантовыми системами и получить общие выражения для их пропагаторов. Знание унитарной связи позволяет нам выразить не только пропагаторы, но и инварианты, волновые функции и другие функции (например, функции Вигнера) линейного потенциала, гармонического осциллятора (с силой и без силы) через соответствующие величины для свободной частицы. Например, для инвариантов n -го порядка имеют место соотношения

$$I_{nL}(t)=V_LI_{nF}(\hat{p},\hat{x},t)V_L^{-1}=I_{nF}(\hat{p}_1,\hat{x}_1,t), \qquad (5.1)$$

$$I_{nH}(t)=V_{nH}I_{nF}^{\mathrm{Ren}}(\hat{p},\hat{x},t)V_{nH}^{-1}=I_{nF}^{\mathrm{Ren}}(\hat{p}_2,\hat{x}_2,t), \qquad (5.2)$$

а для волновых функций – соотношения

$$\psi_L(x,t)=V_L\psi_F(x,t)=e^{i\varphi_0(x,t)}\psi_F(x_1,t) \qquad (5.3)$$

$$\psi_H(x,t)=V_{nH}\psi_F^{\mathrm{Ren}}(x,t)=e^{\frac{1}{2}b(t)}e^{i\alpha(t)x^2}\psi_F^{\mathrm{Ren}}(x_2,t), \qquad (5.4)$$

Здесь введены обозначения

$$\hat{x}_1=V_L\hat{x}V_L^{-1}=\hat{x}-S_1(t),\ \hat{p}_1=V_L\hat{p}V_L^{-1}=\hat{p}-\delta(t). \qquad (5.5)$$

$$\hat{x}_2=V_{nH}\hat{x}V_{nH}^{-1}=e^{b(t)}\hat{x},\ \ \hat{p}_2=e^{-b(t)}[\hat{p}+M(t)\dot{b}(t)\hat{x}]. \qquad (5.6)$$

а также

$$x_1=x-S_1(t),\ p_1=p-\delta(t),\ \ x_2=e^{b(t)}x,\ \ p_2=e^{-b(t)}[p+M(t)\dot{b}(t)x]. \qquad (5.7)$$

Отметим, что для простоты записи в формулах (5.2), (5.4) и (5.6) было положено $F(t)=0.$

Следует подчеркнуть одну особенность, свойственную унитарной связи гармонического осциллятора и свободной частицы. Дело в том, что гармонический осциллятор (с силой и без силы) унитарно эквивалентен не просто свободной частице, а именно свободной частице с перенормированной массой.

Другие преимущества метода оператора эволюции были подчеркнуты в работе [4]. С его помощью нетрудно найти для квадратичных квантовых систем инварианты любого порядка, волновые функции и другие функции с требуемыми свойствами и может быть построена теория возмущения в квантовой механике, являющаяся аналогом диаграммной техники Фейнмана в квантовой теории поля.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики - Грант № EIF-KETPL-2-2015-1(2015)-1(25)-56/02/1

Список литературы

1.Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Квантовая механика, М.: Наука, 1989.

2.Р.Фейнман, А.Хибс, Квантовая механика и интегралы по траекториям, М.: Мир, 1968.

3.В.Г.Багров, Д.М.Гитман, А.С.Перейра, Когерентные и полуклассические состояния свободной частицы, УФН, **184**:9 (2014), 961-966.

4.Ш.М. Нагиев, О применении метода оператора эволюции к описанию частицы в переменном однородном поле, ТМФ 194:2 (2018)364-380.

5.V.V. Dodonov, V.I. Manko, O.V. Shakhmistova, Wigner functions of particlein a time-dependent uniform field, Phys. Lett. A**102**(1984)295-297.

6.M.V. Berry, N.L. Balazs, Nonspreading wave packets, Am. J. Phys. **47**:3(1979)264-267.

7.I. Guedes, Solution of the Schödinger eduation for the time-dependent linear potential, Phys. Rev. A **63**:3(2001)034102, 3pp.

8.M. Feng, Complete solution of the Schrödinger eduation for the time-dependent linear potential, Phys. Rev. A **64**:3(2002),034101, 3pp.

9.K.Husimi, Miscellanea in elementary quantum mechanics, II, Prog. Theor. Phys. **9**(1953) 381-402.

10.H.R. Lewis, W.B.Riesenfeld, An exact quantum theory of the time-dependent harmonic oscillator and of a charged particle in a time-dependent electromagnetic field, J.Math. Phys. **10**(1969) 1458-1473.

11. R. Cordero-Soto, E. Suazo, S.K. Suslov, Quantum inteqrals of motion for variable quadratic Hamiltonians, Ann. Phys.**325**(2010)1884-1912; see also arxiv: 0912.4900v9[math-ph]19 Mar 2010.

12.D.-Y. Song, Unitary relations in time-dependent harmonic oscillators, J. Phys. A: Math. Gen. **32**(1999)3449-3456.

13. G. Schrade, V. I. Manko, W . P. Schleich, R. J. Glauber, Wigner functions in the Paul trap, Quantum Semiclass, Opt. **7** (1995) 307-325.

14. O. Castanos, S.Hacyan, R.Lopez-Pena, V.I.Manko, Schrödinger cat states in a Penning trap, J. Phys. A: Math. Gen. 1998. V. 31. P. 1227.

15.Ш.М.Нагиев, Движение в переменном квазиоднородном поле и операторные тождества, Azerb.J.Physics, 2013, Vol.XIX, 2 Sec.:Az, pp.129-135.

16.Sh.M. Nagiyev, K.Sh. Jafarova, Relativistic quantum particle in a time-dependent homogeneous field, Phys. Lett. A **377**(2013)747-752.

17.H.Dekker, Classical and quantum mechanics of the damped harmonic oscillator, Phys.Rep.80:1(1981)1-112.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЛИНИИ Hα В СПЕКТРЕ ЗВЕЗДЫ HD 179218

Адыгезалзаде А.Н., Баширова У.З.

Шамахинская астрофизическая обсерватория им.Н Туси НАН Азербайджана

hadigozalzade@gmail.com

Слежение за изменением параметров наблюдаемых спектральных линий у звезд типа Ae/Be Хербига позволяет выполнить диагностику физических процессов, которые происходят в звездной атмосфере и в околозвездном пространстве. У молодых звезд эти физические процессы, в частности, могут непосредственно повлиять на образования планет и на их эволюцию. Следовательно, одно из важных проблем в исследовании ранней стадии эволюции звезд является изучение характеристик околозвездной структуры и процессы взаимодействия центральной звезды с окружающим ее веществом.

Несмотря на то, что существование эмиссионной линии Hα является одной из важнейших характеристик звезд, находящихся на ранней стадии эволюции, к настоящему времени последовательные наблюдения изменений в этой линии с хорошим временным и спектральным разрешением выполнено не так много. Считается, что рекомбинационные линии водорода образуются в околозвездных дисках, примерно на расстоянии в несколько радиусов звезды. Поэтому спектральный мониторинг в этих линиях может принести информацию о физических процессах, происходящих в околозвездной оболочке.

MWC 614 (HD 179218, Sp B9-A0-A2) является изолированной звездой типа Ae/Be Хербига. Несмотря на то, что звезда является относительно яркой по сравнению с другими HAeBe звездами, она изучена слабее. Только после включения звезду в каталог [1] она стала предметом активных исследований. Околозвездное окружение звезды было изучено IR фотометрией и спекл-интерферометрией [2, 3],

которые не выявили тесно расположенных компонентов. Спектральные исследования звезды были выполнены Мирошниченко и др. [4] и более детально, Козловой [5, 6].

По классификации [7] распределение энергии звезды относится I типу, т.е. начиная с инфракрасной полосы K и дальше имеется избыток излучения. Профиль линии однопиковый и устойчивый [8]. Возможно, звезда имеет тесного компаньона, примерно на расстоянии 2.5″ [9]. Fedele et al.[10] показали, что звезда имеет два пылевого кольца на расстояниях 1 a.e. и 20 a.e., и пространство от 1 до 6 a.e. от звезды заполненное газом. Магнитное поле звезды по измерениям Хубрига и др.[11] в 2008 г. получено около 51 ± 30 G.

По классификации [7] распределение энергии звезды относится I типу, т.е. начиная с инфракрасной полосы K и дальше имеется избыток излучения. Профиль линии однопиковый и устойчивый [8]. Возможно, звезда имеет тесного компаньона, примерно на расстоянии 2.5″ [9]. Fedele et al.[10] показали, что звезда имеет два пылевого кольца на расстояниях 1 a.e. и 20 a.e., и пространство от 1 до 6 a.e. от звезды заполненное газом. Магнитное поле звезды по измерениям Хубрига и др.[11] в 2008 г. получено около 51 ± 30 G.

В настоящей работе приводятся результаты проведение мониторинга спектральной переменности звезды по спектральной линии Hα.

Спектральные наблюдения звезды были выполнены в интервале времени май-сентябрь 2015 г. в фокусе Кассегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана. Применялся эшелле-спектрометр, работающий на базе спектрографа UAGS [12]. В качестве светоприемника использовалась ПЗС матрица с 530x580 элементами. Наблюдения были выполнены в диапазоне λλ 4700-6700 ÅÅ. Спектральное разрешение составляет R=14000. Уровень сигнала к шуму в среднем достигала S/N=80–100. Редукция, калибровка и обработка спектрограмм выполнена в программе DECH20 и DECH 20t [13]. О методе наблюдений и обработки материала более подробно излагается в работе Исмаилова и др. [14].

Наблюдения проводились за сезон май-сентябрь 2015 г. Всего за 28 ночей наблюдений получено около 30 пар спектрограмм. В каждую ночь были получены также спектры стандартных звезд HR 7300 и HR 7734 при одинаковой воздушной массе и сигнала к шуму для контроля стабильности аппаратуры и позиционных измерений. По всем спектрам звезды были измерены эквивалентные ширины (EW), бисекторные лучевые скорости V_{bis}, лучевые скорости по вершине линии Vp, полуширины FWHM, центральные глубины (интенсивности) R_λ эмиссионной линии Hα.

Средняя ошибка в измерении интенсивности в области линии Hα в зависимости от уровня S/N составляла 0.5-1% , у эквивалентных ширин 3-4%. Средняя ошибка измерений лучевых скоростей по отдельным спектральным линиям в спектрах звезды-стандарта HR 7300 и HR 7734 не превышает ±1.5–2.0 км/с.

Не исключено также, что звезда может быть спектрально-двойной или кратной системой. В самом деле, трудно объяснить наблюдаемое волнообразное изменение лучевых скоростей и других параметров линии Hα. В работе Козловой и Алексеева [6] показано, что зависимость блеска V от колор-индекса V-I имеет два отдельных распределений. Этот факт также можно считать в пользу о двойственности звезды. Время наших наблюдений май-сентябрь 2015 г. соответствует минимуму 4000-дневного цикла переменности, обнаруженной в [6]. Поэтому наблюденные нами особенности в изменении спектра звезды в линии Hα могут быть связаны моментом пребывания звезды в минимуме 4000-дневного цикла. Тогда эти результаты, возможно, являются своего рода уникальным событием и могут быть наблюдены только в минимумах 4000-дневного цикла. Наши наблюдения показали, что для выяснения этих вопросов необходимо выполнить более плотный ряд фотометрических и спектральных наблюдений звезды.

По полученным результатам в настоящей работе можно сделать следующие выводы:

1. Обнаружено два волнообразного изменения продолжительностью около 40 дней каждый, у параметров эмиссионной компоненты линии Hα в спектре звезды HD 179218. Первая волна является более глубокой, вторая относительно менее значима, и возможно искажена флуктуациями.
2. Внутри каждой волны изменений наблюдается малоамплитудное колебание лучевых скоростей пика эмиссионного компонента и интенсивности линии Hα с характерным временем около 10-20 дней.
3. Обнаружено необычное изменение профиля линии Hα вблизи минимума на нисходящей и восходящей ветви первой волны изменений спектральных параметров. При входе в минимум и после выхода из него обнаружено появление и исчезновение дополнительных эмиссионных компонентов в линии Hα. Смещение каждого компонента соответствует примерно ±150 км/с. В остальное время наблюдений такие профили больше не обнаруживались.

Список литературы

1. P.S.The, D.De Winter, M.R. Perez, Astron. and Astrophys.Suppl.Ser., **104**, 315 (1994).
2. R.Millan-Gabet, F.P.Schloerb, W. A. Traub, Astrophys.J. **546**, 358 (2001).
3. N.Pirzkal, E.J.Spillar, H.M.Dyck, Astrophys.J. **481**, 392 (1997).
4. A.S.Miroshnichenko, K.S.Bjorkman, C.L.Mulliss et al., Publ.Astron.Soc.Pacif., **110**, 883 (1998).
5. O.V.Kozlova, Astrophysics, **47**, 287 (2004).
6. O. V. Kozlova, I.Yu. Alekseev, ASP Conf. Ser. **510**, 153, (2017).
7. G.Meeus, L.B.F.M.Waters, J.Bouwman et al., Astronomy and Astrophysics **365**, 476 (2001).
8. I.Mendigutıa, A.Mora, B.Montesinos, et al., Astronomy and Astrophysics **543**, A59 (2012).
9. H.E. Wheelwright, R.D.Oudmaijer, S.P. Goodwin, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **401**, 1199 (2010).
10. D.Fedele, M.E.van den Ancker, B.Acke et al., Astronomy and Astrophysics **491**, 809 (2008).
11. S. Hubrig, B. Stelzer, M. Schöller et al., Astronomy and Astrophysics **502**, 283 (2009).
12. Kh. M.Mikailov, V. M.Khalilov, I. A.Alekberov, Tsirk. ShAO 109, 21 (2005)
13. G. A. Galazutdinov, Preprint of the Special Astrophysical Observatory, No. **92** (1992).
14. N.Z.Ismailov, G.R.Bahaddinova, O.V.Kalilov, Kh.M.Mikailov, Astrophysical Bulletin, **68**, 196 (2013).

РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ БЕРРИЛЛИЙ-ВОДА

[1]Гаджиева Н.Н., [2]Нурмамедова Ф.Н.

[1]Институт радиационных проблем НАН Азербайджана

[2]Сумгаитский государственный университет

feride3@rambler.ru

Введение

Изучение процессов адсорбции и химического превращения воды на поверхности металлов, инициируемых γ-излучением представляет научный и практический интерес в радиационном материаловедении, водородной энергетике и имеет принципиальное значение при решении ряда экологических проблем, в том числе, и проблемы радиационной коррозии [1,2]. Формирование базы экспериментальных данных фундаментального характера по кинетике радиационно-химического взаимодействия бериллия в различных агрегатных состояниях с водяным паром в широком интервале температур является необходимым основанием для оценки безопасности ядерных энергетических установок, в том числе и термоядерных реакторов [3-4]. В связи с этим, в данной работе в интервале температур 473-673K исследовалась кинетика окисления бериллия и накопления молекулярного водорода в системе Be-H_2O при комплексном воздействии гамма-радиации и температуры .

Экспериментальная часть

Радиационно-термическое окисление поверхности бериллиевых пластин, контактирующих с водой, проводили в интервале температур 473-673K при давлении 2атм. Образование и формирование оксидных пленок при окислении Be прослежено методом ИК-спектров отражения-поглощения. Измерения проводились в диапазоне волновых чисел 2000-650$см^{-1}$ при комнатной температуре. Из спектров отражения определялась оптическая плотность полос поглощения оксидной пленки .

Облучение образцов проводили на изотопном источнике γ-квантов ^{60}Co с мощностью дозы $d\Phi_\gamma/dt$=0,54 Гр/с .

Образование газообразного продукта разложения - молекулярного водорода контролировалось хроматографическим методом.

Результаты и их обсуждение

Спектры ИК- поглощения адсорбированной воды на поверхности бериллия при комнатной температуре T=300K (кривая1) и γ -облученной системы Be-H_2O при T=573K (кривые 2-3) показаны на рис.1. Радиационно-термическое разложение H_2O в гетеросистеме Be-H_2O после γ-облучения при температуре T=573K в течение τ=15 мин. сопровождается разложением воды (интенсивности полос, относящиеся к молекулам воды и H- связанным OH -группам уменьшаются) и образованием новых

полос поглощения – сравнительно сильной и широкой полосы при 1250 см$^{-1}$, узких и слабых при 1100 и 720 см$^{-1}$ (кривая 2).

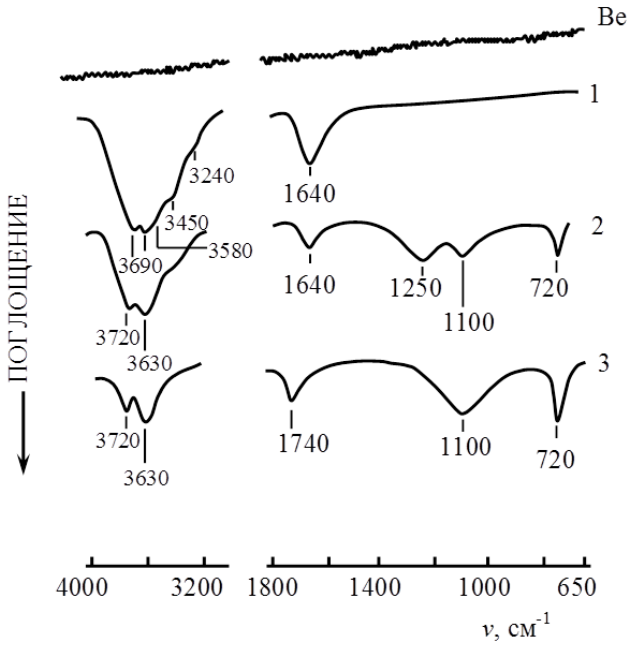


Рис.1. ИК - спектры поглощения адсорбированной воды на поверхности бериллия (300 K) до (1) и после γ-облучения при температуре T=573K:τ=15 мин (2) и 1ч(3).

Согласно [5] полосы поглощения при 1100 и 720 см$^{-1}$ относятся к продольному (LO) и поперечному (TO) колебаниям фононов решетки BeO и соответственно характеризуют валентное и деформационное колебания связи Be-O. Полоса поглощения при 1250 см$^{-1}$, по всей вероятности относится к адсорбированному молекулярному кислороду O^-_2. в π форме, т.е. π-O^-_2. [5,6]. С увеличением времени контакта τ от 15 мин до 1 часа в спектрах поглощения появляется новая полоса с максимумом при 1740 см$^{-1}$, которая по-видимому, связана образованием поверхностного гидрида BeH_2 [5] и характеризует связи Be-H. При этом полосы поглощения, относящиеся к молекулам H_2O и водородно-связанным OH-группам полностью исчезают. Интенсивность полосы изолированной OH-группы первого (I) типа (ν=3720 см$^{-1}$) по сравнению интенсивностью полосы изолированной OH-группы третьего(III) типа (ν=3630 см$^{-1}$) значительно уменьшается, что указывает на относительно радиационную стойкость последней.

При радиолизе воды образуются атомы кислорода, ионы гидроксония и гидроксила [5]. Промежуточные продукты радиолиза могут взаимодействовать с поверхностно-активными состояниями Be и образовывать гидриды и гидроксиды бериллия. При взаимодействии части OH- радикалов с радиационно-генерированными активными центрами Be
образуются поверхностные гидроксильные группы различной природы.

Молекулярными продуктами радиолиза воды в системе Be-H_2O являются водород (H_2), перекись водорода (H_2O_2) и кислород (O_2) [5].Существенные изменения происходят и в области поглощения оксидной пленки (ν~ 1300-650 см$^{-1}$), т.к. с увеличением времени контакта τ, интенсивная, широкая полоса при 1250см$^{-1}$, относящаяся к π-O^-_2 полностью исчезает, а интенсивности полос валентного и деформационного колебаний связи Be-O увеличиваются (кривая 3). Кинетика окисления образцов Be оценивалась по изменению оптической плотности полосы валентных колебаний Be-O (ν~ 1100 см$^{-1}$). Сравнение значений оптической плотности и полуширины полосы валентного колебания связи Be-O оксидной пленки (ν~ 1100 см$^{-1}$) при радиационно-термическом и термическом окислении в идентичных условиях показывает, что интенсивность и полуширина в первом случае в ~ 2 раза больше, чем во втором случае [5,6]. Уширение полосы валентного колебания оксидных пленок при радиационно-термическом окислении Be указывает на неоднородность их структур, что по- видимому, связано с микроструктурными неоднородностями, вызванными γ-облучением [6]. Увеличение температуры обработки от 473 до 673K при радиационно-термическом окислении Be приводит к росту интенсивности валентного колебания Be-O в~ 2 и их уширению в~ 2.8 раза, при этом положение полосы фактически остается неизмененным.

Кинетические кривые радиационно-термического окисления бериллия с водой, т.е. зависимости оптической плотности полосы поглощения валентных колебаний связи Be-O от времени контакта

бериллия с водой при воздействии γ- квантов при температурах 473, 573 и 673K приведены на рис.2.Эти зависимости показывают, все они подчиняются параболическому закону, но отличаются скоростью процесса окисления. Параболический закон окисления свидетельствует, что контролирующим механизмом процесса является диффузия металла и/или кислорода через оксидный пассивирующий слой [1,2].

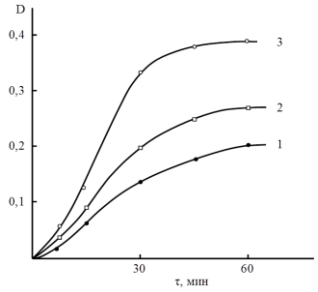


Рис.2. Зависимости оптической плотности полосы поглощения колебания Be-O оксидной пленки от времени контакта бериллия с водой при радиационно- термическом окислении Be; T=473 (1),573 (2) и 673K(3) (dФγ./ dt=0,54Гр/с).

Кинетические закономерности накопления молекулярного водорода при радиационно-термическом разложении воды в системе определялись с использованием экспериментальных данных, полученных после радиацианно-термического превращения H_2O при температурах 473-673K. Зависимости концентрации H_2 (N_{H2}) от времени контакта бериллия с водой при радиацианном воздействии при разных температурах показаны на рис.3.

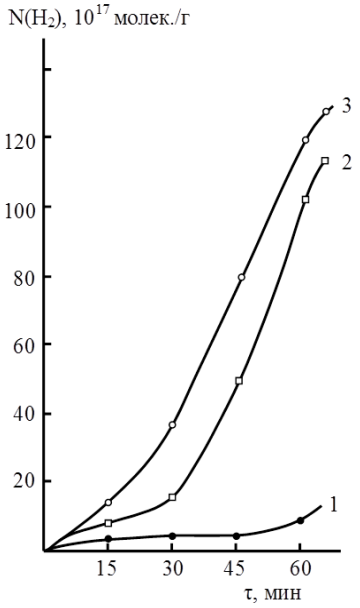


Рис.3.Кинетические кривые накопления молекулярного водорода при радиационно-термическом разложении воды в системе Be/адс. H2O ; T=473 (1),573 (2) и 673K(3) (dФγ./ dt=0,54Гр/с)

Из этих зависимостей определены скорости радиацианно-термических процессов образования H_2 при различных температурах и рассчитаны энергии активации процесса образования молекулярного водорода. С ростом температуры от 473 до 673K концентрация молекулярного водорода увеличивается на порядок (от 1.2 до $12x10^{18}$ молек/г). Сравнение значений концентрации H_2 при радиационно-термическом и термическом (T= 673 и 573K) процессах разложения воды показывает, что оно в первом случае в 6-10 раза больше чем во втором случае. Это указывает на стимулирующую роль мощного потока ионизирующего излучения в гамма-радиолизе воды в гетерогенных системах при относительно невысоких температурах.

Как видно из кинетики накопления молекулярного водорода, кривые характеризуются наличием двух линейных областей (рис.3). При этом наблюдается скачкообразное изменение скорости образования водорода при переходе от первой линейной области ко второй и ростом температуры ,так как, рост температуры от 473 до 673K сопровождается увеличением значения $W(H_2)$ в ~ 16 раз (от 0,2 до $3,2x10^{15}$ $г^{-1}с^{-1}$).

В полулогарифмических аррениусовских координатах температурная зави- симость константы скорости реакции W образования H_2 при окислении бериллия водяным паром характеризуется наличием двух областей и описывается линейными уравнениями. На их основе определены энергии активации процесса образования молекулярного водорода, которые составляют $E_{a=}$ 12 и 34 кДж/моль.

Заключение

Полученные результаты исследований окисления поверхности бериллия в контакте с водой при комплексном воздействии радиации и температуры (T=463-663K) и кинетики накопления молекулярного водорода при разложении воды на поверхности Be во взаимосвязи ее с ростом оксидного слоя могут быть использованы для разработки мер бериллиевой безопасности на термоядерном реакторе.

Список литературы

1.Белоусов В.В. Катастрофическое окисление металлов.//Успехи химии,1998,т.67(7),с.631-640.

2.Бондаренко Г.Г., Коржавый А.П., Гаценко В.П.,Марин В.П.Оксидные пленки на поверхности металла: современное состояние исследований и проблемы практического использования /Материалы VI научно-технической конференции. Москва, INTERMATIC-2008,21-23 сентября,с.170-176.

3.Давыдов Д.А.Образование и деградация оксидных пленок на бериллии.//Вопросы атомной науки и техники,2010,в.2,с.39-49.

4.Давыдов Д.А., Бирюков А.Ю., Холотова О.В. и др.Некоторые исследования бериллия и разработки бериллиевых элементов термоядерных реакторов//http;iterru. ru/vant,2006,p.1-18.

5.Гаджиева Н.Н., Гарибов А.А., Нурмамедова Ф.Н. и др.Окисление и накопление H_2 в системе бериллий- вода при термическом окислении//Журнал физика и химия обработки материалов,2010,№5,с.92-95.

6.Gadzhieva N.N., Nurmamedova F.N. Oxidation and accumulation of molecular hydrogen in beryllium water system upon radiation-thermal treatment//Protection of metals and physical chemistry of surface,2012,v.48,№4,p.419-423. Физика высоких энергий

КРИТИЧЕССКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫБОРА УГЛОВ ОБЛУЧЕНИЯ BIMRT ТЕХНИКЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

[1]Гвалия Т.В., [2]Топурия Н.Д.

[1]Государственный университета им А Церетели

[2]Онкологический центр Интервенционной медицины Западной Грузии им. Академика З. Цхакая

В настоящее время, при лечения онкологичесскх заболевании, распрастранены три основные техники облучения: трёхмерьное конформное облучение (3D Conformal); интенсивно – модулированная лучевая терапия - IMRT (Intensity Modulated Radiation Technique) и обьёмно – модулированная аркочная лучевая терапия (Объемная модулированная дуговая терапия) – VMAT (Volumetric Modulated Arc The rapy).

IMRT - это система высококачественной лучевой терапии, которая использует компьютерные мегаваттные рентгеновские ускорители для уничтожения клеток опухолевой ткани. Этот метод был разработан таким образом, что облученный поврежденной очаги опухолья будет покрыто дозой терапевтической дозы, и лучшая из здоровых тканей организма будет защищена.

IMRT чаще всего используется для лечения предстательной железы, головы, щитовидной железы, легких, печени и опухолей головного мозга.

В плане лечения,как правило выбираються равноотдалённые между собой углы облучения, которые расположены в одной плоскости и формируют карту интенсивности поля, соответствующего углья облучения. В практике количество поля облучения и соответственно число углов, изменяется от 5 до 8, что обеспечивает оптимальное время необходимое для лечения.

Для создания моделья лечения, как правило, в структурах (органы опухоловые тканы) выделяються малобёмные кубики т. н. **Вокселы (**анг Voxel**)** и ожидаемые дозы облучения считаеться именно в этих вокселах.

Доля отдельного поля в дозе овлучения вокселья рассчитывается методом Монте-Карло, который имитирует движение частиц излучения. Максимальное количество полей определяется врачом или физиком, основанный на медицинском опыте. Восемь углов используются для шеии и 5-7 углов для простаты.

В этой работе использовался интересный метод для уменьшения поискового поля. Процесс оптимизации был разделен на два этапа. На первом этапе происходит уменьшение поискового поля исключением нерегулярных углов облучения, а второй этап - оптимизация поисковой системы созданний оставшийся кандидатами углами. Это разделение работы позволяет нам получить оптимальный план облучения в течение времени менее чем в 6 раз по сравнению с традиционным методом.

Метод, использовался для планирования двух лекарственных мест - поджелудочная железа и простаты.

Для оптимизации использовались три метода:

- **MIP**–из кандидат углов исключается наихудший угол в каждом цикле.
- **IBAE - MIP**. В рамках линейного программирования первым шагом является оценька углов кандидатов и исключение одного угла в цикле до тех пор, пока число оставшихся углов не достигнет $\alpha + \eta$. (Где α - количество подполей и η - максимальное количество терапевтических полей), что приводит к обработке поисковой области остальных углов с первым методом MIP.
- **IBAE - LP** - В отличие от предыдущего метода, этот подход использует методы линейного программирования в обеих фазах для нахождения оптимальных углов.

Разница между этими методами влияет на общую продолжительность расчета, что четко показано в таблице1.

Таблица 1 - Длительность расчета и результаты для методов, используемых для оптимизации (В случае простаты)

	Полученные углы	Показатель производительности	Время (минута)	разница во времени
MIP	0,90,120,150,210,240	0,270	313,2	–
IBAE – MIP	30,90,120,150,180,240	0,274	89,3	71%
IBAE – LP	90,120,150,180,210,240	0,275	25,3	92%

Стоит отметить, что продольжительность расчета методом MIP24 и 36 кандидатов угла для простаты, продольжалься до 10 дней, поэтому процесс оптимизации был искуственно прерван, когда было выполнено 64% работы. Наиболее приемлемое время для угля кандидата показано методом IBAE-LP (таблица 2).

Таблица 2.Влияние количества углов кандидатов на время оптимизации.

	простата			поджелудочная железа		
	Число углов выбора			Число углов выбора		
	12	24	36	9	12	36
	Время выполнения (мин)			Время выполнения (мин)		
MIP	313,20			30,9	60,92	833,62
IBAE – MIP	47,20	300,78	720,0	21,87	23,9	65,97
IBAE – LP	25,28	46,16	82,2	13,8	13,8	63,76

Несмотря на расхождение продолжительности расчетов, качество планов лечения, полученных этими методами, не отличается существенно друг от друга (рис.2 и 3). На рис. 1 и 3 справа синная линия показывает количество вокселов в элементе облучения (PTV). В то время как OAR указывает количество вокселов в здоровых телах.

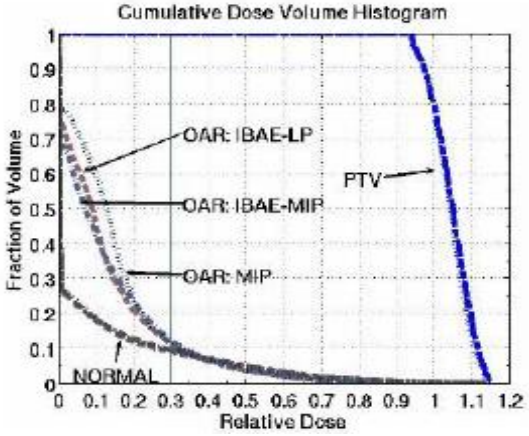


Рис. 1 гистограммы распределения дозы для всех трех методов оптимизации при облучении предстательной железы.

Рис. 2 2D-диаграмма распределения дозы

Таблица 3. Длительность расчета и результаты для методов, используемых для оптимизации (В случае поджелудочной желези)

	Полученные углы	Показатель производительности	Время (минута)	разница во времени
MIP	90,120,180,240	0,110	60,92	–
IBAE – MIP	90,120,180,210	0,117	23,90	61%
IBAE – LP	90,120,180,210	0,117	13,80	77%

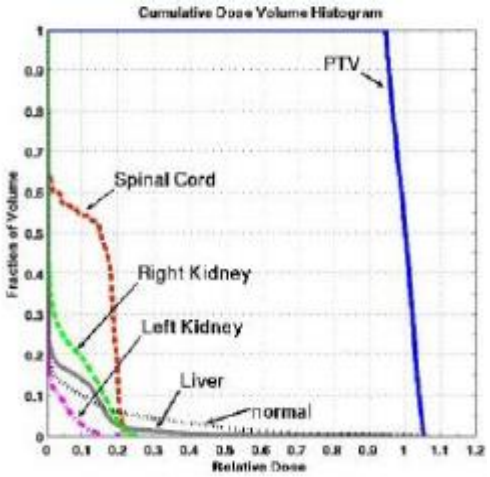


Рис. 2. Гистограмма распределения дозы полученные методами IBAE - MIP и IBAE - LP при облучении поджелудочной железы.
Spinal cord – Спинной мозг, Right kidney – Правая почка, Left Kidney – Левая почка, Liver – Печень, normal – Другие незлокачественные тканы

Список литературы

1.Iterative Solution Methods for Beam Angle and Fluence Map Optimization in Intensity Modulated Radiation Therapy Planning - Gino J. Lim, Jaewon Choi, Radhe Mohan-(OR Spectrum)-11/07/2007

2.A Fully-Automated Intensity-Modulated Radiation Therapy Planning System - Shabbir Ahmed, OzanGozbasi, Martin Savelsbergh (Georgia Institute of Technology), Ian Crocker, Tim Fox, Eduard Schreibmann (Emory University) - 10/2010

СИСТЕМА С ВИРТУАЛЬНЫМ КАТОДОМ НА СЛУЖБЕ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

Гелхвиидзе П.К.

Кутаисский государственный университет им.Ак.Церетели

Массовое производство электроэнергии в настоящее время основано на гидроэнергетике, в основном, природном топливе (нефть, газ, уголь, ядерное топливо), что вместе с истощением запасов топлива порождает экологические и другие проблемы. (В будущем человечеству угрожает энергетический голод, вызванный исчерпанием ресурсов). Поэтому одним из приоритетных

направлений науки является поиск эффективных способов использования природных средств возобновляемой энергии.

Стоит отметить, что своем уникальном месте Земля расположена на дне энергетического океана, (вокруг Земли находиться ионосферный круговой плазменный ток) поэтому использования этого тока является одным из самых интересных способов для энергетики будущего [1].

50-100 км над Землей, ионосфера, т.е. ионосферный круговой плазменный ток, который содержит свободные электроны и ионы вокруг Земли. Изменение концентрации происходит в основном за счет дневных циклов, при этом дневная настройка начинается с 50-60 км и 80-85 км за ночь.

Источником ионизируюшего деиствия над верхным слоев атмосферы является ультрафиолетовое излучение, излучение солнца и непрерывный поток частиц из космоса. Проводимость ионосферы приблизительно равна проводимости металического провода толщиной несколько мм. Считается, что это результат движения заряженных частиц в перпендикулярном направлении магнитного поля Земли.

Главная проблема современности, это поиск путей включения ионосферного космического плазменного тока, так называемого “космического электрогенератора“ на полезную нагрузку на Земле (рис.1).

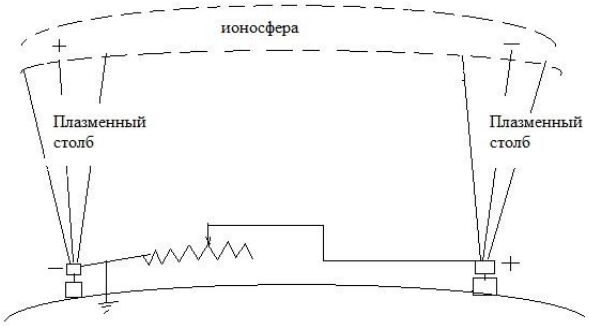


Рис.1 Схема включения ионосферного космического плазменного тока на полезную нагрузку

Один из реальных способов решения этой проблемы - [2,3] (использование плазменных столбов), связана с проблемами транспортировки релятивистского электронного пучка как вакуумной среде, так и в атмосфере [4,5].

С другой стороны, реализация плазменных столбов возможно с помощью сильноточных релятивистских электронных пучков при транспортировке которого возникает так называемый пулсируюший виртуальный катод, излучающий сверхмошный СВЧ излучения.

В последние годы в сильноточной релятивитской СВЧ электронике все большее внимание уделяется переходным процессам при устоновлении стационрного режима генераций и усиления электромагнитного излучения. Анализ нестационарного режима генераций особенно важен для систем типа виркатора (систему с виртуальным катодом называют виркатором), работающего на пучках с током, превыщающим вакуумный ток в системе. В таких системах время устоновления стационарного режима генераций весьма велико и часто оказывается сравнимо или даже больше времени импульса пучка [4]. Естественно о стационарном режиме генераций излучения при этом не приходится говорить; нестационарный же режим удается проанализировать только экспериментально или с помощью численного моделирования процесса генераций.

В работах [4,5] приведены экспериментальные результаты по транспортировке электронного пучка с энергией $\mathcal{E}\approx 700$ кэВ и длительностью ~ 0,6-1 мксек в вакуумной камере дрейфа при токах $I_n<I_0$, где I_n ток пучка, а I_0 предельное значение вакуумного тока. В данной работе описаны эксперименты для системы с виртуальным катодом.

В качестве инжектора релятивистского электронного пучка использовался ускоритель микросекундного диапазона. Схематически диодный узел и камера дрейфа показаны на рис.2.

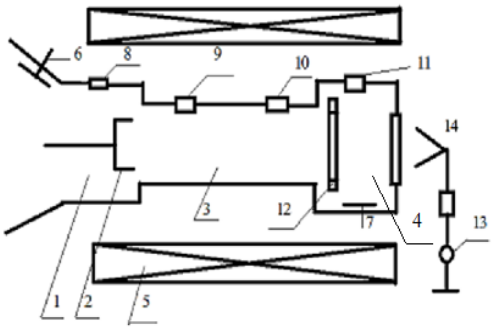


Рис.2 Принципиальная схема диодного узла и дрейфовой камеры.1-диодный узел; 2-катод; 3,4-камера дрейфа; 5-соленоид;6,7-емкостные делители; 8,9,10,11-токовые шунты; 12-приемник обратного тока; 13-детектор СВЧ излучения; 14-вакуумное окно.

При транспортировке пучка происходит ионизация остаточного газа электронами пучка и как показывают оценки за время 300-500 нсек может наступать нейтрализация пучка. В ступенчатой дрейфовой камере предельный вакуумный ток определяется максимальным диаметром и при данной геометрии пучка примерно составляет около 3 кА. На входе в дрейфовую камеру 4 образуется виртуальный катод и возникает обратный поток электронов, который регистрируется приемником 12.

Приемник 12 может регистрировть отраженные от виртуального катода электроны, если они сместятся в радиальном направлении. Такое смещение может быть обусловнено наличием азимутального электрического поля и соответственно дрейфом в скрещенных полях. Возникновение сильного азимутального электрического поля может свидетельствовать о развитий конвективной неустойчивости пространственно неоднородного квазинейтрального электронного пучка и образованию в нем пульсирующего виртуального катода [4].

Поскольку в системах с виртуальным катодом поведение электрона похоже на переход из одной среды в другую, излучение в такой системе, регистрируемое детектором 13, можно рассматривать как переходное излучение, для которого характерна направленность излучения вперед, а спектр излучения довольно широк, причем максимальная излучаемая частота существенно зависит от энергии электронов.

В эксперименте регистрировались: напряжение на катоде, полный ток инжекций, обратный ток и СВЧ излучение в диапазоне длин волн от 0,8- 4,6 см (на входе дрейфовой камеры 4 образуется виртуальный катод из-за колебания которого возникает излучение) мощностью до 0,15 ГВт.

Список литературы

1. Gelkhviidze P.K. ionospheric current, an inexhaustible source of energy for the future. III Georgian-Polish international scientific-technical conference; “Transport bridge Europe-Asia”; Kutaisi, Georgia; 2017. p.255-257.

2. Гелхвиидзе П.К. Об одной системе с виртуальным катодом //Научные труды Кутаисского технического университета, №2, 1996, с.165-168.

3. Полетавкин П.Г.Космическая энергетика, М.:Наука, М.1981,с.150.

4. Гелхвиидзе П.К. Транспортировка РЭП с предельным током //Сообщ. АН ГССР.140, №1, 1990,с.45-48.

5. Гелхвиидзе П.К.,Иванов В.С., и др. Сильноточный электронный пучок микросекундной длительности - //Крат.сообщ. по физике, №11, 1986, с.19-24.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОДИФИ--ЦИРОВАННЫХ γ-ОБЛУЧЕНИЕМ КОМПОЗИТОВ ПОЛИПРОПИЛЕН-CdS/ZnS

Магеррамов А.М., Гаджиева Е.Г.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

Электроактивные свойства многофазных (двух и более) систем на основе полимеров и различных наполнителей определяются наряду с типом связанности, природой наполнителя, а также и особенностями протекания в них электронно-ионных, поляризационных процессов в отдельных фазах и

на границах раздела фаз. Имеются широкие возможности радиационной модификации полимерных композитов, состоящих из 2-х и больше числа фаз, путем воздействия на них γ- и УФ-излучения [1-3].

Для применения в различных областях опто- и фотоэлектроники необходима разработка новых дешевых протяженных люминесцентных материалов. Классическими люминесцентными материалами являются CdS, ZnS GaSe, $CaGa_2S_4$:Eu и др. материалы или бинарные соединения на их основе. Большая величина ширины запрещенной зоны и излучательная способность определяют их перспективности в применении в качестве люминофора в различных преобразователях [4-6]. Авторы в работе [7] исследовали химически осажденную пленку CdS и, изучая спектральную зависимость коэффициента поглощения параметра Урбаха E_0, и определив из зависимости

$$\alpha_n(h\nu) = \alpha_0 \exp(h\nu/E_0),$$

пришли к выводу, что эти пленки имеют разупорядоченную структуру. Край поглощения для аморфных полупроводников и нанокомпозитов с различным размером наночастиц тоже не имеет резкой границы и растет экспоненциально с увеличением энергии фотонов и имеют неупорядоченную структуру. Авторами показано, что термический отжиг этих пленок приводит к относительному уменьшению значений параметра E_0 и, соответственно, к упорядочению структуры [6,7].

Влияние на люминесцентные свойства полимерных композитов различных внешних факторов (например, солнечной радиации) было исследовано в работах [8- 10]. Авторами этих работ показано, что композиции на основе полиамида и нанокристаллов (кластеров) CdS характеризуются изменением ширины запрещенной зоны от концентрации наполнителя. Можно отметить также, что объекты исследования имеют достаточную радиационную стойкость и облучение γ- квантами позволяют регулировать и несколько повысить яркость свечения люминофоров на основе ZnS. Создание люминесцирующих полимерных композиций могут отличаться также гибкостью.

В работах [13,15] изучены фото- и электролюминесцентные свойства полимерных композитов. Установлены отношение между интенсивностями I фото- и электролюминесценции со значением электрического поля E и временем послесвечения τ.

Получены образцы полимерных композитов на основе ПП с различными объемными содержаниями люминесцерирующих бинарных соединений на основе сульфида кадмия и сульфида цинка (CdS/ ZnS) с примесью серебра Ag и изучена их фотостимулированная термолюминесценция. Средняя дисперсность сульфидов составляла 80-100нм. Композиты ПП-(CdS/ZnS) в виде пленок толщиной 120±5 мкм были получены путем горячего прессования предварительно смешанных порошков полимера и наполнителя при температуре плавления полимерной матрицы с дальнейшим охлаждением смеси в ледяной воде [17]. Возбуждение люминесценции композита произведено действием лучей ультрафиолетовой лампы ДКСШ-500 при температуре 77К с расстоянии ~0,2м. Спектры фотолюминесценции исходных и γ-облученных композитов были получены с помощью термолюминографа ТЛГ-69М (на базе ФЭУ-51) [18]. Облучение произведено на установке МРХ- 25М от источника Co^{60}.

Проведен сравнительный анализ спектров термолюминесценции (ТЛ) фотостимулированных УФ-облучением образцов чистого полимера- полипропилена, прессованных таблеток из бинарного соединения на основе CdS/ZnS и композитов ПП-(CdS/ZnS). Было рассмотрено влияние предварительного γ-облучения на фото люминесцирующие свойства этих композитов.

На основе полученных данных можно сказать, что предварительное воздействие γ-облучения на композиты ПП-(CdS/ZnS) приводит к увеличению концентрации локальных уровней в запрещенной зоне полупроводникового наполнителя и в межфазном приграничном слое полимера с наполнителем соответствующим релаксационному процессу происходящему при температуре 300К. А это может быть связано глубокими уровнями захвата, созданными гамма, облучением и эти изменения могут служить мерой улучшения эксплуатационных свойств полученных материалов.

Из спектров РТЛ и ФТЛ γ-облученных образцов ПП-(CdS/ZnS) можно заключить, что имеется возможность улучшения люминесцентных свойств композитов полимер/и бинарных соединений люминофоров, а также способом их модификаций действием γ-облучения. При этом эффективное воздействие γ-радиации наблюдается для максимума соответствующей комнатной температуре (~300К), что может быть связано глубокими уровнями захвата, созданными гамма-облучением и эти данные оценены как фактором улучшения эксплуатационных свойств полученных материалов.

Целью представленной работы является исследование термолюминесценции возбужденных УФ-облучением исходных и модифицированных γ-облучением композитов на основе полипропилена (ПП) с наполнителем бинарного соединения CdS/ ZnS.

Список литературы

1. Гордиенко В.П. Радиационное модифицирование композиционных материалов на основе полиолефинов. Киев, Наукова думка, 1986, 176с.

2. Gordienko V.P., Dmitriev Yu.A. The deqradation and stability polyethylene withsmail addiations of metal oxides under UV-irradiation //Polymer Deqradation and Stability/ 1996. v.53, №1, p.79-87

3. Магеррамов А.М., Кулиев М.М., Исмаилова Р.С., Гаджиева Е.Г. Влияние гамма-облучения на электрофизические свойства композитов полэтилена с включениями CdS/ZnS/Тезисы докл. 9-я медун. Конф. «Ядерная радиационная физика», Алматы, 2013, с.26-27

4. A.M.Maharramov, M.A.Nuruyev, Shukurova A.A., S.M.Nuriyev Effekt of γ-radiation the charge state of PTFE/CdS nanocomposites // Journalof Radiation Research, vol.2, №1, 2015, pp.18-25

5. Груздков Ю.А., Савинков Е.Н., Коломейчук В.Н., Пармон В.Н. Фотолюминесценция и морфологические особенности строения малых частиц CdS, внедренных в сульфированный фторпласт//Химическая физика, 1998, т.7, №9, с.1222-1230

6. Варфоломеев А.Е., Волков А.В., Годовский Д.Ю. и др. Оптические свойства полупроводниковых кластеров в полимерной матрице//Письма в ЖЭТФ, т.62, вып.4, с.344-348

7.Гаврилов С.А., Шерченков А.А., Апальков А.Б., Кравченко Д.А. Оптоэлектронные свойства пленок CdS для солнечных элементов с тонким абсорбирующим слоем.// Российские нанотехнологии, т.1, 2006, №1-2, с. 228-232.

8.Верещагин И.К., Ковалев Б.А., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Электролюминесцентные источники света. Под редакцией Верещагина И.К.,М.Энергоатомиздат,1990.

9. Байрамов Б.Х., Бондарь И.В., Емцев В.В.,и др. Исследования влияния γ-облучения на фоточувствительность гетеропереходов ZnO/$CuIn_3Se_5$. Физика и техника полупроводников, 2006,том 40, вып.1, с.67-69.

10. Сычев М.М., Комаров Е.В., Григорьев Л.В.и др. Гамма- и электронно-лучевое модифицирование цинкосульфидных люминофоров. Физика и техника полупроводников, 2006,том 40, вып.9, с.1042-1046.

11.Magerramov A.M., Kerimov M.K., Huseynova S.A., Nuriev M.A. Photo and electroluminescent polymer compositions, 40th International Symposium on Macromolecules " Macro-2004" , France, Paris, 2004, p.333.

12.Гордиенко В.П, Вапиро Ю.М, Ковалева Г.Н. Действие УФ-облучения на структуру и свойства ПЭ, содержащего неорганические добавки с различной дисперностью.// Пластические массы, 2008, №4, с.6-8.

13.М.К.Керимов, А.М. Магеррамов, Е.Г.Гаджиева, М.А.Нуриев. Об особенностях фотостимулированной термолюминесценции в пленках полипараксилилена. Тез. докл. международ. конф. по нефтехимии, Баку, 2005, с.144.

НАРУШЕНИЕ ЛЕПТОННОЙ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССАХ $\mu^+e^- \to \mu^+e^-$ В РАМКАХ $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-МОДЕЛИ

Мехтиев Б.И., Халил-Заде Ф.Т., Амирова Ш.А.

НАНА,Институт Физики

Одним из тех вопросов, которые все еще остаются открытыми, является вопрос "насколько μe-универсальна природа?". Важнейшее свойство слабого взаимодействия, лептонная универсальность требует, чтобы отношение вероятностей распадов $B^+ \to K^+\mu^+\mu^-$ и $B^+ \to K^+e^+e^-$-обозначаемое R_k, в Стандартной модели должно быть очень близко к 1, поскольку слабое взаимодействие действует одинаково на электроны и мюоны (лептонная универсальность). Однако коллаборация LHCb получила результат существенно меньше единицы[1]:

$$R_k = 0{,}745^{+0{,}090}_{-0{,}074} \pm 0{,}036.$$

Это значение на 2.6σ отличается от предсказаний СМ.

В ходе эксперимента на Большом адронном коллайдере коллектив LHCb регистрировал распад нейтральных B-мезонов на нейтральный K^*-мезон и пару лептон- антилептон. Согласно стандартной

модели, вероятность распада с получением разных поколений лептонов в этом случае должна быть равна (лептонная универсальность). Однако результаты показали, что на каждые три появления e^+e^--пары приходится две пары $\mu^+\mu^-$ [2].

В настоящей статье в предположении о различии констант слабых взаимодействий электрона и мюона рассмотрен процесс

$$\mu^+(k_1)+e^-(p_1)\to e^-(p_2)+\mu^+(k_2)\,. \qquad (1)$$

При учете продольных поляризаций всех частиц вычислено дифференциальное сечение процесса. Проведен анализ ряда поляризационных характеристик процесса (1), которые содержат вклады возможного нарушения лептонной универсальности (данном случае μe-универсальности) слабого взаимодействия. Выявленные эффекты проанализированы в рамках $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-моделей электрослабого взаимодействия [3].

В $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-моделях электрослабого взаимодействия, амплитуду процесса (1) можно написать в следующем μe-неуниверсальном виде:

$$M_{fi}=\frac{4\pi\alpha}{q^2}\left[\bar u(p_2)\gamma_\alpha u(p_1)\right]\cdot\left[\bar\upsilon(-k_1)\gamma_\alpha\upsilon(-k_2)\right]-\sqrt{2}G_F D_Z\left[\bar u(p_2)\gamma_\alpha(g_V+g_A\gamma_5)u(p_1)\right]\cdot$$
$$\cdot\left[\bar\upsilon(-k_1)\gamma_\alpha(G_V+G_A\gamma_5)\upsilon(-k_2)\right]-\sqrt{2}G_F D_X y\left[\bar u(p_2)\gamma_\alpha(g'_V+g'_A\gamma_5)u(p_1)\right]\cdot\left[\bar\upsilon(-k_1)\gamma_\alpha(G'_V+G'_A\gamma_5)\upsilon(-k_2)\right] \qquad (2)$$

где

$D_Z=\left(1-\frac{q^2}{M_Z^2}\right)^{-1}$, $D_X=\left(1-\frac{q^2}{M_X^2}\right)^{-1}$, $q=p_1-p_2=k_2-k_1-4$ импульс виртуальных бозонов, M_Z и M_X-массы векторных бозонов Z и X, соответственно, y- параметр теории [3].

Дифференциальное сечение процесса (1) в случае продольных поляризаций всех частиц можно написать в виде (в с.ц.и.):

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}=\frac{\alpha^2}{32E^2\sin^4\frac{\theta}{2}}\cdot\left\{\left[F_1(1+\cos^4\frac{\theta}{2})-F_2(1-\cos^4\frac{\theta}{2})\right](1+s_1s_2)(1+\eta_1\eta_2)+\left[F_1\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)-F_2\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right]\cdot\right.$$
$$(s_1+s_2)(\eta_1+\eta_2)-\left[F_3\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)-F_4\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right](\eta_1+\eta_2)(1+s_1s_2)- \qquad (3)$$
$$\left.-\left[F_3\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)-F_4\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right](s_1+s_2)(1+\eta_1\eta_2)\right\}.$$

В (3) приняты следующие обозначения:

$$F_1=1+\frac{1}{4}\varepsilon_z^2\left(g_V^2+g_A^2\right)\left(G_V^2+G_A^2\right)+\frac{1}{4}\varepsilon_x^2\left(g_V'^2+g_A'^2\right)\left(G_V'^2+G_A'^2\right)+\varepsilon_z g_V G_V+$$
$$+\varepsilon_x g'_V G'_V+\frac{1}{2}\varepsilon_z\varepsilon_x\left(g_V g'_V+g_A g'_A\right)\left(G_V G'_V+G_A G'_A\right)$$
$$F_2=\varepsilon_z^2 g_V g_A G_V G_A+\varepsilon_x^2 g'_V g'_A G'_V G'_A+\varepsilon_z g_A G_A+\varepsilon_x g'_A G'_A+\frac{1}{2}\varepsilon_z\varepsilon_x\left(g_V g'_A+g'_V g_A\right)\left(G_V G'_A+G'_V G_A\right),$$
$$F_3=\frac{1}{2}\varepsilon_z^2 g_V g_A\left(G_V^2+G_A^2\right)+\frac{1}{2}\varepsilon_x^2 g'_V g'_A\left(G_V'^2+G_A'^2\right)+\varepsilon_z g_A G_V+\varepsilon_x g'_A G'_V+$$
$$+\frac{1}{2}\varepsilon_z\varepsilon_x\left(g_V g'_A+g'_V g_A\right)\left(G_V G'_V+G_A G'_A\right),$$

$\varepsilon_z=-\frac{G_F q^2 D_z}{\sqrt{2}\pi\alpha}$, $\varepsilon_x=-\frac{G_F q^2 D_x}{\sqrt{2}\pi\alpha}y$, $q^2=-4E^2\sin^2\frac{\theta}{2}$, E-энергия частиц в СЦИ, θ-угол рассеяния мюона (или электрона), $s_1\,u\,s_2\left(\eta_1 u\,\eta_2\right)$-продольные поляризации начального и конечного электронов

(мюонов). Величина F_4 получается из F_3 при следующих взаимных заменах: $g_{V(A)} \leftrightarrow G_{V(A)}$, $g'_{V(A)} \leftrightarrow G'_{V(A)}$.

Теперь, изучая некоторые характеристики процесса (1), рассмотрим возможности выделения эффектов нарушения μe-универсалности.

P-нечетная асимметрия, обусловленная продольными поляризациями начальных частиц и степени продольных поляризаций конечных частиц, имеет вид:

$$A_{s_1} = P_{s_2} = -\frac{F_3\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)}{F_1\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_2\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)}, \tag{4}$$

$$A_{\eta_1} = P_{\eta_2} = -\frac{F_3\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)}{F_1\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_2\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)} \tag{4a}$$

Для эффектов поляризаций пучков электрона и мюона имеем следующие выражения:

$$N_{s_1} = -s_1\left[F_3\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right]\cdot$$
$$\cdot\left\{2\left[F_1\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_2\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right] - s_1\left[F_3\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right]\right\}^{-1}, \tag{5}$$

$$N_{\eta_1} = -\eta_1\left[F_3\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right]\cdot$$
$$\cdot\left\{2\left[F_1\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_2\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right] - \eta_1\left[F_3\left(1-\cos^4\frac{\theta}{2}\right) - F_4\left(1+\cos^4\frac{\theta}{2}\right)\right]\right\}^{-1}. \tag{5a}$$

При $\theta = \pi$ характеристики (4) и (5) принимают вид

$$A_{s_1} = A_{\eta_1} = P_{s_2} = P_{\eta_2} = \frac{f_1}{f_2}, \tag{6}$$

$$N_{s_1} = \frac{s_1 f_1}{2 f_2 + s_1 f_1},\ N_{\eta_1} = \frac{\eta_1 f_1}{2 f_2 + \eta_1 f_1}, \tag{6a}$$

где

$$f_1 = F_4 - F_3 = \left[\varepsilon_z\left(g_V G_A - g_A G_V\right) + \varepsilon_x\left(g'_V G'_A - g'_A G'_V\right)\right]\cdot$$
$$\cdot\left[1 + \frac{1}{2}\varepsilon_z\left(g_V G_V - g_A G_A\right) + \frac{1}{2}\varepsilon_x\left(g'_V G'_V - g'_A G'_A\right)\right],$$
$$f_2 = F_1 - F_2 = \left[1 + \frac{1}{2}\varepsilon_z\left(g_V G_V - g_A G_A\right) + \frac{1}{2}\varepsilon_x\left(g'_V G'_V - g'_A G'_A\right)\right]^2 +$$
$$+ \frac{1}{4}\left[\varepsilon_z\left(g_V G_A - g_A G_V\right) + \varepsilon_x\left(g'_V G'_A - g'_A G'_V\right)\right]^2.$$

Как видно из (6) в рамках μe-универсальных теорий $\left(G_V = g_V, G_A = g_A, G'_V = g'_V, G'_A = g'_A\right)$ все рассматриваемые характеристики процесса (1) обращаются в нуль (при этом $f_1 = 0$) при рассеянии назад $\left(\theta = \pi\right)$.

Проанализируем величины (6), (6а) в рамках $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-схем калибровочной теорий [3]. Как известно [4], левый электрон и мюон должны быть компонентами одинакового изомультитета и

их будем вводить в левый изодублет $\begin{pmatrix} \nu_\ell \\ \ell \end{pmatrix}_L$ $(\ell = e^-, \mu^-)$. Правые компоненты электрона и мюона будем вводить в виде различных сочетаний следующих изомультиплетов:

$$1.\ l_R, \qquad 2.\begin{pmatrix} \cdot \\ l \end{pmatrix}_R \qquad 3.\begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \\ l \end{pmatrix}_R,$$

где точки заменяют возможные новые лептоны.

Вычисляя лагранжиана взаимодействия [3], находим константы слабого взаимодействия лептонов с нейтральными векторными бозонами и они заданы в таблице 1 (здесь $x = \sin^2\eta$ -параметр теории).

В таблицах 2 и 3 даны значения величины $(g_V G_A - g_A G_V)$ и $(g'_V G'_A - g'_A G'_V)$соответственно, которые определяют “степени” нарушения μe - универсальности в различных вариантах реализации правых компонент электрона и мюона.

Экспериментальное измерение величины (6), (6а) может дать информацию как о степени нарушения μe -универсальности, так и о выборе правых компонент $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-модели.

Таблица 1

Схемы включения правых компонент	Константы взаимодействия			
ℓ_R	g_V	g_A	g'_V	g'_A
1	$-\frac{1}{2}+2x$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$
2	$-1+2x$	0	-1	0
3	$-\frac{3}{2}+2x$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

Таблица 2

Схемы включения правых компонент мюона	Схемы включения правых компонент электрона $(g_V G_A - g_A G_V)$		
	1	2	3
1	0	$\frac{1}{2}-x$	$1-2x$
2	$-\frac{1}{2}+x$	0	$\frac{1}{2}-x$
3	$-1+2x$	$-\frac{1}{2}+x$	0

Таблица 3

Схемы включения правых компонент мюона	Схемы включения правых компонент электрона $(g'_V G'_A - g'_A G'_V)$		
	1	2	3
1	0	$-\frac{1}{2}$	-1
2	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$
3	1	$\frac{1}{2}$	0

Список литературы

1. R. Aaij et all. LHCb Collaboration. Test of Lepton Universality using $B^+ \to K^+ l^+ l^-$ decays, arXiv: 1406.6482 v1(2014).
2. R. Aaij et all. LHCb Coll., Test of Lepton Universality with $B^0 \to K^{*0} l^+ l^-$ decays, arXiv: 1705.05802 v1(2017).
3. Н.А. Гулиев , И.Г. Джафаров, Б.И. Мехтиев, Р.Ш. Яхъяев, Об одной модели единого электрослабого взаимодействия, ДАН Азерб. СССР, **42**(1986),23-26.
4. Н.А. Гулиев , И.Г. Джафаров, Б.И. Мехтиев, Р.Ш. Яхьяев, Эффекты нарушения μe - универсальности в процессе образования пары мюонов на встречных электрон-позитронных пучках, ЯФ, 34(1981), 176-181.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯНИЕ РЕЛЯТИВИСТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ НА АТОМАХ

Миртеймур М.М., Алиева М.Х., Тагиева С.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

mmmteymur@yahoo.com, mahire1@mail.ru, t.sevilya@mail.ru

Одним из вызывающих интерес выводов сделанные при изучении свойств атомов рассеянием электронов, является угловые положения минимумов дифференциальных сечений, которые считаются одним из фундаментальных свойств рассеяния в широкой области энергий [1].

Как известно, положение дифракционных минимумов позволяет определить размер мишени (атома). Однако, глубина этих минимумов, в основном, зависит от фронта падающих электронных волн.

Проведенные многочисленные теоретические анализы дифференциальных сечений, полученные из эксперимента по рассеянию электронов на ядрах и атомах[2] показали, что учет искажений во фронтах волн падающих и уходящих частиц в поле мишени, заполняет дифракционные минимумы, и смещает их в левую сторону, что приводит к улучшению согласия теорий с экспериментом.

С целью, изучения свойств атомов рассеянием электронов, в работе [3] в аналитическом виде получено выражение для дифференциального сечения упругого и неупругого рассеяния релятивистических электронов на атомах. Как показано в этой работе, волновая функция перерассеянных электронов получена из решения уравнения Дирака. Одним из важных свойств этой функции заключается в том, что искажения учитывается как в фазе, так и в амплитуде падающих и уходящих волн. Кроме того, эти искажающие члены являются функцией от плотности распределений электрических зарядов в атоме мишени.

Дифференциальное сечение рассеяния электронов определяется стандартным образом [4]:

$$\frac{d\sigma_{if}}{d\Omega} = \frac{E_i E_f}{(2\pi)^2} \cdot \frac{k_f}{k_i} \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2J_i + 1} \sum_{\sigma_i \sigma_f} \sum_{M_i M_f} \left| T_{if} \right|^2 \quad (1)$$

Матричный элемент перехода из начального состояния (i) атома в конечное (f) в высокоэнергетическом приближении представляется в виде

$$T_{if} = \left\langle J_f M_f \left| \int d\mathbf{r} \Psi_f^{(-)+}(\mathbf{r}) V(\mathbf{r}) \Psi_i^{(+)}(\mathbf{r}) \right| J_i M_i \right\rangle \quad (2)$$

Потенциальная энергия кулоновского взаимодействия рассеянных электронов с атомом мишенью представляем как

$$V(\mathbf{r}) = -Ze^2 \int \frac{\rho(\mathbf{x})\ d\mathbf{x}}{|\mathbf{r} - \mathbf{x}|} \ . \qquad (3)$$

Для матричного элемента процесса получаем

$$T_{i\,f} = -4\pi Ze^2 \left\langle J_f M_f \left| \int d\mathbf{x} \frac{g(\mathbf{x})}{q_{\mathbf{eff}}^2(\mathbf{x})} \exp\{i[\mathbf{qx} + \phi(\mathbf{x})]\}\rho(\mathbf{x}) \right| J_i M_i \right\rangle . \qquad (4)$$

Здесь

$$q_{eff}(\mathbf{x}) = \mathbf{q} + \nabla\Phi(\mathbf{x}) \qquad (5)$$

- эффективный импульс передачи падающих электронов атому мишени.

С целью изучения упругого рассеяния электронов на атомах, выразим дифференциальное сечения через форм-фактор атома

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_0 |F(q)|^2 \qquad (6)$$

где

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_0 = \left(\frac{2Ze^2k}{q^2}\right)^2 \cos^2 \theta/_2 \qquad (7)$$

- сечение рассеяние электронов на точечном атоме. Форм-фактор атома при этом принимает вид

$$F(\mathbf{q}) = q^2 \int \frac{g(\mathbf{x})d\mathbf{x}}{q_{eff}^2(\mathbf{x})} \ell^{i[\mathbf{qx}+\phi(\mathbf{x})]} \rho_e(x) Y^*(\hat{x}) d\mathbf{x} \qquad (8)$$

здесь, $|\boldsymbol{q}| = |\boldsymbol{k}_i - \boldsymbol{k}_f| = 2k\sin\vartheta/2$ является импульсом передачи падающих электронов атому мишени. При этом предполагается, что $|\boldsymbol{k}_i| = |\boldsymbol{k}_f| = k$.

При вычислении трехмерного интеграла (8), применяя математический метод предложенный в работе [5], выражаем форм-фактор атома полученного в искаженно-волновом приближении, через плоско-волновой форм-фактор- $F_n(q)$:

$$F(q) = 2\pi i(qR)\sum_{n=0}^{2} Re\beta_n F_{\Pi}^{(n)}(q) + Im\beta_n F_{\Pi}^{(n)}(q) \qquad (9)$$

Здесь $F_{\Pi}^{(n)}(q) = \frac{\partial^n F_{\Pi}(q\ )}{\partial q^n}$, а плоско волновойформ-фактор:

$$F_{\Pi}(q) = R \sum_{\varepsilon=\pm 1} \varepsilon \int_0^{\infty} e^{iqx\varepsilon} \rho_e(x) x dx \qquad (10)$$

Для вычисления$F_{\Pi}(q)$, необходимо выбрать функцию распределения плотности зарядов в атоме. Пользуясь свойством электростатического потенциала отдельного атома, вычисленного в приближении Дирака-Хартри-Фока-Слейтера, являющегося суперпозицией сферически симметричного потенциала Юкавы, функцию распределения плотности зарядов в атоме выбираем в следующем виде[6] .

$$\rho(x) = \frac{1}{4\pi} \sum_{\mu=1}^{3} A_\mu\ \alpha_\mu^2 \frac{e^{-\alpha_\mu x}}{x} \ . \qquad (11)$$

Здесь параметры A_μ и α_μ определяются аналитической процедурой подгонки к значениям потенциала, найденным методом самосогласованного поля Дирака-Хартри-Фока-Слейтера.

После учета этого выражения в (10), форм-фактор принимает следующий вид

$$F_n(q) = \frac{2i}{4\pi} \sum_{\mu=1}^{3} \frac{A_\mu {\alpha_\mu}^2}{q^2 + \alpha_\mu^2} \left\{qR - [qR\cos(qR) + (\alpha_\mu R)\sin(qR)]e^{-\alpha_\mu R}\right\} \quad (12)$$

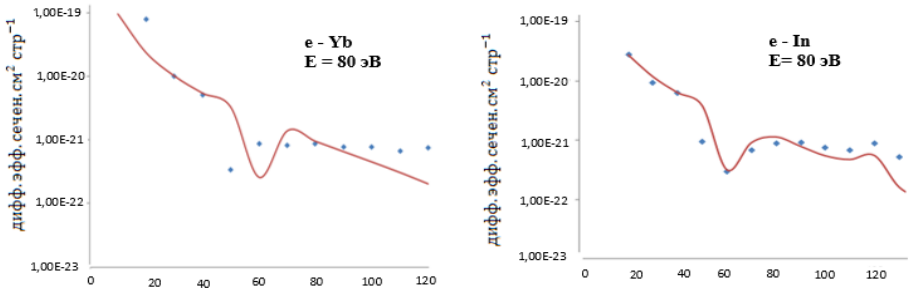


Рис.1. Сечения упругого рассеяния электронов на атомах In (E_e= 80 эВ) и Yb (E_e=80эВ). Сплошная линия - результаты теоретических расчетов, точки - экспериментальные данные [7,8].

Вычислено дифференциальное сечение рассеяния электронов на атомах In и Yb при энергиях 80эВ. На рис.1 демонстрируется ход дифференциальных сечений вычисленных по вышеизложенной теории в сравнениях с экспериментальными данными.

Список литературы

1. Мотт Н., Месси Г.,Теория атомных столкновений,Ин.лит. М.(1965)352
2. MirteymurM.M., M.Kh.Aliyeva, Rasulova A.V. Journal of Radiation Researches, v.4,1(2017)62-67
3. Mirteymur M.M., Aliyeva M.Kh., Resulova A.T, Tagiyeva S.A. International Journal of High Energy Physics 4(5) (2017) 52-57
4. Mirabutalybov M.M. The study of atomic nuclei scattering particles GmbH $ Co KG, Germany, (2011) c.246
5. Мирабуталыбов М.М., Рос. АН Ядерная физика, 67 (2004) 12, с.2178
6. Salavat F., Martinez J.D. et al. Phys. Rev A v.36, 2(1987) 467-474
7. Prdojevic B., Sevic D., et al. J.Phys.B,v.38 (2005) 1329-1340
8. Maja S. Rabasovic J. Phys. Conf. Ser. 565 (2014) 012006

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЯДРАХ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА В ПРОТОНАХ И НЕЙТРОНАХ

Мирабуталыбов М.М.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
mmmteymur@yahoo.com

1. Введение

Применяя ту или иную теорию рассеяния электронов высоких энергий на ядрах, можно извлечь из экспериментальных данных достаточно достоверную информацию о характеристиках ядра и нуклонов в основном и более высоких возбужденных состояниях атомных ядер. Кроме того, при рассеянии высокоэнергетические электроны, проникая в самые мелкие масштабы ядер, могут выявить роли ненуклонных (мезонных обменных токов, изобар и кварков) степеней свободы.

Электромагнитный характер взаимодействия электронов с ядрами значительно упрощает интерпретацию экспериментальных данных. Кроме того, при рассеяние электронов имеется возможность более или менее независимо варьировать энергию и импульс падающих электронов переданных ядру. Это позволяет успешно исследовать распределения плотности протонов в широком круге ядер [1].

Что касается исследования распределения плотности нейтронов в ядрах, то здесь ситуация значительно сложнее. Для того, чтобы получать информацию о распределениях нейтронов в ядрах, необходимо использовать сильно взаимодействующие пробные частицы.

Надежные сведения о распределении нейтронов в ядрах были получены в экспериментах по рассеянию на ядрах протонов относительно высокой энергии ~ 1 $ГэВ$[2].

Так как из эксперимента по упругому рассеянию электронов и протонов на ядрах определяется именно форм-фактор ядра, то в электронном рассеянии задаем распределение плотности протонов, а в протонном рассеянии - нуклонов, полученных нами в рамках определенной схемы расчета или модели ядра [3]. Далее рассчитанные форм-факторы в рамках релятивистского подхода сравниваем с экспериментальными.

Выявляя плотности протонов, из электронного рассеяния, и плотности нуклонов из протонного [3], на одних и тех же ядрах, после объединения этих результатов, определяем плотности распределения нейтронов в ядрах.

В настоящее время общепризнано, что квантовая хромодинамика кварков и глюонов является точной теорией сильных взаимодействий. Изучение ядерной структуры в такого рода процессах вызывает в последние годы повышенный интерес. Хорошо известным примером такого рода является учет различия структурных функций свободных и связанных в ядре нуклонов [4,5].

Это предположение породило множество объяснений, одним из которых является, гипотеза разбухания нуклона в ядерной среде, то есть, увеличение радиуса конфайнмента, определяющего область, в которой движутся кварки [6,7,8].

Весьма жесткие ограничения на возможное изменение нуклонного радиуса в среде получаем из анализа сечений упругого рассеяния электронов на ядрах. В этих процессах ядерная структура представлена, главным образом, одночастичными нуклонными плотностями.

2. Применение теории рассеяния электронов на ядрах

Применяемые искаженно-волновые теории рассеяния высоко-энергетических электронов [9] в этом смысле представляют определенный интерес.

Упругое рассеяние электронов высоких энергий на ядрах является весьма чувствительным и эффективным средством изучения обсуждаемого эффекта разбухания. Оно позволяет установить довольно жесткие ограничения сверху на возможное увеличение радиуса нуклона в ядерном веществе.

Анализ сечений упругого рассеяния электронов на ядрах свидетельствует против заметного разбухания протона в ядерной среде. Если сделать естественное допущение, что нейтроны и протоны, помещенные в ядерную среду, ведут себя сходным образом, то полученное ограничение можно отнести и к нейтрону.

Ядерная структура в этом процессе в рамках квазичастичной ядерной модели [10] представлена, в основном, зарядовой плотностью $\rho_{ch}(r)$. Эта величина рассчитывалась с помощью процедуры свертки теоретических точечных распределений протонов $\rho_p(r)$ и нейтронов $\rho_n(r)$ с соответствующими распределениями заряда внутри протона $f_p(r)$ и нейтрона $f_n(r)$:

$$\rho_{ch}(r) = \int d^3r' \ [f_p(\mathbf{r}-\mathbf{r}')\cdot \rho_p(\mathbf{r}') + f_n(\mathbf{r}-\mathbf{r}')\rho_n(\mathbf{r}')]. \qquad (1)$$

Функции $f_p(r)$ и $f_n(r)$ выбраны в виде

$$f_p(r) = (8\pi a_1^3)^{-1}\exp(-r/a_1), \qquad a_1 = 0{,}25 \ \ фм; \qquad (2)$$

$$f_n(r) = (8\pi a_2^3)^{-1}\exp(-r/a_2) - (8\pi a_2^3)^{-1}\exp(-r/a_3), \ a_2 = 0{,}22 \ фм, \ a_3 = 0{,}242 \ фм. \qquad (3)$$

Для распределений в ядрах плотности протонов и нейтронов используем выражения

$$\rho_{p(n)}(r) = \rho^0_{p(n)}(1 + w_{p(n)}\frac{r^2}{R^2})\tilde{\rho}(r) \ , \qquad (4)$$

При этом используем условие изоскалярности распределений плотности нуклонов, т.е. сумму распределений нейтронной и протонной плотностей:

$$\tilde{\rho}(r) = \rho_p(r) + \rho_n(r) \qquad (5)$$

а $\tilde{\rho}(r)$ выбрано в виде ферми-функции.

$$\rho_0(r) = \rho_0^{(0)}(1+\exp(\tfrac{r-R}{d}))^{-1} = \rho_0^{(0)}\tilde{\rho}(r) \qquad (6)$$

Если предположить, что нуклоны в ядре разбухают, то естественно провести замену $a_m \to a_m\cdot(1+\alpha)$. Параметр α характеризует относительное увеличение радиуса ($\delta\, r_N / r_N$), протонов и нейтронов в ядрах.

Результаты проведенных расчетов, для дифференциального сечения рассеяния электронов с падающей энергией $\sim 400\, МэВ$ на ядре ^{88}Sr и $\sim 500\, МэВ$ на ядре ^{116}Sn приведены на рис.1.

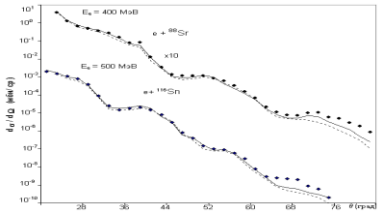


Рис. 1. Чувствительность сечения упругого рассеяния электронов на ядрах $^{88}_{38}Sr$ ($E_{\exp}$ = 400 МэВ [11]) и $^{116}_{50}Sn$ ($E_{\exp}$ = 500 МэВ [12]) к изменению зарядового радиуса протона и нейтрона: сплошная линия α = 0,08, штриховая - α = 0, точки – экспериментальные данные

Для количественного выявления эффекта изменения зарядового радиуса α , использован метод наименьших квадратов (χ_0^2). Значение χ_0^2 имеет минимум при $\alpha \approx 0{,}08$. Такое малое значение относительного изменения радиуса протонов и нейтронов в ядре свидетельствует против заметного разбухания нуклонов в ядерной среде. Однако увеличение протонного и нейтронного радиуса в пределах 8% не исключается .

На рис. 2. для ядра ^{88}Sr приведены зависимости распределений плотности протонов и нейтронов с учетом распределения в них зарядов, рассчитанных на основе теории Хоенберга-Кона-Шэма квазичастичной ядерной модели .

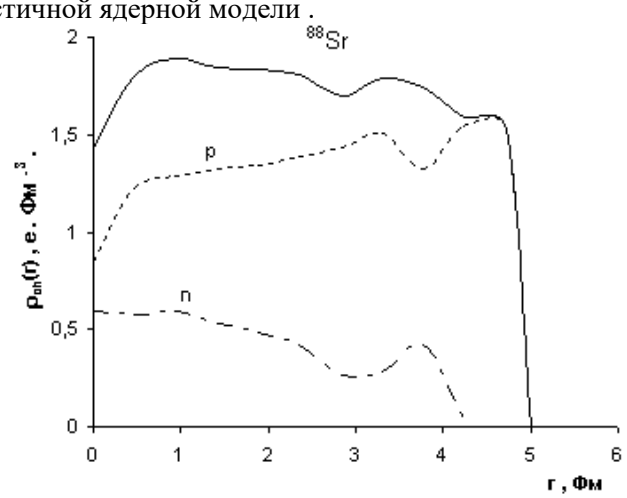


Рис. 2. Зарядовая плотность $\rho_{ch}(r)$ в центральной области $^{88}_{38}Sr$, рассчитана с использованием квазичастичной ядерной модели [10]. Пунктирная линия -распределение плотности протонов с учетом зарядовой структуры, штрих пунктирная линия - распределение плотности нейтронов с учетом распределения в них зарядов, сплошная линия - распределение плотности зарядов в ядре с учетом распределений заряда в нуклонах.

3. Заключение

Проведенное рассмотрение показывает, что традиционная ядерная физика в условиях, когда имеются прецизионный эксперимент и достаточно хорошее теоретическое «обеспечение», может дать важную информацию для физики частиц. Это особенно важно в нынешней ситуации, когда проблема конфайнмента в КХД не решена и развиваются различные модельные представления о структуре нуклона.

Список литературы

1. Werner V., Belic D.,Von Brentano P. Phys. Lett. B. 549, 2002 2,140-149
2. Sagawa Hiroyuki, Yoshida Satash et al. Phys. Rev. c. 76, 2007 3, 034327/1-34327/27
3. Мирабуталыбов М.М., Рос. АН Ядерная физика, 67 2004, 12, с.2178
4. Стародубский В.Е. Ядерная физика РАН 29 1979, 884-892
5. Guo C.L., Zhang G.L., Le X.Y. Nucl. Phys. A. 955, 2016, 54-61
6. Haidenbauer J., Kang W., Meisner G. Nucl. Phs. A. 929, 2014, 102-108
7. Khalaf A.M., Khalifa M.M. , Solieman A.H.M. Comsan M.N. Nucl. Phys. A. 969 (2018) 83–93
8. Cataro F., Sambataro M. Nucl. Phys. A. 535 (1991) 4, 605-612

9. Mirabutalybov M.M. The study of atomic nuclei scattering particles
GmbH $ Co KG, Germany, (2011) c.246
10 Сапрштейн Э.Е., Стародубский В.Е. Физика элементарных частиц и
атомного ядра ОИЯИ 20 (1989) 2, 292-301
11. Singhal L.P., Brain S.W., Curran C.S. Nucl. Phys.A. 216 (1973) 29-41
12. Shevchenko A., Carter J., Cooper G.R., Feariock R.W. et al. Phys.Rev. C.77 (2008) 2, 024302/1-024302/16

СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК КРЕМНИЯ –УГЛЕРОДА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

[1]Наджафов Б.А., [2]Абдуллаев Х.Ш., [1]Абасов Ф.П., [2]Исмаилова С.М.
[1]Институт радиационных проблем НАН Азербайджана
[2]Бакинский государственный университет
E-mail: bnajafov@inbox.ru

Введение

Пленки гидрогенизированного аморфного и нано кристаллического сплава кремния-углерода (*a*-нк-$Si_{1-x}C_x$:H (x=0÷1)) по сравнению с плёнками аморфного кремния и германия имеют большую ширину запрещенной зоны и лучшие оптоэлектронные свойства в видимой части спектра, а также являются термо динамически более стабильными и радиационно-стойкими. Эти свойства позволяют использовать их в ряде направлений нано- и микроэлектроники, а также для создания солнечных элементов.

Эксперименты показывают, что изменяя технологические параметры и условия, аморфные пленки осаждаются на различных структурных фазах. Кроме этого, в зависимости от условий осаждения, как сами структуры пленок, так и их оптоэлектронные свойства сильно зависят от скорости осаждения, температуры подложки, типа подложки и геометрии металлических покрытий.

В работе рассмотрены некоторые параметры тонких пленок аморфного и нано кристаллического кремния – углерода а-нк-($Si_{1-x}C_x$:H, (x=0÷1)). Также рассмотрен механизм легирования данной пленки фосфором (PH_3) и бором (B_2H_6). Методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) изучена морфология полученных нано трубок, длина которых в зависимости от условий осаждения, составляет 1÷4 мкм. Структурные свойства пленок анализировались методом ИК спектроскопии и методом рентгеновской дифракции (РД). Замечено, что в зависимости от условий получения пленки, происходит такое изменение параметров, которое характерно для нано-кристаллических тонких пленок.

Экспериментальная часть и результаты

В данной работе исследовались пленки аморфного и нанокристаллического сплава кремния - углерода (а- нк-$Si_{1-x}C_x$:H (x=0÷1)) легированного фосфором (PH_3) и бором (B_2H_6) на различных подложках кварца, стекла и кремния с покрытием Fe, Al, Pd, Ni, Ti, Ag.

Поскольку Al и Ag имеют небольшие диффузионные барьеры и обладают плохим смачиванием поверхности с одностеночными углеродными нанотрубками (ОСУНТ), то они стремятся к агрегации и образованию больших кластеров. С другой стороны, энергия связи между Fe и (ОСУНТ) велика, но из-за большой энергии коррозии и плохого смачивания Fe может образовывать изолированные кластеры. Отметим, что ОСУНТ получается с использованием газовой смеси CH_4 и Ar. Струя ВЧ-микроплазмы генерируется при атмосферном давлении с помощью однотрубчатого электрода и направляется на подложку к-Si покрытой пленкой Fe.

Изменяя параметры синтеза в широком диапазоне (внутреннего диаметра сопла электрода, скорости потока метана и температуры подложки), получены такие углеродные микроструктуры, как алмазные частицы, углеродные нанопроволоки, углеродные нанотрубки и конусообразные микрочастицы Si.

Также изучено влияние условий роста, скорости потока метана и типа подложки на распределение структур и свойства двухстеночных углеродных нанотрубок (ДУН). При скорости потока 600 $см^3$/мин. получаются ДУН с преимущественно полупроводниковыми свойствами. При более высокой скорости потока (700 $см^3$/мин) образуются смесь одностенных и двустенных нанотрубок, большинство из которых являются полупроводниковыми. При более низких скоростях (300÷500 $см^3$/мин) преобладают металлические многостенные углеродные нанотрубки. Длина полученных

нанотрубок составляет 1÷4 мкм .

Обнаружено, что в полученных из газовой смеси $SiH_4+H_2+PH_3$ или $SiH_4+H_2+B_2H_6$ на кварцевой или же кремниевой подложке пленках, с увеличением концентрации PH_3, уменьшается средний размер зерен (d) и доля кристаллических зерен объема (V_c). При легировании бором, с увеличением концентрации B_2H_6, значение d не меняется, а V_c уменьшается.

В нанокристаллических пленках SiC толщиной 0,5÷ 1 мкм, полученных в плазме 80% H_2 +20%Ar на подложке из кварца, при повышении температуры подложки от 200 до 600°C, наблюдалось увеличение плотности нанокристаллов SiC, средний размер которых составлял ~12÷24 нм . Полученные результаты были проверены также и методом ИК спектра поглощения. Исходя из этих результатов, можно утверждать, что моно гидридные Si-H и дигидридные $Si-H_2$, комплексно ведут себя как пространственный барьер в объеме пленок и изменяют рост нанокристаллов (рис.2) .

Для анализа картины, получаемой на дебаеграмме, воспользуемся представлением Брегга-Вульфа. Для получения отражения определенного порядка от некоторых серий плоскостей, кристаллик должен быть ориентирован таким образом, чтобы эти плоскости составляли с падающим пучком угол θ, удовлетворяющий уравнению:

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad , \qquad (1)$$

Зная угол падения пучка и длину волны, из уравнения (1) можно определить диаметр нанокристаллов. Пользуясь формулой (1) для каждой линии, можно определить отношение межкомплексного расстояния отражающей серии сеток к порядку отражения:

$$\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \quad , \qquad (2)$$

Значение $\frac{d}{n}$ для всех линий является конечным результатом, полученным непосредственно из диаграммы.

Аморфные трехкомпонентные сплавы *a*-$Si_{1-x}C_x$:H получались из газовых смесей SiH_4, CH_3, H_2. Водород добавлялся в следующих соотношениях:

$$\frac{[\frac{PH_3}{SiH_4}+CH_4]}{H_2} = \frac{1}{20} \quad , \qquad \text{для n – типа пленок,}$$

$$\frac{[\frac{B_2H_6}{SiH_4}+CH_4]}{H_2} = \frac{1}{10} \quad , \qquad \text{для p-типа пленок,}$$

Пленки *a*-$Si_{1-x}C_x$:H и нк-$Si_{1-x}C_x$:H получаются при осаждении газовой смеси $[SiH_{4(1-x)} + CH_4]_x$. Предполагается, что в пленках, относительное содержание углерода и кремния должно соответствовать пропорции: $\frac{(1-x)}{x}$. Легированный слой изготовлялся следующим образом:

$\frac{B_2H_6}{SiH_4+CH_4} = 0{,}01\%$ и $\frac{PH_3}{SiH_4+CH_4} = 0{,}05\%$, когда x=0÷1. Отметим, что полученные пленки, отличаются также по морфологию и по структуре.

Проведен рентгеноструктурный анализ полученных пленок, а также снят спектр ИК поглощения на спектрометре ИКС-29. Используя анализ полуширины рентгеновских линий (дифракционным пиком отражения от плоскостей <111>, <220> и <311>) был рассчитан средний размер кристаллитов (δ), который для пленок площадью 95 нм^2 и легированных фосфором, при мощности высокочастотного разряда W_{rf} =250 Вт и температуры подложки T_a=600^{0}C, составлял 12 нм. Расстояния рентгеновского излучения от плоскостей <111> кристаллического кремния угловые положения 2θ, их высота J_p и полуширина Δ(2θ), для легированных и недегированных пленок, различаются (рис.1). На рисунке показаны зависимости J_p, 2θ и Δ(2θ) для максимума отражения рентгеновского излучения с плоскостями <220> для нелегированных нк-$Si_{1-x}C_x$:H пленок. С повышением температуры отжига в интервале 300- 500^{0}C, величина J_p монотонно возрастает, в то время как полуширина Δ(2θ), определяющая размер нано кристаллов, вплоть до температуры отжига T_a=500^{0}C, остается постоянной. Это означает, что с повышением температуре отжига в указанном интервале, число нанокристаллитов в пленке растет, а их средний размер остается постоянным.

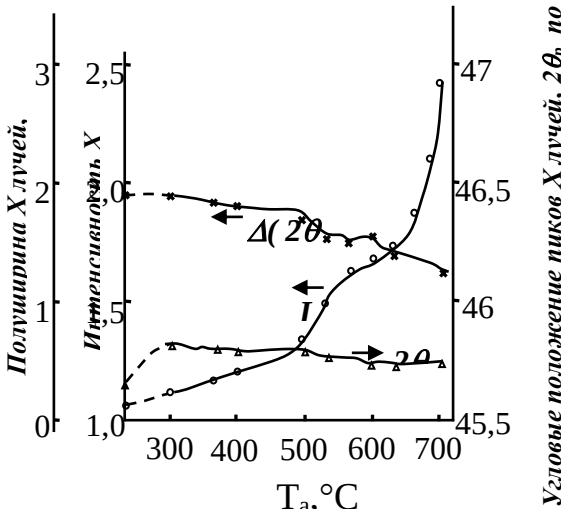


Рис.1 Зависимость значений I_p, $2\theta_p$ и $\Delta(2\theta)$ для рентгеновского дифракционного максимума вдоль направления (100) в нелегированных пленках *a*-Si:H от температуры отжига *T*.

С дальнейшим повышением температуры отжига $T>500^0C$, скорость J_p резко возрастает с одновременным снижением $\Delta(2\theta)$, что свидетельствует об увеличении размеров нанокристаллитов в пленке. Как показано выше, полученные для пленок нк-$Si_{1-x}C_x$:H из которых полностью выведен водород, результаты, в этом температурном интервале, проверены также и методом ИК спектров поглощения. После увеличения температуры, после термообработки при 700^0C, происходит эффузия водорода, его концентрация в пленке уменьшается (рис.2, в).

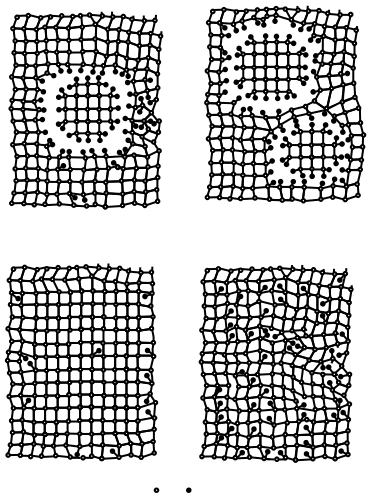


Рис. 2. (а, б, в, г). Схематические модели для структуры пленок *a*-Si:нк-Si.

Список литературы

1. B.A. Najafov, F.P. Abasov, Determining the Amount of Hydrogen in Thin Films Well $Si_{1-x}Ge_x$:H (x=0-1) for Electronic Devices. J. Material Sciences and Engineering. 2016, v.5, issue 6.

2. B.A. Najafov, F.P. Abasov, Nanocrystalline Silicon Process deposited by reactive maqnetron spruttering for creation of solar cells. Eurepean Conference on Innovation in Technical Natural Science. 30.07.2014. Vienna, Austriya. p.137-151.

ВЛИЯНИЕ γ-КВАНТОВ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $TlInSe_2$

[1]Сардарова Н.С., [2]Вердиева Н.А.,
[3]Бархалов Б.Ш., [4]Нуруллаев Ю.Г.,[4]Караев Э.С.
[1]Сумгаитский государственный Университет, [2]Гянджинский государственный университет,
[3]Институт физики НАН Азербайджана,
[4]Бакинский государственный университет
e-mail: nurullayev.yusif@rambler.ru

Быстрое развитие микроэлектроники и ядерной энергетики в современную эпоху ставит задачу получения новых полупроводниковых соединений и изучения их электрофизических свойств. Одной из таких задач является получение совершенных полупроводниковых соединений, чувствительных к ионизирующему излучению и не теряющих качества в широком температурном диапазоне [1].

В настоящее время одними из материалов, ставшими объектом обширных исследований в этой области, являются полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^{III}X_2^{V1}$ (*A-Tl; B-Ga, In; X-S, Se, Te*) со слоистой и цепочечной структурой. Особенности химических связей и электронные свойства в такого типа соединениях обусловлены непарными валентными электронами. Соединения типа $A^{III}B^{III}X_2^{V1}$ с неполными валентными электронами кристаллизуются в решетках со слоистой и цепочечной структурой. Полупроводниковые соединения, входящие в этот класс, обладают рядом интересных физических свойств, включая свойства сегнетоэлектрика-полупроводника, эффекты памяти и переключения и т.д. Высокая чувствительность этих дефектных кристаллов к ультрафиолетовому, видимому, инфракрасному, рентгеновскому и γ-лучам еще раз увеличивает интерес к их исследованиям [2, 3].

Одним из кристаллических материалов, входящих в класс соединений $A^{III}B^{III}X_2^{V1}$ типа, обладающих фундаментальными свойствами и вызывающих практический интерес, является соединение $TlInSe_2$. В работах [4, 5] изучены диэлектрические и фотоэлектрические свойства соединения $TlInSe_2$. Различие в концентрации распределения дефектов (10^{16}-10^{17} $см^{-3}$) в разных направлениях относительно оси "*c*" вызывает анизотропию химических и физических свойств кристалла. Природа образованных в кристалле дефектов, их влияние на электрические, оптические и фотоэлектрические свойства всегда находятся в центре внимания. С этой точки зрения для исследования этих механизмов важно получать монокристаллы с совершенной структурой и исследовать их физические свойства при разных внешних условиях.

В работе монокристаллы $TlInSe_2$ получены методом направленной кристаллизации в специальном температурном режиме. В соединениях типа $A^{III}B^{III}X_2^{V1}$ особенности химической связи и электронных свойств образуются за счет неспаренных валентных электронов. Рентгеноструктурные исследования показывают, что соединения $TlInSe_2$ обладают устойчивой цепочечной структурой и кристаллизуются в структуре *TlSe*. Полученные монокристаллы имеют тетрагональную структуры и параметров решетки составляют: a = 8.0750 Å, c = 6.8470 Å. Тип проводимости кристаллов определялся по знаку термо-э.д.с. и было установлено, что $TlInSe_2$ обладает проводимостью *p*-типа. Определенная из электропроводности и эффекта Холла концентрация свободных носителей заряда и удельная эдектропроводность составляет, соответственно, $2\cdot10^{11}$ $см^{-3}$ и 10^5-10^7 Ом·см. Размеры образцов, использованных для исследования составляли 0,3x2×10 $мм^3$. Измерения проводились в специальном металлическом криостате в температурном интервале 80-600 K.

Целью исследования являлось установление влияния γ-квантов на токопрохождение в монокристаллах $TlInSe_2$ и на процесс заполнения и опустошения локальных уровней в кристаллах.

Образцы после начальных измерений помещали в кварцевую ампулу и затем после откачки и запаивания помещали в камеру γ-облучения с источником Co^{60}. Доза облучения составляла от 50 до 100 крад. Исследования показали, что темновая вольт-амперная характеристика (ВАХ) монокристаллов *p*-$TlInSe_2$ в широком интервале температур и приложенных внешних электрических полей описывается степенной функцией, свойственной токам, ограниченным пространственным зарядом. Анализ полученных результатов показал, что в монокристаллах *p*-$TlInSe_2$ процессы взаимодействия инжектированных носителей заряда с мелкими уровнями захвата, их транспорта и рекомбинации происходит в присутствии дефектов вакансионного типа с высокой концентрацией. Это находит свое выражение в том, что в высоких электрических полях температурная зависимость и полученные результаты не согласуются с теоретическими положениями.

При изучении вольт-амперных характеристик монокристаллов *p-TlInSe₂* при комнатной температуре и напряженности электрического поля в интервале 10-10^3 В/см найдено, что они в линейной и суперлинейной области подчиняются закону $I \sim U^n$. В указанном интервале значение степени n меняется в интервале 1÷4 (рис. 1). На I участке ВАХ наблюдается закон Ома, на II участке соблюдается квадратичный закон ($I \sim U^2$), а на III участке с увеличением приложенного напряжения наблюдается резкий рост тока. Полученные результаты были проанализированы на основе теорий инжекционных токов и активированной проводимости в твердых телах [6].

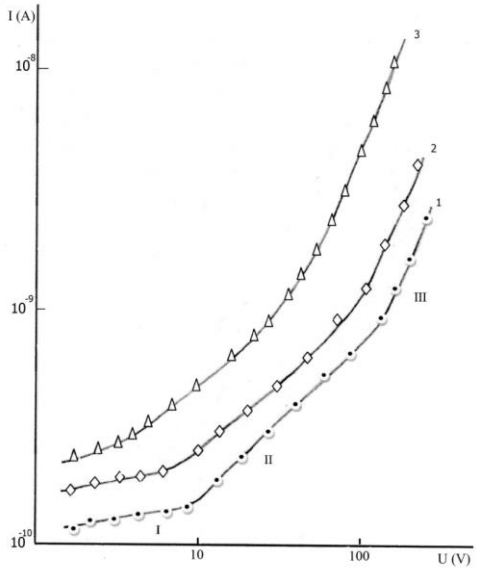


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики монокристаллов $TlInSe_2$ при разных температурах: 1-100; 3- 300; 5-400.

Исследования показали, что вольт-амперные характеристики монокристаллов *TlInSe₂* подчиняются теории Ламперта и определяются токами, ограниченными пространственным зарядом. Из теории Ламперта известно, резкое изменение тока в высоких электрических полях может происходить в результате ионизации центров захвата под действием электрического поля. Энергия ионизации центров захвата также зависит от внешнего электрического поля:

$$\Delta F = kT \cdot \ln \frac{U_M}{U_{1-2}},$$

где U_M - максимальное значение напряжения, приложенного к образцу, U_{1-2} – напряжение перехода от омической области к квадратичной области в ВАХ.

Анализ полученных результатов показывает, что резкое увеличение тока в электрическом поле $E > 10^3$ В/см связано с увеличением концентрации дополнительных носителей заряда и связано с возникновением ионизации под действием сильного электрического поля. Полученные результаты согласуются с теорией Френкеля.

Из исследований VAX монокристаллов *TlInSe₂* установлено, что механизм токопрохождения при низких значениях электрического поля ($E < 10^3$ В/см) связано с монополярной инжекцией, ограниченной пространственным зарядом, а в области с высоких полей ($E > 10^3$ В/см) – процессом ионизации уровней захвата под воздействием сильного электрического поля. Для выяснения механизма влияния радиационных дефектов на связь инжекционных токов с заполнением и опустошением локальных энергетических уровней в монокристаллах *TlInSe₂* исследованные исходные образцы комнатной температуре облучались при γ-лучами от источника Co^{60}.

ВАХ облученных образцов снимались при разных температурах и электрических полях в интервале 10÷10^3 В/см. Было установлено, что при значениях поглощенной дозы γ-квантов 50 крад и напряженности электрического поля $E < 10^2$ В/см значение темнового тока уменьшается по сравнению с исходным значением до облучения, а значение напряжения перехода от омической области к квадратичной увеличивается. Это, в свою очередь, смещает омическую область в ВАХ в область высоких напряжений. Уменьшение концентрации свободных носителей (p) при дозе облучения 50 крад связано с образованием донорных уровней в кристалле, что приводит к уменьшению разности энергий между уровнями акцептора и донора.

На рис. 2 показаны ВАХ при температуре 300 К для необлученной и облученной γ-квантами 50 krad структуры *Ag-TlInSe₂–Ag*. На рисунке кривая 1 относится к необлученному, а кривые 2 и 3 - облученному образцу после 24 часа и 240 часов после облучения. Вольт-амперная характеристика облученного образца *TlInSe₂* (кривая 2) сначала линейно растет примерно до 34 В, затем с 30 В до 50 В сила тока уменьшается до минимального значения, а далее быстро увеличивается с напряжением. Установлено, что после облучения со временем ВАХ сдвигаются влево и через 240 часов приближаются к характеристике необлученного образца (кривая 3).

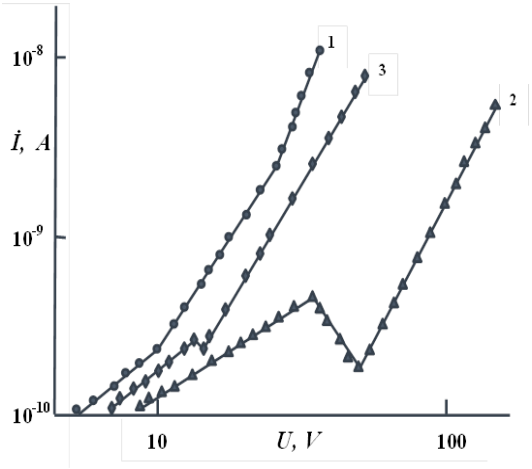


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики структуры Ag-$TlInSe_2$-Ag (1 - необлученная, 2, 3 - соответственно, после 24 и 240 часов после облучения).

Из графических зависимостей видно, что по мере увеличения напряженности внешнего электрического поля вероятность захвата электронов возрастает, а при определенном значении поля наблюдается не квадратичная, а *N*-образная зависимость. Такая зависимость тока от напряжения указывает на постепенное снижение тока в процессе образования доменов в образце. Такая необычная зависимость наблюдается в сильно компенсированных полупроводниках с глубокими центрами захвата. Экспериментальные и теоретические данные показывают, что в отличие от необлученных кристаллов, в облученных γ-квантами кристаллах возникают полярные домены, что приводит к появлению отрицательного дифференциального сопротивления на вольт-амперной характеристике. В очень сильных электрических полях за счет инжектированных в кристалл из контактов носителей заряда на вольт-амперной характеристике отрицательная дифференциальная зависимость сменяется квадратичной зависимостью. Из ВАХ видно, что в облученных γ-квантами монокристаллах *TlInSe₂* значение отрицательного дифференциального сопротивления со временем уменьшается и через 10 дней полностью исчезает. Это указывает на то, что структурные дефекты, созданные под действием γ-квантов в облученных дозой 50 крад монокристаллах *TlInSe₂* , неустойчивы.

В результате проведенных исследований установлено, что в квадратичной области ВАХ облученных монокристаллов *TlInSe₂* перенос носителей заряда в полях $E < 10^2$ В/см, как и в исходных кристаллах, связано с монополярной инжекцией, и с увеличения дозы облучения растет скорость заполнения и опустошения ловушек. А термополевая ионизация, наблюдаемая в области резкого роста тока, обусловлена воздействием γ-квантов и наблюдается в сильных электрических полях ($E > 10^3$ В/см). Это связано с увеличением концентрации донорных центров в результате облучения. Согласно теории Френкеля, энергия ионизации носителей заряда в зависимости от величины электрического поля изменяется в соответствии с законом $2e(eE/\varepsilon)^{1/2}$ [7]. Исходя из полученных экспериментальных результатов можно сказать, что дефекты, образующиеся в монокристаллах $TlInSe_2$ в результате воздействия γ-квантов, по своей природе сходны с первоначальными дефектами и являются результатом радиационных процессов.

Таким образом, при облучении образцов $TlInSe_2$ *γ*-квантами возникают радиационно-стимулированные процессы, связанные с активацией миграции собственных дефектов. Управление этими процессами позволяет целенаправленно изменять электрические параметры кристаллов.

Список литературы

1. Абасова А.З., Мадатов Р.С., Стафеев В.И. Радиационно-стимулированные процессы в халькогенидных структурах. Баку: Элм, 2010, 352 с.

2. Абасова А.З., Мадатов Р.С., Наджафов А.И., Газанфаров М.Р. Влияние γ-облучения на электрические и фотоэлектрические свойства гетеропереходов p-$TlInSe_2$/n-TlSe<Ge> // Прикладная физика, №10, с. 2011-2018.

3. Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Алиев С.А. Электрофизические свойства $TlInTe_2$. // Неорганические материалы, т. 19, № 3, 1983, с. 374-375.

4. Мадатов Р.С., Наджафов А.И., Тагиев Т.Б., Газанфаров М.Р. Особенности механизма токопрохождения в кристаллах TlInSe. // Электронная обработка материалов, №4, 2010, с. 120-125.

5. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Абдуллаев А.П. и др. Электропроводимость γ-облученных кристаллов $TlGaTe_2$ // AMEA-nın Xəbərləri. Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, 2009, № 2, s. 25-31.

6. Ламперт М.А., Марк П. Инжекционные токи в твердых телах: М.: Мир, 1973, 416 с.

7. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Абдуллаев А.П., Салманов Ф.Т., Алекперов О.З., Гусейнов Э.К., Алыева Н.А.. Суперионная проводимость, эффекты переключения и памяти в кристаллах $TlInSe_2$ и $TlInTe_2$ //ФТП, 2011, т.45, в.11, с.1441-1445.

V BÖLMƏ
MÜASİR ENERGETIKA SİSTEMLƏRİNDƏ İDARƏETMƏ PROBLEMLƏRİ

V СЕКЦИЯ
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

PART V
MANAGEMENT PROBLEMS İN MODERN ENERGETIC SYSTEMS

GƏRGİNLİYİ 0.4 kV OLAN PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNDƏ ELEKTRİK ENERJİSİNİN KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TƏDQİQİ

Balametov Ə.B.[1], Hacıyev N.İ.[2]

[1] *"Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu" MMC, Bakı ş.,*
[2] *Sumqayıt Dövlət Universiteti*
balametov.azniie@gmail.com

Ölkə energetikasının müasir inkişafı mərhələsində kənd təsərrüfatı istehsalı sahəsində enerjiyə qənaət texnologiyalarına keçid məsələsi yetərincə ciddi şəkildə qarşıda durur ki, bu da inkişafda olan kənd təsərrüfatı təyinatlı istehlakçıların elektrik enerjisi (EE) tələbatının artımı və onlara ötürülən elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin (EEKG) pozulması nəticəsində yaranır. Hazırkı dövrdə fərdi evlər kəndlərin mərkəzlərindən uzaqda tikilir. Qoşulma əvvəlki normalara əsasən, yoxlanılmadan aparılır. Gərginlik düşküləri artır, normalar pozulur. 0.4 kV-luq PEŞ layihələri, qoşulmaları və istismarı səviyyəsi göstərir ki, bu şəbəkələrin layihələri, qoşulmaları və istismarı səviyyəsi normaları günün tələblərinə uyğun işlənməlidir.

PEŞ 0.4 kV-luq düyünlərində gərginliyin səviyyələri üçün normal halda

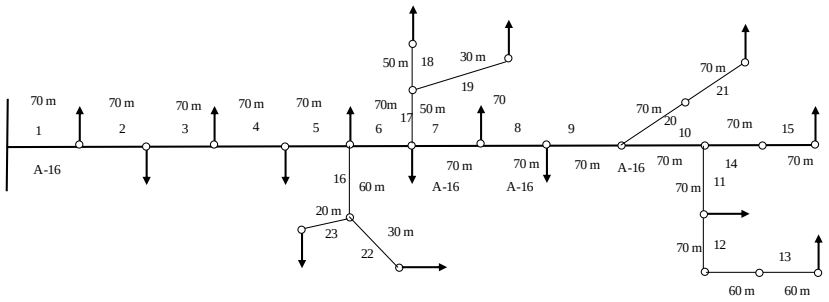
$$0.95 \cdot U_{нор} \le U_i \le 1.05 \cdot U_{нор} \qquad (1)$$

şərti ödənilməlidir [1].

Tələbatçılarda gərginliyin səviyyəsinin təmin olunması fiderin düyünləri üzrə 10%-dən çox olduğu hallarda (1) şərtini təmin etmək mümkün olmur. Gərginliyin səviyyəsinin ±5%-dən və ya 10%-dən çox olduğu hallara tələbatçıların ümumi sayının 30-50% hissəsində təsadüf olunur. Tələbatçıların bir qismində isə gərginliyin səviyyəsi 10%-dən çox olur ki, bu da EEKG pozulmasına gətirir [1-3].

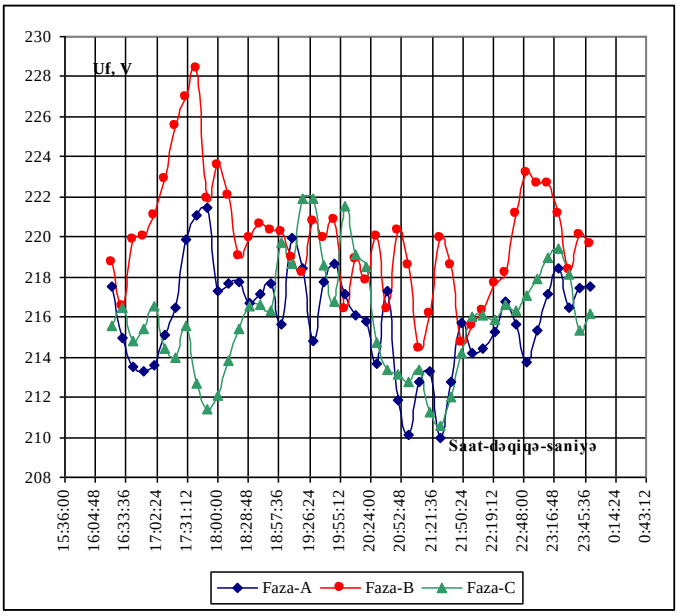
Kənd təsərrüfatı təyinatlı elektrik şəbəkələrinin xüsusiyyəti –10 və 0,4 kV-luq şəbəkələrdə istehlakçıların səpələnməsi, tələbat məntəqələri arasındakı məsafənin böyüklüyü, düyünlərdə istehlakın kiçik olması, istehlak yerində elektrik yüklərinin sıxlığıdır. 0,4 kV-luq paylayıcı şəbəkələrin böyük hissəsi qeyri-kafi texniki vəziyyətdədir, şəbəkələrdə müxtəlif markalı məftillərin mövcudluğu, qeyri-simmetrik yüklənmələr, böyük məsafələr, gərginliyin səviyyəsinin sabit olmaması və s. böyük elektrik enerjisi itkilərinə səbəb olur. Bu şəbəkələrdə itkilər enerji şirkətlərinin ümumi itkilərinin 60 %-inə qədər çatır.

Şəkil.1 də eksperimentlərin aparıldığı, abonentlərin sayı 29, 3-fazlı , 0,4kV-luq dayaqlarının sayı 20 ədəd olan A-16 markalı fiderin ümumi uzunluğu 950 m olan elektrik təchizat sxemi göstərilmişdir.



Şək.1. 0.4 kV-luq elektrik təchizat şəbəkəsinin sxemi

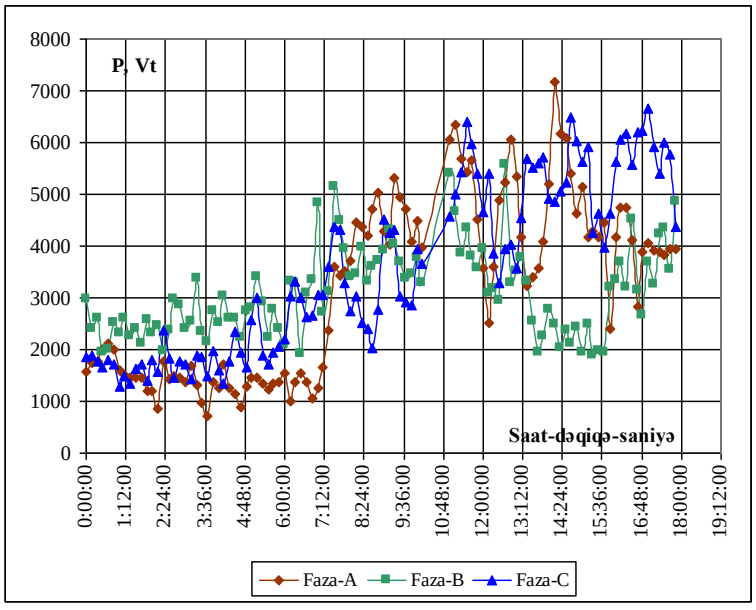
Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin ölçülərinin qeydiyyatı və nəticələrinin emalı üçün rəqəmsal cihazlardan və kompüter sistemindən istifadə olunmuşdur. Alınan nəticələr sonradan riyazi emal üçün kompüterin yaddaşında saxlanılır. 0.4 kV-luq elektrik şəbəkəsi nümunəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsinin təyini üçün yay mövsümündə 63 kVA-lıq transformator məntəqəsinin (TM) 0.4 kV-luq tərəfində rejim parametrlərinin qeydiyyatı aparılmışdır və təcrübələrin nəticələri emal olunmuşdur. Ölçülər transformator məntəqəsinin 0.4 kV-luq şindən çıxan üç fazlı bir fiderinin baş hissəsində və ən uzaqda yerləşən (950 m) bir fazlı abonentin qoşulma sərhəddində yay mövsümünün 3 günü ərzində «Simens» firmasının «SIMEAS Q» ölçü-hesabat kompleksi və verilənlərin ötürülməsi və təhlili üçün «SICARO Q» proqram təminatı [3] vasitəsilə yerinə yetirilmişdir. Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin ölçülərinin nəticələrinin qrafikləri şəkil 2,3 və 4-də verilmişdir.



Şək. 2. 0.4 kV-luq fiderin baş hissəsində gərginliyin fazalarda dəyişməsi qrafikləri

Fiderin baş hissəsində gərginliyin fazalarda dəyişməsi qrafikləri göstərir ki, gərginliyn səviyyəsi yay mövsümündə 210-228 V hədlərindədir, yəni normal səviyyədədir (şəkil 2). Fazalarda gərginliklər qeyri simmetrikdir və saat 18-də 211-218-228 V, yəni 17 V fərqlənir. Eyni zamanda uzaqda yerləşən tələbatçılarda gərginliyin səviyyəsi 145-230 V həddlərində dəyişir ki, bu da EEKG pozulduğunu təsdiq edir.

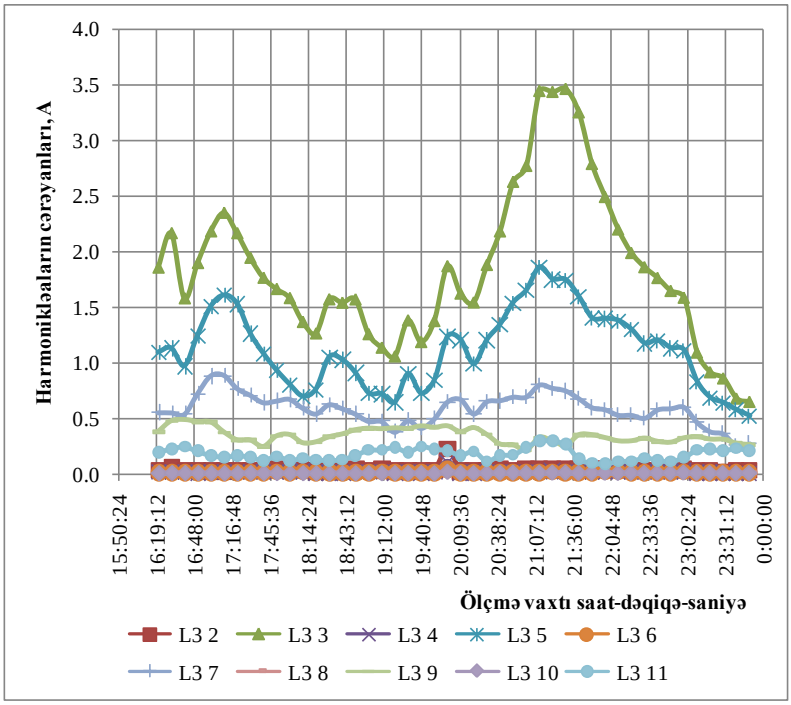
Təcrübələrin nəticələrinin təhlili göstərir ki, fiderin baş hissəsinin fazalarında yüklər üçfazlı tam yükün 15, 35 və 50% civarında dəyişir. Fiderin baş hissəsində reaktiv gücün fazalarda dəyişməsi qrafikləri göstərir ki, reaktiv güclər 800-1600 VAr təşkil edir. Fiderdə tam reaktiv yükü 3200 VAr səviyyəsindədir (şəkil 3) və fazalarda qiymətləri 25% - 50% hədlərində dəyişir.



Şək. 3. 0.4 kV-luq fiderin baş hissəsində aktiv güclərin dəyişməsi qrafikləri.

TM 0.4 kV-luq şinlərində və ən uzaq (600-950 км) tələbatçılarda gərginliyin səviyyəsi günün 40% vaxtı ərzində 5%, 25% (6 saat) vaxtı ərzində 30% qədər nomadan az səviyyəyə enir (şəkil 2).

Fiderin baş hissəsində cərəyanın harmoniklərin dəyişməsi qrafiki şəkil 4-də verilmişdir. Fiderin baş hissəsində 3-cü harmonikanın maksimal qiyməti 3.5 A səviyyəsindədir və 1-ci harmonikanın 13.46%-ni təşkil edir. Digər harmonikalar müvafiq olaraq: 5-ci 6.7%-ni, 7-ci 2.88%-ni; 9-cu 1.92%-ni; 11-ci 1%-ni təşkil edir. Təhlilin nəticələri göstərir ki, fiderdə 3, 5, 9-cu harmoniklərin səviyyəsi normal buraxıla bilən qiymətlərdən çoxdur.



Şəkil 4. Fiderin baş hissəsində harmoniklərin dəyişməsi qrafiki

Aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, uzunluğu 400 m-dən çox olan yaşayış yerlərinin elektrik təchizat sxemlərinə yenidən baxılmalıdır və işlənməlidir.

Nəticələr

1. İstismarda olan 0.4 kV-luq paylayıcı elektrik şəbəkəsi nümunəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsinin təyini üçün transformator məntəqəsinin 0.4 kV-luq tərəfində aparılmış rejim parametrlərinin qeydiyyatı və təcrübələrin nəticələri emal olunmuşdur.
2. Tədqiqatlar nəticəsində 0.4 kV-luq real elektrik şəbəkəsi nümunəsində istismarda olan şəbəkələrdə EEKG normalarının pozulduğu, fazalarda cərəyanların qeyri-simmetrikliyinin 30% və daha çox hədlərdə dəyişməsi, tələbatçılarda gərginliyin səviyyəsinin buraxıla bilən həddən az olması müşahidə olunmuşdur.
3. PEŞ tələbatçıların elektrik enerjisinin keyfiyyət, etibarlılıq və qənaətlilik göstəricilərini təmin edən, elektrik enejisinin yeni elektrik təchizatı sxemlərinə keçidin zəruriliyi qeyd olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения /ГОСТ 13109–97. Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск: Изд-во стандартов, 1998, 30 с.
2. Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. М., Агропромиздат, 1985.
3. Balametov Ə.B., Xəlilov E.D. Enerji sistemin elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisi itkilərinin hesablanması, təhlili və normalaşdırılması. “Elm”, Bakı - 2015. -234 səh.

İSTİLİK ŞƏBƏKƏLƏRİ ÜÇÜN BƏSLƏYİCİ SUYUN HAZIRLANMA TEXNOLOGİYASININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

[1]Ələsgərov G.A., [2]Məmmədov Ş. H., [2]Şirinova A.Y., [2]Abdullayeva S.

[1] *Azərbaycan Memarlıq İnşaat Universiteti,*

[2]*Sumqayıt Dövlət Universiteti*

İstilik şəbəkələri vasitəsilə nəql edilən enerji daşıyıcıları tələbatçılara itkisiz və qısa yolla daşınmasını təmin edən texnoıoji sxemlərin işlənməsi müasir istilik sistemləri sahəsində məşğul olan alim və mütəxəsislərin, mühəndislərin qarşılarına qoyulan vacib məsələlərdən biridir.

Enerji-istilik daşınmasını təmin edən istilik şəbəkəıləri istilik mənbələrinin yerləşməsi yerindən asıllı olaraq on metrlərlə, kilometrlərlə uzanan mürəkkəb mühəndis-kommunikasiya sisteminin tərkib hissəsini təşkil edir. Bu zaman enerji-istilik daşınmasının qapalı konturda nəqli kifayyət qədər xarici və daxili təsirlərə, gərginliklərə məruz qalır və sistemin rentabelli işi təmin edilmir.

Enerji daşıyıcılarının çirklənmiş tərkibi tələb edilən normalara uyğun gəlməsi üçün onu emal edirlər. Bildiyimiz kimi istilik daşıyıcısı kimi istilik sistemlərində normalaşdırımış tərkibə malik bəsləyici sudan istifadə edirlər Bu zaman su hazırlayıcı qurğulardan istifadə edirlər. Suyun müxtəlif emal üsulları mövcud olduğundan istilik şəbəkələri üçün su hazırlığında ion mübadiləsindən, geniş istifadə edilir. Mövcud qurğularda, emal edilən suyun tərkibindən parçalanan hidrokarbonat ionları müqabilində kalsium və maqnezium ionları udulub, adsorbsiya edilir. Desorbsiya edilən kationlar işlənmiş regenerasiya məhlullarının tərkibinə keçir və su hövzələrinə axıdılır. Axıntıların tərkibində olan duzların miqdarı şirin su hövzələrindəki suyun duzluluğundan çox olduğundan onları çirkləndirir. Ətraf mühitin mühafizəsi üçün tədbirlərin görülməsinə baxmayaraq su hövzələrinin duzluluğunun lokal artımı müşahidə edilməkdədir.

Su hövzələrinə əsas duzdaşıyıcılardan biri hesab edilən su hazırlaycjı ionit qurğularının axıntı sularını duru və qatı olmaq şərti ilə iki hissəyə bölmək olar. Duru hissə maneəsiz, texnoloji sistemdə təkrar istifadə oluna bilər, yaxud duzluluğu ilkin suyun duzluluğundan artıq olmaması şərtini ödəməklə su hövzələrinə atıla bilər. Qatı hissə isə məlum sxem üzrə quru duz halına qədər emal edilib-buxarlandırıldıqdan sonra şlam yığıcılara toplanmalıdır. Lakin bu sxem çoxlu kapital xərcləri tələb edir və ona görə də geniş tətbiqini tapa bilmir. Yüksək qatılığlı axıntı sularının emalının adı çəkilən və ənənəvi sayılan sxeminin çatışmamazlıqları sırasına, həmçinin reagentlərdən istifadə və alınan çöküntülərin qeyri-birjinsliyi də daxildir. Qeyd edilən çatışmamazlıqları, son illər AzİMU-da təklif olunan istilik şəbəkələrinin su hazırlığına aid texnoloji üsullar aradan qaldırmağa imkan verir.

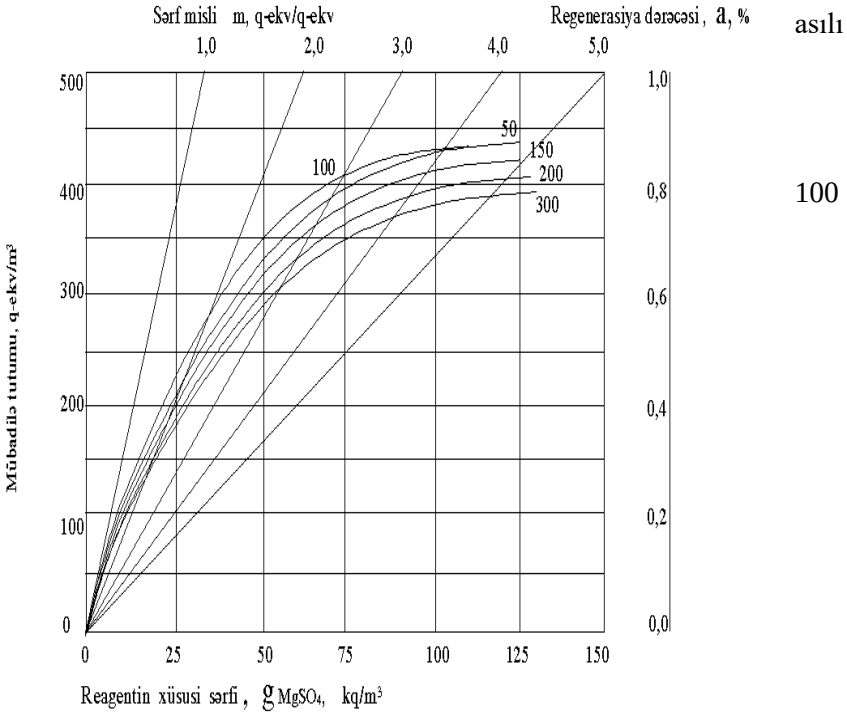
Bu texnoloji üsullar "natamam" regenerasiya rejimində işləyən hidrogen-kationit süzgəclərinin işlənmiş sulfat məhlullarının qatı hissəsindən az həll olan gipsi reagentsiz bircins çöküntü şəklində ayırmaqla yanaşı, axıntı sularının tsikldə tam istifadəsini təmin edir. Lakin həmin texnoloji üsullarda regenerasiya prosesində istifadə edilən sulfat turşusunun bir qismi kationitdə lüzumsuz tutulan maqnezium ionlarının desorbsiyasına sərf olunması, onun desorbsiyası zəruri olan kalsium ionlarına nəzərən sərf mislini artırır, kationitin faydalı istifadə edilən mübadilə tutumunu və xüsusi su hasilatını azaldır. Ona görə də emal prosesində parçalanan hidrokarbonat ionlarına ekvivalent miqdarda kalsium ionlarının tutulmasını, onun stexiometrik miqdar sulfat turşusu ilə desorbsiyasını və reagentsiz, bircins gips birləşməsi şəklində çökməsini təmin edən axıntısız hidrogen-kationlaşma proseslərinin işlənməsi aktual məsələdir.

Görülən işin əsas məqsədi istilik şəbəkələri üçün əlavə su hazırlanmasının səmərəli üsullarının işlənməsidir. Prosesin yüksək səmərəsini "natamam" regenerasiyalı hidrogen kationlaşmada yalnız kalsium ionlarının tutulmasını və onun stexiometrik miqdarda sulfat turşusu ilə desorbsiya edilməsini, kationitin kalsium ionlarına görə mübadilə tutumunun və xüsusi su hasilatının yüksəlişini, işlənmiş regenerasiya məhlulunun qatı hissəsi az həll olan gipsdən təmizləndikdən sonra təkrar regenerasiya prosesində istifadəsini təmin edir.

Aparılan maqnezium ionlarının bərpası, regenerasiya məhluluna əlavə maqnezium ionları daxiletmə zərurəti yaradır. Əlavə maqenzium ionlarının sistemə daxil edilməsi, ya gətirilən maqnezium duzları (əsasən sulfat duzu), ya da sulfat turşusunun çıxarılan kalsium ionlarına nəzarət sərf mislinin artırılması hesabına mümkün ola bilər ki, onlarında hər ikisi işlənmiş texnoloji üsulun əsas şərtini - xaricedilən kalsium ionlarına sərf edilən regenerantın minimalaşdırılması şərtini təmin etmədiyi üçün məqbul hesab edilə bilməz.

Ona görə sistemdən kənarlaşdırılan işlənmiş məhlul həcminin azaldılması yolu ilə regenerasiya məhlulundakı maqnezium ionlarının itkisini məhdudlaşdırılması daha mötəbər sayıla bilər. Bunula da, gətirilən reagentlərdən yalnız sulfat turşusu istifadə etməklə "natamam" regenerasiyalı hidrogen-kationlaşmada onun ekvivalent miqdar kalsium ionları desorbsiya etməsi praktiki olaraq təmin edilmiş olar.

Qeyd etmək olar ki, prosesin səmərəli gedişi mübadilə tutumu tükənmiş süzgəcə verilən işlənmiş məhlulunun tərkibində toplaşmış maqnezium ionlarının və ona qarışdırılan sulfat turşusunun miqdarı ilə qatılığından və həmçinin sulfat turşusunun qarışdarma anından asılı olacaqdır. Mübadilə tutumu tükənmiş kationitin maqnezium sulfatla regenerasiya prosesinin tədqiqi (şək.1) onun xüsusi sərfinin 45 kq/m^3, qatılığının isə mq-ekv/dm^3 saxlanmasının daha əlverişli olduğunu müəyyən etmişdir. Bunu nəzərə alaraq regenerasiya prosesində iştirak edən maqenizum ionlarının miqdarı və qatılığını qeyd edilən səviyyədə saxlamaqla, ona qarışdırılan sulfat turşusunun qarışdırılma anının və davam müddətini variasiya etməklə aşağıda şərh edilən tədqiqatlar aparılmışdır. Ayrı-ayrı təcrübələrdə işləmiş məhlula verilən sulfat turşusunun davam müddəti turşunun miqdarı və qatılığı ilə tənzimlənmişdir. Təcrübələr 4 mərhələdə və tələb edilən edilən metodika üzrə aparılmşdır.



Şək.1. Sulfokömür kationitinin texnoloji göstəricilərinin (Ca, m ,a) regenerasiyaedici maqnezium sulfat məhlunun xüsusi sərfi (g) və qatılığından (S) asıllığı

Codluq ionlarının təyini ilə yanaşı süzgəci tərk edən məhlul hissələrinin qələvi və ya turş mühitə malik olması da yoxlanılmışdır. Süzüntüdə sonuncu praktiki olaraq müşahidə edilməmişdir. Yəni regenerasiyaya verilən sulfat turşusu kationitdə tam mənimsənilməmişdir. İzlənən regenerasiya prosesinin çıxış əyriləri şək. 2 a-da verilmişdir.

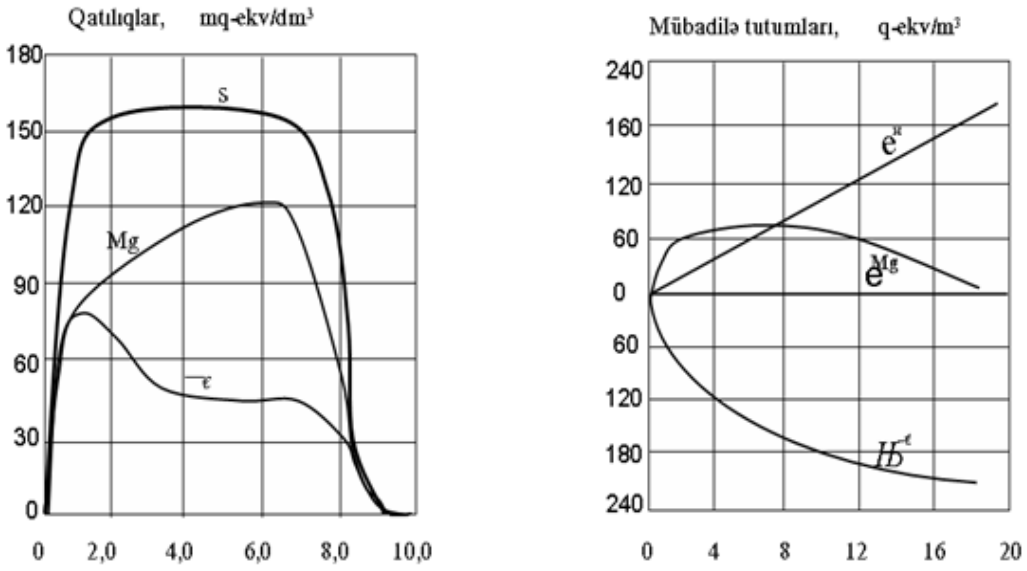
Şək.2 a-dan göründüyü kimi prosesin əvvəlində süzgəci tərk edən işlənmiş məhlulun tərkibində codluq ionlarının ümumi, eləcə də ionların kalsium və maqnezium təşkil edicilərinin qiymətləri intensiv olaraq artır. Sonra codluq ionlarının ümumi qatılığı öz maksiumal qiymətinə yetişərək sabitləşir və regenerasiya məhlulu verilib qurtaranadək praktiki olaraq dəyişməz qalır. Yuma əməliyyatının başlanğıcında da o, öz maksimum qiymətini müəyyən müddət saxlayır və sonra isə intensiv olaraq azalır.

Regenerasiya prosesinin qurulmuş çıxış əyrilərindən (şək.2a) və müvafiq formulalardan istifadə edərək proses boyu desorbsiya olunan kalsium ilə mənimsənilən hidrogen və maqnezium ionlarının mübadilə tutumları ilə ifadə edilmiş miqdarlarının, sərf edilən hidrogen və maqnezium ionlarının ümumi miqdarından (g_{H+Mg}, kq/m^3) asılı olaraq dəyişmə qrafikləri qurulmuşdur (şək. 2b)

Şəkildən (2b) göründüyü kimi, regenerasiyaya verilən məhlulda hidrogen və maqnezium ionlarının qatılıqlarının xeyli fərqli ($S_H : S_{mg} = 1 : 4$) olmasına baxmayaraq, onlar prosesin əvvəlində praktiki olaraq eyni miqdarda və düz xətt qanunu ilə mənimsənilir.

Tədqiqat zamanı əldə edilmiş nəticələrə əsasən demək olar ki, sulfat turşusunun regenerasiya prosesinə calsim və maqnezium tərkibli axıntılarla birgə verilməsi daha münasibdir. Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı konkret məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

- "Natamam" regenerasiyalı hidrogen-kationlaşmada daha geniş istifadə olunan kationitin maqnezium formasına çevrilməsi prosesinin tədqiqi;



Şək. 2 Regenerasiyaedici sulfat turşusu qatılmış işlənmiş məhlulun regenerasiya prosesinin tam mərhələsində verilməsi ilə aparılan regenerasiya prosesinin çıxış (a), prosesdə mübadilə olunan ionların (H,Mg,Ca) və sərf olunan ionların (H,Mg) miqdarından asılıqları (b).

- Regenerasiyaedic sulfat turşusunun bilavasitə tərkibində maqnezium ionları olan işlənmiş məhlulda hazırlanması ilə "natamam" regenerasiya üsulunun işlənməsi;
- Regenerasiya prosesində təkrar istifadə edilən işlənmiş məhlula qarışdırılan sulfat turşusunun daxil edilməsinin daha əlverişli anının müəyyənləşdirilməsi;
- Regenerasiyaedici sulfat turşusundan öncə maqnezium formasına çevrilən kationitdə pilləli regenerasiya prosesinin tədqiqi və eksperimental-statistik modelinin müəyyənləşdirilməsi;
- Tədqiqatın nətijələrinə əsaslanan əlavə su hazırlığının texnoloj sxemlərinin işlənməsi

Ədəbiyyat siyahısı

1. Фейзиев Г.К. Высоко-эффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. Баку.: 2009, 441 с.
2. Методические указания по проектированию ТЭС с максимально сокращенными стоками. // Боднарь Ю.Ф., Быстрова Т.Ф., Гронский Р.К., Федосеев Б.С., Фейзиев Г.К., и др. - Москва: ВТИ, ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, АзИСИ, 1991. 152 с.
3. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Москва: Энергия, 1976. 288 с.
4. Feyziyev H.Q., Cəlilov M.F. İstilik təchizatı, dərslik. AZKOHД, 2008. - 651c.
5. Ələsgərov G.A. İstilik şəbəkələri üçün kimyəvi üsulla qidalandırıcı suyun axıntısız hazırlanması. Monoqrafiya. Bakı, Elm, Bakı-2001, 96 s.

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ İTKİLƏRİ AZALTMAQ MƏQSƏDİLƏ RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYANIN TƏTBİQİ

Əsgərov C.S., Həmidov M.H., Qurbanov S.E.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
E-mail: mr.qurbanov1993@mail.ru

Rəqəmsal texnologiya - xüsusi kodlaşdırma, mübadilə və istifadə qaydalarına əsaslanaraq informsiya proseslərinin yerinə yetirilməsi zamanı yəni,informasiyanın saxlanması, daşınması və ötürülmsində yüksək sürətin,operativliyin və yaddaşa qənaət etməklə daha çox məlumatın əldə olunmasını təmin edir. Rəqəmsal texnologiya informasiya emalı prosesində dəqiq riyazi üsulların tətbiqinə və o cümlədən informasiya ilə

müxtəlif manipulyasiyaların həyata keçirilmsinə imkan yaradır. Rəqəmsal Elektrik şəbəkələrinin üstünlükləri, məhz rəqəmsal texnologiyanın malik olduğu üstünlüklərə əsaslanır.[1]. İndi isə gəlin, inqilabi texnologiyanın elektrik şəbəkələrinə tətbiqini nəzərdən keçirək**.** Əgər rəqəmsal texnologiyanın elektrik şəbəkəsinə tətbiqini nəzərdən keçirsək, bunun yalnız elektrik şəbəkəsi ilə məhdudlaşmadığını görərik. Çünki, Elektrik stansiyasından tutmuş, EVHX-də, yarımstansiyada və həmçinin ən sadə transformator məntəqəsinndə belə rəqəmsal relelərə, optik cihazlara avtomatika avadanlıqlarına və.s rast gəlmək olar.Elektrik şəbəkəsində istifadə olunan rəqəmsal texnologiyanın əsas vəzifəsi, elektrik avadanlıqlarının normal,etibarlı və təhlükəsiz işini təmin etməkdir. [2]

Bundan başqa yarımstansiyanın idarə edilməsində,həmçinin bütün yarımstansiyaların əlaqələndirilərək vahid mərkəz tərəfindən idarə edilməsi mərkəzi dispetçer xidməti (MDX) üçün rəqəmsal texnologiyaya əsaslanan daha bir sistemdən-SCADA dan çox geniş miqyasda istifadə olunur. SCADA sistemi öz dəqiqliyi,selektivliyi və operativliyi ilə digər buna bənzər sistemlərdən təmamilə fərqlənir. Yarımstansiyalardakı rəqəmsal texnologiya ilə tanış olaq. Bundan öncə yarımstansiyalarda illərdir ki tətbiq olunan elektromaqnit relelərin fəailiyyətinə nəzər salaq.İlk olaraq elektromaqnit relelərin malik olduğu nöqsanları və bunun nəticəsində şəbəkədə yaranan qəzalardan söz açaq. Daha sonra isə rəqəmsal relelərin tətbiqi ilə əlaqədər şəbəkədəki qəzaların kəskin şəkildə azaldığını və bu relelərin əsas üstünlüklərindən danışaq.[1]

Elektrik şəbəkələrində itkiləri normal həddə saxlamaq üçün yüklənmə həddi də normada saxlanmalıdır. Belə ki, artıq yüklənən transformator və ya EVX üzərindəki əlavə yük digər xətlərin üzərinə verilməlidir. Əlbəttə bu cəld selektiv və digər qurğuların işini pozmamalıdır. Belə bir tələbi yalnız Scada idarə sisteminin Smart Grid texnologiyası ödəyə bilir.

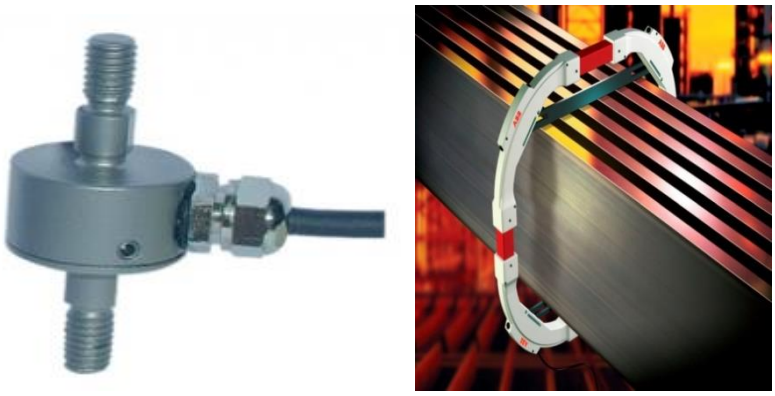
Elektromaqnit relelər yarım əsrdən artıq bir zamanda istifadə olunmasına baxmayaraq , müxtəlif çatışmaz cəhətlərinə görə onların etibarlılıq dərəcəsi çox yüksək ola bilməmişdir. Bu relelərin bir qayda olaraq daimi qulluq tələb etməsini və istismarının çətinliyini nəzərə almasaq, elektromaqnit relelərin aşağıdakı mənfi cəhətlərini vurğulamaq olar. Rele kontaktlarının açılıb bağlanmasının ətalətlə(zərblə) həyata keçirilməsi, Bir neçə açılmadan sonra kontakt müqavimətlərinin nəzərəçarpacaq dərəcədə dəyişməsi, Elektrik aşınmasının və mexaniki dayanıqlılığın aşağı olması, Dəqiq və həssaslığın aşağı olması, Selektivliyin və cəldişləmə qabiliyyətinin rəqəmsal relelərlə müqayisədə olduqca aşağı olması. Məhz sadaladığımız bu çatışmazlıqlar elektromaqnit relelərin etibarlılığını olduqca aşağı salır. Bu çatışmazlıqların əksəriyyəti rəqəmsal relelərdə aradan qaldırıldı. Unutmaq olmaz ki, rele-avtomatika avadanlıqlarının etibarlı və dəqiq işi yarımstansiyada olan avadanlıqların etibarlı və uzunmüddətli işini təmin etdi. Rəqəmsal rele elektrik şəbəkəsindəki avadanlıqların təhlükəsiz və etibarlı işinitəmin etmək və prosesləri analiz etmək üçün daxili mikroprosessor sistemindən istifadə edir. Mikroprosessor(CPU)-relenin düşünən beyni olub, hesab-məntiq əməllərini və idarəni həyata keçirir. Mikroprosessor hesab-məntiq və idarə qurğusunu özündə birləşdirir. [3]

Nəzərə almaq lazımdır ki, bir mikroprosessor sxemi üzərində bir neçə tranzistordan tutmuş, bir neçə milyon tranzistora kimi birləşdirilə bilər. Prosessorun məhsuldarlığı isə onun bir saniyədə icra etdiyi əməliyyatların sayı ilə ölçülür. Relelərin iş prinsipi onun proqram təminatı ilə müəyyənləşdirilir. Proqram təminatı (software) Isə rəqəmsal releye öncədən yazılmış icraedici əmrlər(alqoritmlər və məntiqi tənliklər) ardıcıllığıdır. Məhz bu proqram təminatı bizim rəqəmsal rele ilə interfeys yaratmağımızı təmin edir.

Elektrik enerjisini qəbul edib, onu bir gərginlikdən digər gərginliyə çevirmək və nominal parametrlərə uyğun bir şəkildə nəzərdə tutulmuş müəsisələrə ötürmək üçün yarımstansiyalarda bir çox önəmli elektrik avadanlıqları istifadə edilir.Məlum olduğu kimi güc transformatorlarından tutmuş, müxtəlif növ açar və avadanlıqların təhlükəsiz və etibarlı işini təmin etmək üçün yarımstansiyalarda rele-avtomatika avadanlıqları quraşdırılır. İllər əvvəl bu avadanlıqlar analoq sistemlərə və ən sadə elektromaqnit qanunlara əsaslansa da, hazırda bunun üçün ən son rəqəmsal texnologiya istifadə olunur. Yuxaridakı şəkildə rəqəmsal texnologiya əsasında dizayn edilmiş yarımstansiyanın şin arxetekturasının sxemi verilmişdir.[4]

Rəqəmsal yarımstansiyanın əmələ gəlməsi üçün olduqca müasir, yeni prinsip və imkanlara malik avadanlıqlardan istifadə olunur. Bu avadanlıqların dəqiq və səlist işi sistemin daha dayanıqlı və etibarlı işinin təminatıdır.Yarımstansiyanın rəqəmsal texnologiya əsasında qurulması üçün tələb olunan avadanlıqların bəziləri ilə tanış olaq. Biz yarımstansiyada istifadə olunan rəqəmsal relelər haqqında danışdıq. İndi isə sistemin qurulması üçün lazım olan digər avadanlıqları nəzərdən keçirək[1]. Ümumi halda rəqəmsal yarımstansiyada istifadə olunan avadanlıqlara ən sadə fiber optik kabellərdən tutmuş, müxtəlif keçirici modullar, anoloq-rəqəm çeviriciləri, kommunikasiya düyünlərini birləşdirən rəqəmsal idarə sxemini, müxtəlif növ modbus terminallarını, optik cərəyan və gərginlik sensorlarını(transformatorları) və.s misal göstərmək olar. (Şəkil 2).

Şəkil 1. Şin arxetekturasının praktiki prosesləri



Şəkil 2. Optik gərginlik və cərəyan sensorlarını

Ədəbiyyat siyahısı

1.Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems October 2004 OFFICE OF THE MANAGER NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM P.O. Box 4052 Arlington, VA 22204-4052

2. Bakıelektrikşəbəkə ASC – Tədris Mərkəzi (Qara Həsənov) – Elektrikquraşdırma;

3. А.А. Федеров и Б.А. Киязевский – Электроснабжение промышленных предприятий;

4. Л.Л. Коновалова, Л.Д. Рожкова – Электроснабжение промышленных предприятий и установок

GENERATORLARIN QARŞILIQLI HƏRƏKƏTİNİ NƏZƏRƏ ALMAQLA DİNAMİKİ DAYANIQLIĞIN TƏDQİQİ

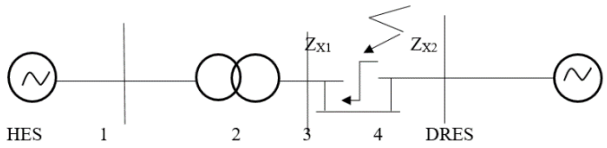
Həmidov M.H., Əliyev A.Q.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

hemidov1946@mail.ru

Məsələnin həlli məqsədilə, eyni sisteminin dinamiki dayanıqlığını hesablamaq üçün, tədqiq olunan elektrik stansiyalarını ekvivalent generatorlarla əvəz edirik. Qəbul etdiyimiz ekvivalentləşdirmədə, elektrik stansiyalarında generatorların rotorlarının bir-birinə nəzərən qarşılıqlı hərəkəti nəzərə alınmır. Lakin bu faktorun nəzərə alınması vacibdir. Tədqiqatın aparılması üçün enerjisi sistemi iki hissəyə bölür.

Hesabat üçün HES və DRES arasındakı bir neçə düyünlərdə qısa qapanmanın (q/q) açılması müddətinin son həddinin dəyişməsinin qiymətləndirilməsi tələbini qoyuruq.



Şək.1. Generatorların qarşılıqlı hərəkətinin nəzərə alınması sxemi

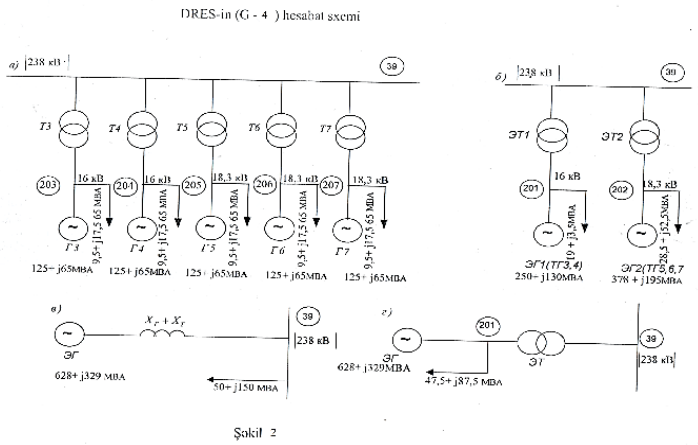
Tutaq ki, qısaqapanma yerinə ən yaxın olan 4 düyününə qoşulmuş elektrik stansiyanın 3 düyünündə qısaqapanmanın açılması müddətinin son həddinin dəyişməsinin qiymətləndirilməsi lazımdır. Bu 220 kv-luq şinə işləyən DRESS-ə aid edilir.

Tədqiqatlar göstəriri ki, bu zaman sinxronizmdən DRES deyil, əksinə qısaqapanma nöqtəsindən daha uzaq olan HES-in generatorları da işdən [1] çıxır. Odur ki, HES-in müxtəlif təqdimatlarının açılma müddətinin son həddqiymətinə təsiri də tədqiq olunmalıdır. Sxemdə (şək.1) DRES(4) və HES(1) ardıcıl olaraq hər biri ekvivalent generatorla, digərləri isə iki ekvivalent generatorla və bütün generatorlarla əvəz olunublar.

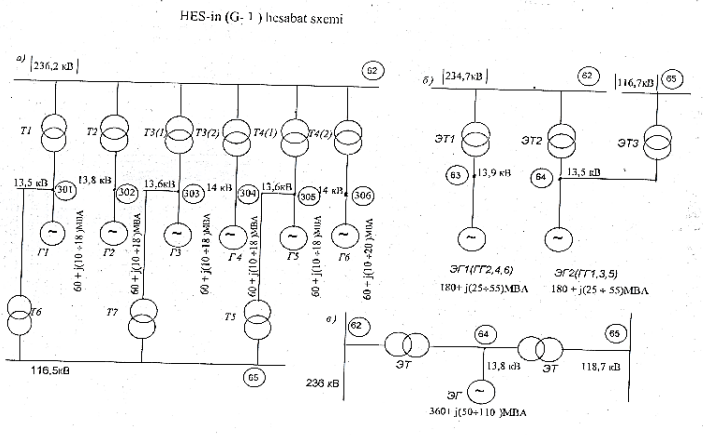
Hesabatın aparılması məqsədilə həm DRES-in və həm də HES-in hesabat sxemlərini tərtib edirik. (şək.2 və şək.3).

Bir qrup generatorların bir ekvivalent generatorla əvəz olunmasının dayanıqlığın hesabat nəticəsinə təsiri, əvəz olunan generatorların parametrik qiymətlərinin yaxınlığından və onların şəbəkəyə qoşulma sxeminin eyniliyindən asılıdır. [1]

Qəbul edirik ki, DRES-də eyni tipli iki generator qrupu mövcuddur. Birinci qrupa G203 və G204 yəni Г3 və Г4 generatorları, ikinci qrupa isə G205, G206, G207-Г5; Г6 və Г7 generatorları daxildir. Müxtəlif qrupa daxil olan generatorların parametrləri arasındakı fərq kiçik olduğundan generatorların sxemə qoşulması eynidir. Lakin HES-də beş ədəd eyni tipli, bir ədəd isə başqa tipli



Şəkil 2



Şəkil 3

generator olduğunu qəbul edirik. Eyni zamanda qəbul edirik ki, 1,3 və 5 generatorları 110kv-luq işləyir. Bələliklə şərti olaraq iki generatorlar qrupunun təşkil olunmasını nəzərdə tutulur. Şərtilik həm də ondan ibarətdir ki, T-3(1); T-3(2); T-4(1) və T-4(2) transformatorları real olaraq T-3 və T-4 transformatorlarının alçaq tərəf gərginliklərinin budaqlanmış dolaqlarıdır.

Belə şərtlər daxilndə fərz edə bilərik ki, DRES generatorları arasında e.h.q.-nin bucaq ayrılığı olduqca kiçikdir, odur ki, HES-dəki generatorlar üçün qrup daxilindəki (G301, G303 və G305) çox da böyük olmayacaq və qruplar arasındakı fərq əhəmiyyətli dərəcədə olacaqdır.

Nisbi hərəkətin nəzərə alınmaması $t_{ac.pr.}$-nin 0.3 san artmasına gətirib çıxarır ki, bu da hesablanmış variant (AB) üçün $t_{acıl.həd.}$-nin 27.2%-ni təşkil edir.

DRES-in iki ekvivalent generatorla əvəz olunması (variant I) müqayisədə elektromexaniki keçid prosesinin tətbiqini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Bu zaman 2-ci variant nisbətən 0.1 san dəqiqliklə müəyyən olunub.

Beləliklə qrupa daxil olan eyni tipli generatorların nisbi hərəkətinin nəzərə alınması üçün sxemin iki ekvivalent generatorla əvəz olunmasını qənaətbəxş qəbul etdiyimiz nəticə ilə uyğun olur və bu hal ümumi nəticəyə təsir etmir.

Lakin HES-in bütün generatorlarla təqdim olunması elektromexaniki keçid prosesinin görünüşünü əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir və $t_{acıl.həd}$ kəmiyyətinin 0.1 san azalmasına səbəb olur. Bir sıra hallarda $t_{acıl} > t_{acıl.həd}$ olduqda qısaqapanma yerinə yaxın olan DRES, digər generatorlara nəzərən öz dayanıqlığını saxlayır. Birinci və ikinci yırğalanma dövründə qısaqapanma yerindən nisbətən uzaqda yerləşən HES-in dayanıqlığı pozulur. HES-in dayanıqlığının titrəyişlə pozulması 2, 3 və 4 düyünlərində gücün ləng titrəməsi ilə əlaqədar hidrogeneratorlarla sakitləşdirici asinxron onların nisbətən az olması ilə əlaqədar olur.

Dayanıqlığın saxlanması zamanı Г4 hidrogeneratorda (sxem 3) sinxronizmin itməsi və digər hidrogeneratorların işləməsi, onun sistemə qoşulması sxemi və reaktiv müqavimətin böyük qiymət alması ilə izah olunur:

$$\left.\begin{array}{l} X_{d4} > X_{d2} > X_{d6} \\ X_{d4} = X_{d2} > X_{d6} \\ X_{q4} > X_{q2} > X_{qb} \end{array}\right\}$$

Məlum olduğu kimi [2] ekvivalentləşdirmə zamanı yüklərin generator gərginliyi şinlərindən, yüksək gərginlik şinlərin, yarımstansiyalarının daha yüksək gərginlik şinlərinə köçürülməsindən imtina etmək lazımdır, belə ki, bu cür küçürmə zamanı dinamiki dayanıqlığın hesabatına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.[3]

Baxılan məqalədə belə təsirləri yoxlamaq məqsədilə DRES-i ekvivalent generator-transformator bloku ilə əvəz etməklə hesabat apararaq belə nəticəyə gəlir ki, $t_{acıl.həd}$ kəmiyyəti demək olar ki, dəyişməz qalır. Sonrakı tədqiqatlarımızda yükün müxtəlif xarakterliyini nəzərə almaqla hesabatın aparılması nəzərdə tutulur, bu zaman yükün modelləşdirilməsi üsullarının analizinə xüsusi fikir verilir.

Nəticə

Məqalədə, generatorların qarşılıqlı hərəkəti nəzərə alınmaqla dinamiki dayanıqlığın hesablanması metodikası araşdırılmış, hesabat sxemi qurulmuş və sadə sistemlərin faza koordinatlarında dinamiki dayanıqlığı hesablamaq üçün əlverişli metod işlənilmişdir.

İşlənilmiş metod və kompyuter proqramı elektrik sistemlərinin generator və elektrik yüklərinin xüsusiyyətləri nöqteyi nəzərindən baxılan qeyri-simmetrik rejimin uzun müddətli iş rejimini analiz etmək, simmetrikləşdirici qurğuların tətbiqinin labüdlüyünü aşkarlamaq və eləcə də gözlənilən qəzanın araşdırılması, mühafizə qurğularının həssaslığının qiymətləndirilməsi və onların parametrlərinin seçilməsi üçün tətbiq oluna bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Овчаренко Н.И. «Автоматика энергосистем» Москва, изд. МЭИ, 2009
2. Юсифбейли Н.А. «Электрической способ оперативной оценки устойчивости энергосистем » Техническая электродинамика. №1 2004, ст. 15-18
3. Yusifbəyli N.A., Quliyev H.B. “Elektrik sistemlərinin avtomatikası” Bakı-2017, səh. 457

PARALEL İŞLƏYƏN NEFT ÖTÜRÜCÜ BORULARININ ENERGETİK GÖSTƏRİCİLƏRİ

Həmidov M.H., Tağızadə S.M.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Bir çox neftçıxarma sahələri, neft emalı müəssisələrilə iki və daha çox borular vasitəsilə əlaqələndirilir.Bu zaman hasil olunmuş neftin nəqlində iştirak edən elektrik avadanlıqları xüsusilə də nasos stansiyaları və eləcədə neft boru kəmərləri mürəkkəb iqlim şəraitinə məruz qalırlar[1].

Əksər neftçıxarma sahələri, neft emalı müəssisələrilə ötürücü boru kəmərləri vasitəsilə müxtəlif variantlarla əlaqələndirilir.Bu baxımdan borular əksər hallarda paralel qoşulurlar ri, bu da daha çox məhsulun ötürülmə -sinə imkan verir.Belə hallarda paralel işləyən borularda nefnin çəkilib vurulması və paylanmasında optimal variantların seçilməsi məsələsi aktual olur.

Hər bir boru kəmərinə işləyən aqreqatların enerji sərfinin minimuma endirilməsi, neftin maya dəyərinin aşağı salınmasına imkan verir [2].

Ona görədə neftin paralel borular vasitəsilə vurulmasında xərclərin minumuma endirilməsi və paylanmanın optimal variantının seçilməsi lazım gəlir.

Xərclərin minumuma endirilməsi:

$$W = \sum_{i=1}^{m} F_i\,(q_i) \qquad (1)$$

aşağədakı şərtə görə:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} q_i \qquad (2)$$

burada W-vahid zamanda tələb olunan elektrik enerjisinin qiyməti , F_i-vahid zamanda optimal rejimdə i-ci boru kəmərinin aqreqatlarının və elektrik enerji tələbatçılarının elektrik enerji dəyəri , q_i-isə i-ci boru kəmərlərinin məhsuldarlığı , Q–bütün boru kəməri sistemilə çəkib vurmanın məhsuldarlığı, m-proqramlaşdırılmış sistemdəki paralel boru kəmərlərinin sayıdır.Bunun üçün yaza bilərik:

$$Q_k = \sum_{i=1}^{k} q_k \quad \text{и} \quad W_к = \sum_{i=1}^{k} F_i \qquad (3)$$

Q_k-kəmiyyəti birinci K boru kəmərlərinin məhsuldarlıqlarının cəmini təşkil edir , W_k-bu boruların aqreqatlarının vahid zamanda tələb etdikləri elektrik enerjisinin qiymətidir. Şübhəsiz ki, optimal məhsuldarlıq şəraitində bu kəmiyyətin qiyməti təkcə $Q_k - \varphi_k(Q_k)$ –nın funksiyasıdır. Optimallıq prinsipi baxımından həmin funksiyanın qiyməti belə təyin edilir:

$$\varphi_k(q_k) = q_{k\,min}[\varphi_{k-1}(Q_{k-1}) + F_k(q_k)] =$$
$$= q_{k\,\min}[\varphi_{k-1}(Q_k - q_k) + F_k(q_k)] \qquad (4)$$

$\varphi_k(Q_k)$ – funksiyasını təyin etmək üçün hər bir Q_k və q_k-nın icazə verilən qiymətləri sırasından istifadə olunur.

Sistemin hər bir boru kəmərinin məhsuldarlığı müsbət kəmiyyət olub, buraxma qabiliyyətindən q_i° çox ola bilmədiyi üçün

$$0 \le q_i \le q_i^{\circ} \qquad (5)$$

buradan alınır ki

$$Q_k = \sum_{i-1}^{k} q_i \le \sum_{i=1}^{k} q_i^{\circ} \qquad (6)$$

$$Q_{k-1} = Q_k - q_k \le \sum_{i=1}^{k-1} q_i^{\circ} \qquad (7)$$

Həmçinin ilk K-boru kəmərinin məhsuldarlığı qalan m-k boru kəmərləri üçün çəkib vurmanın məhsuldarlığını $Q - Q_k$-ya çatdırmalıdır , başqa sözlə

$$Q - Q_k \le \sum_{i=k+1}^{m} q_i^{\circ} \qquad (8)$$

(5) və (8) ifadələrindən buraxıla bilən qiymətlər oblastını alırıq:

$$Q - \sum_{i=k+1}^{m} q_i^{\circ} \le Q_k \le \sum_{i=1}^{k} q^{\circ} \qquad (9)$$

q_k-nın buraxıla bilən qiymətlər oblastı (5 və 7 ifadələrindən tapılır)

$$Q_k - \sum_{i=1}^{k-1} q_i^{\circ} \le q_k \le q_k^{\circ} \qquad (10)$$

Beləliklə , paralel boru kəmərlərilə çəkib vurma məsələsinin həlli çoxaddımlı kompüter proqramlaşdırılması məsələsinə çevrilir.

İlk K-boru kəmərinin cəmi məhsuldarlığı Q_k-ya bərabər olduğu halda aqreqatların tələb etdikləri elektrik enerjisinin maksimal qiymətini təyin edən $\varphi_k(Q_k)$ funksiyası K addımında qurulur. Funksiyanı qurmaq üçün belə bir məsələ həll edilir: Q_k-nın (9) oblastından götürülən hər bir qiy -məti üçün (10) oblastının q_k-nın elə qiymətini təyin etmək lazımdır

$$\varphi_{k-1}(Q_r - q_k) + F_k(q_k) \qquad (11)$$

ifadəsi minimal qiymət alsın. Hər bir qiymətə uyğun olaraq Q_k-nın müəyyən qiyməti götürülür.Bu qiymətə uyğun olaraq (11) ifadəsi minimum olur və eyni vaxtda $\varphi_k(Q_{k)}$ funksiyasının qurulması prosesilə yanaşı $\varphi_k(Q_k)$ funksiyası da qurulur:

$$q_k^{\circ} = \psi_k(Q_k) \qquad (12)$$

m-sayda belə addımlar ataraq Q məhsuldarlığının verilən qiymətində çəkib vurmanın optimal paylanması zamanı (1) hədəf funksiyasının qiymətini alırıq: $minW = \frac{\varphi_m(Q_m)}{Q_m} = Q$

Əvvəldə qurduğumuz (12) funksiyasını istifadə edərək çəkib vurmanın optimal paylanması şəraitində m-ci boru kəmərinin məhsuldarlığı da təyin edilir:

$$q_m^{\circ} = \frac{\psi_m(Q_m)}{Q_m} = Q$$

Sonra qalan m-1 boru kəmərlərinin cəmi məhsuldarlığını $Q_{m^{\circ}-1}^{*}$ təyin edirik.Çəkib vurmanın optimal paylanması zamanı ardıcıllıqla hər bir boru kəmərinin məhsuldarlığını təyin edirik:

$$Q_{m-1}^{*} = Q - q_{m^{\circ}-1}^{*} \; ; q_{m^{\circ}-1}^{*} = \psi_{m-1}(Q_{m^{\circ}-1}^{*})$$
$$Q_2^{*\circ} = Q_2^{*\circ} - q_2^{*\circ} \; ; \qquad q_2^{*\circ} = \psi_2(Q_2)^{*}$$
$$Q_1^{*\circ} = Q_2^{*\circ} - q_2^{*\circ} = q_1^{*\circ} \; .$$

Beləliklə , paralel boru kəmərləri sistemi vasitəsilə çəkib vurmanin optimal paylanması məsələsi tamamilə həll edilir. Bunun həlli məqsədilə hazırlıq mərhələsində sistemin hər bir boru kəməri üçün $F_i(q_i)$ funksiya- sını qurmaq lazım gəlir. Məhsuldarlığın dəyişməsinin bütün diapazonu -nu əhatə edən qeydə alınmış qiymətlərində hər bir boru kəmərinin mak-simal buraxma qabiliyyətində q_i° təyin etdirik.Hədəf funksiyalarının bir cut q_1 və q_2 müqayisəsindən görürük ki birinci boru kəmərində çəkib vurma $q_1 = 1000\ M^3/saat$ məhsuldarlığıla icra edildikdə, ikincidə $q_2 = 2000\ M^3/saat$ olur. Boru kəmərlərinin biri ilə maksimal yüklə çəkib vurma halı ilə müqayisədə vahid zamanda hər iki boru kəmərinin aqreqatlarının tələb etdikləri elektrik enerjisinin qiymətindən $5 \div 7\ \%$ az olur.

Ədəbiyat siyahısı

. 1.Гамидов М.Г. Электрооборудование морского нефтепромысла,Баку-2012.Изд.Tİ-MEDİA стр.302 .

2.Харитонова Т.С. “Анализ данных для доказательства зависимостей”, Санкт-Петербург-2018.Между Народ. Науч.Ж-л Синергия Наук стр.725

GENERATORUN STATOR DOLAĞININ YERLƏ QAPANMASINDAN MÜHAFİZƏSİNİN TƏDQİQİ

Hüseynov E. H.

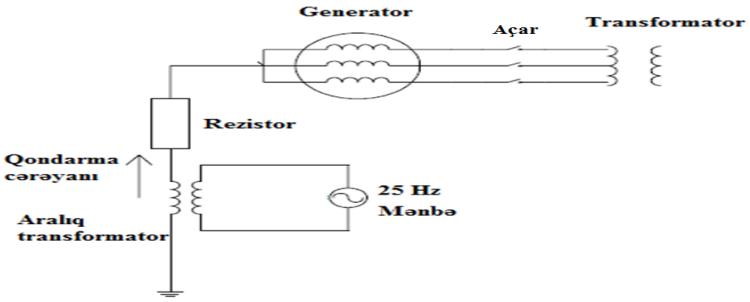
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Böyük güclü generatorların bir fazasının yerlə qapanması zədələnmənin inkişafına və maşının daha ağır zədələnməsinə səbəb olur. Ənənəvi sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizələrinin çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, qısa qapanmanın neytrala yaxın nöqtəsində baş verdiyi halda qapanmış sarğıların sayı kiçik olur, bu da

mühafizə tərəfindən əhatə olunmayan qeyri-həssas (“ölü”) zonasının əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır. Bu problemi aradan qaldırmaq üçün subharmonik cərəyanlar metodundan istifadə olunur.

Subharmonic gərginlik (adətən 25 Hz tezliyində) generatorun torpaqlama elementi (rezistor, paylayıcı transformator və ya reaktor) ilə yer arasındakı aralıq transformatoru vasitəsilə ötürülür. Mühafizənin iş prinsipi statorun yerlə qapanması zamanı ötürülən subharmonik cərəyanın ölçülməsinə əsaslanır. Qəza baş verən andan statorla yer arasında tam müqavimət dəyişdiyindən subharmonik mühafizə sxemi subharmonik cərəyanın bu dəyişməsini aşkar edir və generatorun açılmasına siqnal verir.

Normal rejimdə ötürülən subharmonik cərəyan aktiv müqavimətlə məhdudlaşdırılır. Yerlə qısa qapanma baş verdikdə, qapanma müqaviməti ekvivalent tutum müqaviməti ilə paralel olaraq qoşulur. Beləliklə, subharmonik cərəyanın məhdudlaşdıran tam müqavimət azalır, bu da cərəyanın artmasına gətirib çıxarır. Beləliklə, sxemin iş prinsipi subharmonik cərəyanın bu dəyişmələrinə əsaslanır. (Şək. 1)



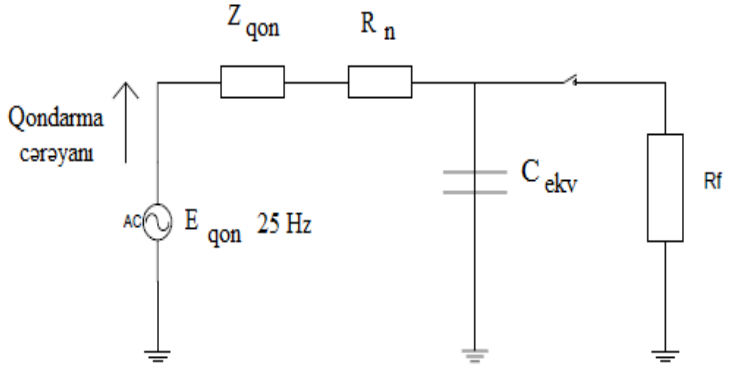
Şək.1. Subharmonik cərəyanı metodu əsasında işləyən sxem

Subharmonik siqnalının tezliyi 25 Hz olduğuna görə statorun tutum müqavimətini artır, bu da sxemin həssaslığının artırılmasına gətirib çıxarır.

Neytralı effektiv torpaqlanması ilə işləyən generatoru torpaqlamaq üçün rezistordan istifadə olunur. Subharmonik gərginlik torpaqlama rezistoru ilə yer arasında yerləşən aralıq transformatoru vasitəsilə ötürülür. Ötürülən cərəyan transformatorun ikinci tərəf dolağında ölçülür.

Aralıq transformatoru və ötürülmə dövrəsinin bütün elementləri (siqnal kontrollerləri, test dövrələri və s.) tam qondarma müqaviməti ilə əvəz olunacaqdır. ($Z_{gon} = R_{gon} + j \cdot X_{gon}$). Ona görə də 25 Hs tezlikli gərginlik mənbəyi (E_{gon}) transformasiya əmsalından istifadə etməklə transformatorun generator tərəfinə keçirilir. Subharmonik mənbəyin daxili müqaviməti də həmçinin transformatorun generator tərəfinə keçəcək və tam qondarma müqavimətinə daxil ediləcək (Z_{gon}).

Şək.2-də generatorun və sistemin ekvivalent sxemi göstərilibdir.



Şək.2. Sadələşdirilmiş ekvivalent sxemi

Normal iş rejimində subharmonik cərəyan

$$I = \frac{E_{gon}}{Z_{gon} + R_n + Z_{c\ ekv}} \qquad (1)$$

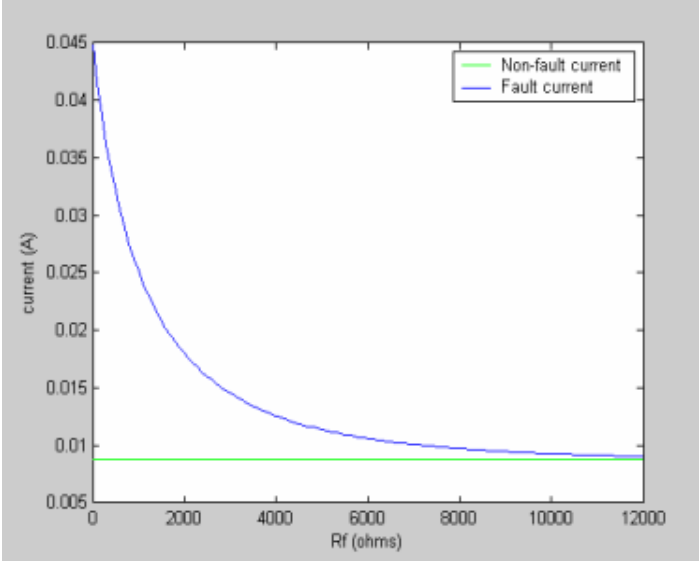
Hesabatlar göstərir ki, normal iş rejimində subharmonik cərəyanın qiyməti çox kiçikdir, başlanğıc fazası isə təxminən 80°-dir.

Yerlə qapanma baş verdikdə subharmonik cərəyanı məhdudlaşdıran müqavimət dəyişir. Nəticədə subharmonik cərəyan iki cərəyana bölünür: kondensatordan axan cərəyan və qəza müqavimətində axan cərəyana. 2-ci tənlik qəza prosesində cəm subharmonik cərəyanı ifadə edir.

$$I_{qap} = I_C + I_{Rf} = \frac{E_{qon}}{Z_{qon} + R_n + \frac{Z_{cekv} R_f}{Z_{c\,ekv} + R_f}} \quad (2)$$

Qəza cərəyanı qəza müqavimətindən asılıdır. Subharmonik cərəyanın qiymətlərini analiz etmək üçün MATLAB proqramından istifadə olunur.

Subharmonik cərəyanın amplituda və faza qiymətlərinin qəza müqavimətinin R_f dəyişməsindən asılılığını təyin edək. Birinci olaraq qəza aktiv müqaviməti 0-dan 12 kΩ-a qədər 100 Ω addımla dəyişəcək.

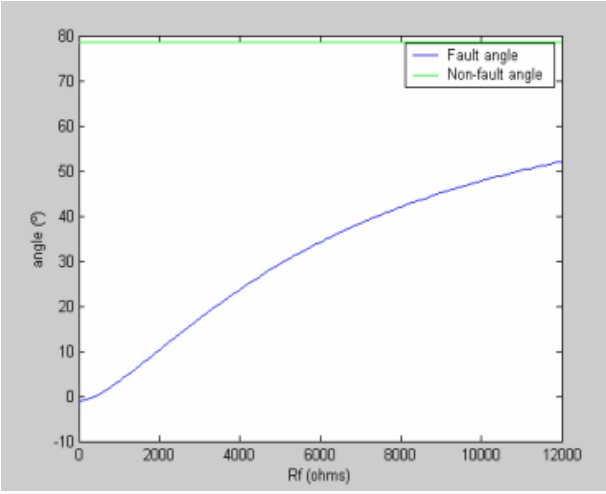


Şək.3. Subharmonik cərəyanın amplitudasının qısa qapanma müqavimətinin qiymətindən asılılığı.

Göründüyü kimi, qısa qapanma cərəyanı normal rejimdəki cərəyandan həmişə böyükdür (0-dan 12 kΩ-a qədər). Həmçinin bunu da görmək olur ki, qısa qapanma cərəyanın qiyməti qəza müqaviməti artdıqca azalır. R_f 8 kΩ-dan böyük olduqda qısa qapanma və normal rejimdəki cərəyanlar arasndakı fərq çox kiçikdir.R_f = 8 kΩ olduqda subharmonik cərəyan 9.7 mA olur, bu isə o deməkdir ki, qəza və qəza olmayan hallar arasındakı cərəyan fərqi cəmi 0.9 mA olur.

12 kΩ-dan daha yüksək qəza müqavimətləri üçün qısa qapanma cərəyanının qiyməti qəza olmayan haldakı cərəyanın qiymətindən kiçikdir.Ona görə də yüksək müqavimətli qəzalar üçün başqa bir metod tapılmalıdır.

Şəkil 3-də qısa qapanma müqaviməti 0-dan 12 kΩ-a qədər dəyişdikdə cərəyanın bucağının dəyişməsi göstərilmişdir.



Şək.4. Subharmonik cərəyanın fazasının qısa qapanma müqavimətinin qiymətindən asılılığı.

Göründüyü kimi, subharmonik cərəyanının fazası həmişə qəza olmayan haldakı cərəyanın bucağından kiçikdir. Həmçinin qəza müqaviməti artdıqca subharmonik cərəyanının fazası artır. R_f=12kΩ olduqda cərəyanının bucağı 52.07° olur, bu isə o deməkdir ki, qəza və qəza olmayan hallar üçün cərəyanlar fazalararası fərqi 78.67-52.07=26.6°. Bu fazalar fərqi siqnal emalı qurğu tərəfindən asanlıqla aşkar oluna bilər və bu isə o

deməkdir ki, subharmonik cərəyanın bucağının tapılması qiymətinin tapılmasından həssaslığa görə daha əlverişlidir.

Beləliklə, rele mühafizəsinin qoyulmuş parametrlərinin subharmonik cərəyanın amplitud qiymətinə görə deyil, subharmonik cərəyanın fazasına görə sazlanmalıdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1.Pope, J.W. A comparison of 100% stator ground fault protection schemes for generator stator windings, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems,Vol. PAS-103, No.4, April 1984, pp. 832-840.

2. Tai, NengLing et al. (2000), Research subharmonic injection schemes for hydrogenerator stator ground protection, 2000 IEEE, pp.1928-1932.

MİNGƏÇEVİR AZƏRBAYCANIN ENERGETİKA-SƏNAYE MƏRKƏZİDİR

İsmayılov M. B.

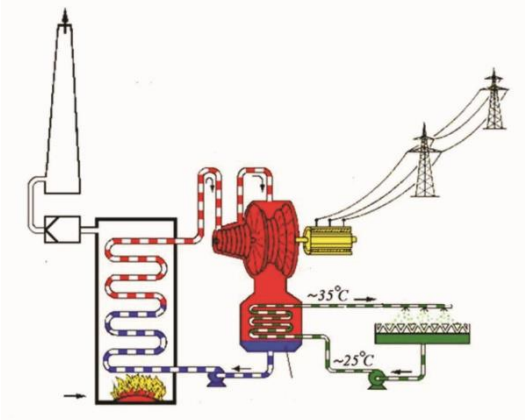
Mingəçevir Dövlət Universiteti

Energetika sənayenin əsas və məsuliyyətli sahələrindən biridir. Sənayenin inkişafı eyni zamanda energetikanın inkişaf etdirilməsi zərurətini yaradır. Neft və qeyri-neft sənayesi bilavasitə energetika sahəsindən asılıdır. Eyni zamanda elektrik və istilik enerjisinin əsas istehsal müəssisələri olan istilik elektrik stansiyaları (İES) neft məhsullarının istifadəçiləri və tələbatçılarındandır.

Sənaye – ölkə iqtisadiyyatının inkişaf etmiş sahələrindən biridir. Əsasən yanacaq və energetika, kimya, maşınqayırma, metallurgiya, yeyinti, yüngül və digər sənaye sahələrini özündə birləşdirir. Elektroenergetika ağır sənayenin aparıcı sahəsidir. Onun məhsulundan – elektrik enerjisindən istifadə edilməsi xalq təsərrüfatının texnika ilə silahlanmasını və əmək məhsuldarlığının yüksəldilməsini təmin edir, adamların məişət şəraitini dəyişdirir. Elektrik enerjisi müxtəlif məqsədlərlə tətbiq edilən başqa enerji növlərinə (mexaniki enerjiyə, istilik və işıq enerjisinə) asanlıqla çevrilə bilir və istehsal proseslərinin ən böyük intensivliyini, sürətini, dəqiqliyini və onların idarə edilməsi üçün ən yaxşı şərtləri təmin edir.

Dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin 65%-i istilik elektrik stansiyalarının payına düşür. Qalan hissə isə Atom elektrik stansiyalarının (AES), su elektrik stansiyalarının (SES) və digər mənbələrin hesabına ödənilir. Azərbaycanda təqribən istehsal olunan elektrik enerjisinin 85%-i İES-lərin, qalan hissə isə SES-lərin hesabınadır. Hal-hazırda respublikamızın enerji sistemi 13 İES və 9 SES-dən ibarətdir.

Respublikamızın ən böyük enerji-sənaye müəssisəsi olan "Azərbaycan İES" 2400 MVt güclə bu gün müstəqil dövlətimizin enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində müstəsna rola malikdir. Bu stansiyanın Mingəçevirdə olması buranı energetiklər şəhərinə çevirmişdir.



Şəkil 1. İES-in şərti texnoloji sxemi

Şəkildə verilmiş texnoloji iş sxemindən göründüyü kümi İstilik elektrik stansiyası qapalı sirkulyasiya konturu üzrə işləyir, sxemdə qırmızı qırıq xətlər buxarı, göy qırıq xətlər bəsləyici suyu, yaşıl qırıq xətlər isə soyuducu suyu göstərir. Buxar qazanında yandırılan yanacağın hesabına su buxara çevrilir, alınan buxar turbin qurğusunda kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir. Mexaniki enerji elektrik generatorunda elektrik enerjisinə çevrilir. Göründüyü kimi elektrik enerjisinin istehsalı prosesi İES-də bilavasitə yanacaq sərfinə səbəb olur. Bu da enerjinin maya dəyərinə təsir göstərir.

Mingəçevirdə daha bir elektrik stansiyası Mingəçevir Su elektrik stansiyası da vardır. Azərbaycanın su-enerji ehtiyatlarının istifadəsi Mingəçevir SES-in tikintisi ilə başlamışdır. Mingəçevir SES uzun illər

Azərbaycanın, həmçinin birləşmiş Cənubi Qafqazın enerji sisteminin ən güclü enerji mənbəyi olmuşdur. Mingəçevir SES-in istismarını təmin edən Mingəçevir su anbarı Kür çayı daşqınlarının qarşısını alan etibarlı vasitə olmuş və 1,2 milyon hektar münbit torpaqların suvarılmasına imkan vermişdir. Hal-hazırda Azərbaycanın elektrik enerjisi sisteminin tərkibində 13 istilik elektrik stansiyası fəaliyyət göstərir.

Cədvəl 1. İstilik elektrik stansiyaları

İES-in adı	**Stansiyanın gücü (MVt)**	**Yerləşdiyi ərazi**	**İstismara verildiyi tarix**
Azərbaycan İES	2400 MVt	Mingəçevir ş.	20.10.1981
Cənub ES	780 MVt	Şirvan ş.	01.07.2013
Sumqayıt ES	525 MVt	Sumqayıt ş.	19.11.2009
Şimal ES	400 MVt	Bakı ş. Şüvəlan q.	29.11.2002
Səngəçal ES	300 MVt	Səngəçal q.	24.12.2008
Bakı İEM	107 MVt	Bakı ş. Xətai r.	19.10.2001
Bakı ES	105 MVt	Bakı ş. Əhmədli q.	22.02.2007
Şahdağ ES	105 MVt	Qusar ş.	18.09.2009
Astara ES	87 MVt	Astara ş.	03.02.2006
Şəki ES	87 MVt	Şəki ş.	14.10.2006
Xaçmaz ES	87 MVt	Xaçmaz ş.	07.12.2006
Naxçıvan ES	87 MVt	Naxçıvan MR	20.12.2006
Naxçıvan Qaz-turbin ES	87 MVt	Naxçıvan MR	20.12.2006

Cədvəl 2. Su elektrik stansiyaları

Stansiya	**Şəhər**	**Gücü (MVt)**	**Vəziyyəti**
Mingəçevir Su Elektrik Stansiyası	Mingəçevir	402	İşlək
Şəmkir Su Elektrik Stansiyası	Şəmkir	380	İşlək
Yenikənd Su Elektrik Stansiyası	Yenikənd	150	İşlək
Füzuli Su Elektrik Stansiyası	Füzuli	25	İşlək
Taxtakörpü Su Elektrik Stansiyası	Şabran	25	İşlək
Şəmkirçay Su Elektrik Stansiyası	Şəmkir	25	işlək
Varvara Su Elektrik Stansiyası	Yevlax, Mingəçevir, Göygöl	16,5	işlək
Biləv Su Elektrik Stansiyası	Ordubad	22	İşlək
Arpaçay-1, Arpaçay-2 Su Elektrik Stansiyaları	Şərur	21,9	işlək

"Azərbaycan İES" Mingəçevirdə yerləşən ən böyük sənaye müəssisədir. Cənubi Qafqazın da ən böyük elektrik stansiyasıdır. Kür çayı sahilində yerləşən Mingəçevir şəhərində Aran iqtisadi rayonunun iri müəssisələrindən bir neçəsi vardır. Bunlardan biri elə Azərbaycanın ən böyük Su elektrik stansiyası olan "Mingəçevir SES"-dir (470 MVt gücündə). Mingəçevir şəhərinin yaranma tarixi də elə bu stansiya ilə bağlıdır (1948). Həmin tarixdən Mingıçevir şəhəri salınmış və böyük inkişaf yolu keçmişdir. Mingəçevir Respublikanın Böyük Vətən Müharibəsindən sonrakı illərində yaradılmış iri sənaye mərkəzlərindən biri olmuşdur. Azərbaycanın Bakı, Sumqayıt və Gəncədən sonra 4-cü sənaye şəhəridir. Mingəçevirdə 2 böyük elektrik stansiyası, 4 elektrik yarımstansiyası vardır. 9 rayonu özündə birləşdirən "Regional Elektrik Şəbəkəsi" də Mingəçevirdədir. Bu şəbəkə Yevlax, Göyçay. Goranboy, Ağdaş, Bərdə, Tərtər, Ucar. Ağsu və Qəbələ rayonlarının elektrik enerjisi istehlakına xidmət edir. Mingəçevir azərbaycanın qərbində əsas enerji bazası olmaqla buradan Gürcüstan respublikasına da enerji verilir. Gələcəkdə Mingəçevir böyük sənaye mərkəzinə çevriləcəkdir və burada böyük texnopark yaradılacaqdır. 2018-ci ildə Mingəçevir sənaye Parkında "Mingəçevir

tekstil"MMC-nin 2 fabriki işə buraxıldı və daha 7 fabriki işə buraxlacaqdır. Mingəçevirdə yüksək ixtisaslı, təcrübəli energetik-mühəndis kadrları vardır. Onların əməyindən mümkün qədər səmərəli istifadə olunmalı və burada bir energetika mərkəzi yaradılmalıdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. İsmayılov M.B., Sənayenin inkişafında elektrik enerjisinin rolu, MPİ, Respublika Elmi Konfransının materialları, 2014, Mingəçevir.
2. İsmayılov S.F., Azərbaycanın qeyri-neft sənaye sahələrinin inkişafında yeni mərhələ, 2011, Bakı.
3. Hacızadə E.M., Energetik kompleks yeni islahatlar ərəfəsində, 2000, Bakı

MÜASİR GƏRGİNLİK VƏ CƏRƏYAN VERİCİLƏRİNİN ELEKTRİK TƏCHİZAT SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ

İsgəndərov İ.Ə., Manafov E.K., Hüseynov F.H.

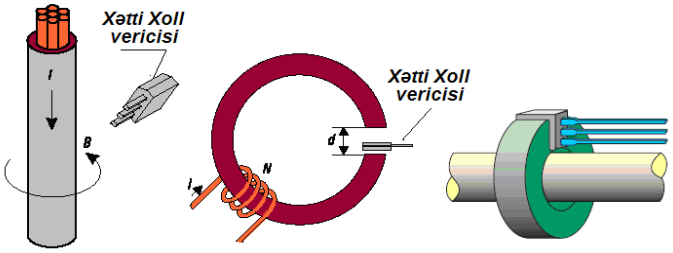
Milli Aviasiya Akademiyası

Son illər müxtəlif fiziki effektlərə əsaslanan rezistiv, induktiv, tutum, transformator və Holl cərəyan vericiləri və son zamanlar maqnitooptik Faradey effektinə əsaslanmış vericilər, həmçinin nano və subnanosaniyəli diapazonlarda işləmək üçün Roqovski sarğacı tipli cərəyan vericiləri daha çox istifadə olunurlar.

Böyük cərəyanlar haqqında informasiyanın alınması xüsusi çətinliklərlə bağlıdır, belə ki, böyük cərəyanı bilavasitə ölçmək mümkün deyil.

Holl vericilərinin tətbiq xüsusiyyətləri. Holl vericiləri həm sabit, həm dəyişən cərəyan dövrələrində istifadə oluna bilməsi və həmçinin, keçiricilik itkilərinin olmaması, eyni zamanda ölçülən cərəyan dövrəsindən izolyasiya olunması ilə fərqlənirlər.

Holl effektinə əsaslanan cərəyan vericilərinin konstruktiv quruluşu şəkil 1-də göstərilmişdir. Böyük cərəyanların (10-2000A) ölçülməsi zamanı Holl vericisi əlavə maqnit içliyi istifadə etmədən birbaşa naqilin yaxınlığında yerləşdirilə bilər.



Şək.1. Holl effektinə əsaslanan cərəyan vericilərinin konstruktiv sxemi

Roqovski sarğacı, quruluşu, fərqli xüsusiyyətləri və tətbiq imkanları. Dəyişən cərəyan dövrələrində verici kimi son dövrlər Roqovski sarğacı geniş istifadə olunur. Ölçülən cərəyanlı naqillə əhatə olunan sarğacda konturun qapanması zamanı e.h.q.yaranır. Amper qanununa əsasən maqnit sahəsinin xətti inteqral gərginliyi istənilən qapalı kontur üzrə bu konturla məhdudlaşan səthdə tam cərəyana bərabər olur. Roqovski sarğacı xarici maqnit sahələrinin təsirinə məruz qalır və bu zərərli faktorun təsirini azaltmaq üçün dairəvi toroidial özəkdə sarğıların bərabər sarınması həyata keçirilir.

Roqovski sarğacının əsas üstünlüyü: cərəyan dəyişməsinin xətti funksiyalı olması, hansı ki, ölçülən cərəyanın ölçü diapazonunu genişləndirməyə imkan verir:-söküləbilən konstruksiyalı olması, hansı ki, cərəyan xəttini kəsmədən ölçmə aparmağa imkan verir: sarğının induktivliyinin az olması və s-dir.

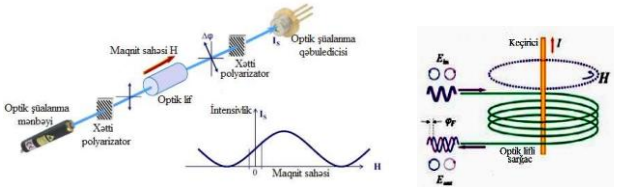
Optik transformatorların cərəyan və gərginlik ölçülməsində tətbiqi məsələləri. Optik-lif cərəyan və gərginlik vericilərinə olan marağın durmadan artması həmin qurğuların yüksək potensial imkanları ilə əlaqədardır. Bunlara aiddir: geniş dinamik ölçmə diapazonu (cərəyanlar – yüzə qədər kA, gərginliklər- yüzə qədər kV); yüksək xəttilik; yüksəkvoltlu dövrədə gərginliyin və cərəyanın bilavasitə harmonikalarını analiz etməyə imkan verən geniş tezlik diapazonu; ikinci dövrələrin yükünün və onlardakı itkinin təsirinin olmaması; optik-lif informasiya kanallarının xarici elektromaqnit əngəllərinə qarşı yüksək dayanıqlığı; kiçik kütlə- qabarit göstəriciləri; birinci optik çevirici elektronika blokundan 450-900 m və daha çox uzaqlaşdırıla bilər. Belə vericilərdən yüksək və ortavoltlu elektrik şəbəkələrində istifadə olunması daha effektlidir, belə ki, izolyasiyanın, xüsusən də yüksəkvoltlu dövrələrdə, təmin olunmasının mürəkkəb məsələləri çevirmənin özünün fiziki təbiəti hesabına avtomatik olaraq həll olunur, çunki optik lifin optika elementləri əvvəlcədən elə dielektrikdirlər.

Optik cərəyan vericisi. Bu vericinin işi maqnitooptik Faradey effektinə əsaslanıb. Bu effektin mahiyyəti işıq selinin polyarizasiyasının maqnit sahəsinin təsirindən dəyişmə hadisəsidir.(şəkil 2,a).

Bu effektə əsasən işləyən cərəyan çeviricilərində ortoqonal dairəvi polyarizasiyalı iki işıq dalğası xüsusi işıq keçiricili çoxsarğılı kontura daxil edilir. Konturun daxilində cərəyanlı naqil yerləşir. Keçiricidə cərəyan olmadıqda işıq dalğaları lif konturu üzrə eyni faza sürəti ilə yayılır və konturun çıxışına sıfır nisbi faza fərqi ilə gəlirlər (şəkil 2,b). Keçiricidə elektrik cərəyanı olduqda işıq keçiricisi axan cərəyanın uzununa maqnit sahəsində olur və optik xüsusiyyətləri dəyişir, kontur üzrə işıq dalğalarının yayılma sürəti müxtəlif olur. Nəticədə dalğalar arasında faza sürüşməsi yaranır.

$$\Delta\varphi = 2VNI$$

burada N-lif sarğılarının sayı; V-Verde sabiti; I-ölçülən elektrik cərəyanıdır. Verde sabiti cismin xüsusiyyətindən, dalğanın uzunluğundan və şualanmanın monoxromatikliyindən asılıdır. Maqnitooptik cərəyan vericiləri yüzlərlə milliamperdən yüzlərlə kiloamper hədlərində cərəyanları ölçmək imkanı verir..



a) b)

Şəkil 2. Maqnitooptik cərəyan vericisinin quruluşu və onun iş prinsipinin izahı

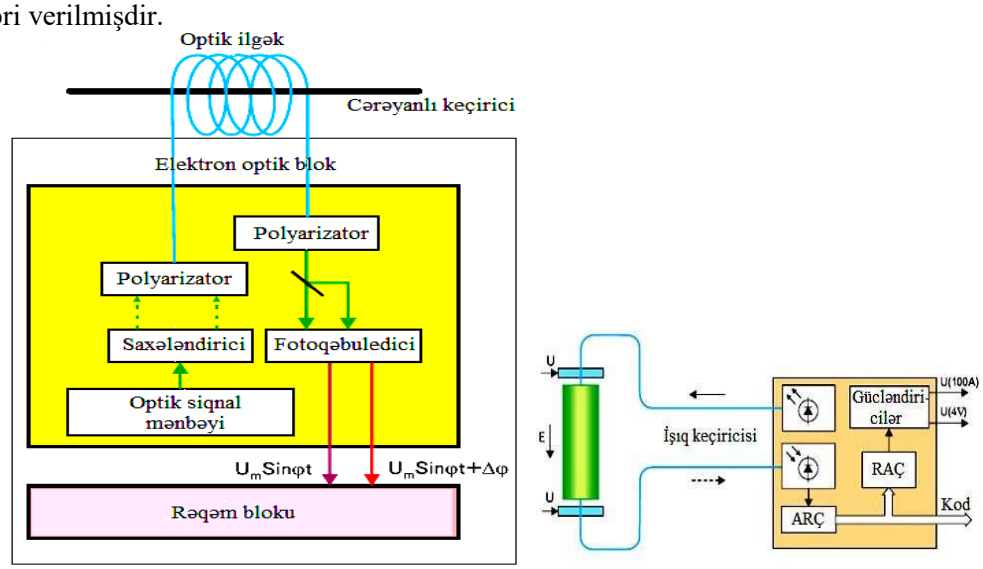
Optik gərginlik vericisi. Optik gərginlik vericisinin işi Pokkels effektinə əsaslanır. Bu effektin mahiyyəti sabit və yaxud dəyişən elektrik sahəsinin təsirindən optik mühitlərdə ikiqat şüa sınmasının yaranması hadisəsidir.

Qeyd olunan hadisə kristallik pyezoelektriklərdə müşahidə olunur:

$$\Delta\varphi = \pi \cdot L \cdot K \cdot \frac{E}{\lambda}$$

Burada E-elektrik sahəsinin gərginliyi; L-lövhənin qalınlığı; λ-dalğa uzunluğu; K- elektrooptik əmsaldır.

Şəkil 3-də elektron-optik bloklu optik-lif cərəyan (a) və gərginlik vericilərinin (b) sadələşdirilmiş struktur sxemləri verilmişdir.



Şəkil 5. Elektron-optik bloklu optik-lif cərəyan (a) və gərginlik vericilərinin (b) sadələşdirilmiş struktur sxemi

İki sistemli elektrik lokomotivinin güc sistemində (birfazalı 25kV –dəyişən və 3kV sabit cərəyan sistemi) cərəyan və gərginlik vericilərinin tətbiq sxemlərinə baxılmış və belə sistemlərəd müasir vericilərin tətbiqi imkanları tətdqiq edilmişdir.

Ənənəvi və müasir tipli cərəyan vericilərinin əsas göstəricilərinin müqayisəli təhlili cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Cərəyan vericilərinin müqayisəsi

Cərəyan vericisinin növü	Ötürmə zolağı, Hz	Maya dəyəri	Dəqiqlik, %	Xarici qidalanma mənbəyi	Qalvanik sonluq	Səpələnmə gücü, Vt	Sabit cərəyanın ölçülmə imkanı
Rezistiv verici	$1 – 10^7$	çox aşağı	0,1 – 2	yoxdur	yoxdur	$1 - 10^3$	var
Roqovski dolağı	$10^3 – 10^9$	aşağı	0,2 – 5	yoxdur	var	$\sim10^{-3}$	yoxdur
Holl vericisi	$1 – 10^6$	orta	0,5 – 10	var	var	$\sim10^{-3}$	var
Maqnit-optik verici	$1 – 10^9$	yüksək	0,1 – 1	var	var	1 – 10	var

Ədəbiyyat siyahısı

1. Данилов А.Б. Современные промышленные датчики тока. Современная электроника. М., 2004, №10, с.26-28.
2. R.Dickinson, S.Milano. Izolated Open Loop Current Sensing Using Hall Effect Techn. in Optimized Magnetic Circuit. Allegro MicroSystems, Inc.C.NH, USA, 2002, p1-12.
3. Носков М.М. Оптические и магнитооптические свойства металлов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983, 220с.
4. Пашаев А.М., Тагиев Б.Г., Искендеров И.А., Гусейнов В.С. Перспективы разработки и применения оптоэлектронных датчиков для системы элетропитания летательного аппарата. Мат. 11-й меж. Конф. «Авиация и космонавтика-2012», Тез.Докл., Москва, 2012, с.264-265.
5. Пашаев А.М., Искендеров И.А., Гусейнов В.С. Анализ возможностей применения оптоэлектронных датчиков в системе защиты электропитания летательных аппаратов. Тез.док. МНТК ГА на сов.эт.разв. науки, тех. и общ. Меж. НТК, посв.90 лет. ГА России.,2013г., с.67.
6. İsgəndərov İ.Ə., Mahmudlu F.Ə., Hüseynov V.S. Üçfazalı elektrik dövrələrində artıq yüklənmədən mühafizə qurğusu. Azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri, cild 17 №5, Bakı-2015.,səh 66-73
7. Paşayev A.M., İsgəndərov İ.Ə., Hüseynov V.S. Maqnitooptik aktiv materiallar əsasında yüksək cərəyan vericiləri və onların fiziki əsasları. Professor Tahir Pənahovun 80 illik yubileyinə həsr olunan V Beynəlxalq Elmi-Praktiki konfrans. Bakı 2016., səh 114

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

[1]Баламетов А.Б., [2]Байрамов М.П., [3]Исламов И.З., [4]Агаханова К.А.

[1]Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт Энергетики,

[2]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

[3]Сумгаитский государственный университет

balametov.azniie@gmail.com.

Учитывая современные возможности получения оперативной информации и возросшую производительность вычислительной техники, эксплуатационный и оперативный персонал имеют возможность безопасно допускать нагрузку на провода воздушных линий, превышающую допустимую плотность тока. Однако для этого необходимо иметь технические и программные средства для непрерывного мониторинга температуры проводов воздушных линий в зависимости от изменения, как токовой нагрузки, так и погодных условий.

Существуют разнообразные методики расчета температуры проводов воздушных линий (ВЛ) [1–4], позволяющие оперативно определять допустимые токовые нагрузки. Но, несмотря на многообразие подходов, определенности в решение некоторых вопросов так и нет. Одним из таких моментов является оценка вклада солнечной радиации в уравнение теплового баланса.

При расчете нагрева провода солнечной радиацией необходимо учесть множество параметров, которые при значительной протяженности линии могут существенно меняться, что еще более усложняет задачу.

Используемые в настоящее время в практике расчетов потерь методы не в полной мере учитывают все многообразие факторов, воздействующих на величину потерь. Одним из принимаемых допущений является в той или иной степени пренебрежение влиянием температуры на изменение величины сопротивления проводов ВЛ при вариации режимов и климатических факторов.

При определении технологических потерь электрической энергии по электрическим сетям необходимо учитывать температуру провода, влияющую на величину активного сопротивления. Температура провода, в свою очередь, зависит от режимных и климатических факторов: плотности тока, температуры окружающего воздуха $t_в$, силы и направления ветра, интенсивности солнечной радиации и др. [4].

В условиях Азербайджана в ясные летние дни из-за воздействия солнечной радиации перегрев провода даже при отсутствии в нём тока может достигать $(15\div20)^0$C [4]. Для определения теплоты солнечного излучения, поглощаемого проводом, существуют несколько моделей [1-3].

Важным является достоверное установление максимально допустимую температуру провода, так как это связан с резервом для повышения пропускной способности ВЛ. К примеру, увеличение допустимой температуры провода с 70 до 75^0C для ВЛ 220 кВ с проводом АС-300 позволят дополнительно пропускать по линии до 16 МВА мощности.

Ниже представляется методика расчета температуру проводов ВЛ с учетом солнечной радиации. Уравнение теплового баланса для установившегося теплового режима записывается в виде

$$0{,}95R_{20}(1+\alpha(t_{пр}-20))I^2+W_C=Q_л+Q_k\ , \tag{1}$$

где R_{20} - удельное сопротивление при температуре провода 20^0C, Ом/км; α=0.00403 - температурный коэффициент электрического сопротивления сталеалюминевых проводов, 1/град; $t_{пр}$ - температура провода, ^{0}C; I - рабочий ток, А; $Q_л$, $Q_к$ - потери мощности при теплопередаче лучеиспусканием и конвекцией соответственно, Вт/м. W_C- мощность нагрева 1 м провода солнечным излучением.

Потери мощности при теплоотдаче лучеиспусканием определяют по закону Стефана Больцмана [2]

$$Q_л=\varepsilon C_0\left(273+t_{пр}\right)^4 S \tag{2}$$

где ε - степень черноты поверхности провода для окисленного алюминия, равная 0.13 отн. ед. [2]; C_0 -коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный $5.67*10^{-8}$ Вт/м^2 [2]; S-площадь поверхности провода, м^2.

Потери мощности при теплоотдаче конвекцией определяем по формуле [2]

$$Q_k=\alpha_k\left[\left(t_{пр}-t_{рад}\right)-t_в\right]S\ , \tag{3}$$

где $\varphi_к$ - коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м^{2}*^{0}C); $t_{рад}$ - температура нагрева солнечной радиацией, ^{0}C, $t_в$ - температура воздуха.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией определяем по формуле [3]

$$\alpha_k=0.13057\cdot\left(\frac{k_v v d}{a}\right)^{0.71719}\frac{\lambda_a}{d} \tag{4}$$

где κ_v - коэффициент, учитывающий влияние угла направления ветра к оси воздушной линии, равный 0.5; v - скорость ветра, м/с; d - диаметр провода, м; a - коэффициент температуропроводности воздуха, равный $18.8*10^{-6}$ м^2/с; $\lambda_в$ - теплопроводность воздуха, равная 0.0244 Вт/(м*^{0}C).

В связи с зависимостью коэффициента теплоотдачи от температуры провода вычисление температуры неизолированных проводов может быть осуществлено из формулы (1-4) и решение может быть получено методом последовательных приближений на основе уравнения

$$t_{пр}^{[k+1]}=\frac{\alpha_k(t_в+t_{рад})\pi d-\varepsilon C_0\left(273+t_{пр}^{[k]}\right)^4\pi d+0.95\cdot I^2R_{20}\cdot\left(1-\alpha 20\right)+Pc}{\alpha_k\pi d-0.95\cdot I^2R_{20}\cdot\alpha} \tag{5}$$

здесь к - номер итерации. Формула (5) позволяет вычислить температуру провода при известном токе и различных погодных условиях.

Температура $t_{рад}$ зависит от интенсивности солнечной радиации, высоты и плотности облаков.

Интенсивность радиации Солнца изменяется в течение года. Для расчета температуры провода с учетом нагрева провода солнечной радиацией используется зависимость аппроксимированная уравнением полученная в [3]

$$t_{рад} = \mathrm{K}_{\tau} \cdot K'_{\tau} \cdot K_{рад} \cdot d^{0.44152}, \qquad \textbf{(6)}$$

где $K_{рад}$ = 92,0375^{0}C/м.

Далее представляются результаты расчет температуры провода с учетом солнечной радиации для ВЛ с проводами АС-300/39. В расчетах были использованы следующие основные параметры: диаметр d=24 мм, R_{20}=0.0958 Ом/км; температура воздуха $t_в$ =40^{0}C; скорость ветра 0,5 м/с. Были проведены расчеты для температуры провода при изменении плотности тока в проводе от (0.5÷3) А/мм^2. Графики зависимости температуры провода от тока, с учетом солнечной радиации приведены на рис. Вычисления проводились при допущении в уравнениях (1-6) равенства нулю значения $t_{рад}$=0^{0}C и $t_{рад}$ =20.4^{0}C.

Разработан алгоритм реализованный в виде программы моделирования температуры провода с учетом тока нагрузки ВЛ и влияния атмосферных факторов. Выполнен анализ перегрева проводов, для наиболее вероятного интервала изменения температур с загрузкой от 0.5 до 3 А/мм^2 и скоростью ветра V=0.5÷9 м/с, при температуре окружающей среды 40^{0}C и t_{rad}=15.3^{0}C.

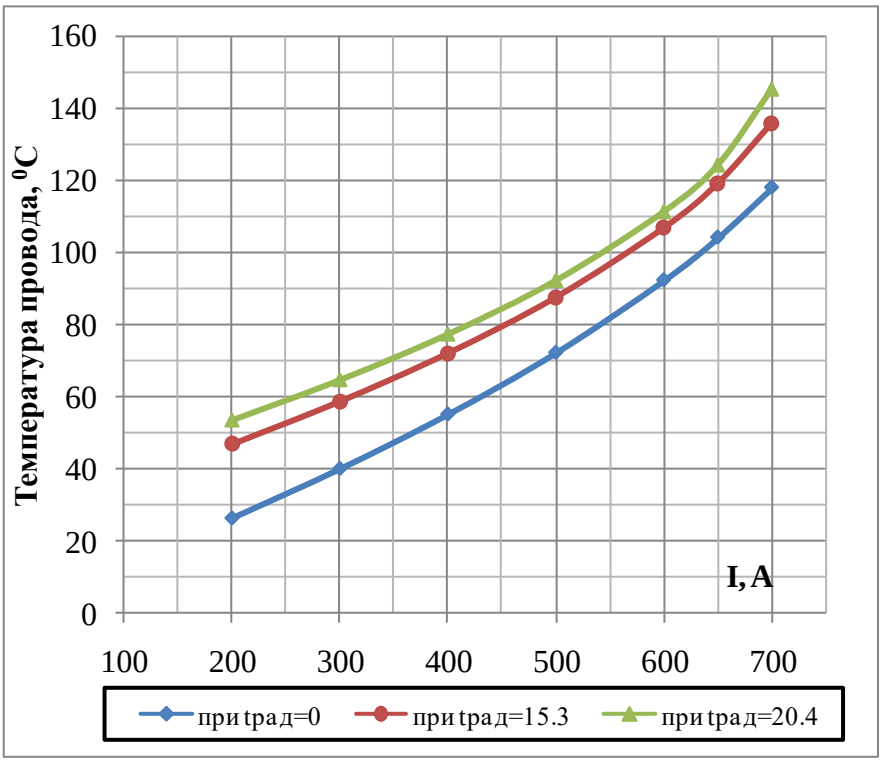


Рис. Зависимости температуры провода от тока и солнечной радиации

Результаты показали, что при плотности тока, менее чем 1 А/мм^2, дополнительный нагрев составляет (15÷20) ^{0}C, что согласуется с оценкой [1]. При нагрузках более 2 А/мм^2, увеличение температуры не превышает (5÷8) ^{0}C.

Список литературы

1. Бургсдорф В.В., Никитина Л.Г. Определение допустимых токов нагрузки воздушных линий электропередачи по току их проводов. - Электричество, 1989, №11.
2. Никифоров Е. П. Предельно допустимые токовые нагрузки на провода действующих ВЛ с учетом нагрева проводов солнечной радиацией. - Электрические станции, 2006, №7.
3. CIGRE. The thermal behaviour of overhead conductors. - Electra, 1992, №144.
4. Баламетов А.Б., Байрамов М. П. Моделирование температуры провода для расчета потерь электроэнергии воздушных линий. Проблемы энергетики 2013 № 2, с. 4-12.

РЕГРЕССИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДА

[1]Баламетов Э.А., [2]Салимова А.К.

[1]Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт Энергетики, [2]ООО «Азеришыг»

balametov.azniie @gmail.com

afag_sk@mail.ru

Расчеты потерь электрической энергии традиционно являются одними из самых востребованных расчетов, выполняемых при проектировании, нормировании и управлении режимами электрических сетей. Расчеты потерь необходимы при составлении и анализе балансов мощности и электроэнергии (ЭЭ) по каждой энергосистеме с оценкой эффективности мероприятий по вводу компенсирующих устройств, средств регулирования напряжения и реактивной мощности и др. В связи с этим, актуальным является проведение исследований по совершенствованию методик расчёта фактических технических потерь ЭЭ в сетях и обоснование нормативных характеристик потерь ЭЭ [1-2].

Актуальность расчета потерь электроэнергии и мощности в современных условиях электроэнергетического рынка возросла. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации в периодической печати и методические указания. Основными проблемами настоящего времени являются оценка потерь в электрических сетях различного класса напряжения, оценка потерь от транзита мощности и энергии, адресное разнесение потерь между продавцами и покупателями в условиях рыночных отношений, нормирование потерь, мероприятия по снижению потерь.

Оперативное и краткосрочное управление с учетом прогноза имеют разную функциональную принадлежность. Оперативное управление реализуется в реальном масштабе времени, требует быстрого принятия решений и, как следствие, быстродействующих алгоритмов управления и прогнозирования в системах электроснабжения. Быстродействие может быть достигнуто за счет использования вероятностно-статистических моделей, использующих небольшой объем информации.

Эффективность и надежность передачи энергии определяется состоянием сетей энергосистемы. Широкое внедрение современных микропроцессорных систем и каналов связи создает новые возможности для создания систем диагностического мониторинга линий электропередач (ЛЭП) [1-3].

Одним из направлений диагностического мониторинга линий электропередач (ЛЭП) является температурный мониторинг.

Необходимость учета влияния температуры провода на активное сопротивление отмечена во многих работах [1-3] .

В статье решается задача прогнозирования температуры провода в зависимости от тока нагрузки, температуры воздуха, интенсивности солнечной радиации и скорости ветра.

Температура провода в формуле (1) зависит от большого числа факторов и, в первую очередь, от протекающего по проводу электрического тока, температуры окружающего воздуха и скорости ветра. В традиционных расчетах переменных потерь электроэнергии активные сопротивления принимаются по справочникам, в которых они приведены к температуре 20°С.

В качестве уравнение теплового баланса провода [1] примем

$$0.95 \cdot R_{20} \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(t_{пр} - 20\right)\right] \cdot I^2 = Q_{Л} + Q_{К} \qquad (1)$$

где R_{20} - удельное активное сопротивление при температуре провода 20°С, Ом/км; α = 0.004 - температурный коэффициент электрического сопротивления сталеалюминевых проводов, *1/град*; $t_{пр}$ - температура провода, *°С*, *I* -рабочий ток, *А*; $Q_{Л}$, $Q_{К}$ - потери мощности при теплоотдаче лучеиспусканием и конвекцией соответственно, *Вт/м*.

Потери мощности при теплоотдаче лучеиспусканием определяют по закону Стефана Больцмана а значение тока линии из выражения [1-3]

$$I = \sqrt{\frac{\varepsilon C_0 \left(273 + t_{пр}\right)^4 \pi d + \varphi_k \left[\left(t_{пр} - t_{рад}\right) - t_{в}\right] \pi d}{0.95 \cdot R_{20} \cdot \left[1 + 0.004 \cdot \left(t_{пр} - 20\right)\right]}} \qquad (2)$$

Для апробации метода и разработанного программного обеспечения был использован провод марки АС 330/43 с удельным активным сопротивлением R_{20} = 0.029 Ом/км; диаметром d=25 мм. Были проведены численные эксперименты при ν =0,5 м/с и $t_{рад}$=0°С в области температур от -40 до + 40°С.

Значения токовых нагрузок провода ЛЭП 500 кВ (рис.1) полученные в результате численных экспериментов при заданной температуре воздуха и температуре провода, по программе Аз НИ и ПИ ИЭ планированием множества физически возможных экспериментов имитационным моделированием

температуры провода с применением метода наименьших квадратов (МНК) для получения коэффициентов уравнений множественной регрессии [3,4]. представлены в табл.1.

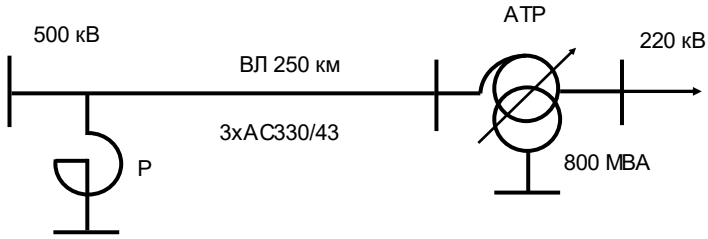


Рис.1. Электрическая схема ЛЭП 500 кВ.

Результаты многовариантных расчетов (62 вариантов) температуры провода АС 330/43 полученные при заданных температурах воздуха -10, 0, 10, 20, 30, 40 °С; скоростях ветра, 0.5, 3, 6 м/сек; температурах провода более -10 °С по программе расчета температуры провода. Значения коэффициентов регрессионной зависимости вида

$$t_{пр} = k_{о} + k_{1ввo} \cdot t_{1ввo} + k_{2сск} \cdot V_{скв} + k_{3IпI} \cdot I_{пр} + k_{12} \cdot t_{1ввo} \cdot V_{скв} +$$

$$k_{13} \cdot t_{1ввo} \cdot I_{пр} + k_{23} \cdot V_{скв} \cdot I_{пр} + k_{1ввo} \cdot t^2_{1ввo} + k_{2сск} \cdot V^2_{скв} + k_{3IпI} \cdot I^2_{пр} \qquad (3)$$

приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов регрессионных зависимостей

№	Вид коэффициента	Для модели		
		Линейная	Частичная квадратичная	Полная квадратичная
1	K_0	-0.81662	-8.1435	-7.887
2	$K_{1ввo}$	0.97469	0.9543	0.92797
3	$K_{2сск}$	-1.4677	-3.2487	-1.601
4	$K_{3IпI}$	0.029497	0.074804	0.047973
5	K_{12}	-	0.00039309	0.0085158
6	K_{13}	-	0.32534	$7.596*10^{-5}$
7	K_{23}	-	$-5.3953*10^{-5}$	-0.0096113
8	$K^2_{1ввo}$	-	-	$1.5456*10^{-5}$
9	$K^2_{2\ сск}$	-	-	0.53375
10	$K^2_{3IпI}$	-	-	$2.7959*10^{-5}$

Коэффициенты детерминации полученных регрессионных моделей имеют значения выше 97%, которые можно считать достаточно хорошими. В частности, коэффициент детерминации полной квадратичной модели больше 99%, а среднеквадратическая ошибка равна 1.69

Получены также регрессионные зависимости с учетом солнечной радиации при ν = 0.5 м/с и $t_{рад}$ = 20.4°С в виде (8). Полная квадратичная модель для этого случая имеет вид

$$t_{пр-рад} = 8.494 + 0.98841 \cdot t_{1ввo} - 1.1775 \cdot V_{скв} + 0.05599 \cdot I_{пр} + 0.01574 \cdot t_{1ввo} \cdot V_{скв} +$$

$$+ 3.91 \cdot 10^{-5} \cdot t_{1ввo} \cdot I_{пр} - 0.0119 \cdot V_{скв} \cdot I_{пр} - 0.0017 \cdot t^2_{1ввo} +$$

$$+ 0.5698 \cdot V^2_{скв} + 3.58 \cdot 10^{-5} \cdot I^2_{пр}$$

Коэффициент детерминации этой модели составляет 98%, а среднеквадратическая ошибка равна 1.88

Определены относительные погрешности расчёта удельного активного сопротивления для провода АС-330/43. Относительные погрешности составляют от минус 24 до плюс 24% в диапазоне температур воздуха от минус 40°С до плюс 40°С и допустимых температур провода плюс 80°С. При этом нагрузочные потери активной мощности в зависимости от температуры провода от -40°С до 80°С могут меняться в пределах -24-+24% относительно значения температуры 20°С.

В отличие от известных подходов вместо применения сложных трудоемких вычислительных алгоритмов предлагается применение более удобных и наглядных уравнений регрессии.

Список литературы

1. Бургсдорф В.В. Определение допустимых токов нагрузки воздушных линий электропередачи по нагреву их проводов / В.В. Бургсдорф, Л.Г. Никитина / Электричество. - 1989. - №11.- С. 1-8.
2. Воротницкий В.Э., Туркина О. В. Оценка погрешностей расчета переменных потерь электроэнергии в ВЛ из-за неучета метеоусловий. Электрические станции, 2008, № 10, с. 42-49.
3. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. Методы прогнозирования потерь мощности электроэнергетических систем для анализа и управления. Электричество № 7, 2013, стр.19-29.
4. Гусейнов Ф.Г., Мамедяров О.С. Планирование эксперимента в задачах электроэнергетики. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 151 с.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОНЕЧНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Бандурин И. И., Коробов В. М., Хаймин А. Ю.
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет», доценты

В настоящее время в Российской Федерации и в некоторых других странах бывшего СССР для обеспечения надёжности электроснабжения конечных потребителей до сих пор используется нормативный подход. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) вводят понятие категорий электроприёмников [3]. Всего существуют 4 категории надёжности электроприёмников: I-ая особая, I-ая, II-ая и III-ья. По степени важности потребителей номер категории возрастает от III-ей к I-ой. Потребители, для которых важно обеспечить бесперебойное электроснабжение, должны быть подключены по схеме I категории и, наоборот, неответственных потребителей подключают по схеме III категории. Отметим, что большинство потребителей сейчас подключены по схеме III категории надёжности.

Однако, в статье Воротницкого В.В. [1] на примере показано, что надёжность электроснабжения потребителя III категории может быть выше, чем потребителя II категории. Отсюда следует, что категории надёжности электроснабжения уже не могут являться выражением этой самой надёжности, поэтому необходимо применять показатели, определяемые количеством и длительностью отключений.

Надежность электроснабжения потребителей в рыночных условиях становится предметом договорных отношений между субъектами энергетического рынка и товаром с соответствующей ценой, реализуемым через рыночные услуги [2, 4]. Требования или запрос потребителей по обеспечению того или иного уровня надежности электроснабжения формируют спрос на этот ресурс. При этом потребители сами должны выбирать необходимый уровень надежности из предоставляемого «меню» с соответствующей ценой. В этом состоит идея механизма торговли надёжностью. Для реализации идеи механизма торговли надёжностью необходимо разработать методику выбора рациональной схемы подключения к системе электроснабжения.

Оптимальная схема подключения должна обеспечивать заданные показатели надёжности электроснабжения конечного потребителя: количество отключений $N_{откл}$ и время восстановления $T_{восст}$ при минимальных приведённых затратах. Конечного потребителя электроэнергии не должен волновать вопрос, о том по какой схеме электроснабжения он будет подключен. Это забота электросетевой компании. Для конечного потребителя важно только, чтобы показатели надёжности электроснабжения не превышали и не были ниже договорных значений. Целью данной работы является разработка методики синтеза оптимальной схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии.

Для этого должен быть решен ряд задач:

1) получены типовые функции удельного ущерба для конечных потребителей электроэнергии;
2) разработана математическая модель по оптимизации параметров схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии, подключённого по схеме III-ей категории надёжности электроснабжения;
3) разработана математическая модель по оптимизации параметров схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии, подключённого по схеме II-ой категории надёжности электроснабжения;
4) разработана математическая модель по оптимизации параметров схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии, подключённого по схеме I-ой категории надёжности электроснабжения;

5) разработана математическая модель по оптимизации параметров схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии, подключённого по схеме I-ой категории надёжности электроснабжения особой группы;
6) все разработанные оптимизационные математические модели должны быть достоверны и проверены на работоспособность на практических примерах.
7) на основе полученных математических моделей необходимо разработать соответствующие программы для синтеза оптимальных схем подключения к системе электроснабжения конечных потребителей электроэнергии.

Алгоритм выбора оптимальной схемы электроснабжения для конечного потребителя электроэнергии заключается в следующем:

1. Задаем тип потребителя, его основные технические характеристики и договорные показатели надёжности электроснабжения.

2. В зависимости от типа потребителя определяем все допустимые схемы (категории) для подключения к системе электроснабжения.

3. Выполняем синтез оптимальных схем подключения к системе электроснабжения для всех допустимых категорий. В результате синтеза получаем информацию о капитальных затратах, издержках на эксплуатацию и показателях надёжности оптимальных схем подключения к системе электроснабжения для всех категорий.

4. По полученным показателям надёжности $N_{откл}$ и $T_{восст}$ выполняем расчёт величины ущерба от недоотпуска электроэнергии конечному потребителю для оптимальных схем электроснабжения всех категорий.

5. На основе полученной информации о капитальных затратах, издержках на эксплуатации и ущербе находим приведённые затраты на систему электроснабжения для оптимальных схем всех категорий.

6. Выбираем такую схему (категорию) подключения к системе электроснабжения конечного потребителя, для которой приведённые затраты будут наименьшими. Полученную категорию и схему подключения к системе электроснабжения конечного потребителя будем считать оптимальными.

Рассмотрим подробнее работу компьютерной программы для синтеза оптимальной схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителей электроэнергии на примере схемы III-ей категории. В начале работы пользователь компьютерной программы вводит ряд параметров:

1) L – расстояние от ближайшего центра питания до потребителя, км;
2) P_{max} – максимальная мощность потребителя, кВт;
3) $U_{ном}$ – номинальное напряжение потребителя, кВ;
4) $cos\varphi$ – коэффициент мощности потребителя, кВт;
5) N – среднее количество отключений, 1/год;
6) T – среднее время восстановления электроснабжения, ч;
7) тип потребителя.

В итоге мы должны получить информацию об оптимальных параметрах линий электропередач (длина, тип и сечение), силового трансформатора (тип и мощность), силовых выключателей (тип, номинальный ток, ток короткого замыкания), сборной шины (количество присоединений).

Полученные с помощью методики рациональные схемы подключения потребителей к системе электроснабжения, могут быть использованы электросетевыми компаниями для обеспечения договорного уровня надёжности.

Список литературы

1. Воротницкий В.В. Надёжность электроснабжения как инструмент регулирования отношений между поставщиками и потребителями энергии // Энергия и Менеджмент -2009. - №3- С. 11-15.
2. Овсейчук В.А. Обеспечение надежности электроснабжения в условиях рыночной экономики // Новости электротехники: информационно-справочное издание / учредитель ЗАО «Новости Электротехники». – СПб., 2011. – № 1. – С. 20–22.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. –222 с.
4. Терешко О.А. Система договорной экономической ответственности за надежность электроснабжения конечных потребителей//Энергоэксперт. – Москва, 2014, № 05. – С. 12 –

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГРУЗИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Зивзивадзе Л.Б., Кучава М.Ш., Силагадзе С., Зивзивадзе А.О.
Государственный университет Акакия Церетели

Как известно, электрификация является важным показателем энергетического обеспечения и предполагает внедрение электроэнергии в народное хозяйство и быт по всей стране. Интегральным показателем электрификации является выработка и потребление электроэнергии на душу населения. В нем сконцентрирован уровень развития производительных сил в той или иной стране, возможность и потенциал его использования.

Основой для электрификации является развитая электроэнергетическая отрасль, которая включает в себя комплекс промышленных предприятий, сооружений и оборудования по производству, передаче и распределению электроэнергии. Отрасль характеризуется рядом особенностей. Прежде всего, среди отраслей экономики, она характеризуется высокой трудомкостью и капиталоемкостью; во-вторых, отрасль требует интенсивного и непрерывного финансирования для сохранения способности функционирования и одновременно для достижения прогресса в соответствии с требованиями макроэкономической среды; в-третьих, в отличие от других отраслей, на энергетику возложена высокая социально-экономическая ответственность; в-четвертых, она как типичный представитель естественной монополии, требует государственного регулирования; в-пятых, в отрасли существует необходимость привлечения значительных дополнительных инвестиций. Это, в свою очередь, еще больше увеличивает капиталоемкость отрасли, в результате совместного влияния других объективных факторов (экология, потребность в освоении более дорогих энергетических ресурсах и т. д.). Соответственно, высок инвестиционный риск.

Электроэнергетическая отрасль в мире развивается быстрыми темпами. Производство электроэнергии за последний 41 год в мире выросло в 3,1 раза. Согласно данным за 2014 год, мировой объем производства электроэнергии составляет почти 24 триллиона квт-ч. В структуре производства, ведущая роль по прежнему принадлежит тепловым электростанциям, работающим на угле, доля которых составляет 40,8%, за ними следуют электростанции, работающие на природном газе (21,6%) и атомные электростанции (10,6%). Разумеется, значительная доля принадлежит также и гидроэлектростанциям (16,4%). Однако, за период с 1973 по 2014 год, их доля сократилась на 4,5 процентных пунктов. Также заметна тенденция к снижению удельного веса тепловых электростанций, работающих на основе нефтепродуктов - за последний 41 год их доля сократилась прмерно в 5 раз. Напротив, растет доля электростанций, работающих на основе альтернативных источников энергии. За указанный период, их доля выросла в десять и более раз (см. Таблицу 1).

Таблица 1

Структура мирового производства электроэнергии в 1973-2014 гг

Источник производства	**1973**	**2014**	**Рост, %**
Производство электроэнергии, всего, млрд. квт-ч.	6131	23816	388,4
Структура производства на электростанциях, %	100,0	100,0	-
гидроэнергия	20,9	16,4	-4,5
атомная энергия	3,3	10,6	+7,3
природный газ	12,1	21,6	+9,5
уголь	38,3	40,8	+2,5
нефтепродукты	24,8	4,3	-20,5
другие источники	0,6	6,3	+5,7

Первая электростанция была построена в Грузии в конце 1887 года (Тбилиси), при активном участии И. Чавчавадзе. Станция работала на топливе. Затем, постепенно стали появляться малые электростанции, суммарная мощность которых в 1913 году составила 8,0 тыс. квт-ч, количество же выработанной электроэнергии составило 20 млн. квт-ч. 25% суммарной мощности электростанций и выработанной ими электроэнергии в тот период приходилось на гидроэлектростанции (ГЭСы), В 1918-1921 годы, число электростанций сократилось. В 1922 году, в Тбилиси функционировали 44 малых электростанций (с суммарной мощностью – 6,15 тыс. квт.). В 1927 году был введен в эксплуатацию первый ряд первой мощной гидроэлектростанции ЗАГЭС (Земоавчальская Гидроэлектростанция). С этого времени началось использование электроэнергии в промышленности, транспорте, коммунальном хозяйстве, в быту и народном хозяйстве в целом.

В истории Грузии, производство электроэнергии достигло своего максимума в 1989 году, однако в период перехода на рыночную экономику оно сократилось почти вдвое. Определенный рост отмечается с 2010 года. Соответственно, изменялся и показатель электрификации страны – производство и потребление электроэнергии на душу населения (см. Таблицу 2).

Таблица 2

Годы	Производство электроэнергии, млн. квт-ч	Потребление электроэнергии на душу населения, млн. квт-ч
1913	20	10,0
1940	7417	205,3
1960	3916	948,4
1980	13984	2765,5
1989	15825	3330,0
2000	7446	1769,2
2010	9919	1902,9
2015	10593	2790,5
2016	11365	2966,5
2017	11531	3083,1

Потребление электроэнергии на душу населения в 1989 году превысило три тысячи квт-ч, а к концу века упало до 1769,2 квт-ч. По состоянию на 2017 год, эта цифра вновь превысила 3 тысячи.

Показатель электрификации сравнительно высок в промышленности, транспорте, строительстве, и относительно низок в сельском хозяйстве. Электрификация позволила более полно использовать существующие в стране природные ресурсы, производительные силы, внедрить достижения научно-технического прогресса, обеспечить эффективное социально-экономическое развитие и повисить уровень жизни населения. Вместе с тем, во второй половине прошлого века, успешно проводилась электрификация сельского хозяйства. В частности, потребление электроэнергии на душу населения в сельской местности составило:

Показатель	1960	1970	1980	1990
Квт-ч	73,2	178,7	459,3	871,5

В 1990 году, каждый сельский житель в среднем потреблял 871,5 квт-ч электроэнергии, что в 11,9 раз превысило показатеь 1960 года. Примерно такая же картина электрификации наблюдалась на сельскохощяйственных предприятиях и в быту. В частности, в начале 1980 года, электровооруженность труда в советских хозяйствах Грузии в пересчете на одного работника составляла 910 квт-ч, а в колхозах этот показатель сотавлял – 415 квт-ч. Потребление электроэнергии в быту и в сфере обслуживания на душу населения в среднем в селькой местности равнялось 115,2 квт-ч.

Электровооруженность труда в советских хозяйствах была в два и более раза выше, чем в колхозах. Кроме того, в обоих случаях этот показатель имел тенденцию роста. Улучшался показатель потребления электроэнергии на душу населения в быту и в сфере обслуживания. Однако, все вышеперечисленные параметры были здесь ниже, чем в промышленности и в городе. Например, электровооруженность труда в советских хозяйствах к этому времени в промышленности составляла 20242 квт-ч, т.е. была в 22.2 раза выше, чем в советских хозяйствах, и в 48,7 раза выше, чем в колхозах, а потребление электроэнергии в быту и в сфере обслуживания на душу населения в городе составляло 636,2 квт-ч, или в 5,5 раза больше, чем в сельской местности. Знаменательно, что аналогичные показатели электрификации Грузии были значительно ниже, по сравнению с т.н. средними союзными показателями.

В период перехода на рыночную экономику, показатели электрификации, как в масштабах страны, так и в сельской местности, существенно ухудшились. В частности, по данным Грузстата, в 2015 году в сельском ходяйстве, лесном хозяйстве и рыболовной отрасли Грузии, в соответствии с конечным показателем потребления на душу населения, было потрачено лишь 42 квт-ч электроэнергии, который сильно отстает (в 70,6 раза) от аналогичного показателя в целом по стране.

Приоритетный путь для повышения уровня электрификации Грузии заключается в освоении наших богатых гидроресурсов, и соответственно, в улучшении электробаланса, котрый периодически является дефицитным (см. Таблицу 3).

Таблица 3

Электробаланс Грузии (млн. квт-ч)

Показатели	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2012**	**2015**	**2017**
Производство электроэнергии	14245,7	7082,0	7451,3	6880,8	9919,2	9912,1	10592,5	11531,
Импорт	4373,6	754,1	599,5	1399	222,1	470,9	699,2	1497,2
Потреблено всего (с учетом потерь)	17450,3	7836,1	7846,2	8159,8	8617,0	9452,4	11291,7	12342,7
Экспорт	1169,0	-	204,6	120	1524,3	930,6	659,9	685,7
Дефицит (-) Превышение (+)	-3204,6	-754,1	-394,9	-1279	+1202,2	+459,7	-699,2	-811,5

Несмотря на то, что Грузия богата гидроресурсами, уровень их освоения остается весьма низким. Электроэнергия, выработанная гидроэлектростанциями Грузии в 2008 году составляла всего лишь 10,4% их технических возможночтей. В стране есть возможность для использования энергетического потенциала малых рек. Согласно данным Научно-исследовательского института энергетики и энергосооружений, в Грузии существует возможноять для построения 229 малых гидроэлектростанций (мощностью от 10 до 20 тыс. квт), суммарная мощность которых составит 2,1 млн. квт., а выработка электроэнергии - 12,3 млрд. квт-ч. Что касается микро-гэсов (до 1 тыс квт), их можно построить почти в каждом селе или населенном пункте Грузии. Малые гидроэлектростанции особенно будут полезны для отдаленных от центра горных районов. Благоприятные условия для сравнительно более крупного гидроэнергостроительства создает то обстоятельство, что из 319 зарегистрированных в Грузии рек, 40% их технических гидроэнергоресурсов приходится на восемь основных рек, таких как Мтквари, Риони, Энгури, Цхенисцкали, Кодори, Бзипи, Храми и Арагви. При строительстве разумеется должны быть учтены экологические требования.

В настоящее время, благодаря использовонию современных достижений в гидроэнергетическом строительстве, на грузинских реках можно построить десятки крупных и средних гидроэлектростанций. Несмотря на это, как уже было отмечено, уровень использования гидроэнергоресурсов в Грузии остается весьма низким. В 2016 году, выработка электроэнергии нашими гидроэлектростанциями составила 9,2 млрд. квт-ч, что сотавляет лишь 11,4% их технических возможностей.

В настоящее время, основными вызовами в изучении и лучшем использовании гидроэнергетических ресурсов в Грузии являются:

1. Уточнение гидроэнергетичееского потенциала Грузии;
2. Строительство гидроэлектростанций с водохранилищами с сезонным регулированием, с помощью которых можно будет повысить выработку электроэнергии в зимний период, когда она является дефицитной;
3. Организация комплексов гидроакумулирующих электростанций, по мере возможности;
4. Строительство комплексных гидроузлов, что позволит регулировать сточные воды рек и использование водных ресурсов для ирригации, водоснабжения и энергетических целей;
5. Разработка и осуществление необходимых мероприятий, с помощью которых можно будет восстановить и защитить береговую полосу Черного моря, из-за сокращения количества твердых наносов из рек;
6. Полномасштабное освоение экономически эффективной части местных гидроэнергетических ресурсов.

Список литературы

1. Чомахидзе Д.. Энергетика Грузии: экономика, регулирование, терминология, статистика. Тб., 2004
2. Жордания Ир., Урушадзе Т., Паресашвили О. и др. Природные ресурсы Грузии. Тб., 2015
3. Статистические ежегодники Грузии: 2000-2016 гг. www.gepstat
4. Годовые отчеты Национальной комиссии по регулированию электроэнергии и водоснабжения Грузии. www.gnerc.org
5. Гитулмфн Л.Д., Заьников Б.Е., Энергетический бизнес. М., 2008
6. www.esco.ge

7. Chomakhidze D., Shengelia G., Energy Complex of Georgia. LAMBERT., 2017
8. Key Workd Energy Statistics, 2008-2016
9. Chomakhidze D., Georgia Energy Resources “Central Asian and the Caucasus”, 4(48), 2007
10. Chomakhidze D., Energy Balance of Georgia, “AASCI”, august, 2016

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ГРОЗОЗАЩИТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Коробов В. М.
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»

В России (и не только) сложилась непростая ситуация с нормативными документами, регламентирующими требования к молниезащите зданий и сооружений. В РФ существуют два документа, на основе которых можно спроектировать систему молниезащиты:
- «Инструкция по молниезащите зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 от 30.07.1987 г. [1].
- «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153—343.21.122-2003 от 30.06.2003 г. [2].

Процесс проектирования осложняется тем фактом, что ни одна из указанных инструкций не освещает вопроса применения устройств защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений. Старая редакция инструкции [1] вообще не предусматривала такого раздела, а новая [2] освещает этот вопрос только на уровне теории, никаких указаний по практическому применению устройств защиты не предусмотрено. Кроме того, в этих нормативных документах отсутствует даже такой термин, как активная грозозащита.

Все вопросы, которые не освещены в самой инструкции, предписывается рассматривать в других нормативных документах соответствующей тематики, в частности стандартов организации МЭК (Международной Электротехнической Комиссии).

В 2011 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии выпустило ГОСТ Р МЭК 62305-2-2011 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы» [3] и ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска» [4]. Данные документы представляют собой аутентичный текст стандарта МЭК 62305 и призваны прояснить ситуацию с системами молниезащиты зданий на территории РФ.

В России и в Псковской области, в частности, ведётся активное индивидуальное жилищное строительство, появляются целые коттеджные посёлки. Однако вопросам грозозащиты индивидуальных жилищных строений не уделяется, практически, никакого внимания.

Это объясняется рядом причин:

1) Отсутствие обязательного контроля надзорных органов на стадии проектирования и строительства частных жилых домов.

2) Отсутствие у населения (застройщиков) понимания необходимости грозозащиты и необходимость дополнительных финансовых затрат на проектирование и монтаж системы грозозащиты.

3) Не эстетичность и конструктивная сложность пассивных грозозащит, которые не вписываются в архитектурный и ландшафтный дизайн коттеджа.

В частности, согласно [1], для защиты расположенных в сельской местности небольших строений с неметаллической крышей предлагается использовать один из трех способов – одиночный молниеотвод (мачта), тросовый молниеотвод по коньку крыши с высотой стоек молниеотвода не менее двух метров или, при наличии на расстоянии 3-10 м от строения деревьев в два раза и более превышающих его высоту, токоотвод по стволу дерева. Для домов с металлической крышей предъявляются практически невыполнимые требования (толщина железа не менее 4 мм, надежное электрическое соединение по всей кровле). Очевидно, что предлагаемые инструкциями технические решения совершенно не вписываются в практику индивидуального жилищного строительства.

Наряду с этим, Псковская область относится к регионам с достаточно высокой грозовой активностью (40 ÷ 60 часов в год). Эта проблема актуальна и для Азербайджана, на территории которого выделяют большое разнообразие климатических зон, ряд из которых отличается довольно большой грозовой активностью. [5].

Расчет ожидаемого количества N поражений молнией в год для зданий и сооружений прямоугольной формы в соответствие с [1] можно произвести по простой формуле (1):

$$N=[(S+6h)(L+6h)-7,7h^2]\cdot n\cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где h - наибольшая высота здания или сооружения, м; S, L - соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; n - среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для условного коттеджа с размерами h=8 м; S=10 м; L=20 м в Псковской области ожидаемое количество N поражений молнией в год составит 0,02 или один раз в 50 лет.

Частный дом относится к «обычным» объектам, в соответствии с [2], и к III категории согласно [1], поэтому требует наличие грозозащиты. Расчетная надежность системы - не менее 0,9.

Расчеты грозозащиты не представляют особых затруднений и могут выполняться, в том числе, с помощью онлайн-сервисов (например, https://online-electric.ru/light/light.php [6] или http://calculations.zandz.com/# [7]).

Эти расчеты могут быть выполнены любым застройщиком, а результаты должны служить дополнительной мотивацией к сооружению системы грозозащиты.

Отсутствие системы грозозащиты на участках для инженерных сооружений, жилых строений может привести к гибели людей, пожарам, выходу из строя бытовой техники.

Несмотря на то, что между сторонниками и противниками пассивных и активных грозозащит не утихают споры об их эффективности и методиках расчета последних, единственно приемлемым является широкое внедрение в практику коттеджного строительства современных активных грозозащит, тем более, что имеется положительный мировой опыт их эксплуатации.

Активная грозозащита установлена на таких ответственных объектах, как аэропорт имени Шарля де Голля, Нотр-Дам де Пари, штаб-квартира Renault, Красная крепость (Дели, Индия), небоскреб Central Plaza в Гонконге, отель Найятт (Денвер, США) и др.

Достоинством активных грозозащит для коттеджного строительства является их хорошая вписываемость в архитектурный и ландшафтный дизайн коттеджа и удобство монтажа. Более того, такая защита может стать архитектурным элементом декора коттеджа.

Активная грозозащита представляет собой специальный молниеприёмник общей высотой вместе с крепёжными элементами 2 метра, который может быть установлен на коньке крыши коттеджа. Принцип действия активной грозозащиты заключается в ионизации воздуха у молниеприемника, что приводит к значительному увеличению зоны защиты. Устройству не требуется сетевая подпитка, к тому же оно не представляет угрозы для безопасности окружающей среды и здоровья людей.

Ионизатор выступает в роли элемента, провоцирующего попадание молнии в молниеприёмник, создавая при этом встречный лидер для молнии.

Комплекты активных грозозащит выпускаются целым рядом зарубежных фирм (Forend, Prevectron 2 Millenium, ABB, SATELIT3) и, в том числе, российским предприятием ГРОМОСТАР. Достоинством активных грозозащит является комплектная поставка её элементов фирмами – изготовителями. Монтаж активной грозозащиты на объекте не представляет труда.

Сравнительные расчёты пассивной (стержневой молниеотвод) и активной грозозащиты для условного коттеджа показывают, что для получения одинаковой зоны защиты, потребовалось бы строительство стержневого молниеотвода высотой от 30 до 50 метров. Очевидно, что вариант пассивной грозозащиты для коттеджа неприемлем.

Ориентированная стоимость активной грозозащиты вместе с монтажом не превышает 100 тыс. рублей, сравнима по стоимости с пассивной и её установка полностью позволяет решить проблему защиты людей и сооружений от прямых ударов молний.

Список литературы

1. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87.
2. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003.
3. ГОСТ Р МЭК 62305-2-2011 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы».
4. ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска».
5. Гашимов А.М., Хыдыров Ф.Л. Грозовая деятельность и грозозащита электроэнергетических устройств и оборудования на территории республики Азербайджан. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. 2015;(1):33-43.
6. Онлайн-сервис - https://online-electric.ru/light/light.php
7. Онлайн-сервис - http://calculations.zandz.com/#

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ЭНЕРГОБЛОКОВ ТЭС

Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Анализ технико-экономических показателей относится к числу важнейших составляющих обеспечения эффективности (надежности, экономичности и безопасности) работы паротурбинных установок ТЭС. Для энергоблоков мощностью 300 МВт и более десятки технико-экономических показателей, громоздкость расчетов их нормативных значений, высокая вероятность ошибок ручного счета обуславливают целесообразность проведения анализа технико-экономических показателей средствами АСУ.

Традиционно анализ состоит в сравнении фактических и нормативных значений технико-экономических показателей. Расхождения этих значений определяет резерв тепловой экономичности и рекомендации, обеспечивающие повышение эффективности работы объектов ТЭС. Систематическое повышение достоверности рекомендаций достигается экспериментальным уточнением эмпирических характеристик после выполнения капитального ремонта энергоблока. Со временем износ оборудования приводит к изменению энергетических характеристик и увеличению погрешности расчета нормативных значений технико-экономических показателей. Погрешность расчета нормативных значений технико-экономических показателей и поправок, учитывающих старение, возрастает. В конечном итоге наступает момент, когда неавтоматизированное уточнение нормативных технико-экономических показателей становится экономически нецелесообразным.

Повышение объективности сравнения и ранжирования эффективности работы паротурбинных установок энергоблоков ТЭС в условиях, когда точность нормативных значений технико-экономических показателей оставляет желать лучшего, иначе говоря, результаты анализа технико-экономических показателей далеко не объективны, совершенствование методов анализа технико-экономических показателей не только актуально, но и необходимо.

Непременным условием повышения эффективности работы паротурбинных установок энергоблоков ТЭС является безошибочность их ранжирования. Ранжирование проводится путем сопоставления интегральных технико-экономических показателей. Переход от фактических значений технико-экономических показателей к интегральному обусловлен различием их масштаба, шкалы и единиц измерения. Снижение громоздкости преобразования технико-экономических показателей достигается классификацией показателей по узлам паротурбинной установки. Выявление «слабых звеньев» среди узлов паротурбинной установки позволяет повысить эффективность восстановления износа.

Предлагается наряду с методами анализа применять методы синтеза технико-экономических показателей. Методы синтеза требуют преодоления влияния различия размерностей, влияния взаимосвязи технико-экономических показателей, условий работы энергоблоков. Возможность синтеза технико-экономических показателей «вручную» практически исключается, т.к. громоздкость и многочисленность обуславливают высокий риск ошибочного решения.

При разработке алгоритмов для анализа и синтеза технико-экономических показателей паротурбинной установки использованы и развиты следующие решения:

- использован укрупненный алгоритм (последовательность) преобразования исходных данных;
- уточнен алгоритм оценки значимости корреляционной взаимосвязи технико-экономических показателей;
- разработан алгоритм кластерного анализа технико-экономических показателей на основе сведений об их значимой корреляционной взаимосвязи. Каждый кластер, формируя узел паротурбинной установки, задается эквивалентной характеристикой, представляющей собой оценки вероятности проявления суммы составляющих кластер реализаций технико-экономических показателей;
- сохранен перечень, но уточнена структура выходных форм анализа и синтеза технико-экономических показателей;
- расширен перечень решаемых эксплуатационных задач. В частности, введены в рассмотрение вопросы надежности (безотказность, качество управления, сохраняемость и ремонт) узлов паротурбинной установки.

Разработанная автоматизированная система анализа и синтеза технико-экономических показателей энергоблоков ТЭС наряду с информационной поддержкой персонала обеспечивает и методическую поддержку в виде рекомендаций по повышению эффективности работы как отдельных энергоблоков, так и ТЭС в целом. Объективность этих рекомендаций несомненна в рамках исходных данных.

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. Минэнерго РФ, 2003, 160 с.
2. Фурсова Т.Н. Автоматизация определения и анализа технико-экономических показателей энергоблоков. Машинобудування, 2012., №9, с. 233-244
3. Дуэль М.А., Канюк Г.И., Фурсова Т.Н. Автоматизация определения энергетических характеристик энергооборудования, Харьков, «Энергосбережение, энергетика, энергоаудит» 2013, №2, 13-19
4. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Метод и алгоритм ранжирования котельных установок блочных электростанций по критерию надёжности и экономичности работы, М:, Теплоэнергетика, №10, 2015, с.22-29
5. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К.. Сравнительный анализ методов расчета интегральных показателей, характеризующих эффективность работы объектов ЭЭС. Киев, Электронное моделирование, №2, 2017, с. 75-89

МЕТОД РАНЖИРОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС

Фарзалиев Ю.З., Рустамова А.А.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Повышение достоверности ранжирования объектов ЭЭС по эффективности (надежности, экономичности, безопасности) их работы является реальной возможностью снижения эксплуатационных затрат. Стремление учесть особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта объекта приводит к существенному росту технико-экономических показателей. Наличие взаимосвязанных показателей искажает оценки интегральных показателей. На примере среднемесячных значений технико-экономических показателей котла энергоблока показана необходимость учета взаимосвязи, приводится алгоритм перехода к независимым показателям.

Физически понятные утверждения о влиянии взаимосвязанных показателей надежности, экономичности и безопасности объектов ЭЭС на результат их сравнения и ранжирования не всегда очевидены [1].

Повышение достоверности ранжирования объектов ЭЭС по эффективности (надежности, экономичности, безопасности) их работы является реальной возможностью снижения эксплуатационных затрат. Стремление учесть особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта объекта приводит к существенному росту технико-экономических показателей. Наличие взаимосвязанных показателей искажает оценки интегральных показателей.

Таким образом, важно не только установить наличие значимой статистической взаимосвязи между показателями, но и необходимо представить характеристику объекта множеством независимых показателей.

Разработка методов и алгоритмов для:

- оценки взаимосвязи между реализациями выборок многомерных случайных величин;
- приведения сопоставленных выборок случайных величин к единой шкале, масштабу и единице измерения;
- расчета критических значений коэффициентов ранговой корреляции по их фидуциальным распределениям для ряда значений числа реализаций выборки;
- вычисления оптимальных значений коэффициентов корреляции, которая позволит создать автоматизированную систему сравнения и ранжирования объектов ЭЭС, обеспечивающей оперативную методическую и информационную поддержку персонала в процессе организации эксплуатации этих объектов.

Переход от статистически связанных показателей надежности, экономичности и безопасности работы объектов ЭЭС к независимым показателям позволяет уточнить интегральные показатели эффективности объектов и повысить достоверность их сравнения и ранжирования.

Разработан метод, алгоритм и программа группирования объектов на независимые кластеры. Число кластеров и число объектов в кластере определяется заданными ошибками первого и второго рода. Изменение ошибок первого и второго рода ведет к изменению числа кластеров и числа объектов в кластере.

Однозначность решения обеспечивается сравнением экспериментального значения

коэффициента корреляции, с оптимальным значением. Оптимальное значение соответствует минимальному риску ошибочного решения.

Кривая изменения риска ошибочного решения строится по фидуциальным распределениям коэффициентов корреляции для независимых выборок случайных величин и вычисляется как сумма ошибок первого и второго рода.

Список литературы

1. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К. Сравнительный анализ методов расчета интегральных показателей, характеризующих эффективность работы объектов ЭЭС. Киев, Электронное моделирование, №2, 2017, с. 75-89
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. Минэнерго РФ, 2003, 160 с.
3. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Совершенствование методов повышения надежности объектов электроэнергетических систем. Электричество №8, 2016, с. 18-28
4. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Исмаилова С.М. Компьютерная технология оценки целесообразности отключения трансформаторов на капитальный ремонт. Минск, Энергетика №6, 2011,с. 25-37
5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М., Физмат, 2006, 628с.
6. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Эффективность критериев целесообразности классификации статистических данных об отказах электрооборудования. М: Электричество, №3, 2014, с. 19-25

ПОВЫШЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОСТИ ОЦЕНОК ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБЪЕКТОВ ЭЭС

Фархадзаде Э.М., Абдуллаева С.А. Гамидов Н.С.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Опыт эксплуатации оборудования и устройств (объектов) электроэнергетических систем (ЭЭС) показывает, что со временем необходимость повышения эксплуатационной надежности, экономичности и безопасности (эффективности) работы объектов не только не снижается, но и возрастает. При отсутствии или при явном несоответствии энергетических характеристик объектов их техническому состоянию к основным направлениям совершенствования управления эффективностью работы относится переход от интуитивного сравнения и ранжирования объектов ЭЭС к автоматизированному. В свою очередь, часто необходимым условием автоматизированного управления является разработка методов расчета оперативных значений интегральных показателей.

Одним из основных требований, предъявляемых к интегральным показателям, является независимость составляющих их единичных показателей. В реальных условиях номенклатура показателей надежности, экономичности и безопасности объектов электроэнергетических систем известна и составлена исходя из реальных возможностей сбора данных. Число таких технико-экономических показателей изменяется от единиц до десятков.

При необходимости, повышение информативности интегральных оценок может быть достигнуто привлечением сведений о паспортных данных и условиях эксплуатации. Однако при совместном использовании этих данных часто возникают трудности, связанные с различием как шкалы их измерения, так и степени взаимосвязи. Громоздкость и трудоемкость ручного счета требуют привлечения компьютерных технологий.

Интегральный показатель предусматривает независимость определяющих его технико-экономических показателей. Нарушение этого условия ведет к искажению величины интегрального показателя и тем больше, чем больше число взаимосвязанных технико-экономических показателей, и чем сильнее их взаимосвязь. Технико-экономические показатели объектов ЭЭС имеют, как правило, количественную шкалу измерения. Их взаимосвязь устанавливается путем расчета по статистическим данным эксплуатации (э) коэффициентов линейной корреляции Пирсона ($\gamma_э$) и сопоставления $\gamma_э$ с критическим значением γ_α для заданной ошибки первого рода. При этом предполагается, что

распределение F(П) (П – показатель) соответствует нормальному закону, а число реализаций выборки $n_v>30$.

На самом деле, далеко не всегда доступны сведения о всех характеризующих техническое состояние объекта технико-экономических показателях, объем выборки (например, число однотипных энергоблоков) далеко не всегда $n_v>30$, не всегда распределение $F^*(П)$ соответствует нормальному закону, а связь между технико-экономическими показателями - линейна. Это несоответствие обуславливает сомнения в достоверности анализа взаимосвязи технико-экономических показателей со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Для автоматизированного сравнения и ранжирования эффективности одноименных объектов ЭЭС необходимо уметь рассчитать их интегральные показатели работы по ряду единичных показателей, имеющих различные единицы, шкалы и масштаб измерения. Точность расчета интегрального показателя существенно зависит от числа взаимосвязанных единичных показателей m_p. Чем больше m_p, тем больше погрешность расчета. Наличие взаимосвязи технико-экономических показателей традиционно устанавливается по превышению коэффициента корреляции, вычисленного по статистическим данным эксплуатации объекта, критического значения с заданной ошибкой первого рода α.

Выбор функционально и статистически независимых технико-экономических показателей позволяет не только повысить достоверность оценки интегрального показателя, но и уменьшить объем необходимой информации, снизить громоздкость расчетов.

Таким образом:

1. Разработан метод формирования перечня независимых технико-экономических показателей. Возможность перехода от полного перечня технико-экономических показателей к независимым является непременным условием повышения объективности интегральных оценок эффективности работы объектов ЭЭС;
2. В основе рекомендуемого метода находятся:

2.1. Метод преобразования количественной шкалы измерения технико-экономических показателей в порядковую. Этот метод позволяет не только повысить число признаков, характеризующих эффективность работы объектов, но и достоверность решения за счет перехода к непараметрическим критериям оценки взаимосвязи показателей (параметров), вводимых в рассмотрение признаков;

2.2. Возможность автоматизированной оценки критических значений коэффициентов линейной и ранговой корреляции путем построения статистической функции распределения моделируемых реализаций;

2.3. Установленно возможное существенное различие экспериментальных значений коэффициентов линейной и ранговой корреляции при практически одинаковых их критических значениях;

Список литературы

1. Дьяков А.Ф., Исамухаммедов Я.Ш. Современное состояние электроэнергетики России и факторы снижения надежности электроснабжения. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып.63. Проблемы надежности систем энергетики в рыночные условия /Отв.ред. Н.И.Воропай, Н.А.Юсифбейли. Баку, АзНИиПИИЭ, 2013, с.7-13
2. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Метод и алгоритм ранжирования котельных установок блочных электростанций по критерию надежности и экономичности работы. М.Теплоэнергетика, 2015, №10, с.22-29
3. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Исмаилова С.М. Компьютерная технология оценки целесообразности отключения трансформаторов на капитальный ремонт. Минск. Энергетика 2011, №6, с.25-37
4. Орлов А.И. Прикладная статистика. М.: «Экзамен», 2004, 656 с.
5. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Оценка точности показателей надежности оборудования электроэнергетических систем по малочисленным многомерным статистическим данным. М. Электричество, №12, 2016, с. 3-14
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика М.Физмат, 2006, 628с.

İSTİLİK ELEKTRİK STANSİYALARINDA ENERJİNİN HASİLATI VƏ PAYLANMASI ÜÇÜN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ NƏZARƏT SİSTEMİNİN YARADILMASI

Əmirov Ə.M., Şirinov R.Ş.
"Neftqazavtomat EİM" MMC

Dənizdə estakadalar üzərində qurulmuş Qazturbin Elektrik Stansiyası (QTES-48), dənizdə neft və qazçıxarma, o cümlədən təsərrüfat və həyat təminatlı obyektləri elektrik enerjisi ilə təmin edən mühüm obyekt olduğundan istehsal edilən enerjinin hasilatı, paylanması və mühafizəsini təmin edən məlumat-nəzarət sisteminin yaradılması xüsusi diqqət tələb edir. Belə bir sistem kompleksinin yaradılması elektrik stansiyasının texnoloji proseslərinin normal iş rejimlərinin təmin edilməsi ilə bərabər stansiyanın qurğu və avadanlıqlarının işçi ömrünün uzadılması, təmirə çəkilən xərclərin azaldılması, elektrik stansiyasının texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasına təminat deməkdir.

Yüksək çətinlik kateqoriyasına aid olan QTES üçün yaradılmış məlumat-nəzarət sisteminin məqsədi QTES-in güc hissəsi üçün əvvəlcədən yaradılmış məlumat-nəzarət və diaqnostika sisteminin tərkib hissəsi olmaq etibarı ilə turbogenerator qurğularının və paylayıcı quruluşların iş rejimlərini xarakterizə edən texnoloji parametrlərə, o cümlədən enerji hasilatının ölçülməsi və paylanması parametrlərinə operativ nəzarət etməklə aşağıda göstərilənlərə imkan yaratmaqdır:

- istehsal edilən elektrik enerjisinin kommersiya hesabatı və ona nəzarət;
- elektrik enerjisinin keyfiyyətinə nəzarət;
- yüksək gərginlikli elektrik avadanlıqlarının aparat və qurğularının işinə nəzarət, baş verə biləcək nasazlıqların və qəza hallarının qarşısını vaxtında almaq;
- elektrik xətləri üzrə istifadəçilərin elektrik enerjisi ilə təmin edilməsinə nəzarət.

QTES-in elektrik hissəsi üçün yaradılmış məlumat-nəzarət sistemi (MNS) QTES-in güc qurğuları üçün yaradılmış MNS ilə vəhdət təşkil edir və intellektual proqram-texniki avadanlıq kompleksindən ibarət olmaqla, texnoloji obyektin konfiqurasiyasından irəli gələn prinsipə əsasən iki səviyyəli ierarxiya arxitekturasına malikdir.

Sistemin birinci səviyyəsi (aşağı səviyyə, stansiyanın elektrik hissəsinin texnoloji proseslərini xarakterizə edən parametrlərin ölçülməsi, çevrilməsi və işlənməsini təmin edən verici və çeviricilər yerləşən qurğu və aparat səviyyəsi hesab edilir) elektrik stansiyasının turbogenerator qurğularının və paylayıcı aparat quruluşlarının texnoloji proseslərindən tələb olunan parametrlərin ölçülərək verici və çevirici qurğular vasitəsilə informasiyalara çevirib, onları yığaraq işləyib təhlil edən və effektiv qərar qəbul edən, avtomatik fəaliyyət göstərən (avtomatik, interaktiv, reqlament rejimlərində) intellektual idarəedici «Araz» terminal qurğusundan (iki ədəd «Araz» qurğusu; iki maşın üçün 1 ədəd «Araz» terminal qurğusu istifadə edilir) ibarətdir.

Əvvəlcədən elektrik stansiyasının güc qurğuları üçün MNS yaradıldığından, sistemin aşağı səviyyə hissəsi çox terminallı olmaqla stansiyanın elektrik hissəsində texnoloji proseslərini də əhatə etdiyindən, bütün «Araz» terminalı qurğuları aktiv multinöqtə prinsipi ilə birləşərək vahid sistem kimi fəaliyyət göstərir. Nəzarət edilən texnoloji obyekt yüksək dərəcəli çətinlik kateqoriyasına aid olduğundan eyni vaxtda (real zaman miqyasında) iki sistem paralel olaraq obyektin güc qurğuları və avadanlıqlarına, o cümlədən elektrik hissəsinin qurğu və avadanlıqlarına nəzarət edir.

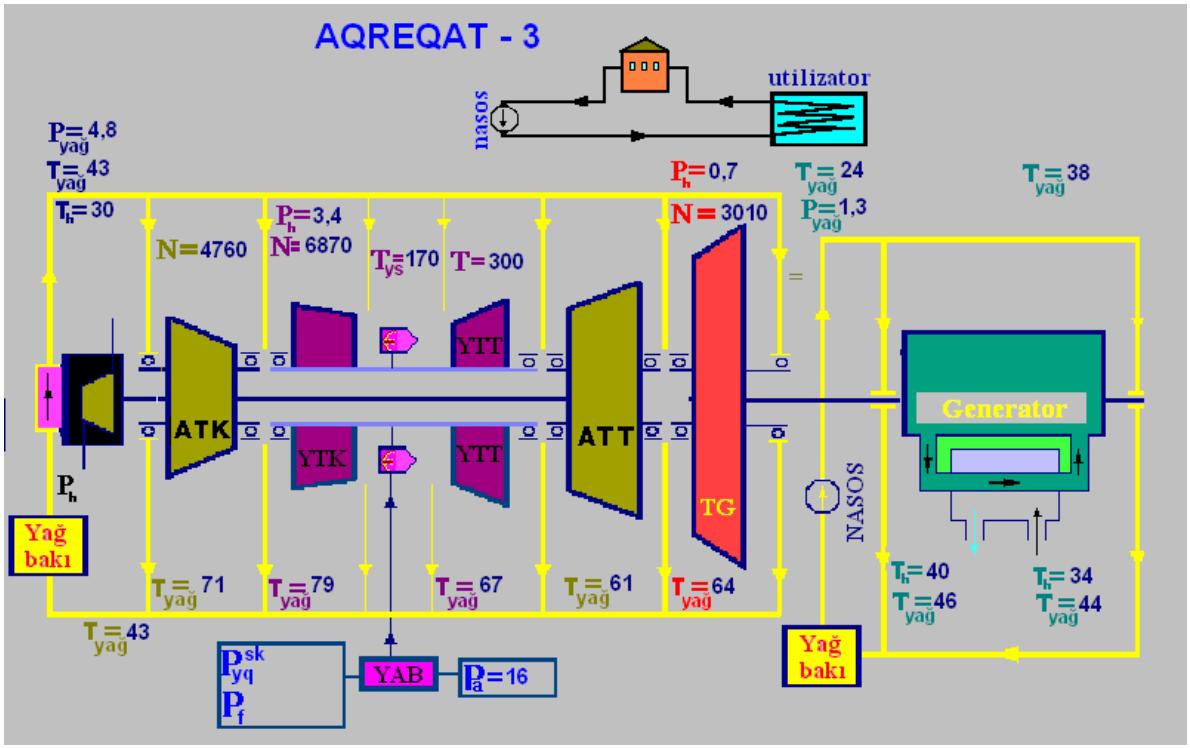
Sistemin yuxarı səviyyəsi isə Pentium" tipli FEHM-dan ibarət olub hər iki aşağı səviyyədəki sistemləri özündə multinöqtə prinsipi ilə kabel rabitə əlaqə kanalları ilə birləşdirir. Sistemin yuxarı səviyyəsində yaradılan sistem kompleksinin bir neçə FEHM-dan ibarət olmaq imkanı saxlanılır. Belə ki, yaradılan sistemlərin öz təyinat xüsusiyyətlərinə görə (güc qurğuları və elektrik hissəsi) müxtəlif iki kompyüterdə avtomatlaşdırılmış işçi operator yeri kimi fəaliyyətinə imkan yaratmaq olar. Beləliklə, sistemin yuxarı səviyyəsində hər iki texnoloji proseslərə aid olan informasiyalar işlənərək öz təyinatlarına görə bölünüb, yadda saxlanılır, arxivləşdirilir və idarə olunan informasiya «xəzinə» ləri yaradılır. FEHM-da monitora çıxarılan bütün lazımi və tələb edilən informasiyalar operator üçün sadə, başa düşüləcək tərzdə mnemosxemlər, cədvəllər, qrafiklər, dinamik trendlər, histoqramlar və s. şəkildə təqdim edilir. (Şəkil 1).

Bu da imkan verir ki, QTES-in texnoloji iş rejimlərinə nəzarət edən operatorlar fasiləsiz olaraq obyektdə baş verən proseslərə və parametrlərə lazımi anlarda operativ olaraq avtomatik, interaktiv və reqlament rejimlərində nəzarət edə bilsinlər.

Sistemin aşağı səviyyəsi ilə yuxarı səviyyəsi arasında operativ rabitə əlaqəsi «Araz» idarəedici kompleksin texniki şərtinə uyğun olaraq ardıcıl RS-232 interfeysinin köməyi ilə yerinə yetirilir (uyğun zəmanət MƏK 625-1).

Elektrik stansiyasının elektrik hissəsinin MNS-in aşağı səviyyəsi insan iştirakı olmadan avtonom olaraq lokal sistem kimi işləyir. Sistemin yuxarı səviyyəsi isə avtomatlaşdırılmış iş rejimi ilə bərabər, interaktiv

rejimdə və reqlament rejimlərində operatorun sistemin fəaliyyətinə müdaxilə etməsinə (xüsusi icazə ilə, parol və s) imkan verir.



Şəkil 1.

Yaradılan sistem elektrik stansiyasının həm güc (qazturbin mühərrikləri), həm də elektrik hissəsinin texnoloji proseslərinə nəzarət etməyə imkan verən vahid platformalı MNS kimi fəaliyyət göstərərək istismar olunur.

Yaradılan sistem aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirir:

1) «Araz» terminal qurğuları özünün, «obyektlə bir başa əlaqə modulları» vasitəsilə elektrik stansiyasının elektrik hissəsindəki texnoloji proseslərdən ölçülən standarta uyğun analoq, diskret, impuls, vəziyyət və qəza siqnalları, müxtəlif maneələrdən və kənar elektrik siqnalları təsirlərindən təmizlənib qorunaraq qəbul edir; elektrik stansiyasının elektrik hissəsinin əsas nəzarət ediləcək texnoloji parametrlərin siyahısı (elektrik cərəyanları, elektrik gücləri, elektrik gərginlikləri, cərəyan tezlikləri, siqnallaşdırma və s.) cədvəllərdə təqdim olunur.

2) Elektrik stansiyasının elektrik hissəsinin əsas texnoloji parametrlərindən olan enerjinin hasilatı, təminatı və kommutasiya edici aparat və qurğuların vəziyyətlərinin cari qiymətlərinin avtomatik olaraq yığılması, işlənməsi təhlil edilərək obyektin etibarlı və effektivli işi üçün lazımi qərarların qəbul edilməsi təmin edilir.

3) Enerji hasilatının sərfinin hesabatı, enerji keyfiyyəti məsələləri, onun paylanmasındakı qarşıya çıxan məsələlərin həllində görülən işlərin hesabatı funksiyalarını yerinə yetirilir.

4) Enerjinin istehsalı və istismar edilməsində, sistemdə yığılan informasiyaları təhlil etməklə elektrik stansiyasının işində diaqnostik və proqnozlaşdırma məsələləri həll edilir.

5) Elektrik enerjisinin istehsalı və istismarı zamanı obyektin işini xarakterizə edən sənədlərin hazırlanması funksiyalarını yerinə yetirilir.

6) Sistemin aşağı səviyyəsindəki «Araz» terminal qurğuları ilə yuxarı səviyyədəki FEHM arasında çevik operativ əlaqənin yaradılması və texnoloji prosesin bütün tələb edilən informasiyalarının yuxarı səviyyəyə ötürülməsi.

Dispetçer otağında elektrik stansiyasının növbə rəisi üçün aşağıdakı funksiyaların yerinə yetirilməsi də nəzərdə tutulur:

- elektrik enerjisinin əsas rejim parametrlərinin dinamik trendlərinin göstərilməsi;
- elektrik qurğu və avadanlıqlarının vəziyyətləri barədə informasiyalar;
- aktiv və reaktiv güclərin qiymətləri və dəyişən cərəyanın tezliyi;
- elektrik xətlərinə nəzarət;

- gündəlik elektrik enerjisi hasilatının hesabatının (gündəlik, aylıq, maşınlar üzrə) və normalardan sapmalarının analizi;
- texniki hesabat sənədlərinin hazırlanması və s.

Məlumat-nəzarət sisteminin əsas qurğusu «Araz» terminalı özünün iş prosesində avtomatik olaraq özünün əsas modullarının işini xüsusi proqram test üsulu ilə yoxlayıb nəticələrini vizual olaraq təqdim edir. Sistem xüsusi təhlükəsizlik funksiyalarını yerinə yetirir:

- yüksək gərginlik xətlərində gərginliyin itməsi və yaranması zamanı terminal qurğusu özünü qorumaq qabiliyyətinə malik olduğundan o dövrəyə avtomatik qoşulur və açılır;
- «Araz» terminalının modullarından hər hansı biri işdən çıxsa, o avtomatik olaraq sistem tərəfindən kənar edilərək operatora xəbər verir;
- sistemin riyazi proqram əməliyyat təminatı elə qurulur ki, ona kənardan icazəsi verilməyən (qadağan olunmuş) əmrlərin və təkliflərin qəbuluna yol verilmir.

Sistemin aşağı səviyyəsi «Araz» intellektual idarə qurğusu həmişə «susma» rejimində avtonom olaraq işləyir, yığılmış informasiyaları proqramla avtomatik rejimdə sistemin dispetçer mərkəzindəki operatorunun AİY-nə göndərir.

Elektrik stansiyası üçün yaradılan məlumat-nəzarət sistemi bütün energetika sahələrindəki elektrik sahələrinə tətbiq oluna bilər. Sistem, stansiyanın istismarını asanlaşdıraraq, istehsal edilən enerjinin hesabını, istifadəsinin təkminləşdirilməsi, baş verə biləcək nasazlıq və qəza hallarının vaxtında aradan qaldırılması ilə onun işinin effektliyini və etibarlığının yüksəldilməsinə zəmin yaradır.

İSTİLİK TƏCHİZATI SİSTEMLƏRİNİN TƏDQİQİ

Feyziyeva G. H.
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
Gulnar0903@Gmail.com

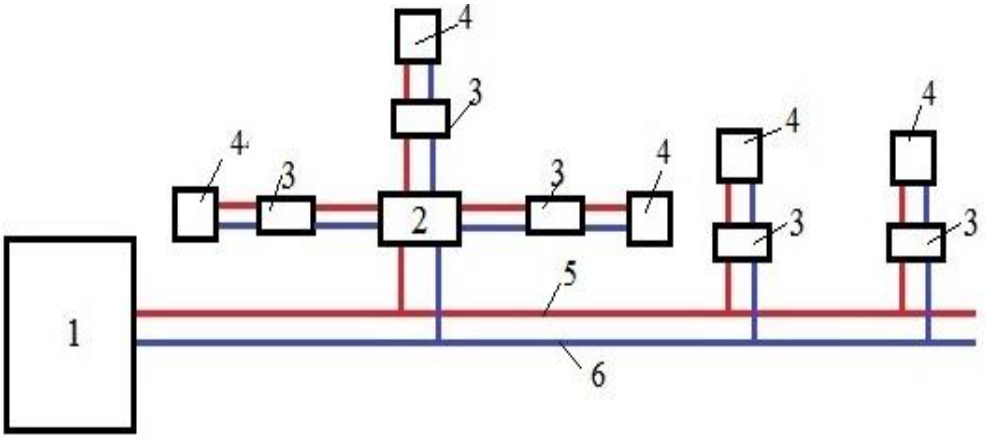
Dünyanın yanacaq ehtiyatlarının əhəmiyyətli hissəsi müvafiq dəyişikliklərdən sonra istehlakçılar tərəfindən elektrik enerjisi, enerji sərf edən proseslərin sənayesi üçün yüksək potensiallı istilik, sənaye və məişət üçün isti su və buxar şəklində istifadə olunur. İstilik təchizatı sistemləri avadanlıqların fasiləsiz və etibarlı iş rejimi sistemin konturlarında itkilərin yerini doldurmaq üçün verilən əlavə suyun keyfiyyətindən xeyli dərəcədə asılıdır. Əlavə suyun keyfiyyəti istilik təchizatı sistemlərində yanacaq sərfi və avadanlıqların uzunömürlülüyünə də təsir edir. Xam suyun və onun ilkin tərkibinin emalı zamanı tətbiq olunan texnologiyalardan asılı olan suyun keyfiyyəti bir tərəfdən istilik avadanlıqlarının iqtisadi göstəricilərinə təsir göstərir, digər tərəfdən isə onların ekoloji təmizliyini müəyyən edir.

Məlumdur ki, istilik sistemlərini mərkəzləşdirilmiş və yerli olmaqla iki yerə bölürlər. Bu zaman mərkəzləşdirilmiş sistemlərdə istilik mənbəyi kimi böyük qazanxanalar, istilik və atom elektrik stansiyaları istifadə olunur. İES və AES-lərdə, əsasən, eyni zamanda istilik və elektrik enerjisi istehsal olunan istilik və atom elektrik mərkəzləri istifadə olunur. İstilik və elektrik enerjilərinin birgə istehsalı bazasında istilik enerjisinin istehsalı zamanı elektrik enerjisi istehsalı üçün yanacaq sərfini (20÷25)%-ə qədər azaltmaq mümkündür [1]. İri avadanlıqların istifadəsi zamanı onların yaşayış massivlərindən uzaq yerləşdirilməsi imkanı yaranır ki, bununla da ətraf mühitin ekoloji təmizliyini təmin etmək olur.

Mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı sistemləri istilik mənbəyi, magistral istilik şəbəkələri və istilik enerjisinin istifadəçilərindən ibarətdir. İstilik şəbəkələri istilik enerjisi istifadəçiləri ilə istilik mənbələrini birləşdirir. Diametri 1400 m və daha çox olan boru kəmərləri ilə olan və bəzən bir neçə onluq və hətta yüz kilometr uzunluğunda olan müasir istilik şəbəkələri mürəkkəb mühəndis qurğularına sahibdirlər. Bu şəbəkələrin vasitəsi ilə istilik, yaşayış məntəqələrinin yaşayış və ictimai binalarının isitmə sistemi, ventilyasiya və isti su təchizatına ötürülür. Su istilik şəbəkələrində istehlakçılara verilən istilik enerjisi parametrlərinin tənzimlənməsi keyfiyyətinin artırılması məqsədilə, aralıq həlqələr nəzərdə tutulur - isti su parametrlərinin əlavə tənzimlənməsi həyata keçirilən mərkəzi və yerli istilik məntəqələri.

Bundan başqa, bəzən, istilik enerjisinin istehlakçılarının özlərində fərdi tənzimləmə həyata keçirirlər. Buna misal olaraq şək.1.1-də mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatının iki borulu su istilik şəbəkəsininin prinsipial sxemi göstərilmişdir. Dövr edən su sərfinin azalması nəticəsində elektrik enerjisinə olan xərc, boru kəmərlərinin diametrlərinin və kanalların ölçülərinin azaldılması yolu ilə istilik şəbəkələrinin tikintisinə görə olan kapital qoyuluşu üçün və s. olan xərcləri azaltmaq üçün istilik təchizatının verən xəttdəki temperaturunu istehlakçılardakından xeyli artıq qəbul edirlər. Bu tədbirlər suyun az miqdarı (sərfi) ilə daha çox istilik enejisinin ötürülməsinə imkan verir. Bu zaman verici xəttdə suyun temperaturunu adətən 110÷150°C çərçivəsində qəbul edirlər. İstilik itkilərinin azaldılması üçün boru kəmərlərinin verici və əks istiqamət xəttlərini istilik keçirməyən materiallarla izolyasiya edirlər. Bəzi hallarda, istilik enerjisi çox uzaq məsafələrə ötürüləndə

istilik şəbəkəsinin verici borusunda suyun temperaturunu 170÷180°C-yə qədər, lazım olduqda isə daha çox artırırlar [1].



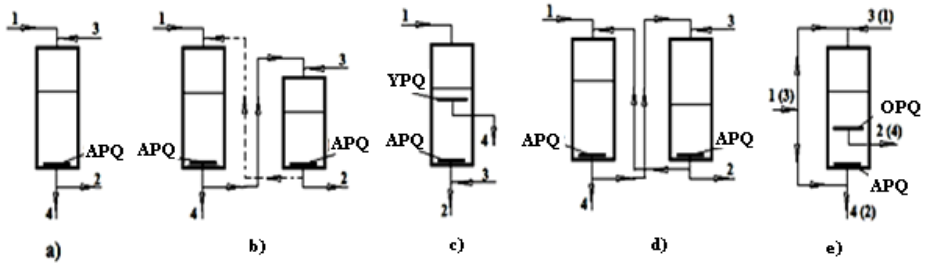
Şəkil 1.1. Mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatının prinsipial sxemi
1 - istilik mənbəyi; 2 - mərkəzi istilik məntəqəsi; 3- yerli istilik məntəqəsi; 4 - istilik istehlakçıları; 5 - istilik şəbəkəsinin verici boru kəməri; 6 - istilik şəbəkəsinin qayıdan boru kəməri

İstilik təchizatı sistemlərində istilik daşıyıcısı kimi, əsasən, su və ya su buxarı istifadə olunur. İstilikdaşıyıcıları istilik mənbəyində hazırlanırlar: suqızdırıcı qazanxanalarda, istilik təchizatının atom stansiyalarında, istilik elektrik stansiyalarında. İstilik enerjisinin bütün mənbələrində, hətta onların normal iş rejimində belə, kompensasiyası tələb olunan, qazanların qidalandırıcı suların, kondensat və ya buxar itkiləri olur. Suqızdırıcı qazanxanalarda qazanların və istilik elektrik stansiyalarındakı buxarın parametrlərindən asılı olaraq, suyun itkilərin yerini doldurmaq üçün, müxtəlif üsullarla hazırlanmış duzsuzlaşdırılmış və ya yumşaldılmış sudan istifadə olunur. İstilik şəbəkələrində su itkilərinin yerini doldurmaq üçün konkret hallardan asılı olaraq, ya dərin yumşaldılmış və ya "karbonat indeksi"nin normalarına cavab verən xüsusi emal olunmuş sudan istifadə olunur, bunun nəticəsi olaraq sudan kalsiumun çökülməsinin qabağı alınır [2].

Su emalı zamanı istilik təchizatı sistemlərində itkilərin yerini doldurmaq üçün müxtəlif texnologiyalardan istifadə olunur ki, onların da arsında iondəyişdirici təmizlənmə xüsusi yer tutur. Suyun ion mübadiləsi ilə təmizlənməsi zamanı konstruktiv xüsusiyyətlərindən tətbiq edilən texnologiyaların texnoloji və iqtisadi göstəriciləri asılı olan müxtəlif ion filtrlərindən istifadə olunur (şək.1.2).

Bu süzgəclərə düzaxınlı, ikipilləli, əksaxınlı, ikipilləli-əksaxınlı və ikiaxınlı-əksaxınlı süzgəcləri aid etmək olar [3, 4]. Bunlar arasında ən sadə konstruksiya və suyun təmizləmə texnologiyasi düzaxınlı süzgəcə aiddir (şək. 1.2a). Bu süzgəclərdə emal edilən suyun və regenerasiya məhlulun istiqamətləri üst-üstə düşür və adətən, yuxarıdan aşağı olmaqla qəbul olunur. Ona görə də ionitin regenerasiyasına sərf olunan regenerasiya məhlulun xüsusi sərfi onlarda ən yüksək alınır və 2,5÷3,5 q-ekv/q-ekv çərçivəsində yerləşir. Regenerasiya məhlulun ionitin regenerasiyasına olan xüsusi sərfinin azaldılması üçün ikipilləli ionlaşma tətbiq edirlər (şək.1.2,b). Bu zaman emal olunan suyun ionlarının əsas hissəsi birinci pillədə udulur. Bu pillə müstəqil regenerasiya olunur və işləyir. İonitin ikinci pillədə regenerasiyası zamanı, onun işlənmiş regenerasiya məhlulu (İRM) ionitin birinci pillədə regenerasiyası üçün istifadə olunur. İkinci pillənin olmasını nəzərə alaraq, ionitin birinci pillədə dərindən regenerasiyası tələb olunmur. İkinci pillədə isə, birinci pillədən sonra ionların cüzi hissəsi udulur ki, bu səbəbdən də nadir hallarda regenerasiya olunur. Buna görə də, ikipilləli filtrlərdə regenerasiya məhlulun ümumi sərfi, düzaxınlı süzgəclərlə müqayisədə az alınır.

1.2 c şəklinə əsasən, əksaxınlı süzgəclərin variantlarından birinin tətbiq olunması regenerasiya məhlulun sərfi zamanı daha yüksək qənaət əldə etməyə imkan verir. Bu zaman filtrata ionitin narın hissəciklərinin keçmə təhlükəsi yaranır, bu da öz növbəsində yuxarı paylayıcı qurğunun tutulmağına gətirir və nəticədə süzgəcin hidravlik müqaviməti artır, qurğunun istismarının təhlükəsizliyi isə azalır. Bu səbəbdən bu süzgəclər geniş tətbiq oluna bilmədi, baxmayaraq ki, məsələn, Na-kationlaşma zamanı duzun xüsusi sərfini 30% endirmək mümkündür [3]. Əksaxınlı süzgəclərin çatışmazlıqlarını nəzərə alaraq, praktikada, adətən, ikipilləli-əksaxınlı süzgəclərdən istifadə olunur (şək. 1.2, d) [3]. Bu süzgəclər eyni zamanda işləyir və regenerasiya olunurlar. Birinci və ikinci korpuslarda yüklənmiş ionitlərin sayı, ümumi həcmdən 65 və 35% anlamlarına uyğun gəlir. Bu süzgəclərdə regenerasiya məhlulun xüsusi sərfinin azalması, demək olar ki, əksaxınlı süzgəclərdəki kimidir. Lakin, bu zaman qurğuya qoyulan kapital xərc çoxalır və qurğunun texnoloji sxemi mürəkkəbləşir.



Şək. 1.2. Su emalı üçün ion süzgəcləri
a- düzaxınlı; b - ikipilləli; c -əksaxınlı; d --ikipilləli-əksaxınlı; e - ikiaxınlı - əksaxınlı; APQ, ÜPQ, OPQ - alt, üst, orta paylayıcı qurğular; 1 - emal olunan su; 2 - emal olunmuş su; 3 - regenerasiya məhlulu; 4 –işlənmiş regenerasyai məhlulu

Əksaxınlı və pilləli-əksaxınlı konstruksiyalı süzgəclərin yuxarıda göstərilən və digər bəzi nöqsanları nəzərə alınmaqla AzMİU-da suyun ikiaxınlı-əksaxınlı ionlaşdırılması və ionitlərin regenerasiya texnologiyası eləcə də, ikiaxınlı-əksaxınlı süzgəclərin konstruksiyaları hazırlanmışdır [4-6].

Şəkil 1.2 e-də göstərilənə əsasən bu süzgəclər iki rejimdə işləyə bilər: ikiaxınlı emal üzrə: emal olunan suyun süzgəcə yuxarıdan və aşağıdan verilməsi və emal olunmuş suyun OPQ vasitəsilə çıxarılması ilə və ikiaxınlı regenerasiya üzrə: regenerasiya məhlulun süzgəcə yuxarıdan və aşağıdan verilməsi və İRM-un OPQ vasitəsilə xaric olması. Birinci halda, regenerasiya məhlulu süzgəcə yuxarıdan aşağıya istiqamətində verilir və APQ vasitəsilə xaric olunur. İkinci halda isə emal olunan su süzgəcə yuxarıdan aşağıya verilir və APQ vasitəsilə xaric olunur.

Suyun ikiselli emalı rejimində, yəni emal olunan su süzgəcə iki axınla verilərsə: yuxarıdan və aşağıdan, sonra isə OPQ vasitəsi ilə çıxarılarsa, süzgəcin məhsuldarlığı praktiki olaraq iki dəfə artır. Hər iki rejimdə OPQ-dən aşağı yerləşən ionitin qatları "təmiz" əksaxınlı rejimdə işləyirlər. Bu səbəbdən, ionit regenerasiyasına reagentin xüsusi sərfi əksaxınlı süzgəclərdə olduğu qiymətlərə kimi azalır, ikiaxınlı emal rejimində suyun təmizlənməsinin dərəcəsi və süzgəcin məhsuldarlığı artır. Bu süzgəclərin əksaxınlı süzgəclərə xas olan çatışmazlıqları yoxdur [4]. Buna səbəb, bu süzgəclərdə OPQ-nın yerləşmə hündürlüyü əksaxınlı süzgəclərə nisbətən aşağıdır və drenaj sisteminin dəlikləri ionitin nisbətən böyük diametrli dənələrin arasında yerləşir. Bütün bu müsbət xüsusiyyətləri nəzərə alaraq, bu süzgəclərlər hal-hazırda Rusiya Federasiyasının Taqanroq şəhərinin qazanxana zavodunda istehsal olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Копко В.М. Теплоснабжение. Изд 2-е, исправл. И дополн. - М: Изд-во АСВ, 2014. – 336с.
2. Нормы качества подпиточной и сетевой воды тепловых сетей. НР 34-70-051-83, М.:СПОСоюзтехэнерго, 1984, 12с.
3. Справочник химика-энергетика. Под общ. Ред. С.М.Гурвича. В 3-х т. 1. Водоподготовка и водный режим парогенераторов. Изд. 2-е перераб. и доп. М., «Энергия», 1972, 456с.
4. А.с. 676311 СССР, МКИ^2 В 013 1/09/, С 02В 1/76. Способ регенерации ионитных фильтров/ Г. К. Фейзиев// Открытия. Изобретения. 1979. № 28.
5. А.с. 998372 СССР, М.Кл^3 С 02F 1/42. Способ обработки воды/ Г.К.Фейзиев, М.М. Иманов// Открытия. Изобретения 1983, №7.
6. А.с. 1022948 СССР, МКИ^2 С 02Г 1/42. Способ ступенчато-противоточного ионирования воды/ Г.К. Фейзиев// Открытия. Изобретения. 1983. № 22.

ELEKTRİK ENERJİSİNİN DÜYÜNLƏRDƏ QİYMƏTLƏRİ HAQQINDA

İsgəndərov F.G.
Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu

Giriş. Tələbatçılara verilən EE, qiyməti bir-birindən fərqlənən müxtəlif stansiyalarda istehsal oluna bildiyindən bazar münasibətləri şəraitində elektrik stansiyalarında və digər təchizatçılarda elektrik enerjisinin qiyməti müxtəlif olduğundan bazar iştirakçıları arasında güc və enerji axınlarının paylanması aktual məsələlərdən biridir [1-5]. EE-nin qiymətinə enerji itkiləri, elektrik şəbəkəsinin ayrı-ayrı kəsiklərində yük buraxma qabiliyyəti, generatorların gücünə olan mövcud məhdudiyyətlər də təsir edir.

Elektrik enerjisinin bazar modelləri. Bazar iqtisadiyyatının inkişaf etdiyi ölkələrdə EE ticarəti bir sutka əvvəlcədən bazar, balanslaşdırıcı bazar, tənzimlənən müqavilələr bazarı, EE sərbəst alış-satış müqavilələri kimi bazar mexanizmlərindən istifadə etməklə həyata keçirilir [2-3].

Bir sutka əvvəlcədən bazar çərçəvəsində EE-nin təchizatçıları və alıcıları kommersiya operatoruna təqdim etdikləri qiymət bildirişlərində hansı saatda və hansı miqdarda EE-ni hansı qiymətə almaq və ya satmaq istədikləri haqqında məlumat verirlər. Balanslaşdırıcı bazar-real zaman kəsiyində elektrik şəbəkəsinin balanslaşdırma ehtiyaclarını ödəmək üçün yaradılmış topdansatış bazarı olaraq plana nəzərən artıq istehlak edilən və ya istehlak edilməyən EE-nin alqı-satqısını yerinə yetirir. Balanslaşdırıcı bazarda avadanlığın tərkibi müəyyən edilmir və EE-nin optimal iqtisadi və texnoloji balansı həyata keçirilir.

EE-nin düyünlərdə qiymətlərinin modelləri. Hər hansı i-ci düyündə EE-nin qiyməti EE-nin istehsalına və itkilər nəzərə alınmaqla ötürülməsinə çəkilən əsaslandırılmış xərcləri aşağıdakı riyazi modelə müvafiq olaraq ödəməlidir [2]:

$$\sum_{j\in I_G} P_{Gj}\cdot C_j = \sum_{i\in I_C} P_{Ci}\cdot q_i \qquad (1)$$

burada P_{Gj} – vahid zamanda j-ci düyündə istehsal olunan elektrik enerjisi, C_j – elektrik enerjisinin istehsalçının elan etdiyi və sabit qəbul edilən qiyməti, P_{Ci} – vahid zamanda i-ci düyündə istehlak olunan elektrik enerjisi, I_G və I_C müvafiq olaraq EE mənbələrinin və tələbatşıların olduğu düyünlərin çoxluğu, q_i isə i-ci düyündəki tələbatçı üçün EE-nin qiymətidir.

İxtiyari i-ci tələbatçının Δt zaman intervalında istehlak etdiyi EE-nə görə aşağıdakı qədər ödəməlidir:

$$C_i = \int_0^{\Delta t} q_i(t)\cdot P_{Gi}(t)dt \qquad (2)$$

burada $P_{Gi}(t)$ - i-cı tələbatçının t zaman anında gücüdür.

İxtiyai j-ci istehsalçının Δt zaman intervalında istehsal etdiyi EE-nə görə aşağıdakı qədər maliyyə vəsaiti almalıdır:

$$G_j = \int_0^{\Delta t} g_j(t)\cdot P_{Gj}(t)dt \qquad (3)$$

Məsələnin həllinin çətinliyi ondan ibarətdir ki, EE-nin ötürülməsi ilə bağlı itkilər və bərabərsizlik şəklindəki məhdudiyyətlər EE-nin düyünlərdəki qiymətini artıran səbəblər olaraq cari rejimdən, xüsusi halda digər generatorların hasil etdiyi gücdən asılıdır.

Göstərilən problemin həlli üçün ən sadə yanaşma istənilən zaman anında ixtiyari tələbatçı üçün aşağıdakı düsturdan tapılan vahid tarifin tətbiq olunmasıdır:

$$q = \frac{\sum\limits_{j\in I_G} P_{Gj}.C_j}{\sum\limits_{k\in I_C} P_{Ck}} \qquad (4)$$

Düyünlərdə EE-nin qiymətini tapmaq üçün [6]-da işlənmiş riyazi modeldə hər bir düyündə istehsal olunan EE və düyünə daxil olan enerji axınına öz məhsulunu (yəni EE-i) satan satıcılar kimi baxılır. Düyündən çıxan axınlar və yüklərə isə EE alıcıları kimi baxılır. Verilmiş zaman anında hər bir düyün üçün aşağıdakı tənlik ödənilməlidir:

$$G_i(P_{gi}) + \sum c_j P_{ji} = q_i\cdot P_{Yi} + q_i\cdot\sum P_{ji};\quad i = 1....,n \qquad (5)$$

(5) tənliyinin sol tərəfində birinci həddi P_{gi} gücünün istehsal xərcini, ikinci həddi j-cu düyündən i-ci düyünə axan güclərin c_j qiyməti ilə alınması xərclərini göstərir. Sağ tərəfdə birinci həddi i-ci düyündə P_Y yükünün q_j qiyməti ilə satılmasından əldə olunan vəsait, ikinci həddi isə i-ci düyündən çıxan güclərin q_i qiyməti ilə satılması xərclərini göstərir. [7]-də düyünlərdə EE-nin qiymətini heablamaq üçün MATLAB mühitində proqram təminatı işlənib hazırlanmışdır.

Düyünlərdə EE-nin qiymətini hesablamaq üçün mümkün olan üsullardan biri də aktiv güc axınlarının ünvanlı paylanmasına əsaslanan üsuldur ki, həmin üsul hər hansı generesiya düyünündən müəyyyən yük düyününə ötürülmüş aktiv gücün payının təyin edilməsinə əsaslanır [1,2,4].

Hər hansı j-ci yük düyünündə EE-nin qiyməti aşağıdakı düsturdan tapıla bilər:

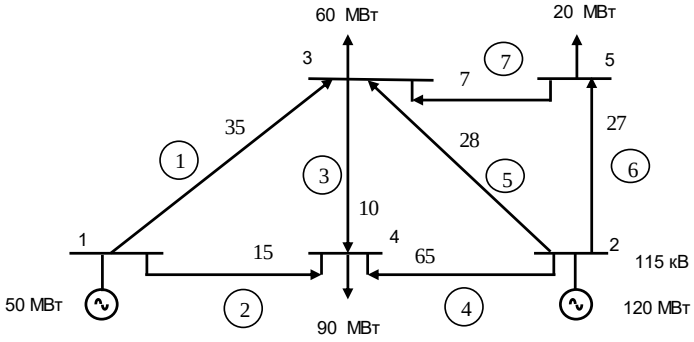
$$q_i = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N_G} C_i P_{ij}}{P_{Ywk,j}} \qquad (6)$$

Lagranjın qeyri-müəyyən əmsallar üsulu ilə optimallaşdırma metodu ilə düyündə marjinal qiyməti təyin etmək üçün aşağıdakə şəkildə Lagranj funksiyası tərtib edilir [3]:

$$L = \vec{C}(P_{gen}) - \lambda\left(\sum_i P_{gen,i} + P_{Yuk\Sigma}\right) - \vec{\mu}^{T} \cdot \left([\alpha]\cdot\vec{P} - \vec{P}_L^{\max}\right)$$

burada P_{gen} – aktiv güc mənbələrinin aktiv gücləri vektoru, $P_{Yuk\Sigma}$ - ümumi aktiv yük, C – generator düyünlərinin qiymət bildirişləri vektoru, P –düyünlərdə aktiv güclər vektoru, P_L-xətlərdə məhdudiyyətlərə uyğun vektor, λ, μ-Lagranjın qeyri-müəyyən əmsallarıdır.

Modelləşdirmənin nəticələri. Şəkildə güc axınlarının ünvanlı paylanması məsələsinin həlində [4]-də istifadə olunmuş test sxemi təsvir olunmuşdur. Sxemdə 1 və 2 generator düyünləri, 3, 4, 5 isə yük düyünləridir. Həmin sxem üzərində düyünlərdə EE-nin qiymətlərini təyin etmək üçün hesabatların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Hesablamaların yerinə yetirildiyi test sxemi

Cədvəl1. Düyünlərdə EE-nin qiymətləri (şərti vahidlə)

Düyünlər	$Pgen_0$, MVt	$Pyük_0$, MVt	Düyünlərdə EE ilkin qiyməti	Düyünlərdə EE hesabat qiyməti	Generatorlarım xərcləri	İstehlak olunan EE ödənişi
1	50	0	3	3	150	0
2	120	0	2	2	240	0
3	0	60	0	2.5	0	150
4	0	90	0	2.22	0	200
5	0	20	0	2	0	40
Cəmi					390	390

Modelləşdirmənin nəticələri göstərir ki, elektroenergetika sisteminin müxtəlif düyünlərində müxtəlif qiymətlər formalaşır ki, onlardan bazar münasibətləri şəraitində qiymət bildirişləri kimi istifadə oluna bilər.

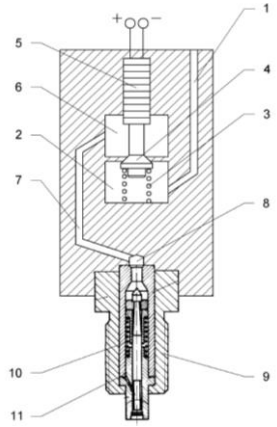
Ədəbiyyat siyahısı

1. J. Bialek: Tracing the flow of electricity. IEE Proc Gen. Transm. Distrib., vol. 143, July 1996.
2. Гамм А.З., Войтов О.Н., Голуб И.И., Бровяков Ю.А. Технико-экономические модели электроэнергетических систем./ Информационные технологии контроля и управления на транспорте, Иркутск, ИрИИТ, Вып.7, 2000, с.145-154.
3. Бартоломей П. И., Груздев П. П., Паниковская Т. Моделирование ценовых заявок на конкурентном рынке электроэнергии» Вестник, No 13, Екатеринбург: УГТУ – УПИ., 2005.
4. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. О прослеживании путей передачи мощностей в энергосистемах. Проблемы Энергетики, 2011, №4.
5. Халилов Э. Д. Моделирование узловых цен на электроэнергию. Программные продукты и системы / Software & Systems № 2 (30), 2017, с 333-337.

ELEKTRON İDARƏETMƏLİ YENİ KONSTRUKSİYALI FORSUNKASI OLAN BENZİN PÜSKÜRMƏ SİSTEMİNDƏKİ HİDRODİNAMİK PROSESLƏRİN KİÇİK YANACAQ VERİLİŞLƏRİNDƏ HESABİ TƏDQİQİNİN BƏZİ NƏTİCƏLƏRİ

Kərimov Z.X.,Cəfərli M.K.
Azərbaycan Texniki Universiteti

Daxili yanma mühərriklərinin texniki-iqtisadi və ekoloji göstəriciləri qarşısında qoyulan sərt tələbləri təmin etmək energetikanın aktual problemlərindən biridir. Bu problemi həll etmək məqsədilə Azərbaycan Texniki Universitetinin "Avtomobil texnikası" kafedrasında bilavasitə silindrə benzin püskürməli və forkamer-məşəllə alışdırmalı mühərrikin yeni işçi prosesi təklif olunmuşdur [2]. Yeni işçi proses püskürmə sistemi qarşısında bir sıra spesifik tələblər qoyur. Ənənəvi püskürmə sistemləri və onların forsunkaları bu tələblərin bir çoxuna cavab vermir. Buna görə də [1] işində lazımi tələblərə cavab verən yeni konstruksiyalı forsunka işlənmişdir. Bu forsunka (şək.1.) pyezo-aktyuatora (5), idarəedici klapanın həcmini (2) təzyiq akkumulyatoru ilə yüksək təzyiq borusu vasitəsilə birləşdirən giriş kanalına (1), idarəetmə kamerini (6) idarəedici klapanın həcmi ilə birləşdirən idarəedici klapana (4) və tozlandırıcının həcmi (8) ilə birləşdirən idarəedici kanala (7) və püskürücü klapana (11) malikdir.



Şək. 1. Elektron idarəetməli yeni konstruksiyalı forsunkanın prinsipial sxemi [1].

Yeni işçi prosesin xüsusiyyətlərindən biri ondan ibarətdir ki, burada ikinci mərhələdə kiçik yanacaq miqdarının – alışdırıcı dozanın püskürülməsi nəzərdə tutulmaqla, iki mərhələli püskürmə tələb olunur. Kiçik yanacaq verilişinə malik alışdırıcı dozanın püskürülməsində məqsəd əsas yanma kamerindəki yanacaq-hava qarışığının tərkibi və təbəqələşdirilməsi dərəcəsindən asılı olmayaraq, forkamerdə mühərrikin bütün iş rejimlərində asan alışa bilən (hava artıqlıq əmsalı $\alpha=0,8...1,0$ hədlərində dəyişən) tərkibli qarışıq hazırlamaqdan ibarətdir. Qeyd etmək lazımdır ki, ənənəvi yanacaq püskürmə sistemlərində və eləcə də təzyiq akkumulyatorlu elektron idarəetməli yanacaq püskürmə sistemlərində kiçik dozanın dayanıqlı püskürülməsi problemli məsələdir. Buna görə də yeni konstruksiyalı forsunkanın praktiki reallaşdırılmasından əvvəl onun kiçik yanacaq verilişlərində iş qabiliyyəti qiymətləndiilməlidir. Bu məqədə yanacaq sistemindəki və o cümlədən yeni konstruksiyalı forsunkadakı hidrodinamik proseslər hesabi eksperiment metodu ilə tədqiq olunmalıdır.

Hesabi tədqiqatların aparılması üçün təzyiq akkumulyaorlu benzin püskürmə sistemindəki hidrodinamik proseslər riyazi modelləşdirilmişdir. Bu zaman [3, 4] işlərində təklif olunmuş yanacaq püskürmə sistemindəki hidrodinamik proseslərin riyazi modelləşdirilməsi metodu əsas götürülmüşdür. Riyazi model maye fazasının bütövlüyünün qırılmasının və bu zaman yaranan ikifazalı maye-qaz mühitinin hidrodinamik xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmasına imkan verir. Həmin riyazi modelləşdirmə metodunun adekvatlığı əvvəllər müxtəlif püskürmə sistemlərində dəfələrlə yoxlanılmış və kifayət qədər yüksək adekvatlığa malik olması sübut olunmuşdur.

Riyazi modeldə yanacaq püskürmə sisteminin borularındakı mayenin qərarlaşmamış axını konservativ dəyişənlərlə ifadə olunmuş qərarlaşmamış birölçülü axın tənlikləri kəsilməzlik və hərəkət miqdarı tənlikləri sistemi ilə təsvir olunmuşdur [4]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau}+\frac{\partial(\rho w)}{\partial x}=0\,, \qquad (1)$$

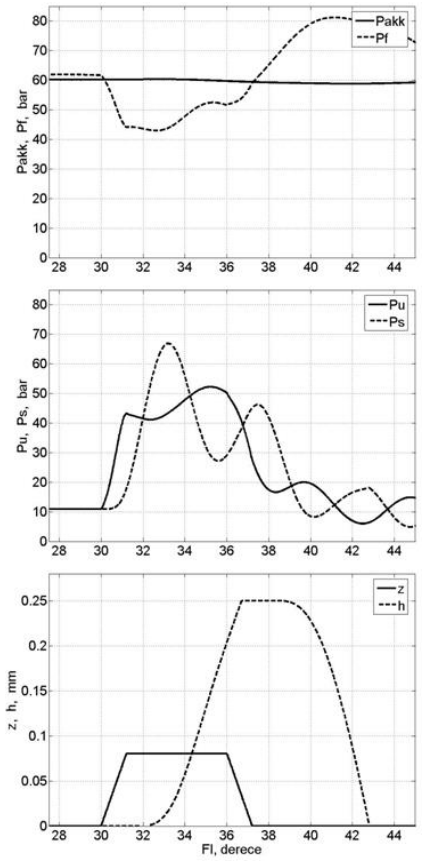
$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial \tau}+\frac{\partial(\rho w^2+p)}{\partial x}=-\frac{\lambda_T}{2d_T}\rho w^2\,, \qquad (2)$$

Burada ρ – borudakı mayenin sıxlığı; p – borudakı mayenin təzyiqi; w – axının sürəti; x – borunun uzunluğu boyunca koordinat; τ – zaman; λ_T, d_T – uyğun olaraq, borunun hidravlik müqavimət əmsalı və daxili diametridir.

Mayenin təzyiqini təyin etmək üçün tənliklərə məlum ifadə əlavə olunur [4]:

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} = c^2 \frac{\partial \rho}{\partial \tau}\ , \qquad (3)$$

burada c – axında təzyiq dalğasının yayılma sürətidir.



Şək. 2. Təzyiq akkumulyatorunda (P_{akk}), idarəedici klapanın həcmində (P_f), idarəetmə həcmində (P_u) və tozlandırıcının həcmində (P_s) yanacağın təzyiqinin və eləcə də pyezo-aktyuatorla idarəedici klapanın (z) və püskürücü klapanın gedişinin (h) mühərrik valının dönmə bucağından (Fİ) asılı olaraq dəyişmə əyriləri.

Sistemin həcmlərindəki hidrodinamik proseslər müvafiq sərhəd şərtləri tənlikləri ilə təsvir olunmuşdur. Məsələn, forsunkanın idarəedici klapanının həcmi üçün sərhəd şərti tənliyi – bu həcmdə olan maye kütləsi üçün kütlə balansı tənliyi aşağıdakı kimidir [3]:

$$\frac{dG_i}{d\tau} = f_{gk}\rho_{gkç}w_{gkç} - \mu_{ikl} f_{ikl}\rho_{ik}w_{ik}. \qquad (4)$$

Burada G_i –idarəedici klapanının həcmindəki yanacağın kütləsi; f_{gk} – giriş kanalının en kəsik sahəsi; μ_{ikl} – idarəedici klapanın sərf əmsalı; f_{ikl} – idarəedici klapanın keçid sahəsi; $\rho_{gkç}$ və ρ_{ik} – uyğun olaraq, giriş kanalının çıxışındakı və idarəetmə kamerindəki mayenin sıxlığı; $w_{gkç}$ və w_{ik} – uyğun olaraq, giriş kanalının çıxış kəsiyində və idarəetmə klapanının keçid sahəsində mayenin axın sürətidir.

Borularda qərarlaşmamış axın tənlikləri S.K.Qodunovun "ixtiyari kəsilmənin dağılması" adlı sonlu fərqlər metodu ilə, həcmlərdəki hidrodinamik prosesləri təsvir edən sərhəd şərtləri tənlikləri isə Eylerin I tərtib sonlu fərqlər sxemi vasitəilə həll edilmişdir. Hərəkət edən mexaniki elementlərin hərəkət tənlikləri Nyutonun II qanunu əsasında tərtib olunmuş və Eylerin I tərtib sonlu fərqlər sxemi vasitəsilə həll edilmişdir.

Riyazi model kompüter proqramı şəklində reallaşdırılmış və onun tətbiqi ilə elektron idarəetməli yeni konstruksiyalı forsunkası olan bilavasitə silindrə benzin püskürmə sistemindəki hidrodinamik proseslər sikllik yanacaq verilişinin kiçik qiymətlərində tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatların nəticələrinə nümunə kimi şək. 2.-də yüksək təzyiqli yanacaq nasosunun çıxışındakı təzyiqin *60 bar*, mühərrik valının fırlanma tezliyinin *4000 dəq*$^{-1}$, pyezo-aktyuatorun idarəedici impulsunun davamiyyət müddətinin *0,5 msan* qiymətlərində, sikllik yanacaq verilişinin *6,9 mm*^{3} təşkil etdiyi rejimdə aparılmış hesabi tədqiqatların bəzi nəticələri verilmişdir.

Modelləşdirmə nəticələrinin təhlili göstərir ki, yeni konstruksiyalı forsunka kiçik yanacaq verilişlərində iş qabiliyyətlidir, konstruksiya çeviklik nöqteyi-nəzərindən kifayət qədər effektivdir, forsunkada püskürmə prosesi tam idarəolunandır və konstruksiya lazımi tələblərə cavab verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Керимов З.Х., Джафарли М.К. Разработка новой конструкции электронно-управляемой форсунки для двигателя с непосредственным впрыском бензина и форкамерно-факельным зажиганием // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. ADNSU. – Bakı. – 2017. – Cild 19, № 3 (107). – səh. 63-71.
2. Керимов З.Х., Мамедзаде Х.Ш., Джафарли М.К. Форкамерный двигатель с непосредственным впрыском топлива в цилиндр и принудительным зажиганием. Евразийский Патент № 023968 (Номер заявки 201400220). (Дата приоритета с 17.12.2013) Бюллетень ЕАПВ 7′2016.
3. Керимов З.Х. Математическое моделирование гидродинамических процессов с учетом двухфазной среды в граничных полостях дизельной системы впрыска топлива // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков. – 2004. – Вып.8 (16). – с. 63–69.
4. Керимов З.Х. Некоторые результаты математического моделирования волновых процессов в двухфазной среде в дизельной топливовпрыскивающей системе // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков, Украина. – 2004. – №1. – с. 20-24.

HARMONİK TƏSİRLƏRİN ARADAN QALDIRILMASINDA ÖLÇMƏ NƏTİCƏLƏRİNİN HESABLANMASI

Qracova Ş.H.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
adnsu_e_51@mail.ru.

Tədqiqat aparılarkən yeni kompensasiya qurğusu üçün kondensator batareyasına reaktorlar qoşulur. 5-ci harmonikanı azaltmaq üçün yeni qoşulacaq kondensatorla reaktor arasında rezonans tezliyi seçilir [1]. Bu tezlik əsasən müəyyən olunan harmonik qiymətdən (5-ci 250Hs) əsas 20% fərqli seçilir. 5-ci harmonikanı azaltmaq üçün qurulacaq filtrlərdə f_r əsasən 210Hs seçilir. Bu qiymətdən də rezonans nöqtəsi seçilir. Rezonans nöqtəsi $p = 5{,}67$ seçilimişdir.

$$p = \frac{X_L}{X_c}, \% \qquad (1)$$

Kondensatorun uclarındakı gərginlik reaktorlar birlikdə qoşulduğundan.

$$U_{K.U} = \frac{U_n}{1-p} = \frac{380}{1-0{,}05} = 400V \qquad (2)$$

Hər bir kondensatorun şəbəkəyə 40Kvar güc ötürməsi üçün kondensatorun nominal gücü təyin olunur.

$$Q_{kn} = \frac{U_{kn}^2 \cdot (1 - \frac{p}{100}) \cdot Q_k}{U_m^2 \cdot (\frac{50}{f_n})}$$

$$Q_{kn} = \frac{400^2 \cdot 0{,}95 \cdot 40}{380^2 \cdot 1}$$

$$Q_{kn} = \frac{400^2 \cdot 38}{380^2} = 42{,}1Kvar \qquad (3)$$

Yeni seçiləcək kondensatorun gücü 42,1Kvar alınmışdır.

Hesabat nəticəsində Q_{kn} kondensatorunu f_r-də rezonansa gətiriləcək reaktorun induktivliyini seçək:

$$L_n = \frac{fU_{kn}^2}{2\pi f_r^2 \cdot Q_{kn}}$$

$$L_n = \frac{50 \cdot 400^2}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 210^2 \cdot 42{,}1} \approx 0{,}7mH$$

Hesabata əsasən avtomatik dəyişən hissənin qurulması məsələsi həll edilir.

Tədqiq olunan müəssisədə 5-ci harmonika çox olduğu üçün qurulacaq filtrli kompensator qurğusunun çoxu 5-ci harmonikaya akord olunmalıdır. Yəni yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi $p = 5{,}67\%$ $f_r = 210Hs$

seçilməlidir. Yalnız kompensasiya olunacaq gücün qiyməti artdığı üçün kondensatorun nominal gücü yuxarıdakılardan çox olmalıdır [2]. Kondensatorun nominal gücü artanda isə qoşulacaq reaktorun induktivliyi də dəyişir. Bir kondensatorun şəbəkəyə 50Kvar güc ötürməsi üçün onun nominal gücünü təyin edək:

$$Q_{kn} = \frac{Q_k \cdot U_{kn}^2 \cdot (1 - \frac{p}{100})}{U_m^2 \cdot (\frac{50}{f_n})}$$

$$Q_{kn} = \frac{50 \cdot 400^2 \cdot 0{,}95}{380^2 \cdot 1} = 52{,}5Kvar$$

Müəssisədə 3-cü harmonikalar olduğu üçün qurulacaq süzgəci kompensator qurğusunun qalanı 3-cü harmonikaya akord olunmalıdır. Süzgəcli kompensator qurğusunu 3-cü harmonikaya akord etmək üçün kondensatorla reaktor arasında rezonans tezliyi $f_r = 135Hs$, rezonans nöqtəsi isə $p = 14\%$ seçilir. Bu zaman yeni qoyulacaq kondensatorun uclarındakı gərginlik:

$$U_{kn} = \frac{U_m}{1 - p/100}$$

$$U_{kn} = \frac{380}{1 - 0{,}14} \approx 400V$$

Hər bir kondensatorun şəbəkəyə 50Kvar güc ötürməsi üçün kondensatorun nominal gücünü belə təyin edirik.

$$Q_{kn} = \frac{U_{kn}^2 \cdot (1 - \frac{p}{100}) \cdot Q_k}{U_m^2 \cdot (\frac{50}{f_n})}$$

$$Q_{kn} = \frac{400^2 \cdot 0{,}96 \cdot 50}{380^2 \cdot 1} = 52{,}8Kvar$$

Kondensatoru $f_r = 135Hs - d$ rezonansa gətirəcək reaktorun induktivliyini təyin edək.

$$L_n = \frac{fU_{kn}^2}{2\pi f_r^2 \cdot Q_{kn}}$$

$$L_n = \frac{50 \cdot 400^2}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 135^2 \cdot 52{,}5} \approx 1{,}6mH$$

Beləliklə kompensasiya olunan reaktiv gücün sabit hissəsi üçün 2 ədəd gücü 42,1Kvar nominal gərginliyi isə 400V olan kondensator seçirik. Gücü dəyişən hissə üçün isə 12 ədəd 52,5Kvar-lıq kondensatorun seçilməsi məqsədə uyğundur.

Cərəyan və gərginlikdə cəm harmonik pozulmalarının orta qiyməti:

$$CHD_U = \frac{5{,}77 + 5{,}50 + 5{,}74}{3} = \frac{17{,}01}{3} = 5{,}67\%$$

$$CHD_{\text{i}} = \frac{27{,}10 + 29{,}36 + 28{,}68}{3} = \frac{85{,}14}{3} = 28{,}38\%$$

Hesabatdan göründüyü kimi dünya standartlarına görə $(CHD_U \cong 2{,}5 - 3\% \quad CHD_{\text{i}} \cong 10\%)$ müəssisədəki $CHD_U \; v \; CHD_{\text{i}}$ buraxılabilən qiymətdən artıqdır. Cəmi harmonik pozulmalarına görə $\cos\varphi$ qiyməti 0,98-dən 0,93-ə düşmüşdür. Aşağıdakı ifadələrdən istifadə edərək yoxlama aparırıq:

$$\cos\varphi_r = \cos\varphi_1 \frac{1}{(1 + CHD_{\text{i}}^2)}$$

$$\cos\varphi_r = 0{,}98 \frac{1}{1 + 0{,}2^2} = 0{,}98 \cdot 0{,}95 = 0{,}93$$

Güc əmsalı $\cos\varphi = 0{,}93$ alınmışdır.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi müəssisədə 3, 5, 7, 11 və 13-cü harmonikalar mövcuddur. Bunlardan CHD-yə daha çox təsir edən 3, 5 və 7-ci harmonikalardır. CHD-nin 70% 5-ci harmonikanın, 20%-i 3-cü harmonikanın və qalan hissəsi isə 7, 11 və 13-cü harmonikaların üzərinə düşür. 5-ci harmonika üçün P=5,67% f_r=210Hs-li harmonik filtr reaktorları qoyulur. Bu harmonik süzgəclər reaktorları qismən də olsa 7, 11 və 13-cü

harmonikaları da azaldır. P=14% f_r=135Hs-li harmonik süzgəc reaktorları 3-cü harmonikanı önəmli ölçüdə azaltmış olur.

Kompensasiya qurğusunun yenilənməsi üçün qurğu 2 ədəd 40Kvar-lıq sabit qurupdan və 12 ədəd 50Kvar-lıq avtomotik qurupdan yığılmalıdır. Yeni qurulacaq kompensasiya qurğusu həm reaktiv gücü kompensasiya etməli həm də müəssisədəki harmonikaları lazımi ölçüdə azaltmalıdır. Bunun üçn cədvəldən harmonik filtr reaktorları seçilməlidir. Bu harmonik filtr reaktorları seçilərkən neçənci harmonikanın CHD-yə nə qədər təsir etdiyi nəzərə alınmalıdır.

Kompensasiya olunan reaktiv gücün sabit hissəsi 80Kvar-dır. Bunun ücün cədvəldən iki ədəd 40Kvar $p = 14\%$ f_r=135Hs-lik harmonik filtr reaktoru seçilir. Avtomatik dəyişən hissəsi üçün 7 ədəd 50Kvar-lıq $p = 5{,}67\%$ f_r=210Hs-lik harmonik və 5 ədəd 20Kvar-lıq $p = 14\%$ f_r=135Hs-lik harmonik filtr reaktorları seçilir.

Müəssisədə ən çox 5-ci harmonika (70%), az miqdarda isə 7, 11 və 13-cü harmonikalar olduğu üçün 9 ədəd $p = 5{,}67\%$ f_r=210Hs-lik harmonik filtr reaktorundan istifadə olunur.

Müəssisədə $p = 14\%$ f_r=135Hs-lik harmonik filtr reaktorları 3-cü harmonikanı böyük miqdarda azaltmışdır. Harmonik filtr reaktorlarının istifadəsindən sonra CHD-nin qiymətləri standartlara görə buraxılabilən qiymətlərdən aşağı düşdüyü bir daha təstiqlənir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Рудинский Л.А. «Измерение нестабильности электрических напряжений» М-1970
2. Жежеленко «Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях», Москва «Энергия» 1977.

BÖHRAN TƏZYİQİNDƏN YÜKSƏK TƏZYİQLƏRDƏ İSTİLİK MÜBADİLƏSİ

[1]Məmmədov F.X., [2]Əliyeva S. X.

[1]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, [2]Sumqayıt Dövlət Universiteti

Energetika, kimya, neftkimya, aviasiya və digər mövcud olan bütün sənaye sahələrində texnoloji proseslərin təşkili və həyata keçirilməsində istifadə edilən istilik energetik qurğularının səmərəliliyinin və etibarlılığının artırılması elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edən mühüm məsələdir. Araşdırmalar göstərir ki, bü mühüm məsələnin həlli yollarından biri həmin qurğularda istifadə edilən işçi cismin böhran ətrafı və böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərə keçirilməsidir. Bununla əlaqədar olaraq həmin şəraitdə konvektiv istilikvermə prosesin tədqiq edərək istilikvermənin qanunauyğunluqlarının mükəmməl öyrənilməsi və alınmış təcrübi nəticələr əsasında mühəndis praktikasında istifadə edilən hesabat tənliklərinin və tövsiyyələrin işlənib hazırlanması önəmli məsələlərdəndir.

Beləliklə, hazırki iş $P>P_{kr}$ şəraitində konvektiv istilikvermə prosesinin təcrübi tədqiqinə həsr edilmişdir. Tədqiqatlar prosesin rejim parametrlərinin geniş dəyişmə intervalında $P=(1{,}02...3{,}50)P_{kr}$, $T_s=(0{,}58...3{,}00)T_{kr}$, $T_M=(0{,}52...1{,}602)T_{kr}$, $\rho w=(150...3668)\frac{kq}{m^2 \cdot s}$, $q=(0{,}12...5{,}00)\cdot 10^6 \frac{Vt}{m^2}$ məcburi dövran konturlu qurğuda qərarlaşmış istilik rejimində aparılmışdır. Tədqiqat qurğusu, tədqiqatların aparılma üsulu haqqında ətraflı məlumat ədəbiyyat [1] verilir. Mayenin dövranı və təzyiqin yaradılması yüksək təzyiqli üç plunjerli nasos vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Tədqiqatlarda daxili diametri 2...5 mm, qalınlığı 0,46...0,50 və qızdırılan uzunluğu 100...500 mm olan 0X18H10T və 12X18H10T markalı paslanmayan poladdan hazırlanmış borulardan istifadə edilmişdir. Boru alçaq gərginlikli dəyişən elektrik cərəyanı ilə qızdırılmışdır. İstilikvermə əmsalı təyin edilərkən mümkün olan maksimal xəta 19%, orta kvadratik xəta 14% təşkil etmişdir ki, bu da baxılan şərait üçün buraxıla bilən həddədir.

Tədqiqat obyekti kimi aromatik karbohidrogenlərin nümayəndəsi olan etilbenzoldan istifadə edilmişdir (P_{kr}=3,7195 MPa, T_{kr}=619,56K).

Göstərilən qurğuda prosesin rejim parametrlərinin irəlidə qeyd edilən dəyişmə intervallarında müxtəlif seriyalı təcrübələr aparılaraq əldə edilmiş nəticələr ümumi qəbul edilmiş üsulla işlənərək kanalın fəzadakı vəziyyətinin, mühitin hərəkət istiqamətinin, kütlə sürətinin, təzyiqin, mayenin giriş temperaturunun dəyişməsinin və digər amillərin konvektiv istilikvermə prosesinin intensivliyinə təsiri öyrənilərək bir sıra mühüm nəticələr əldə edilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, kanalın fəzadakı vəziyyətindən və mayenin hərəkət istiqamətindən asılı olmayaraq istilikvermə əmsalı $t_s^d \geq t_m$ şəraitində artır.

Mühitin giriş parametrlərindən təzyiq və temperaturunun artması ilə istilikvermənin intensivliyinin azaldığı, kütlə sürətinin artması isə onun intensivliyinin artdığı təcrübi dəlillərlə sübuta yetirilmişdir. Böhran

təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə konvektiv istilikvermənin normal rejimi müstəsna olmaqla mövcud olan digər rejimlərində (ilkin intensivləşən, nisbətən zəifləşən, dayanıqlı intensivləşən) boru divarının soyudulan səthinin temperaturunun həm kanalın uzunluğu boyunca və həm də istilik seli sıxlığından asılı olaraq qeyri-monoton dəyişməsi müəyyən edilmişdir.

$t_s^d \geq t_m$ şəraitində prosesin əlavə səsli effektlərlə mayenin təzyiqi və boru divarının səthinin temperaturunun müxtəlif amplitudaya malik döyüntülərlə müşayiət edildiyi və sınaqlar zamanı boruların sıradan çıxaraq qəza hallarının baş verməsi müşahidə edilməmişdir.Müəyyən edilmişdir ki, istilikvermənin qeyd edilən titrəyişli rejimlərində ölçülən kəmiyyətlərin (mayenin təzyiqi və səthin temperaturu) döyüntülərinin amplitudları kanalın fəzadakı vəziyyətindən asılıdır. Belə ki, üfüqi və şaquli borularda alınmış nəticələr müqayisə edilərək aşkar edilmişdir ki, üfüqi borularda təzyiqə görə amplitud 2, səthin temperaturuna görə isə 2,5 dəfə az alınır. İstilik mübadilə aparat və qurğularının hesabatı və layihələndirilməsində bu vacib nəticənin də nəzərə alınması zəruridir.

Təcrübi nəticələrdən istifadə edərək istilikvermənin mümkün olan bütün mövcud rejimlərinin (intensivləşən, nisbətən zəifləşən və dayanıqlı intensivləşən) başlangıc və son sərhədlərini müəyyənləşdirmək üçün empirik tənliklər və tövsiyyələr işlənib hazırlanmışdır.

Konvektiv istilikvermə əmsalı ilə istilik seli sıxlığı arasındakı əlaqəni müəyyən etmək üçün loqarifmik koordinatlarda α=Ϯ(q) asılılığı qurularaq aşkar edilmişdir ki, $t_s^d \geq t_m$ şəraitində α-nı kifayət dəqiqliklə hesablamaq üçün təkilif edilən $\alpha = c \cdot q^n$ (1) üstlü tənliyindən istifadə edilə bilər. (1) tənliyindəki c və n sabitləri mayenin hərəkət istiqamətindən və kanalın fəzadakı vəziyyətindən asılı olub, təcrübi nəticələrə əsasən təyin edilir.

Baxılan problemin müasir vəziyyəti göstərir ki, böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlər şəraitində mayelərin istilikverməsinin intensivliyini qiymətləndirmək üçün mühəndis praktikasından istifadə edilə biləcək yekun kriterial tənliklərinin təklif edilməsi olduqca çətindir. Bunun əsas səbəbinin baxılan şəraitdə konvektiv istilikvermə prosesinin mexanizmi və prosesin fiziki təbiətinin kifayət səviyyədə öyrənilməməsi olduğunu ehtimal etmək olar. Ona görə də böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə müxtəlif mayelərin istilikverməsinin tədqiqi göstərilən məsələ tam həllini tapana kimi davam etdirilməlidir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Исаев Г.И. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении н-гептана и околокритическом давлений жидкости. Промышленная теплотехника, 1981, т.3, № 4, с.33-37.

İSTİLİK MÜBADİLƏ QURĞULARINDA QAYNAMA PROSESİNİN TƏDQİQİ

Məmmədova C. P.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

İstilik energetik qurğularda müxtəlif maddələrlə işləyən istilik mübadilə aparatları geniş tətbiq olunur. Texnikanın tələbi və inkişafı belə aparatlarda qaynama prosesinin öyrənilməsini tələb edir. Buxar hasil edən istilik mübadilə aparatlarının etibarlı işləməsi rejim parametrlərinin düzgün seçilməsindən asılıdır. Belə ki, rejim parametrləri düzgün seçilmədikdə və ya istismar zamanı rejimə düzgün əməl etmədikdə, qurğuda mayenin qaynaması zamanı istilik yükünün müəyyən qiymətində qaynamanın böhranı yaranır, metal qızır və bu da qurğuda qəzalara səbəb olur və sistemdə dayanmalar baş verir. Bunun üçün qaynama şəraitində boru divarının temperatur rejimini və qaynamanın böhranını tədqiq etmək vacib məsələlərdən biridir. Ədəbiyyatlarda boruda mayenin qaynamasına aid bir çox təcrübi tədqiqatlar vardır. Bu tədqiqatlar əsasən su üçün aparılmışdır [1-2].

Bizim tədqiqatlar aromatik karbohidrogenlərin nümayəndəsi olan toluolla aparılmışdır. Aromatik karbohidrogenlər üçün qaynamanın böhranı az tədqiq olunmuş və alınan nəticələr müxtəlif rejimlərdə bütün karbohidrogenlər üçün tətbiq oluna bilməz. Qaynama prosesi çox mürəkkəb prosesdir və bunu nəzəri yolla həll etmək mümkün deyildir. Bu proses müxtəlif maddələr üçün rejim parametrlərinin dəyişməsinin müəyyən intervallarında təcrübi yolla tədqiq edilir və istilikvermə əmsalının böhran istilik yükünün hesablanması üçün kriterial tənliklər alınır.

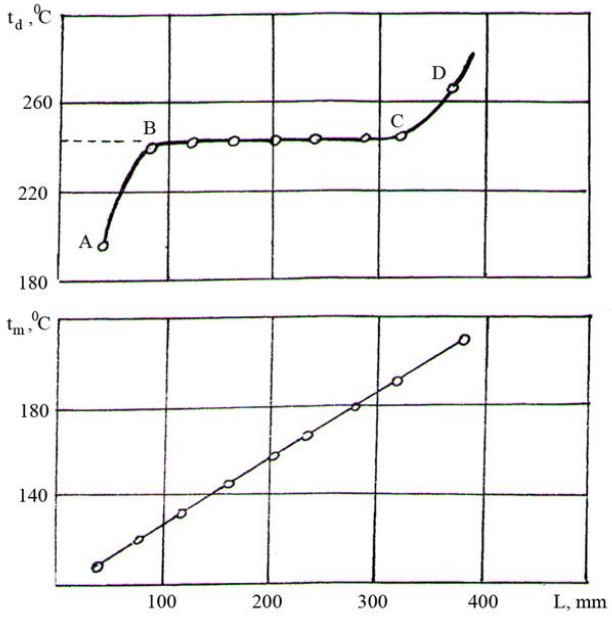
Bu məqsədlə elmi laboratoriyada olan təcrübə qurğusunda toluolla müxtəlif rejim parametrlərində şaquli boruda qaynama prosesində təcrübələr aparılmış və təhlili olunmuşdur. Toluol yaradıcı karbohidrogendir, belə ki, bundan başqa maddələr almaq mümkündür və texnoloji proseslər zamanı istilik mübadiləsindən istifadə edilir. Təcrübə qurğusu paslanmayan poladdan hazırlanıb və qapalı kontur üzrə işləyir. Sistemdə təzyiq yaratmaq üçün dörd plunjerli nasosdan istifadə edilir. Təcrübə sahəsi diametri d_{xar}=6 mm, d_{dax}=4 mm, uzunluğu 400 sm olan şaquli borudur və elektrik cərəyanı ilə qızdırılır. Təcrübə sahəsi istilik izolyasiyası ilə örtülmüşdür.

Hər bir təcrübədə istilik balansı yoxlanmışdır. Mayenin boruya giriş və çıxış temperaturu və boru divarının temperaturu termocütlər vasitəsilə ölçülmüş və göstərici potensiometrlə qeyd olunmuşdur. Termocütlər borunun uzunluğu boyu aralarında bərabər məsafələrlə yerləşdirilmişdir.

Toluolun qaynama prosesində boru divarının temperatur rejimi tədqiq olunmuş, təcrübələr verilmiş təzyiqdə toluolun doyma temperaturuna uyğun aparılmışdır.

Təcrübələrin nəticələrinə əsasən divarın temperaturunun uzunluq boyu dəyişməsi $t_d = f(\ell)$ qrafiki qurulmuşdur (şək. 1). Təcrübələr təzyiqin P=3 MPa, kütlə sərfinin $\rho u = 775\ kq/m^2$ qiymətlərində və müxtəlif istilik yüklərində aparılmışdır. Qrafikdən görünür ki, boru divarının temperaturu doyma temperaturundan kiçik olduqda $(t_d > t_{doy})$ konvektiv istilik mübadiləsi birfazlı seldəki kimi davam edir. İstilik yükü artdıqca divarın temperaturu artır və toluolun həmin təzyiqdə doyma temperaturuna çatır $(t_d \approx t_{doy})$ və qaynama prosesi başlayır və divarın temperaturu sabit qalır. Bu da qaynama prosesinə uyğundur (şək.1 əyri 3). Borunun əvvəlində x=100 mm məsafəyə qədər adi konvektik istilik mübadiləsi gedir, qalan hissədə isə bütün uzunluq boyu qaynama prosesi gedir. Divarın temperaturunu və istilikvermə əmsalını hesabladıqda borunun bu sahələrini ayırmaq lazımdır, hansı ki, bu sahələrdə istilikvermə qanunauyğunluqları müxtəlifdir. Bu halda divarın temperaturunun uzunluq boyu dəyişməsini borunun başlanğıc və qalan hissələri üçün müxtəlif tənliklərlə yazmaq lazımdır. Bu prosesi yaxşı öyrənmək üçün qaynamada divarın temperaturunun uzunluq boyu dəyişməsi və mayenin borunun uzunluq boyu dəyişməsi şəkil 2-də göstərilib. Şəkil 2-dən görünür ki, istilik yükünü artırdıqda adi konvektiv istilik mübadiləsinin uzunluğu azalır, toluolun qaynama prosesinin baş verdiyi boru uzunluğu isə artır. Borunun sonunda divarın temperaturu artır və qaynamanın böhranı baş verir. Beləliklə, borunun uzunluğu boyu əvvəlcə birfazlı selin konvektiv istilik mübadiləsi, sonra borunun orta hissəsində ikifazlı seldə qaynama prosesi və borunun sonunda qaynamanın böhranı yaranır. Ən çox qaynama böhranının yaranması praktiki cəhətdən maraqlıdır və bu proses bir çox amillərdən asılıdır. Ümumilikdə qaynamanın böhranı mayenin təzyiq və temperaturundan, kütlə sürətindən, buxar tutumundan, mayenin boruya giriş temperaturundan və s. faktorlardan asılıdır. Qaynama böhranı zamanı divarın temperaturu sıçrayışla artır, bu da boru divarının qızmasına və dağılmasına səbəb ola bilər. Buna görə seldə qaynama böhranının yarandığı kritik istilik yükünü təyin etmək lazımdır.

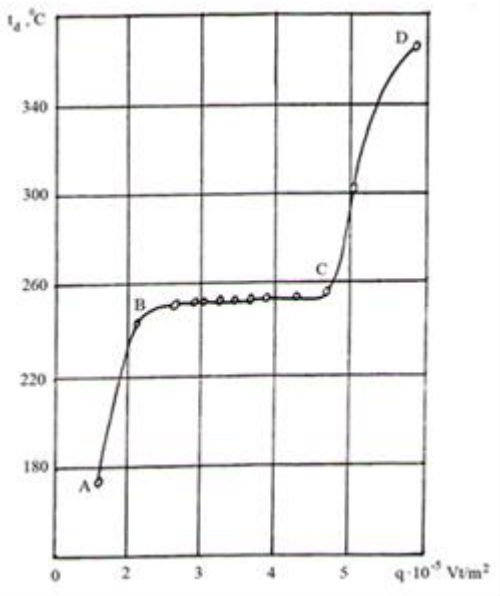
Şəkil 3-də divarın temperaturunun istilik yükündən asılılığı göstərilmişdir. Bu asılılıq borunun $x/d = 80$ en kəsiyi üçün qurulmuşdur. Qrafikdən görünür ki, verilmiş rejim parametrlərində $q \approx 2{,}3 \cdot 10^5\ Vt/m^2$ qiymətinə qədər (şək.3 AB sahəsi) adi konvektiv istilik mübadiləsi baş verir və bu sahədə divarın temperaturu birfazlı sel üçün konvektiv istilikvermənin tənliyindən təyin oluna bilər. İstilik yükünün $q \approx 2{,}5 \cdot 10^5\ Vt/m^2$ qiymətindən $q = 4{,}7 \cdot 10^5\ Vt/m^2$ qiymətinə qədər intensiv qaynama prosesi gedir (şək.3 BC sahəsi). Bu sahədə dayanıqlı qaynama prosesi gedir, aparatı bu rejimdə işlətmək məqsədəuyğundur və bu rejimi saxlamaq lazımdır. Bu rejimdə divar temperaturunun nisbətən az qiymətində aparatı etibarlı işlətmək olar. İstilik yükünü yenə artırdıqda divarın temperaturu yenə artır və CD sahəsi əmələ gəlir. Bu sahədə qaynamanın böhranı yaranır. Bu təcrübədə $q = 4{,}7 \cdot 10^5\ Vt/m^2$ qiymətində divarın temperaturu şiddətlə artır. İstilik mübadilə aparatlarını layihə edərkən və istismar zamanı mayenin qaynama prosesində istilik yükünün böhran qiymətini bilmək lazımdır. Böhran istilik yükünü təyin etmək üçün müxtəlif rejim parametrlərində yeni təcrübələrin aparılmasını tələb edir. Qeyd etmək lazımdır ki, kütlə sürətinin, təzyiq və temperaturun verilmiş qiymətlərində toluolun qaynamasının dayanıqlı rejimi istilik yükünün və nisbi entalpiyanın müəyyən qiymətinə qədər davam edir. İstilik yükünün kütlə sürətinə nisbətinin $(q/\rho u)$ müəyyən qiymətində qaynamanın dayanıqlı rejimi böhran yükünün əmələ gəlmə rejiminə keçir. Beləliklə, qaynama rejimində istilikvermə əmsalını və ya divarın temperaturunu hesablamaq üçün borunun sahəsini üç hissəyə ayırmaq lazımdır. Birfazlı konvektiv istilikvermə, dayanıqlı qaynama rejimi, böhran istilik yükünün yarandığı rejimlər üçün bu kəmiyyətləri ayrılıqda hesablamaq lazımdır.



Şək.1. Divarın temperaturunun borunun uzunluğu boyu dəyişməsi

P=3 MPa; $\rho u = 775\,kq/m^2 \cdot S$; $q \cdot 10^{-5}\ Vt/m^2$, 1 – 1,685; 2 – 2,187; 3 – 2,787

Şək.2. Divarın və mayenin temperaturunun borunun uzunluğu boyu dəyişməsi



Şək.3. Divarın temperaturunun istilik seli sıxlığından asılılığı P=3 MPa; $\rho u = 775\,kq/m^2 \cdot S$

Ədəbiyyat siyahısı

1. Дорошук В.Е. «Кризисы теплообмена при кипении воды в трубах». М.:Энергоатомиздат. 1983.

2. Тонг Л. «Кризис кипения и критический тепловой поток». М.:Атомиздат. 1976.

3. Məmmədova C.P., Babayeva S.Ş., Abdullayeva G.K., Məmmədov İ.M. “Kritikdən aşağı və kritik ətrafı təzyiqlə işləyən şaquli buxarlandırıcı borularda temperatur rejimləri”. “Energetikanın problemləri”, № 3, 2016, Bakı.

4. Məmmədova C.P., Məmmədov İ.M. “Böhran təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə suyun şaquli boruda düz və əks axını zamanı istilikvermə əmsalının tədqiqi”. Elmi Əsərlər, Fundamental elmlər, № 1, 2018.

TİKİLMİŞ POLİETİLEN İZOLYASİYALI KABELLƏRİN İSTİSMAR MÜDDƏTİNİN PROQNOZLAŞDIRILMASI VƏ İSTİSMAR XARAKTERİSTİKALARININ YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI

Orucov A.O., Əliyev H.S., Camalov M.Ə.
Azərbaycan Texniki Universiteti

Tikilmiş polietilen izolyasiyalı kabellərin istismarında köhnəlmə prosesi baş verir ki, bunun nəticəsində izolyasiyanın elektrik möhkəmliyi zamandan asılı olaraq aşağı düşür. Nəticədə kabel xətlərində imtinalar, tələb olunan gərginlikdən aşağı gərginliklərdə və daha qısa müddətdə baş verir.

TPE izolyasiyalı KX –in köhnəlməsinin əsas səbəbi, izolyasiya sistemində olan müxtəlif təbiətli qeyri-bircins yerlərin (hava boşluğu, nəmlik) olmasıdır.

Sahə qeyri-bircinsli olan yerlərdə, enerjinin sıxlığı artdıqca, mühitin aqreqat halı və fiziki xassələri dəyişir. Mühit keçiricilik halı alır və bu səbəbdən də QB yaranır. Elektromaqnit spektrdə qismi boşalmalar pKl –la ölçülür. Hər bir tək-tək QB enerjisi çoxda böyük olmur-vahiddən bir neçə yüz pCoula qədər dəyişir və buna görə də ilk anlarda KX-in işləmə qabiliyyətinə təsir göstərmir. Lakin, boşalmaların intensivliyi artdıqca izolyasiya deqradasiyaya uğrayır və bu proses kabelin deşilməsinə və nəticədə imtinasına gətirib çıxarır.

Ehtimal olunur ki, QB güc kabel xətlərinin etibarlı istismar resursunu aşağı salır. KX etibarlı istismar resursu haqda mütəmadi məlumat əldə etmək üçün onların diaqnostikasının aparılması vacibdir.

İşin təcrübi hissəsi

Diaqnostikanın məqsədi –kabel xətlərində qismi boşalmalar yarana biləcək zəif yerləri vaxtında aşkarlamaq, QB-ın təhlükəlik dərəcəsini təyin etmək, bununlada KX-ın etibarlı resursunu müəyyənləşdirməkdir. Bu zaman diaqnostika edilən KX parametrlərinin (QB alışma gərginliyi, ayrılan enerjinin miqdarı, itki bucağının tangensi (tgδ), izolyasiyanın tutumu və elektrik müqaviməti) əsas kəmiyyət göstəricilərində təhlil olunmalıdır. Diaqnostikanın nəticələrinə görə istismarçı heyət aşağıdakı məlumatları əldə edir:

- kabelin qalıq resursu haqda maksimal dəqiq proqnoz;
- KX sonrakı istismar şərtləri haqda tövsiyyələr;
- növbəti diaqnostikanın keçirilmə müddəti;
- proflaktik sınağın dövriliyi və onların parametrləri (tətbiq olunan gərginliyin səviyyəsi, tezliyi və təsir müddəti).

Izolyasiyada zədələrin inkişafına təsir edən faktorlara aşağıdakıları aid etmək olar:

- elektrik sahəsi;
- su;
- mexaniki zədələr;
- vaxt.

Bu faktorların təsirində izolyasiyada “su triinqləri” yaranır və inkişaf edir.

Keçən əsrin sonlarına qədər KX sınağı yüksəldilmiş sabit gərginliklərdə aparılırdı (4-6) U_n, U_n –kabelin nominal işçi gərginliyidir.

Belə bir sual meydana çıxır: Damarla metal ekran arasına tətbiq olunmuş, yüksək qiymətli sabit gərginliklə sınaq bu zədələri aşkar etməyə imkan verirmi? Əlbəttə yox. Səbəb isə qeyd olunan defektlərin kabel izolyasiyasının bütövlüyünü pozmamasıdır.

Bununla yanaşı, xaricdə aparılan geniş miqyaslı tədqiqatlar göstərdi ki, yüksəldilmiş sabit gərginliklə sınaq, nəinki kabelin vəziyyəti haqda adekvat qərar qəbul etməyə imkan verir, əksinə, izolyasiyanı kifayət qədər zəiflədir. Sübut olunmuşdur ki, yüksəldilmiş sabit gərginliklə sınaq kabelin istismar müddətini azaldır və su triinqlərinin ölçülərini böyüdür.

Ona görə də keçən əsrin sonlarından başlayaraq TPE izolyasiyalı kabellərin diaqnostikası zamanı sınaqların çox alçaq tezlikli (ÇAT) dəyişən gərginliklərdə aparılması qabaqcıl energetika kompaniyaları tərəfindən tövsiyə olunmuşdur. Bu halda kabelə tətbiq olunan sınaq gərginliyi izolyasiyaya dağıdıcı təsir göstərmir və eyni zamanda izolyasiyadakı təhlükəli zədələri aşkar etməyə tam şərait yaradır.

Çox alçaq tezliklərdə kabellərin sınaqlarının həyata keçirilməsi üçün xarici kompaniyalar tərəfindən bir sıra cihazlar və üsullar təklif olunur.

Azərişıq ASC –nin Tədris Mərkəzinin mütəxəssisləri ilə birlikdə bizim tərəfimizdən Bakı şəhərini bir sıra enerji şəbəkələrində TPE izolyasiyalı kabellərin diaqnostikası məqsədilə sınaqlar aparılmışdır. Bu məqsədlə Tədris mərkəzindəki səyyar sınaq laboratoriyasından istifadə olunmuşdur.

Sınaq laboratoriyası ən müasir çox alçaq tezlikli yüksək gərginlikli sınaq qurğusu ilə təmin olunmuşdur.

Diaqnostikanın inteqral qiymətləndirilməsi iki kriteriyaya əsasən aparılmışdır:

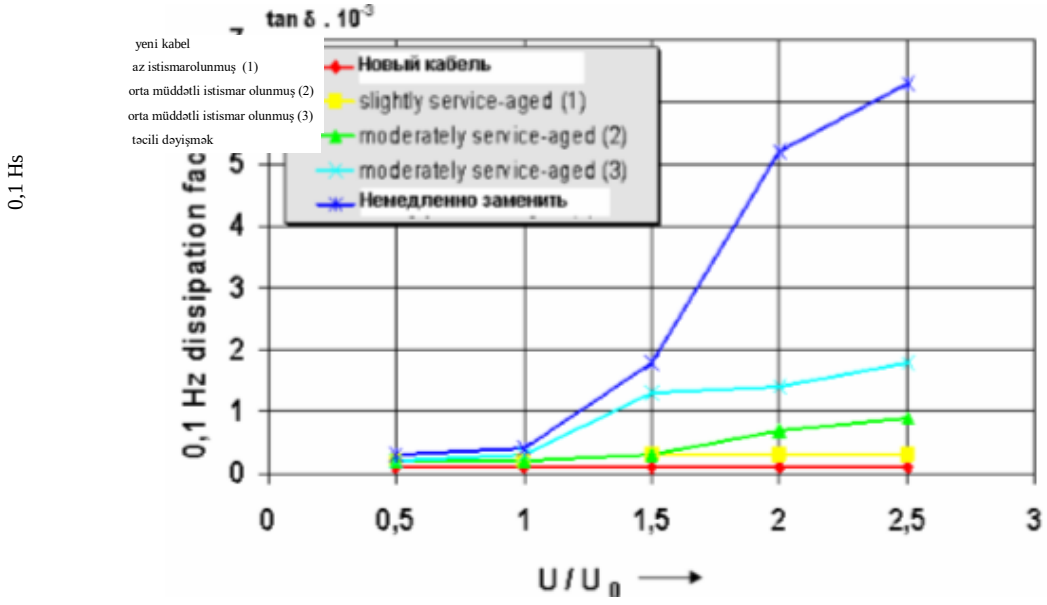
- dielektrik itki bucağı tangensinin qiymətinə görə;
- XLPE izolyasiyada qismi boşalmaların səviyyəsinin ölçülməsi ilə.

Kabel xətlərində tgδ –nın -ölçülməsi

Məlumdur ki, dielektrik itki bucağının tangensi yüksək gərginlikli XLPE izolyasiyalı kabellərdə yaranan itkiləri bir başa xarakterizə edir və digər parametrlərlə (ε,ρ) müqayisədə struktur dəyişikliyinə və defektlərə daha çox həssasdır.

tgδ –nın qiymətinin ölçülməsi kabel xətlərində baş verə biləcək problemlərdən əvvəl izolyasiyada yaranan zədələri təyin etməyə imkan verir ki, bu da xətlərdə baş verən problemlərdən sonra onların aradan qaldırılması üçün xeyli maliyyə vəsaitinin və vaxt sərfinin qarşısını alır.

tgδ –nın sınağına görə alınmış nəticələr şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1 Yeni və istismarda olan 6-35 kv gərginlikli XLPE kabellərdə tgδ –nı sınaq gərginliyindən

XLPE izolyasiyalı kabelin vəziyyətinin tgδ –a görə qiymətləndirmə kriteriyaları:

- kabelin vəziyyəti aşağıdakı şərt ödənildikdə yaxşı hesab edilir:
  $tg\delta(2U_0)<0,12\%$ və ya $tg\delta(2U_0) - tg\delta(U_0)<0,06\%$
- aşağıdakı şərtlər daxilində isə kabelin vəziyyəti pisdir (kabel təcili olaraq dəyişdirilməlidir).
  $tg\delta(2U_0)>0,22\%$ və ya $tg\delta(2U_0) - tg\delta(U_0)<0,1\%$

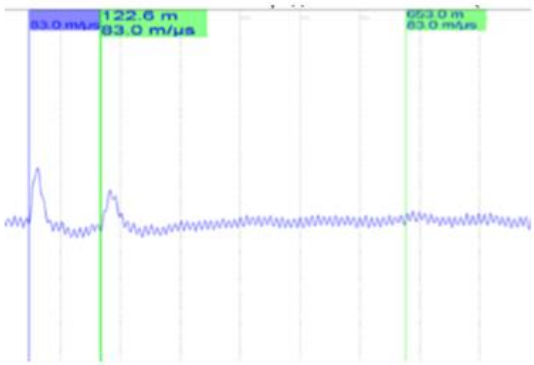
Digər yerdə qalan hallarda kabel xətlərinə yüksək nəzarət və cari imkanlardan asılı olaraq onların dəyişdirilməsi tələb olunur.

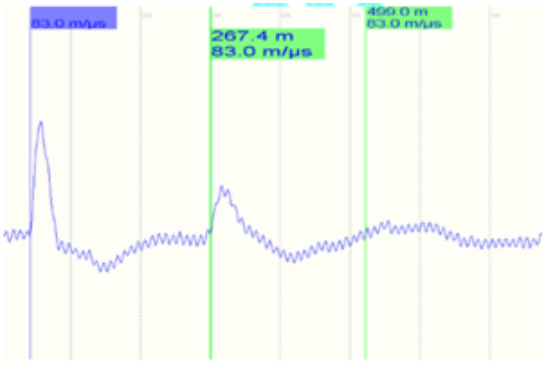
Qismi boşalmaların səviyyəsinin ölçülməsi üsulu –kabellərin zədəli yerlərini lokallaşdırılması

QB izolyasiyanın daxilində və səthində baş verən çox kiçik güclü qığılcım boşalmasıdır. Bu boşalmalar, yuxarıda qeyd olunduğu kimi izolyasiyanın daxilində və səthində olan mikro-qeyri bircinsliklərdə meydana çıxır. Zaman keçdikcə periodik baş verən QB–lar izolyasiyanı dağıdır və son olaraq izolyasiya deşilir.

Adətən QB–ların təsirindən izolyasiyanın dağılması bir neçə ay və hətta bir neçə il çəkir. Buna görə də QB–ların qeydiyyatı, onalrın gücünün və təkrarlanmasının qiymətləndirilməsi, eləcə də QB yaranan yerlərin lokallaşdırılması izolyasiyada zədələrin inkişafını vaxtında təyin etməyə və onların aradan qaldırılması üçün lazımi tədbirlərin görülməsinə şərait yaradır.

QB-ların ölçülməsindən alınmış təcrübi nəticələr şəkil 2 və 3-də olmuşdur.





Şəkil 2 və 3. TPE izolyasiyalı kabellərdə qismi boşalma siqnalları

Ədəbiyyat siyahısı

1.H.S.Əliyev, A.O.Orucov "Güc kabellərinin texniki vəziyyətinin monitorinqi-praktiki təcrübə". "Təhsil-tədqiqat-istehsalat mexanizminin qurulması" mövzusunda Respublika Elmi Texniki Konfransı, AzTU, 2018.

2. A.O.Orucov, H.S.Əliyev, M.Ə.Camalov Kabel izolyasiyasının köhnəlmə prosesinə qismi boşalmaların təsirinin təhlili. "Təhsil-tədqiqat-istehsalat mexanizminin qurulması" mövzusunda Respublika Elmi Texniki Konfransı, AzTU, 2018.

3. G.Bahder, T.Garrity, M.Sosnowski, R.Eaton and C.Katz, "Physical model of electic aging of extruded polymeric insulated power cables", İEEE Trans. PAS, vol.101,pp.1379-90,1982; vol102, pp.2173-85,1983

4.J.P.Crine, "On the interpretation of some electical aging and relaxation phenomena in solid dielectrics", İEEE Trans.DEI , vol.12,pp.1089-1107,2005

5. Сидельников Л.Г., Санников А.Г. Методические основы и нормативы технического диагностирования изоляции силовых кабельных линий методом частичных разрядов//Труды Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Актуальные проблемы энергосберегающих электротехнологий». Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006-492с.

6. Козырев Н.А. Время как физическое явление//Моделирование и прогнозирование в биоэкологии. Рига, 1982.с.59-72

УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ ГАЗА НА МИНИ-ГТЭС В РАМКАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Амосов Н.Т, Налетов И. Д.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Введение. Развитие человечества привело к значительному увеличению потребления, что требует все большего ресурсообеспечения, в особенности – нефтепродуктов и топлива [1]. Процессы нефтедобычи и нефтепереработки непосредственным образом связаны с высвобождением горючих газов, которые не являются целевым продуктом, отчего возникает необходимость утилизации побочного продукта производства. Традиционная методика утилизации попутного газа заключается в непосредственном сжигании газа в факелах, в некоторых случаях – после предварительной очистки, если таковая необходима, что затратно и трудоемко. В условиях сложившейся политики повышения энергоэффективности производства, снижения потерь в виде неиспользованных потенциалов и ресурсов, а также в рамках борьбы за сохранение окружающей среды и повышение экологической стабильности и безопасности, реализация концепции утилизации попутных газов с выходом полезной энергии представляется перспективной и многообещающей, а учитывая тот факт, что нефтепереработка – производство непрерывное, установка по утилизации попутного газа будет покрывать долю собственных нужд предприятия [2], поэтому электроэнергия, продуцируемая на малых ГТЭС, не уходит в электрическую сеть. Выработка энергии в рамках более эффективного использования теплоты и ресурсов – вектор развития современной промышленности.

Цель работы: сформировать концепцию утилизации попутного нефтепереработке газа, оценить перспективы и целесообразность промышленного использования мини-ГТЭС на попутном газе.

Задачи работы: рассчитать потенциальный и оценить экономический эффект от утилизации попутного газа, вычислить его низшую теплоту сгорания (по результатам химического анализа); обосновать целесообразность утилизации попутного газа в рамках малой энергетики.

На примере ряда проектов сооружения ГТЭС на попутном нефтедобыче газе можно оценить масштабы требуемых затрат, территорий под строительство, продуктивность работы станции, потенциальную продолжительность работы с учетом запасов газа в месторождениях и удельную стоимость 1 кВт производимой энергии. В случае сжигания газа, попутного нефтепереработке, запасы и потенциальный выход газа – не ограничены, что подчеркивает рентабельность проекта.

Анализ попутного газа нефтеперерабатывающего предприятия (таблица 1) дает возможность осуществить первичную оценку его свойств и перспективы использования в качестве топлива для эффективной утилизации.

Таблица 1. Результаты анализа попутного нефтепереработке газа
(усредненные за квартал в период с 01.01.2018 по 30.03.2018 г.)

Определяемый компонент	Единицы измерения	Результат анализа
Водород (H_2)	молярная доля, %	33,1
Метан (CH_4)	молярная доля, %	54,3
Этан (C_2H_6)	молярная доля, %	5,2
Этилен (C_2H_4)	молярная доля, %	0,00995
Пропан (C_3H_8)	молярная доля, %	4,02
Пропилен (C_3H_6)	молярная доля, %	0,00497
Изо-бутан (i-C_4H_{10})	молярная доля, %	2,12
Н-бутан (n-C_4H_{10})	молярная доля, %	0,826
Бутилен (C_4H_8)	молярная доля, %	0,0149
Изо-пентан (i-C_5H_{12})	молярная доля, %	0,205
Н-пентан (n-C_5H_{12})	молярная доля, %	0,0828
Пентен (C_5H_{10})	молярная доля, %	0,00482
Сумма гексанов (C_6H_{14}), гептанов (C_7H_{16}), октанов (C_8H_{18}) и нонанов (C_9H_{20})	молярная доля, %	0,0877
Сероводород (H_2S)	молярная доля, %	0,0231
Плотность абс. при 20 °С и 101325 кПа	кг/м^3	0,613
Теплота сгорания низшая	ккал/м^3	7632

Расчет низшей теплоты сгорания рассматриваемого газа проведем по формуле 1, таким образом: $Q_н$ = 7594 ккал/м^3 (природный газ – 8000 ккал/м^3), что удовлетворяет минимальным требованиям по ГОСТ 5542-87 [3]. Опираясь на высокую точность анализа, подчеркнем, что расчет низшей теплоты сгорания позволяет получить данные с неопределенностью в 0,5% и может рассматриваться в качестве критерия при оценке качества газа.

$$Q_н = \sum_{i=1}^{n} Q_{нi} C_i \quad (1)$$ [4],

где: $Q_{нi}$ – низшая теплота сгорания i-го компонента газа, C_i – доля i-го компонента в газе (таблица 2).

Таблица 2. Низшая теплота сгорания компонентов природного газа при 20 °С и 101,325 кПа [4]

$Q_{нi}$	Компонент										
	H_2	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	H_2S	C_6H_{14}	C_7H_{16}	C_8H_{18}	C_9H_{20}
ккал/м^3	2400	7980	14300	20670	27235	34400	5200	38540	44630	50690	57030

Максимальная разовая ПДК сероводорода в смеси с алициклическими предельными углеводородами, согласно ГОСТ 22387.2-2014 [5], не должна превышать 3 мг/м^3, тогда как для анализируемого газа (смеси газов) составляет 328 мг/м^3, это обуславливает необходимость серьезных мероприятий по очистке и подготовке к утилизации, что также способствует снижению коррозионной активности газа при транспортировке, переработке и использовании [6]. По мнению автора, самым перспективным способом очистки является физическая адсорбция, которая позволяет проводить глубокую очистку газа от сероорганических соединений и легко реализуется на практике. Альтернативным способом снижения концентрации сероводорода является подмешивание к попутному топливного газа, что затратно, если не реализовывать какую-либо утилизацию теплоты.

Помимо прочего, сжигание попутного газа в факелах влечет за собой наложение материальных санкций на предприятия, среди которых порядка 80% составляют нефтеперерабатывающие и

нефтедобывающие [7]. Также взимается плата в виде штрафа за превышение ПДК ряда веществ в окружающей среде и эмиссии вредных и ядовитых составляющих (сероводород, меркаптаны и др.).

В этой связи, установка и эксплуатация газовых турбин, спроектированных на работу на попутном нефтяном газе (в том числе – разбавленном топливным газом), в составе мини-ГТЭС – возможность утилизации попутных газов с непосредственной выработкой электроэнергии. Использование более привычных для отечественной энергетики паровых котлов для сжигания и преобразования энергии не рассматривается, поскольку сооружение и обслуживание всей необходимой инфраструктуры (химводоподготовка, система оборотного водоснабжения, воздушное хозяйство) и самого котла – колоссальные капитальные затраты и огромные площади.

Под мини-ГТЭС следует понимать газотурбинные электростанции малой мощности (от 100 кВт и до 25 МВт единичной мощности агрегатов). Мини-ГТЭС могут быть с машзальной (машинный зал) или блочной компоновкой, а также мобильными (контейнерными). Мини-ГТЭС обладают высокими КПД и маневренностью, небольшими габаритами и могут работать как на природном газе, так и на дизеле, керосине и попутном нефтяном газе.

Один нефтеперерабатывающий завод средней мощности вполне может обеспечить мини-ГТЭС мощностью порядка 20 МВт топливом, тогда как это покроет пятую часть собственных нужд предприятия по электроэнергии.

Выводы. Химический анализ попутного нефтепереработке газа и расчеты на его основе показали количественно его энергетическую ценность, а комплексный подход к подготовке и утилизации газа в рамках развития малой энергетики в форме мини-ГТЭС на базе нефтеперерабатывающих предприятий позволит генерировать электроэнергию на нужды предприятия, сокращая тем самым расходы на собственные нужды, исключая необходимость оплаты штрафов за нецелевое использование и ненадлежащее обращение с побочными продуктами нефтепереработки и минимизируя эмиссию патогенов и ядовитых веществ в окружающую среду, что повышает экологическую безопасность в районе деятельности предприятия и снижает уровень загрязнения атмосферы.

Список литературы

1. И.Д. Налетов, Н.Т. Амосов. Влияние процесса утилизации твердых бытовых отходов на окружающую среду // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 248 с.;
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года – распоряжение Правительства Российской Федерации от 1 февраля 2017 г.;
3. ГОСТ 5542-87 «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия (с Поправкой)» от 01.01.1988 г. (Поправка от июля 2001 г.);
4. ГОСТ 22667-82 «Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе (с Изменением №1» от 01.07.1983 г. (Изменение утверждено в августе 1992 г.)
5. ГОСТ 22387.2-2014 «Газы горючие природные. Методы определения сероводорода и меркаптановой серы» от 01.07.2015 г.;
6. А.М. Мазгаров, О.М. Корнетова. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода // Учебно-методическое пособие – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 70 с.;
7. Г.Ю. Боярко и др. Утилизация попутного нефтяного газа на месторождениях Томской области // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2011. 121 (114).

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ В ОБМОТКЕ СТАТОРА

[1]Ахмедов Д. А., [2]Ахмедов А. Д.

[1] Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики, [2]Сумгаитский государственный университет

Одним из эффективных путей решения общетехнической проблемы повышения надежности электрических машин является разработка новых методов и средств диагностики неисправностей и контроля текущего технического состояния в условиях работы. Для обеспечения эффективного контроля текущего состояния в условиях работы важное значение имеет своевременное распознавание неисправностей с помощью соответствующих информативных диагностических признаков. Токовыми для электрических машин могут быть параметры и характеристики электромагнитного, вибрационного, акустического и других процессов функционирования.

В настоящей статье рассматриваются вопросы диагностирования неисправностей асинхронного электродвигателя (AD) при межфазных замыканиях в обмотке статора с применением для этой цели теоретические моментные характеристики распределения.

С этой целью, в качестве диагностирующей информации, используются данные, полученные из натурно – экспериментальных исследований неисправностей (AD), проведенных по разработанной методике [1].

Сущность методики заключается в том что, задавая электрические неисправности в обмотке статора искусственно в условиях работы машины в режимах холостого хода и нагрузок, определяются степень и характер влияния их на параметры и характеристики электромагнитного, вибрационного и акустического процессов функционирования. Эксперименты проводились в работающих (AD) различной мощности. Установлено влияние межвиткового и межфазного замыкания в обмотке статора на значения токов и напряжений в фазных обмотках (катушечных группах и в параллельных ветвях) на значения вибросмещения, скорости вибрации, вибрационного ускорения, среднего уровня шума, а также на значения гармонических и спектральных составляющих указанных параметров и одновременно были произведены осциллографирование измеренных величин.

Для примера в табл.1 и 2 приведена часть экспериментальных данных, полученных на (AD) типа 4А132М4УЗ,11 квт,1450 об/мин, при межвитковом замыкании в обмотке статора.

Анализ результатов данных исследований показывает, что межвитковое замыкание в обмотке статора приводит к заметному увеличению параметров вибрационных и акустических процессов, особенно вибрационного ускорения. Следовательно, целесообразно параметры вибрационного ускорения использовать в качестве диагностического параметра для контроля технического состояния машины в процессе ее работы.

Таблица 1.

Режим	Состояние обмотки статора	Параметры вибрационных функциональных процессов			
		Вибросмещение А, мкм		Вибрационная скорость V, мм/с	Вибрационное ускорение a,м/с^2
Холостой Ход I_x=0	Исправное	40		2,0	3,6
	Задается межвитковое замыкание в фазе А, $I_{кз}$, А	7	50	3,0	5.1
		15	55	3,5	7,0
		30	62	4,6	8.7

Параметры вибрационного ускорения, полученные из обработки кривых осциллограммы, снятые при межвитковых замыканиях, используются для диагностирования технического состояния машины. При этом статистические дискретные параметры вибрационного ускорения принимаются как случайные параметры, характер изменений которых зависит от увеличения степени возмущения неисправности, а распределения их подчиняется нормальному закону [2].

Таблица 2.

Режим		Изменение уровня шума, дБ, для различных режимов работы		
		I=0	$I=0,5I_{НОМ}$	$I=I_{НОМ}$
Неисправность отсутствует		59	53	58
Неисправность задана, ток в коротком замкнутом контуре	7А	66	58	61
	15А	70	63	65
	30А	75	71	67

Параметры вибрационного ускорения, полученные из обработки кривых осциллограммы, снятые при межвитковых замыканиях, используются для диагностирования технического состояния машины. При этом статистические дискретные параметры вибрационного ускорения принимаются как случайные параметры, характер изменений которых зависит от увеличения степени возмущения неисправности, а распределения их подчиняется нормальному закону [2].

При экспресс оценке технического состояния машины требуется точно отличить ее неисправное состояние от исправного. Для этого целесообразно применить метод, основанный на принципе сравнения кривых стохастических функции распределения плотности вероятности диагностических параметров. С этой целью на основе полученных данных из обработки осциллограмм, с применением методов математической статистики и теории вероятностей [3], рассчитываем кривые статистических распределений плотности вероятности параметров вибрационного ускорения для режимов холостого хода и нагрузки.

В качестве примера на рис.1 и 2. приведены кривые плотности вероятности параметров вибрационного ускорения для случаев отсутствия неисправности и при заданном межвитковом коротком замыкании в обмотке статора в режиме холостого хода двигателя 4А132М4УЗ.

При этом, чтобы точно отличить неисправное технического состояния машины от исправного, предлагается метод основанный на использовании особенностей теоретических моментов.

Начальный момент порядка k случайной величины X вибрационного ускорения определятся по выражению:

$$m_k = M(X^k). \quad (1)$$

При этом начальный момент первого порядка равен математическому ожиданию:

$$m_1 = M(X). \quad (2)$$

Для выполнения последующих расчетов целесообразно вычислять начальные моменты через центральные моменты распределения. Центральные моменты порядка k дискретных распределения параметров вибрационного ускорения можно определить по выражению:

$$\upsilon_k = M[X - M(X)]^k \quad (3)$$

В связи этим, центральные моменты первого и второго порядка рассчитываются по следующим выражениям:

$$\upsilon_1 = M[X - M(X)] = 0; \quad (4)$$

$$\upsilon_2 = M[X - M(X)]^2 = D(X). \quad (5)$$

Тогда выражения для определения центральных моментов высокого порядка через начальные моменты будут иметь вид:

$$\upsilon_3 = m_3 - 3m_1 m_2 + 2m_1^3; \quad (6)$$

$$\upsilon_4 = m_4 - 4m_1 m_3 + 6m_1^2 m_2 - 3m^4. \quad (7)$$

После определения центральных моментов третьего и четвертого порядков из (6} и (7), вычисляются значения асимметрии A и эксцесса E распределения параметров вибрационного ускорения:

$$A = \upsilon_3 / \sigma^3. \quad (8)$$

$$\upsilon_4 / (\sigma^4) - 3 = E. \quad (9)$$

Анализируя полученные кривые распределения плотности вероятности параметров вибрационного ускорения, приведенные на рис.1 и 2, с учетом особенностей математических ожиданий и параметров асимметрии и эксцесса установлено:

1. При A <0,- кривая смешается влево по сравнению с кривой эталонного распределения А= 0, что означает, появилась неисправность в обмотке статора из-за межвиткового короткого замыкания рис.1.;

2. При E <0, - проявилось межвитковое короткое замыкание в обмотке статора, что приводить к увеличению рассеивания случайных параметров вибрационного ускорения около математического ожидания, чем при E=0, которое соответствует исправному техническому состоянию машины.

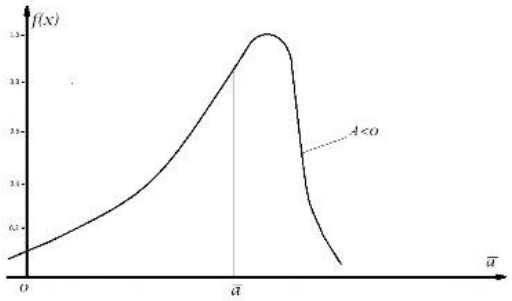


Рис.1. Кривая распределения плотности вероятности параметров вибрационного ускорения при асимметрии распределнии когда неисправность задана A< 0.

Рис.2 Распределения плотности вероятности параметров вибрационного ускорения $E=0$, неисправность отсутствует, E <0, неисправность задана.

Заключение: Предложная методика целесообразно применить для диагностирования неисправностей и экспресс оценки технического состояния асинхронных двигателе от межвитковых и межфазных замыканий в обмотке статора.

Для обнаружения в ранней стадии проявления межвиткового замыкания в обмотке статора в процессе диагностического контроля технического состояния асинхронных двигателей в качестве наиболее информативных диагностических параметров целесообразно использовать параметры вибрационного ускорения.

Список литературы

1. Мустафаев Р.И., Ахмедов Д.А., Бабаев АД., Ахмедов А.Д. Диагностирование неисправностей асинхронных электродвигателей на основе сравнения кривых интегральной функции распределения параметров вибрационного ускорения. Изв. вуз. Электромеханика 2017. Том. 60, №5. С.12-17.
2. Биргер И. А. Техническая диагностика. М: Машиностроение.,1978.237с.
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М: Высшая школа, 1979. 399с.

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Велиева Т.Д.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
veliyeva.tarana@mail.ru

Потери электрической энергии при передаче возникают в любом сегменте электрической сети. Для понимания составляющих потерь в таких сегментах и оценки необходимого проведения того или иного мероприятия, направленного на снижение потерь, выполняется анализ структуры потерь электрической энергии. Фактические (отчетные) потери электрической энергии, находят как разность электрической энергии, поступившей в сеть и реализованной электрической энергии из сети потребителям [1,2]. Фактические потери электрической энергии включают в себя следующие составляющие:

- расход электроэнергии на работу оборудования, установленного на подстанциях и обеспечивающего передачу электроэнергии;
- потери в элементах сети, имеющие определенный физический характер;
- погрешности фиксации приборами учета электроэнергии;
- хищение электроэнергии, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков и т.д.

Разделение потерь на составляющие выполняется по разным критериям: по группам элементов; по классам напряжения; по характеру потерь (переменные, постоянные); по производственным подразделениями и т.д.

Фактические потери могут быть разделены на четыре составляющие по физической природе и специфике методов определения количественных значений:

1)технические потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами в линиях и электрооборудовании, происходящие при передаче электроэнергии по электрическим сетям;

2) расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, который необходим для обеспечения функционирования технологического оборудования подстанций, а на некоторых из них и жизнедеятельности обслуживающего персонала. В большинстве случаев такой расход фиксируется приборами учета, установленными на трансформаторы собственных нужд с целью достоверности объемов потребления;

3) потери электрической энергии, обусловленные инструментальными погрешностями (низкий класс точности приборов учета) их измерения ;

4) коммерческие потери электроэнергии, обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием показаний счетчиков при оплате за электроэнергию бытовыми потребителями и другими причинами в сфере организации контроля.

Первые три составляющие структуры потерь характеризуются технологическими потребностями процесса транспортировки электрической энергии по сетям и технического учета ее отпуска и поступления. Сумма этих составляющих и есть технологические потери. Коммерческие потери, включают в себя: умышленные хищения электроэнергии недобросовестными потребителями с помощью изменения работы и недоплату фактических показаний счетчиков, подключения проводов до приборов учета.

Снижение коммерческих потерь электрической энергии в сетях — важнейшая задача повышения эффективности любой сетевой организации, один из основных источников сокращения производственных издержек. Внедрение современных информационных технологий позволяет получать дополнительную информацию о схемах и режимах электрических сетей, использование которой при анализе потерь электроэнергии требует дополнительных исследований с целью разработки эффективных методов расчета и их локализации.

Технические потери электрической энергии включают в себя следующие структурные составляющие:

- потери холостого хода, которые, в свою очередь, включают в себя потери электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах, трансформаторах напряжения и в изоляции кабельных линий;
- нагрузочные потери в оборудовании подстанций, включающие потери в линиях, силовых трансформаторах, а также потери в измерительных трансформаторах тока и вторичных цепях узла учета электроэнергии.

Все эти элементы включаются в последовательную цепь линии, поэтому потери в них зависят от протекающей через них мощности; - климатические потери, состоящие из двух видов потерь: потери на корону и потери из-за токов утечки по изоляторам воздушных линий и подстанций.

Любое энергосбережение, в том числе снижение потерь электроэнергии в электрических сетях, невозможно без достоверной системы учета электроэнергии, без автоматизации этой системы и максимального исключения “человеческого фактора” из процесса измерения и регистрации электроэнергии, без интеграции автоматизированных систем учета электроэнергии с автоматизированными системами оперативного контроля и управления режимами электрических сетей [3,4] .

Преобладающий в настоящее время учет электроэнергии на базе интегральных и интервальных приборов учета электроэнергии не предоставляет эффективно контролировать транспортирование электрической энергии как товара по всему ее технологическому циклу, оперативно решать задачи составления балансов электроэнергии и выявления очагов потерь по всем объектам сетевого комплекса, обеспечивать оперативные расчеты за потребленные энергию, оптимизировать и прогнозировать энергопотребление. Поэтому комплексы учета электроэнергии подлежат своевременной модернизации и установке новыми средствами и системами учета, основанными на использовании алгоритмов автоматизации учета электрической энергии.

Большое количество предлагаемых производителями средств учета электрической энергии, интерфейсов связи и технологий передачи данных требует выработки единой технической политики по отбору и применению средств учета электроэнергии с целью эффективного и полного решения задач

учета. Модернизация комплексов учета электроэнергии должна также соответствовать признанным современным международным нормам и правилам.

Основные принципы организации коммерческого учета электроэнергии: 1) организация расчетных систем учета электроэнергии на границе балансовой принадлежности и в электроустановках сетевых организаций; 2) внедрение и модернизация систем учета с применением электронных «интеллектуальных» счетчиков электроэнергии; 3) внедрение систем учета электроэнергии, к элементам которых отсутствует доступ для потребителей.

Организация систем учета электроэнергии должна обеспечивать: - определение потерь электроэнергии в электрических сетях; - контроль за достоверность информации об электропотреблении; - снижение (оптимизация) потерь электроэнергии. В современных условиях коммерческие потери составляют четверть от общих потерь электроэнергии, обусловленные субъективными причинами, погрешностями систем учета электроэнергии и ее несанкционированным потреблением. И если не принимать эффективных мер по их снижению, то дальнейший рост таких потерь неизбежен.

Список литературы

1. Жежеленко И.В. Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 2005г. -261стр.

2. Куско Ю.А., Томпсон М. Качество энергии в электрических сетях. М.: Издательский дом «Додэка-XX1», 2008.- 336стр.

3. Куличенков, В. П. Как уменьшить потери электроэнергии / В. П. Куличенков // Энергет. стратегия. - 2010. - № 3 (15). - С. 20-24.

4. Енин, А. С. Снижение потерь электроэнергии в системах электроснабжения / А. С. Енин, К. Б. Корнеев, Т. И. Узикова. - Режим доступа: http://eprints.tstu.tver.rU/62/1/1.pdf. - Дата доступа 17.10.2014.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ПОДПАЗОВОГО КАНАЛА В СИСТЕМЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ГАЗОВОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБМОТКИ РОТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Верховцев Д. А., Гулай С. Л., Коровкин Н. В.

Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого, Россия,

Проблема эффективного газового охлаждения роторов турбогенераторов в течение долгих лет остается одной из первоочередных в отечественном и мировом турбогенераторостроении [1].

При воздушном охлаждении мощных турбогенераторов единственно возможной системой охлаждения является система самовентиляции ротора из подпазового канала. Данная система приобретает все большую популярность в системах водородного охлаждения обмотки возбуждения благодаря своей высокой эффективности. Принцип работы состоит в распределении потоков газа по радиальным каналам в обмотке возбуждения из общего для каждого паза аксиального канала, располагаемого ниже дна паза.

Надежным инструментом изучения сложных аэродинамических процессов являются хорошо адаптированные к практике прикладные пакеты вычислительной гидродинамики (ANSYS Fluent, ANSYS CFX, Star-CCM).

В работе представлена методика численного аэродинамического расчета ротора турбогенератора с самовентиляцией обмотки возбуждения из подпазового канала как с постоянным, так и ступенчатым сечениями входа. Для решения задачи многокритериальной оптимизации геометрии подпазового канала используется алгоритм NSGA-II по Парето [2]. Отметим, что для решения электротехнических задач алгоритм NSGA-II уже успешно применяется [3,4].

Численное моделирование и задача оптимизации. Рассматривается стационарное, изотермическое, турбулентное течение воздуха с постоянной плотностью. В расчете использованы физические свойства воздуха при температуре 40 ˚С.

Построение сетки и моделирование выполнено по уравнениям Рейнольдса на основе многогранной сетки методом конечных объемов в программном комплексе ANSYS Workbench с использованием решателя Fluent и дальнейшей интеграцией кода с The MathWorks Matlab версии 15.

Напряжения Рейнольдса определяются по реализуемой k-ε турбулентной модели совместно с двуслойной моделью Вольфштейна.

Для сопоставления численного расчета с экспериментом взята геометрия из исследований полномасштабной модели ротора турбогенератора с самовентиляцией из подпазового канала:

Параметры расчетной области: ½ длины ротора (1960 мм); сечение подпазового канала 25х62 мм^2; сечение радиального канала 6х123 мм^2; скоростью вращения 1000 об/мин.; скорость на входе в подпазовый канал взята из испытаний и равна 27 м/с; на выходе из радиальных каналов задано условие свободного выхода.

Геометрические характеристики радиальных каналов (шаг и форма каналов, размеры поперечного сечения, радиальная протяженность канала в обмотке) приняты неизменными. Варьированию подлежал лишь профиль подпазового канала при заданной площади поперечного сечения его входного окна. Оптимизация параметров геометрии подпазового канала выполнена с помощью эвристический алгоритма поиска — генетического алгоритма NSGA-II.

Выбраны два критерия: сумма моментов, затрачиваемых на циркуляцию и трение воздуха, которые прямо пропорциональны потерям на вентиляцию [5]; обратная величина коэффициента однородности (предложен Вэлтоном) [6], показывающего степень неравномерности охлаждения обмотки возбуждения. Коэффициент однородности характеризует распределение измеряемой величины на поверхности и для полностью распределенного потока равен 1.

В генетическом алгоритме выбрано шесть изменяемых параметров: длина и высота каждой из трех ступеней. Решение задачи выполнено для десяти поколений с числом популяции в каждом поколении — пятьдесят. Из множества решений фронта Парето выбрано одно для сравнения с начальной конфигурацией при постоянном сечении подпазового канала. Процесс выбора единственного решения является нетривиальная задачей и в данной работе не рассматривается.

Анализ результатов. На рисунке 1 по результатам численного моделирования построены распределения скоростей в радиальных каналах по длине ротора в зависимости от формы подпазового канала.

Кривые 1.1 и 1.2 соответствуют равномерному прямоугольному сечению этого канала, а кривая 2– сечению, высота которого на протяжении канала трижды скачкообразно изменяется в направлении от торца к центру ротора с различной глубиной и длиной, определенных по генетическому алгоритму (оптимальный вариант).

Для кривых 1.1 и 1.2 необходимо отметить следующее:

— имеется хорошая корреляция расчетных данных с экспериментом, при этом наблюдается незначительное расхождение характера течения, начиная с 19 канала.

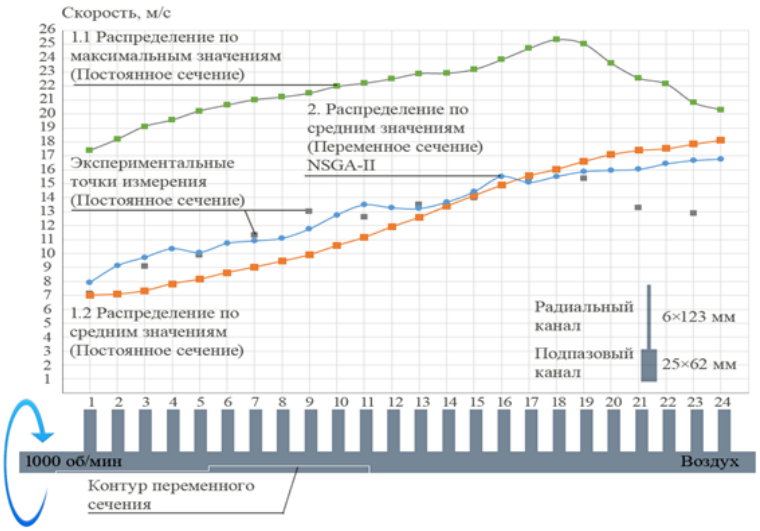


Рис. 1. Распределения скоростей в радиальных каналах по длине ротора в зависимости от формы подпазового канала

— выявлено достаточно хорошее совпадение формы распределения по максимальным значениям с экспериментальными данными.

Кривая 2 показывает более равномерный характер течения воздуха, при этом сопротивление тракта уменьшилось на 486 Па по отношению к значению падения давления с подпазовым каналом постоянного сечения, где величина составляла 2552 Па.

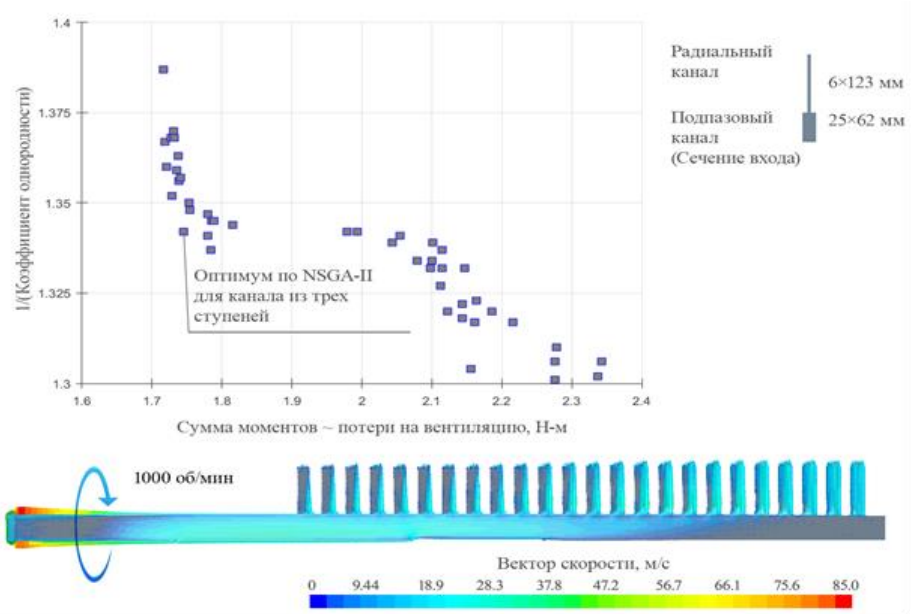


Рис. 2. Фронт Парето десятого поколения и распределение вектора скорости.

На рисунке 2 показан фронт Парето десятого поколения и распределение вектора скорости для варианта, выбранного в качестве оптимального.

Выводы. По результатам численного моделирования подтверждается хорошая чувствительность системы самовентиляции ротора из подпазового канала на размеры входного сечения и профиля подпазового канала.

Оптимизация подпазового канала, выполненная по методу NSGA-II, открывает новые возможности по минимизации локальных нагревов обмотки возбуждения посредствам выравнивания распределения вектора скорости по радиальным каналам, что особенно актуально в проектировании турбогенераторов предельной мощности с водородным и воздушным охлаждением.

Список литературы

1. О.В. Антонюк, Э.И. Гуревич, Т.Н. Карташова. Современная проблематика и перспективы развития газового охлаждения турбогенераторов «Электрические станции». – 2014. - №5. - С.41-47.
2. Deb K., Agrawal S., Pratap A., Meyarivan T. (2000). A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-objective Optimization: NSGA-II. In: Schoenauer M. et al. (eds) Parallel Problem Solving from Nature PPSN VI. PPSN 2000. Lecture Notes in Computer Science, vol. 1917. Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Коровкин Н.В., Одинцов М.В., Фролов О.В. Управление установившимися режимами энергосистем с использованием векторного критерия качества Электричество. 2015. № 1. С. 13-19.
4. Коровкин Н.В., Одинцов М.В., Фролов О.В. Планирование режимов работы энергосистем на основе методов многокритериальной оптимизации Электрические станции. 2015. № 11. С. 13-17.
5. G. Mas, J. Costanza. Optimization of the ventilation system of a hydrogenerator through laboratory measurements and CFD simulations — A1-103, CIGRE, 2014.
6. Weltens, H., Bressler, H., Terres, F., Neumaier, H. et al., "Optimization of Catalytic Converter Gas Flow Distribution by CFD Prediction," SAE Technical Paper 930780, 1993.

СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ МНОГООБМОТОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МАШИН КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

[1]Коровкин Н.В., [1]Сахно Л.И., [1]Крылов М.С., [2]Письменный А.А.,
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]ЗАО «Псковэлектросвар»

Машины контактной сварки являются мощными однофазными электропотребителями. Как правило, они состоят из трансформатора и аппаратуры управления. Трансформаторы имеют секционированные первичные обмотки, выполненные из параллельно соединенных проводов, и

вторичную обмотку, состоящую из одного витка. Секции первичной обмотки могут иметь сложные схемы соединения. При расчете таких трансформаторов их следует рассматривать как многообмоточные. Номинальная мощность таких машин составляет от нескольких кВА до нескольких сотен кВА. Машины контактной сварки должны надежно работать при колебаниях напряжения в пределах от —10 до +5 % номинального значения. В соответствии с этими условиями должны быть рассчитаны цеховые сети и выбрана мощность силового трехфазного трансформатора подстанции. Однофазные машины необходимо распределить по фазам возможно равномернее, так как это приводит к равномерной загрузке фаз силового трансформатора подстанции. Правильное питание сварочных машин электроэнергией является важной задачей современной техники контактной сварки. Для ее решения необходимо рассчитывать электропотребление машин контактной сварки. В данной работе предлагается схема замещения многообмоточного трансформатора для расчета электропотребления машины контактной сварки. Эта схема отличается от традиционных схем замещения [1-5] возможностью воспроизводить любые сложные соединения обмоток.

Рассмотрим трансформатор машины контактной сварки с n секциями первичной обмотки и одной вторичной обмоткой. Секции первичной обмотки могут быть соединены произвольно. Номера секций обозначим как *11, 12 ... 1n,* вторичная обмотка имеет номер 2, напряжения на зажимах секций первичной обмотки обозначим как u_{11}, u_{12} ... u_{1n}, вторичная обмотка подключена к нагрузке, которая характеризуется активным сопротивлением r_L и индуктивностью L_L. Рассматривая каждую секцию первичной обмотки как отдельную обмотку , получим трансформатор с (n + 1) обмотками. Пренебрегая током намагничивания, можно записать:

$$i_2 = i_{21} + \ldots + i_{2n} = -\left(i_{11}k_1 + \ldots + i_{1n}k_n\right) \tag{1}$$

где i_{11}, i_{12} ... i_{1n} – мгновенные значения токов в первичных обмотках, i_2 – мгновенное значение тока во вторичной обмотке, $k_1 = w_{11} / w_2$ ... $k_n = w_{1n} / w_2$ - коэффициенты трансформации, w_{11}, w_{12} ... w_{1n} - количество витков в каждой секции первичной обмотки, w_2 - количество витков во вторичной обмотке.

Из этого уравнения следует, что вторичный ток в трансформаторе представляет собой сумму нескольких составляющих, каждая из которых определяется током в первичной обмотке двухобмоточного трансформатора и коэффициентом трансформации этого трансформатора. Поскольку вторичный ток в многообмоточном трансформаторе может быть получен путем сложения вторичных токов *n*-двухобмоточных трансформаторов, можно заменить этот многообмоточный трансформатор *n* двухобмоточными трансформаторами. Каждый из этих двухобмоточных трансформаторов имеет вторичную обмотку, которая совпадает с вторичной обмоткой многообмоточного трансформатора и одной из секций ее первичной обмотки. Таким образом, имеется *n* - двухобмоточных трансформаторов с обмотками *11* и *2, 12* и *2, ..., 1n* и *2* (в дальнейшем они будут обозначаться как трансформаторы *11-2, 12-2 ... 1n-2*). Преимуществом этого представления является возможность использования классических уравнений двухобмоточного трансформатора, в основе которых лежат понятия об основном магнитном потоке и магнитных потоках рассеяния [6-9]. Взаимное влияние двухобмоточных трансформаторов учитывается путем изменения ЭДС на зажимах секций первичной обмотки, вызванное магнитным полем рассеяния двухобмоточных трансформаторов. Уравнение для каждой секции первичной обмотки можно записать в виде:

$$u_{1i} = \left(L_{1i-2} + L_L\right)\frac{di_{1i}}{dt} + \left(r_{1i-2} + r'_L\right)i_{1i} + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{n} M_{1i-2,1j-2}\frac{di_{1j}}{dt} + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{n} r_2 i_{1j} k_i k_j \tag{2}$$

где i изменяется от 1 до n, u_{1i} - напряжение на зажимах обмотки *1i*, L_{1i-2} - индуктивность рассеяния трансформатора *1i-2*, r_{1i-2} -активное сопротивление трансформатора *1i-2*, $k_i = w_i / w_2$, $k_j = w_j / w_2$, w_i и w_j – количество витков секций i и j первичной обмотки, $M_{1i-2,1j-2}=(L_{1i-2}+L_{1j-2}+L_{1i-1j})/2$ – коэффициент взаимной индукции трансформаторов *1i-2* и *1j-2* по потокам рассеяния. Для расчета индуктивностей рассеяния в (2) можно использовать аналитические или численные методы расчета [6-10].

Схема замещения, соответствующая системе уравнений (2), содержит столько ветвей, сколько секций имеет первичная обмотка. Эти ветви соединены между собой согласно исходной схеме соединения секций первичной обмотки и подключены к источнику напряжения U_1. Схема замещения позволяет найти входной ток трансформатора I_1 и электропотребление машины контактной сварки $S=U_1I_1$.

Список литературы

1.Margueron X., Keradec J-P. Design of equivalent circuits and characterization strategy for n-input coupled inductors, IEEE Trans. on on Ind. and Applications, vol.43, no. 1, 2007, pp.14-22

2.Margueron X., Besi A., Lembeye Y, Keradec J.P. Current sharing between parallel turns of a planar transformer: prediction and improvement using a circuit simulation software", IEEE Trans. on Industry Application, 2010 vol.46, no.3, pp.1064-1071

3.X.M.Lopez-Fernandez, and C. Álvarez-Mariño, "Computation method for transients in power transformers with lossy windings", IEEE Trans. on Magn., vol. 45, no. 3 2009, pp. 1863–1866

4.C.Álvarez-Mariño, Francisco de León and Xosé M. López-Fernández "Equivalent Circuit for the Leakage Inductance of Multiwinding Transformers: Unification of Terminal and Duality Models", IEEE Trans. on Power Delivery, 2012, vol. 27, no.1, pp.353-361

5.Francisco de León, and Juan A. Martinez, "Dual Three-Winding Transformer Equivalent Circuit Matching Leakage Measurements", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 24, no.1, 2009, pp.160-168

Lowdon, E., Practical Transformer Design Handbook, McGraw-Hill, Inc., 2nd edition, 1989.

6.McLyman, W.T., Dekker, Transformer and Inductor Design Handbook, New York, USA, 3rd edition, 2004

7.W. G. Hurley and D. J. Wilcox, "Calculation of leakage inductance in transformer windings," IEEE Trans. Power Electron., vol. 9, no. 1, pp. 121–126, Jan. 1994.

8.Ka Wai Eric Cheng, Modeling of solenoidal transformer for the calculation of leakage inductance using eddy-current reaction field, IEEE Trans. on Magn., vol. 41, no. 5, 2005, pp. 1996–1999.

10. Claycomb J. R. Applied Electromagnetics Using QuickField and MATLAB. – *Laxmi Publications, Ltd*. 2010.

РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ТОРЦЕВОЙ ЗОНЕ АСГ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ.

Кочеткова Е. Ю.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,Россия

Одной из основных проблем, возникающих при конструировании сложных электротехнических устройств, таких, как электрические машины, является расчет магнитного поля по заданному распределению токов. В случаях, когда конструктивные решения нетрадиционны, а экспериментальный материал отсутствует, необходимо решать задачу в трехмерной постановке с точным учетом конфигурации конструктивных элементов. В первую очередь это относится к торцевой зоне электрической машины.

Метод, основанный на использовании скалярного магнитного потенциала и векторной функции тока, является наиболее перспективным, т.к. он лишен ограничений и недостатков других модификаций метода скалярного магнитного потенциала и обеспечивает достаточную точность и скорость расчетов. Идея метода состоит в том, что скалярный магнитный потенциал u_m совместно с функцией тока $\overrightarrow{H_0}$ определяют напряженность магнитного поля $\overrightarrow{H}$ как сумму вихревой и потенциальной составляющих[1]:

$$\overrightarrow{H} = \overrightarrow{H_0} + grad\, u_m$$

Вектор $\overrightarrow{H_0}$ определяется по заданному распределению плотности тока $\vec{j}$ как $rot\overrightarrow{H_0} = \vec{j}$. Распределение потенциала u_m в расчетной области находится из уравнения Пуассона, решение которого, в соответствии с вариационным подходом, сводится к поиску минимума нелинейного энергетического потенциала:

$$I(u_m) = \int_v 0,5\hat{\mu}\,(grad\, u_m)^2 dv - \int_v \rho_m u_m dv - \int_s \sigma_m u_m ds$$

где ρ_m и σ_m - соответственно объемная и поверхностная плотность так называемого магнитного заряда, v - объем расчетной области, s – поверхность распространения заряда, $\hat{\mu}$ - тензор магнитной проницаемости среды. Величины фиктивных магнитных зарядов определяются по рассчитанной функции $\overrightarrow{H_0}$: $\rho_m = -div\mu\overrightarrow{H_0}$ и $\sigma_m = -Div\,\mu\overrightarrow{H_0}$. Часто расчетная модель области магнитного поля, заменяющая реальные электрические токи фиктивными зарядами, содержит также и двойные слои зарядов, введение которых позволяет учесть бесконечно тонкие токовые слои с линейной плотностью $\vec{j}$. На поверхности двойного слоя заряда u_m претерпевает скачок $\Delta u_m = \int \vec{j}\overrightarrow{d\tau}$. Для нахождения минимума

функционала $I(u_m)$ используется метод конечных элементов (МКЭ) [2] как наиболее эффективный метод расчета трехмерных полей.

Алгоритм расчета магнитного поля путем сведения его к потенциальному полю фиктивных магнитных зарядов позволяет решать важные практические задачи. Одной из таких задач, требующей расчета трехмерного магнитного поля, а также его интегральной характеристики – магнитного потока, является расчет индуктивности рассеяния лобовой части обмотки электрической машины. Для определенных типов машин, к которым относится АСГ (асинхронизированный синхронный генератор) актуальность решения этой задачи возрастает в связи с большой длиной лобовой части обмотки (она приблизительно равна пазовой части) [3]. Выбор размеров расчетной области диктуется возможностями задания граничных условий для скалярного магнитного потенциала. Характер распределения магнитного поля лобовых частей обмотки электрической машины весьма сложный, вследствие чего расчетная область должна включать в себя всю торцевую зону машины. Но для АСГ, являющегося четырехполюсной машиной, допустимо разделить ее плоскостью симметрии и рассматривать половину торцевой зоны. Расчетная область (рис.1) ограничивается поверхностями кожуха (3,4), вала (6) и, со стороны пазовой части обмотки, плоскостью, перпендикулярной оси машины (1). Поверхности 2 и 5 образуются при делении пополам торцевой зоны плоскостью симметрии, проходящей через ось машины. Влиянием зазора между ротором и статором на поверхности 1 можно пренебречь вследствие его малого размера (в АСГ он составляет 4,5мм). Считая граничную поверхность между активной и торцевой зонами сплошной, на поверхности 1 задается граничное условие для потенциала $\boldsymbol{u_m}$=0, на ферромагнитных поверхностях кожуха и вала также задается граничное условие $\boldsymbol{u_m}$=0. На поверхностях 2 и 5, делящих пополам торцевую зону, задается условие симметрии $\frac{du}{dn} = 0$.

Для определения индуктивности рассеяния фазы обмотки ротора достаточно рассмотреть магнитное поле, создаваемое током одной секции обмотки и рассчитать элементарные потокосцепления взаимной индукции Ψ_{ql} с каждой секцией q от тока в секции l. В расчетной модели секция заменяется витком (рис.1). Для приближенного расчета поля виток считается бесконечно тонким, и его ток заменяется натянутым на виток двойным слоем заряда. Для более точного расчета магнитного поля секции обмотки необходимо учесть ее конечные размеры (рис.2). Квазипотенциальная модель магнитного поля с витком конечного размера содержит простые слои заряда плотностью $\sigma_m=\pm\mu_0 H_{0n}$ (H_{0n} – нормальная к поверхности составляющая вектора $\overrightarrow{\boldsymbol{H_0}}$) на верхних и нижних поверхностях стержней 1 и 2 (рис.2), на торцевой поверхности головки 3, а также двойные слои магнитного заряда на боковых поверхностях стержней 1 и 2 и на поверхности 4, замыкающей ток витка. Объемные заряды в данной модели отсутствуют [4].

На основе рассмотренной квазипотенциальной модели была реализована задача расчета трехмерного стационарного магнитного поля в торцевой зоне генератора АСГ 630-155092 и индуктивность рассеяния лобовой части 1-й секции 1-й фазы обмотки [4]. Индуктивность рассеяния в случае поля тонкого витка хорошо согласуется с оценочным значением индуктивности, полученным по практическим методикам (0,3мГ). Индуктивность рассеяния в случае поля витка конечного размера существенно меньше: 0,09мГ. По результатам расчета сделан вывод о необходимости учета размеров сечения секции при определении индуктивности рассеяния обмоток с подобными геометрическими особенностями (отношение размеров сечения к расстоянию между прямым и обратным стержнями секции превышает 0,1).

Список литературы

1.Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники, т.2, СПб, «Питер», 2007.

2.Кочеткова Е.Ю. Реализация программы расчета трехмерного магнитного поля методом конечных элементов на основе скалярного магнитного потенциала / Создание и исследование новых типов генераторов. Сб. научных трудов, ВНИИЭлектромаш, 1991.

3.Антонов В.В., Богуславский И.З., Кочеткова Е.Ю. Методы расчета установившихся эксплуатационных режимов АСГ / «Электротехника», 1992, №1.

4.Варламов Ю.В., Кочеткова Е.Ю. Расчет трехмерного магнитного поля в торцевой зоне и индуктивности рассеяния лобовой части обмотки ротора асинхронизированного синхронного генератора. / Деп. В ВИНИТИ 14.11.97 №3339-В97.

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА РАБОЧЕМ НАПРЯЖЕНИИ

Мальцев А.В., Чариков П.Н.
Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Стерлитамак

При возникновении дефекта, в питающем двигатель токе, наблюдается появление высших гармоник. Анализируя эти гармонические изменения можно судить о появлении неисправностей в электрической машине. Ток двигателя измеряется датчиком тока (сверхчувствительный трансформатор тока) и записывается во временной памяти [2]. Затем токовый сигнал выводится на анализатор спектра или специальный прибор для анализа токовых гармоник. В идеальном случае полученный сигнал должен быть представлен в виде идеальной синусоиды, но на деле в токовом сигнале присутствуют различные гармоники.

Диапазон частот, исследуемый при поиске неисправностей, составляет 0,1-5 кГц [3]. Во время испытания двигатель должен быть нагружен на мощность более 70%, что позволяет применять данные методы диагностики, не выводя оборудования из эксплуатации. На этапе предварительной обработке сигналов можно использовать несколько методов для извлечения признаков неисправностей двигателя.

Метод мгновенных мощностей

При использовании метода мгновенных мощностей необходимо проводить измерение напряжения питания двигателя. Мгновенная мощность p(t), является произведением напряжения u(t) и тока i(t) двигателя (1).

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \qquad (1)$$

Если подробно рассмотреть каждую составляющую, то уравнение мгновенной мощности будет иметь вид (2)

$$p(t) = p_0(t) + \frac{MV_{LL}I_L}{2}\left\{\begin{array}{l} \cos\left[(2\omega+\omega_f)t-\varphi-\frac{\pi}{6}\right] \\ +\cos\left[(2\omega+\omega_f)t-\varphi-\frac{\pi}{6}\right] \\ +2\cos(\varphi+\frac{\varphi}{6})\cos(\omega_f t) \end{array}\right\} \qquad (2)$$

где V_{LL} и I_L - среднеквадратичные значения напряжения и тока, ω - угловая частота, φ - фазовый угол нагрузки двигателя, M - индексная модуляция, ω_f - угловая частота отказа [4].

В отличие от токового сигнала, спектр мгновенной мощности содержит компонент, непосредственно связанный с модуляцией отказа. Этот компонент является характеристическим для диагностики состояния машины. Данный компонент характеризует механические дефекты электрической машины, частотная модуляция которого составляет 15 Hz. Данной модуляции нет в токовом спектре (рисунок 1).

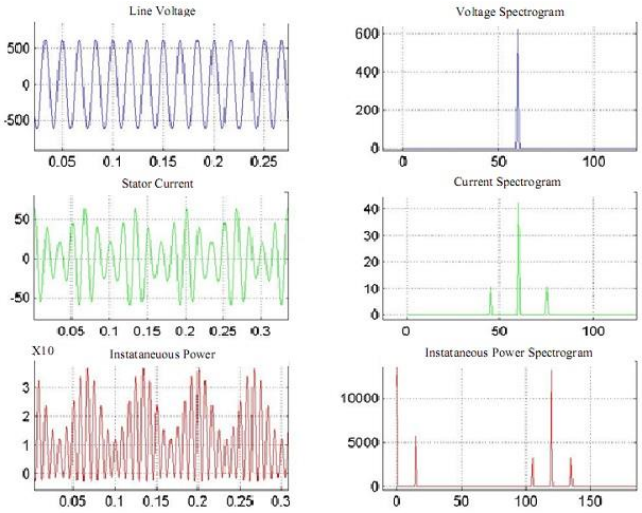


Рис. 1. Характеристический компонент метода мгновенных мощностей

1 Векторный метод Парка

Метод основан на анализе искажения “круга Парка”. Данный метод позволяет определять межвитковые замыкания, повреждения ротора, разность воздушного зазора. Токи в двигателе описываются уравнениями [5]:

$$i_A = i_M \cos(\omega t - \alpha) \quad (3)$$

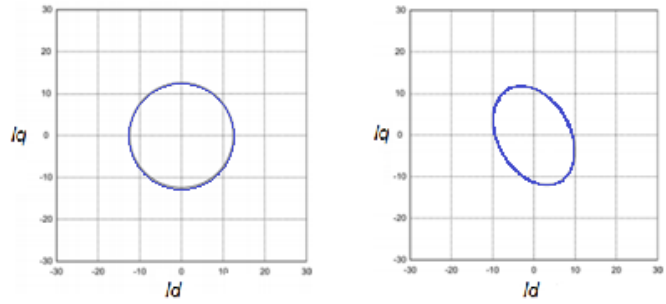
$$i_B = i_M \cos(\omega t - \alpha - \frac{2\pi}{3}) \quad (4)$$

$$i_C = i_M \cos(\omega t - \alpha + \frac{2\pi}{3}) \quad (5)$$

Где i_M - пиковое значение тока, ω - угловая частота, α - начальный фазовый угол, t – переменная времени; и i_A, i_B и i_C соответственно являются токами в фазах. Компонент вектора парка описывается уравнениями (6, 7).

$$i_D = (\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}})i_A - (\frac{1}{\sqrt{6}})i_B - (\frac{1}{\sqrt{6}})i_C \quad (6)$$

$$i_Q = (\frac{1}{\sqrt{2}})i_B - (\frac{1}{\sqrt{2}})i_C \quad (7)$$



a) b)

Рис 2. Круги Парка

На рисунке 2 изображены диаграммы Парка. График a) – двигатель не имеет повреждения. График b) – неисправный электродвигатель.

При незначительных дефектах электрической машины распознавание искажения круга Парка затруднено. Для более точной диагностики применяется быстрое преобразование Фурье к квадрату векторного модуля Парка. Применение этого метода позволит не упустить из вида незначительные асимметрии статора [6].

Максимальные значения радиуса колеблются дважды в течении каждого цикла. При анализе частот эти колебания проявляются в спектре тока питания двигателя. Значение амплитуды этой частоты связано с характером дефекта.

Заключение

Асинхронные двигатели являются основной составляющей всех узлов мировой промышленности. Выход из строя электродвигателей ответственных механизмов может привести к аварийным ситуациям, простоям производства, материальному ущербу. Диагностика и мониторинг их состояния являются актуальными вопросами. Исследования показали, что при планово-предупредительных ремонтах и испытаниях не менее 50 % обслуживаний выполняется без фактической их необходимости [6]. Рассмотренные выше методы позволяют предотвратить пробойные явления электрических машин, что позволяет своевременно провести планово-предупредительные ремонты.

Список литературы

1. H.L. Poon, Verbal time series reports generation in condition monitoring, Computers in Industry, vol.15, 1990, pp. 293-301.

2. E. R. Bonaldi, L. E. de L. de Oliveira, L. E. B. da Silva and G. L. Torres, Removing the Fundamental Component in MCSA Using the Synchronous Reference Frame Approach, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 2, pp. 913- 918, 9-11 June 2003, Rio de Janeiro, Brazil

3. P. Pillay and Z. Xu: Motor Current Signature Analysis, Thirty-First IAS Annual Meeting, Industry Applications Conference, ‘96, San Diego, California, 1996

4. V. N. Ghate and S. V. Dudul, Artificial Neural Network Based Fault Classifier For Three Phase Induction Motor, International Journal of Computational Intelligence Research, Vol. 5, No. 1, 2009, pp. 25–36

5. Dr.Y. Aksenov, I.Yaroshenko, G. Noe, A. Andreev. On-Line Diagnostics Technology and Repair Results for Midium Voltage Motors. IEEE-SDEMPED' 2009.

6. Dr.Y. Aksenov, I.Yaroshenko, G. Noe, A. Andreev. Diagnostic Technology for Transformers: Methods Synergy and Double-Coordinate Location. IEEESDEMPED' 2009.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПИТЕЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТОРМОЖЕНИЯ

[1]Фархадзаде Э. М., [1]Мусаев З.Н., [2]Балаева А. Г.

[1]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

[2]Сумгаитский государственный университет

Общие сведения. Накопитель, выполненный из мощных пружин, связывается с электрогенератором. Для этой связи используется система зубчатых передач. Так как сила созданная пружиной передается в очень малом ходе, она ускоряется с помощью зубчатых колес. В конечном итоге блок зубчатых колес связывается с генератором. Ввод стабилирующей системы приводит к тому, что частота вращения генератора находится в допустимых пределах. Разработанная электрическая энергия направляется для заполнения аккумуляторных банок. Объем аккумуляторных банок проектируется с учетом объема интенсивности транспортного средства. После заполнения аккумуляторных банок электрической энергией с помощью электрического двигателя, они расходуются для движения транспортного средства в покое ДВС. Накопленный объем энергии исчисляется временем движения транспортного средства. Накопление электрической энергии осуществляется с помощью различных соединений аккумуляторных банок.

Введение. Принципиальная конструктивная схема накопителя механической энергии составляется с помощью пружинной и генераторной схем. Естественно, разработанное устройство размещается в закрытом месте транспортного средства, в связи с защитой от пыли и других действий. Для конструирования накопителя механической энергии лучше использовать пружины из доброкачественной стали. Соединяя пружины параллельно или последовательно в количестве N можно подобрать силу действия и длину пружины соответствующей максимальной силе.

В машиностроении часто используется углеродистая сталь. В данной конструкции также использовали пружины, выполненные из цилиндрической проволоки, работающей на сжатие. Для накопителя механической энергии в первую очередь необходимы характеристика пружины и расстояние между нагрузок (рис1).

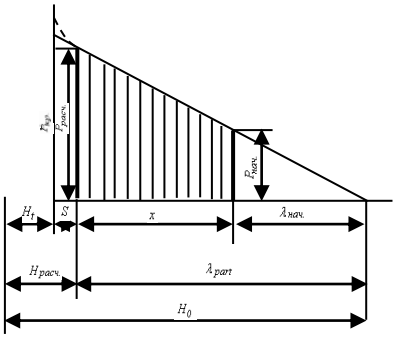


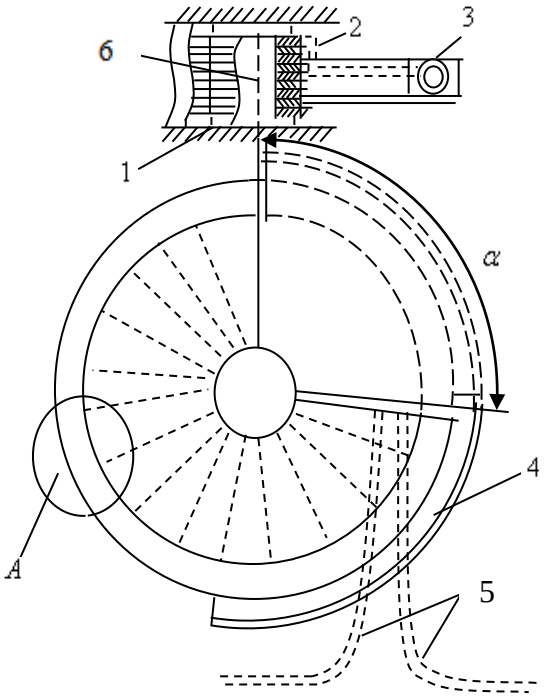
Рис 1. Характеристика пружины, работающей на сжатие

$P_{кр}$ – нагрузка близкой соприкасающейся витков;

$P_{расч.}$- последняя нагрузка; S- запасная длина пружины ; X- рабочая длина пружины; $\lambda_{нач.}$ – нерабочая длина; $\lambda_{расч.}$ – полная длина пружины;

H_0 – длина нагруженной пружины

При проектировании пружинной системы для компактной конструкции накопителя механической энергии необходимо использовать по возможности короткие пружины; при выборе пружины занимают основное место, применяющаяся сила и длина сжатия. В конструкции, показанной на рис. 2



Вид А

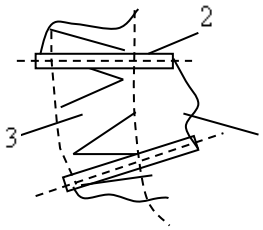


Рис.2. Принципиальная конструктивная схема накопителя

1- корпус транспортного средства; 2 – держатель4 3 – пружина;
4- зубчатый полудиск; 5 - трос; 6 – ось

Пружины в количестве N и по диаметрам D соединяясь, последовательно создают длину 2π D. При изготовлении пружины необходимо выполнить нижеперечисленные аналитические определения:

Для удовлетворения работы пружин по характеристике крайняя мощность должна быть 0,8 ÷0,9 $P_{кр.}$. Под такой нагрузкой расстояние между витками промежуток:

$$\delta_{\text{ðàá}} = \frac{\tilde{N}}{\text{è}} \approx (0{,}1 \div 0{,}2)\frac{\lambda}{\text{è}}$$

где i – число рабочих витков, S – запасное расстояние пружины.

Жесткость пружины z бывает в отношении с расчетной нагрузкой и для предотвращения соприкосновения витков δ >0,1 принимается (d – диаметр витка пружины).

По данным некоторых несложных расчетов для $P_{расч.}$= 750 kq произведены расчеты пружины для накопителя механической энергии (Табл.1.)

Таблица 1.

$P_{расч.}$ kq	Марка стали	Диаметр материала mm	Д/d	Средний диаметр mm	Число витков	Полное число витков	Полный ход пружины $\lambda_{кр.}$
750	50ХФА	15	5	75	4,5	6	38

Продолжение таб.1

Сила соприкосновения витков kq	Длина пружины без нагрузки mm	Внешний диаметр пружины D_2, mm	Внутренний диаметр пружины D_1, mm	Длина провода для изготовления V, mm	Примечание
985	119	90	60	481	Для создания номинального рабочего условия $\lambda_{кр.}$ (N количество последовательно соединенных пружин)

В конечном итого следующие элементы имея контакт с накопителем механической энергии преобразовываются в другой вид энергии, например в электрическую.

Заключение:

1.Спроектированная система дает возможность в простом конструкционном исполнении возвращать потерянный объем на 50 – 65 %.

2. При включении системы точного использования объема тормозной механической энергии возврат потерянного горючего может достичь до 90%

Список литературы

1.Musayev Z. N. System of electromechanical transformation of brake energy // journal Power engineering problems. – Baku. 2010.№ 3.

2.Галкин Ю. М. Электрооборудование автомобилей и тракторов.- М.: Машиностроение, 1987.

3.Патент Российской Федерации РУ2119434. Способ Петросова для рекуперации энергии у автомобилей. Дата начала действия патента 24. 03.1993.

КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОДЗЕМНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА СУМГАИТА

Мамедзаде Р. К., Гасымов А. Г.

Сумгаитский государственный университет

Наука о коррозии и защите металлов от ее воздействия изучает явления их разрушения от химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой, определяет механизм и общие закономерности этого явления, также устанавливает эффективные меры защиты металлов от коррозии.

В результате воздействия различных видов коррозии происходят коррозионные разрушения кабелей и кабельных конструкций, а также опор, фундаментов, проводов, тросов и линейной арматуры воздушных линий. Стойкость металла к воздействию коррозии определяется скоростью протекания коррозии, находится в прямой зависимости от условий его эксплуатации и от внешней среды, с которой металл взаимодействует.

На примере подземных металлических сооружений можно установить, что активность коррозии непрерывно изменяется во времени. Так, например, активность элекролита в зависимости от времени года колеблется в широких пределах. Подобное и при воздействии блуждающих токов на подземные металлические сооружения, в частности на кабельные линии. Неодинаковой является интенсивность подземной коррозии свинца. Одна и та же почва может быть весьма агрессивна для свинца и не агрессивна для стали, и наоборот.

Электрические кабели, применяемые в городе Сумгаите, подвержены воздействию основных агрессивных сред при аварийных концентрациях до 20-кратных значений санитарно-допустимых величин паров серной, соляной и азотной кислоты, аммиака, сероводорода, сернистого ангидрида и

серного ангидрида, хлора, а также смеси указанных веществ с окислами азота, учитывая химические заводы находящиеся в городе Сумгаите.

Состояние металла, при котором резко повышается его химическая стойкость, получило название пассивности. Чаще всего пассивность вызывается образованием на поверхности металла окисной или солевой защитной непроницаемой пленки, которая является продуктом взаимодействия металла с агрессивной средой. Образующиеся продукты коррозии отлагаются на поверхности металла в виде пленки или переходят в раствор. [2]

Характер и свойства пленки определяют дальнейшее развитие электрохимической коррозии. Если же пленка проницаема и не имеет тесного контакта с металлом, а тем более если растворима в воде,то она не может служить препятствием для развития процесса коррозии.

Во многих случаях коррозионные повреждения охватывают почти всю поверхность оболочки кабеля, что и приводит в той или иной степени к равномерному разрушению ее.

Скорость коррозии металлов в десятибальной шкале проникновения коррозии за год в глубину металла, которая рассчитывается с учетом данных потери массы после удаления продуктов коррозии, указаны в таблице 1.

Таблица 1 Скорость коррозии металлов по десятибальной шкале

Группа стойкости	Скорость коррозии металла мм/год	балл
Совершенно стойкие	Менее 0,002 0,001-0,005	1 2
Весьма стойкие	0,005-0,01	3
Стойкие	0,01-0,05 0,05-0,1	4 5
Пониженно-стойкие	0,15-0,55 0,5-1	6 7
Малостойкие	1-5 5-10	8 9
Нестойкие	Свыше 10	10

Показатели шкалы распространяются на материалы из черных и цветных металлов и сплавов при условии их равномерной (сплошной) коррозии и не распространяются на металлические покрытия всех видов независимо от способа их нанесения.

Расчет проникновения коррозии, мм/год, производится по формуле

$$П = \frac{K}{2^{\sigma}} \cdot 10^{-3}$$

где К – потеря массы, г / (м.год); δ – плотность металла, $г / см^3$.

Пользоваться данными десятибалльной шкалы коррозионной стойкости не допускается при наличии в металле межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания, исходя из показателей коррозионной стойкости, прогнозируют коррозионное поведение металлов в течение длительного времени, т.е. определяют срок их службы.

Скорость коррозии металла зависит не только от разности потенциалов, но и от ряда других факторов. В кислотах, не обладающих окислительными свойствами (соляная кислота), железо сильно коррозирует, образуя растворимые в воде и в кислоте продукты коррозии. В кислотах, обладающих окислительными свойствами (азотная, серная и др.) при высоких концентрациях, скорость коррозии некоторых металлов уменьшается из-за массивности их поверхности.[1]

Так, скорость коррозии железа в щелочных растворах снижается в следствии образования нерастворимых гидратов закиси железа. Однако, наблюдается увеличение коррозии из-за растворения продуктов коррозии в близкой к нейтральной среде скорость коррозии железа в большей степени определяется наличием кислорода в растворе. Для таких металлов, как цинк, алюминий, свинец, интенсивная коррозия возникает в кислой щелочной среде с образованием растворимых продуктов коррозии.

Соляная кислота не образует на поверхности стальной брони кабеля и арматуры железобетонных фундаментов опор воздушных линий защитной пленки. В растворах соляной кислоты

протекает интенсивная коррозия черных металлов, особенно в присутствии свободного кислорода, в растворах азотной кислоты при концентрации ее выше 50%, сталь почти не подвергается коррозии. Водные растворы азотной кислоты слабой степени агрессивной (30-50%), вызывают сильную коррозию углеродистой стали, в отличие от свинца, олова, меди, латуни и бронзы алюминиевых стоек в сильно разбавленной концентрированной азотной кислоте.

Свинец коррозирует незначительно в серной кислоте даже при 90° С (в 1%-й кислоте на глубину 0,04 в 90%-й – 0,15 мм/год). Фосфорная кислота вызывает сильную коррозию обычных углеродистых сталей . Алюминий в слабой фосфорной кислоте является достаточно стойким (в 1% фосфорной кислоте он корродирует на глубину 0,05 мм/год) при повышений температуры коррозия алюминия в фосфорной кислоте любой концентрации. Но с повышением температуры коррозия свинца и алюминия усиливается.

Список литературы

1. Спирин А.А., Фархадзаде Э.М., Агаев А.Д. Повышение электро-безопасности и надежности электроснабжения ,М.ВНИИОЭГ, 1973
2. Агаев А.Д. Экспериментальная оценка эффективности гидрофобной обработки заземляющих проводников электроустановок подстанций и опор ЛЭП нефтегазовых промыслов.Нефть и газ.1992, №3-4

ПРОБЛЕМА ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

[1]Мамедов З.А., [2]Джафарова С.Н.

[1]Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт Энергетики,
[2]Сумгаитский государственный университет

Известно, что интегрирование источников гармонических искажений в распределительной электрической сети приводят к ухудшению эффективности функционирования- увеличиваются потери , создаются искажения в форме кривой профиля напряжения, уменьшается пропускная способность сети. Для устранения указанных факторов в сети рядом с источниками, создающими гармонические искажения, устанавливаются фильтрокомпенсирующие устройства (ФК). Для выбора параметров ФК предлагаются различные методы. [1-8]. В [1,2] предложены модель и схема технической реализации системы компенсации реактивной мощности и высших гармоник в электрической сети с ДСП , позволяющие значительно сократить вредное воздействие режима печи на питающую электрическую сеть. Применение аппарата нечеткого множества [3,4] и генетического алгоритма (GA) [5] используется для оптимального выбора мощности компенсирующего устройства и его размещения в сети с гармоническим искажением от нелинейной нагрузки и ДС-АС преобразователей. В [6] с помощью PSO метода исследуется проблема оптимального размещения конденсаторных батарей в сети, в которой присутствует источники гармонических искажений.

В настоящее время проведено достаточное число исследований, связанных с оценкой гармонических искажений в системе распределенной генерации с солнечными PV станции , показано, что низкочастотные гармоники добавлены к каждой гармонике арифметически, в то время как гармоники высокого порядка и гармоники со взаимосвязянными частотами добавлены путем использования Евклидовых преобразователей.

В [8] по результатам моделирования гармонического процесса установлено, что при уменьшении выработки мощности PV станции увеличиваются амплитуды низкочастотных гармонических составляющих. В [7] проведены экспериментальные исследования комплекса показателей качества электрической энергии в распределительной системе с PV энергоустановками.

В статье приводятся результаты моделирования гармонического потокораспределения в системе распределенной генерации с PV источниками и нелинейной нагрузкой, на основе которой имеется возможность оценить амплитуды гармонических составляющих профиля напряжения зависимости от выработки мощности PV и уровня нагрузки в сети. Предложенная методика моделирования апробирована на 14 узловой схеме İEEE и реальной схеме распределенной генерации, интегрированной энергосистемы Азербайджана.

Метод гармонического потокораспределения.

В настоящие время предлагаются ряд методов моделирования гармонического потокораспределения, которые позволяют устранить трудности и сократить время расчета. В [11] предложен метод быстрого анализа гармонического потокораспределения в трехфазной радиальной распределенной системе. Этот метод был далее улучшен применительно к трех фазной модели для выделения частотных составляющих прямой и обратной последовательностей. Для анализа гармоническах искажений в энергосистеме с различными нелинейными нагрузками в [12] предлагается алгоритм расчета гармонического потокораспределения. Применение данной программы дает возможность определить гармонические токи в элементах сети, показатель гармоническое искажения напряжений в узлах и резонансную частоту в каждом узле системы. Присутствие нелинейной нагрузки в электрической сети является одним из источников генерации гармонических токов. Расчеты режимов в условиях гармонических искажений представляются сложной с вычислительной точки зрения. Применение метода разделения гармонических составляющих позволяет упростить расчет потоков мощности в сети при нелинейной нагрузке. В работе общего потокораспределения представляется в виде суммы составляющих решений по выделенным частотам.

ν^{th} гармонические проводимости нагрузки $i-$го узла Y_i^{ν}, проводимость шунта данного узла Y_{ci}^{ν} и проводимость ветви между узлами i и j $Y_{i,j}^{\nu}$ описываются в виде

$$Y_i^{\lambda} = \frac{P_{D,i}}{\left|V_i^{(1)}\right|^2} - j\frac{Q_{Di}}{\left|V_i^{(1)}\right|^2} \qquad (1)$$

$$Y_{ci}^{\lambda} = \lambda Y_{ci}^{1} \qquad (2)$$

$$Y_{i,j}^{\lambda} = \frac{1}{R_{i,j} + j\lambda X_{i,j}} \quad , \qquad (3)$$

где $P_{D,i}$; Q_{Di} - активные и реактивные мощности нагрузки i-ой шины на основной частоте;

Y_{ci}^{1} - проводимость емкости связанной с шинами i на основной частоте;

ν - номер гармоники

Нелинейные нагрузки моделируется в виде источников гармонических токов , которые поступают в сеть. Значения основной и гармонических составляющих этих токов определяются

$$I_i^1 = \left[\frac{P_{NLD,i} + jQ_{NLD,i}}{\left|V_i^1\right|}\right] \qquad (4)$$

$$I_i^{\nu} = C(\nu)\cdot I_i^1 \quad , \qquad (5)$$

где $C(\nu)$ - относительные значения гармонических токов к потоку основной гармоники.

Значения напряжений основной гармоники и высших гармонических определяют на основе решения следующих уравнений

$$Y^{\nu}\cdot V^{\nu} = I^{\nu} \qquad (6)$$

Активные и реактивные мощности определяются суммарной искажающей мощностей от нелинейной нагрузки

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \nu(t)\cdot i(t)dt = \sum_{\nu=1}^{\infty} V^{\nu}\cdot I^{\nu}\cdot\cos\left(\theta_{\nu} - \delta_{\nu}\right) = \sum_{\nu=1}^{\infty} P_{\nu} \quad , \qquad (7)$$

где V^{ν} и I^{ν} - действующие значения напряжения и тока для ν-ой гармонической ;

$\theta_{\nu}, \delta_{\nu}$ - фазовые углы напряжения и тока для ν-ой частоты гармоники

Действующее значение суммы высших гармонических тока напряжения соответственно

$$V = \sqrt{\sum_{\nu=1}^{\infty}\left(V^{\nu}\right)^2} \qquad (8)$$

$$I = \sqrt{\sum_{\nu=1}^{\infty} \left(I^{\nu}\right)^2} \qquad (9)$$

Суммарное гармоническое искажение напряжения ограничена максимально допустимой величиной 5%

$$\left(THD\right)_{\nu} \cdot \% = \left[\frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{\Omega} \left|V_{\nu}\right|^2}}{\left|V_1\right|} \right] \cdot 100\% \qquad (10)$$

Суммарное гармоническое искажение по току

$$\left(THD\right)_{I} \cdot \% = \left[\frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{\Omega} \left|I_{\nu}\right|^2}}{\left|I_1\right|} \right] \cdot 100\% \quad (11)$$

Расчетные эксперименты в реальной электрической сети.

Экспериментальные исследования проводились на моделях стандартной 14 узловой схемы IEEE (рис.1) электрической сети (участок Сумгаитской электросети).

Рассматриваются случаи , в которых узлах 4 и 5 подключены нелинейные нагрузки .

Гармонический состав напряжения

Узлы	Порядок гармоники					
	5	7	11	13	17	19
4	29	6	6	4	2	2
5	23	10	6	6	3	2

По результатом расчета потокораспределения установлена

для узла 4 Max. TND (%) -14/5%

5 Max. TND (%) -8,4 %

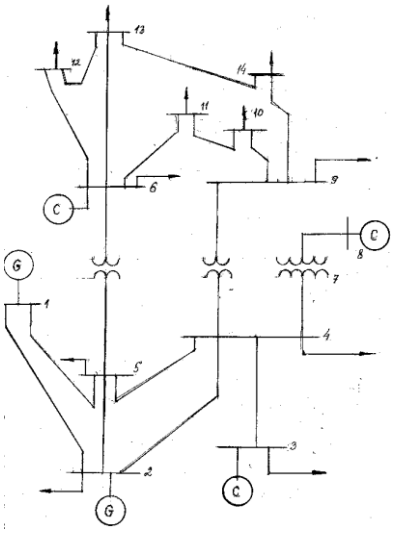


Рис.1. Однолинейная схема стандартной 14 узловой системы IEEE.

Список литературы

1. Рахманов Р.Н. Выбор и управление статическими компенсаторами реактивной мощности в сетях электроснабжения дуговых печей. Проблемы энергетики № 4, 2003, с.115-122
2. Rahmanov R.N., Islamov I.Z. Evalution of the harmonic voltage distortion and itsinsinfluence on pover netvork insulation age. Ttansactions of CIGRE conferences on Power system insulation coordination , Abu-Dhabi , Oktober 1998, pp. 298-302
3. Masoum, M.A.S., Jafarian, A., Ladjevardi , M., Fuchs, E.E., Grady, W.M.

Fuzzy approach for optimal placement and sizing of capacitor banks in the presence of harmonics, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.19, №2, 2004, pp. 822-829

4. Masoum, M.A.S., Ladjevardi, M., Jafarian, A., Fuchs, E.F. Optimal placement, replacement, and sizing of capacitor banks in distorted distribution networks by genetic algoritms , IEEE Transactions on Power Delivery, vol.19., №4, 2004 , pp. 1794-1801

5. Chung , T.S., Leung H.C., A genetic algorithm approach in optimal capacitor selection with harmonic distortion considerations, International journal of Electric Power System Power and Energy System., Vol.21, №8, 1999, pp. 561-569

6. Рахманов Н.Р., Исламов И.З., Оценка режима электрической сети высокого напряжения искаженного высшими гармониками, №3-4, 2000, с.41-47

7. Yu, X., Xiong , X., Wu, Y., a PSO- based approach to optimal capacitor placement with harmonic distortion consideration, Electric Power System Research, Vol.71, № 2, 2004, pp. 27-33

8. Ortega, M.J., Hernandez, J.C., Garcia, O.G., Measurement and assessment of Power Anality characteristics for photovoltaic systems: Harmonics, flicke , unbalance, and slow voltage variations, Electric Power System Research 96, 2013, pp. 23-35

9. Du, Y., Lu, D.D.C., James , G., Cornforth, D.J., Modelling and analysis of current harmonic distortion in grid-connected photovoltaic installations, Solar Energy 94, 2013, pp. 182-194

10. Chicco, G., Schlabbach, J., Spertino, F., Experimental assessment of the waveform distortion in grid-connected photovoltaic installations, Solar Energy 83, 2009, pp.1026-1039

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Марков А.М., Витухина Н. Д.

Псковский государственный университет

Металлургия – одна из отраслей промышленности, в которой вопросы автоматизации производства и управления традиционно имеют ключевое значение при решении задач повышения эффективности производства и обеспечения качества продукции. Класс металлургических машин охватывает большое количество видов технологического оборудования, при этом каждый вид такого оборудования имеет свои особенности и специфику. Для большинства металлургических машин и агрегатов характерны следующие технические характеристики:

— значительная (до нескольких сотен метров) протяженность оборудования, задействованного в едином технологическом процессе;

— широкий диапазон технологических характеристик оборудования,

— скорости до нескольких десятков м/с, единичные мощности отдельных агрегатов до нескольких тысяч кВт, технологические силовые нагрузки до нескольких десятков МН;

— высокие требования по точности поддержания технологических параметров;

— тяжелые и очень тяжелые условия работы (ударные нагрузки, высокая вибрация, высокая загазованность и запыленность окружающей среды, повышенная температура этой среды, работа оборудования с продолжительностью включения близкой к 100%, во многих случаях непрерывный режим работы оборудования);

— жесткие требования по надежности и безотказности работы.

Очевидно, что перечисленные факторы, обусловленная ими необходимость освобождения человека от непосредственного участия в управлении металлургическими машинами на многих стадиях технологического процесса, равно как и исключительная сложность самих металлургических технологий, предопределили разработку и внедрение систем автоматизированного управления для металлургических агрегатов.

В период бурного развития микропроцессорной техники (80-е годы XX века) было разработано и внедрено в различных отраслях промышленности огромное количество технических устройств для систем автоматического управления с жёсткой логической структурой, обладавших вполне удовлетворительными характеристиками. Вместе с тем становилось ясно, что только использование перепрограммируемых и универсальных устройств обеспечит будущее технических средств автоматики. На этом этапе произошло разделение путей развития систем управления на две линии:

— на основе универсальных ЭВМ;

— на основе более простых ЭВМ и контроллеров, оптимизированных для требуемой задачи и поэтому не уступающих в эффективности при использовании в рамках именно этой задачи.

Развитие и совершенствование систем управления и автоматизации в металлургическом производстве связано как с развитием и усложнением самих металлургических машин и реализуемых на них технологических процессов, так и с развитием смежных отраслей промышленности, прежде всего приборостроения, техники электроприводов, электронной и вычислительной техники.

В полной мере все сказанное относится к самым распространенным и наиболее сложным в аспекте автоматизации и управления металлургическим технологическим комплексам – прокатным станам [1].

Компьютерные сети передачи данных обеспечивают многотерминальный доступ к управляющим системам и объектам управления со стороны операторов технологических машин, технического персонала.

Все перечисленное создало предпосылки к разработке принципиально новых и коренной модернизации существующих систем управления металлургическими агрегатами. Системы управления современных прокатных станов обеспечивают:

— максимальную эксплуатационную готовность всех агрегатов, входящих в состав стана;

— повышение производительности за счет оптимального согласования различных технологических операций;

— максимальную технологическую гибкость прокатного оборудования и минимальную длительность его наладки;

— оптимальную экономичность за счет комплексного планирования работы стана, минимизации количества отходов и сокращения простоев оборудования;

— существенное повышение качества готовой продукции при минимальных производственных допусках;

— максимально возможные удобство управления и информативность для обслуживающего персонала с использованием легко осваиваемого интерфейса «человек-машина».

Одним из основных принципов, реализованных при создании исполнительных механизмов нового поколения, является перенос функциональной нагрузки от механических узлов к интеллектуальным (электронным, компьютерным и информационным) компонентам, которые гораздо легче перепрограммируются под новые задачи. К числу таких задач относятся изменение и расширение диапазонов регулирования скоростей, ускорений и моментов, развиваемых исполнительным механизмом; координация управления пространственным перемещением данного исполнительного устройства с управлением другими внешними устройствами

Примером интеллектуальных исполнительных механизмов могут служить получившие в последнее время широкое распространение в технологических машинах и агрегатах системы векторного частотного управления трехфазными асинхронными двигателями.

Как и интеллектуальные датчики, интеллектуальные исполнительные механизмы поддерживают сетевые протоколы и могут участвовать в обмене цифровыми данными как элементы вычислительной сети [2].

Чаще всего локальные сети используются для совместного использования таких ресурсов, как дисковое пространство, принтеры и выход в глобальную сеть. Абонентами (узлами) сети могут быть не только компьютеры, но и устройства отображения и документирования информации, операторские пульты и т.п. Локальные сети дают возможность организовать систему параллельных вычислений на всех компьютерах сети, что позволяет многократно ускорить решение сложных математических задач. С помощью локальных сетей можно также управлять работой сложной технологической

Общая структурная схема современной системы автоматизированного управления производством представлена на рис. 1.

Нижний уровень системы составляют датчики, устройства измерения технологических параметров, приводы и исполнительные устройства, установленные на технологическом оборудовании и предназначенные для сбора первичной информации и реализации исполнительных воздействий. Этот уровень называют уровнем ввода-вывода (I/O) или полевым (Field) уровнем. Устройства полевого уровня могут быть интеллектуальными, в этом случае обмен информацией с ними может осуществляться непосредственно по сети передачи данных.

Рис. 1. Структура современной промышленной системы автоматизированного управления производством

Следующий уровень системы – программируемые контроллеры. Они выполняют функцию непосредственного автоматического управления технологическими процессами. Управление исполнительными механизмами осуществляется по определенным алгоритмам путем обработки данных о состоянии технологических параметров, полученных посредством измерительных приборов. Этот уровень получил наименование уровня непосредственного управления (Control).

Список литературы

1. Восканьянц А. А. Автоматизированное управление процессами прокатки: Учеб. пособие / А. А. Восканьянц; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. – М. : МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. – 85 с.
2. Фалк Г. Б. Технические средства автоматизации и управления: исполнительные устройства: Учебное пособие / Под ред. А.Ф. Канерко. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2004. – 127 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЩЁТОЧНО-КОНТАКТНОГО АППАРАТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Марков А. М., Михайлов В. П.
Псковский государственный университет, магистрант

Щёточно-контактный аппарат (ЩКА) электроэнергетического турбогенератора предназначен для передачи постоянного тока от электромашинной или тиристорной системы возбуждения к обмотке ротора посредством скользящего контакта (СК). Щёточно-контактный аппарат турбогенератора (ТГ) состоит из двух пар контактных колец, которые размещены на валу ротора и изолированы от него. На каждое из контактных колец (КК) накладываются электрощётки, которые составляют комплект параллельно соединенных скользящих контактов.

ЩКА является одним из наиболее ответственных узлов электрической машины, который во многом определяет качество работы и срок службы машины в целом. Окружная скорость контактных колец на рабочей поверхности из-за больших диаметров колец составляет у современных турбогенераторов 70-90 м/с. Если учесть большую подверженность узла контактных колец динамическим возмущениям, то становится ясно, что обеспечение механической стабильности контакта на кольце является достаточно сложной задачей.

Для систем токосъема турбогенератора еще одной характерной задачей, более сложной по сравнению с коллекторными машинами, является обеспечение равномерного распределения тока в большом количестве параллельно включенных щёток. У современных мощных электроэнергетических турбогенераторов количество щёток на одно кольцо достигает 120 штук.

Основные размеры контактных колец определяются количеством щёток, которые необходимо установить для передачи тока возбуждения определенной величины. У современных турбогенераторов с токами возбуждения, достигающими 3500-5000 А, принятая допустимая плотность тока находится в пределах 10-15 А/см^2, а габариты контактных колец достигают в диаметре 450-500 мм и по ширине 150-200 мм.

Контактная поверхность колец имеет декомпрессионную винтовую нарезку (канавку), что повышает устойчивость скользящего контакта и улучшает распределение тока между параллельно включенными щетками. Контактные кольца также имеют вентиляционные отверстия, расположенные в осевом направлении в непосредственной близости от контактной поверхности.

Таким образом, на токораспределение по параллельным щеткам влияет множество факторов, неодинаковых по своей значимости. Контроль режимов работы ЩКА и его регулирование в процессе эксплуатации производятся обеспечением максимально близких по значению уровней тока параллельно включенных щеток. Измерение тока щеток согласно инструкции следует производить с помощью клещей-индикаторов постоянного тока. Отношение уровней токов 4:1 следует считать достаточным для прекращения регулировки [1]. Кроме того, щётки, не проводящие ток, но соприкасающиеся с КК, служат причиной дополнительного износа колец из-за отсутствия «токовой смазки».

Значение вибрации КК в условиях эксплуатации не должно превышать 300 мкм. Измерение вибрации колец следует производить не реже одного раза в 3 мес. Вибрация КК после их механической обработки не должна превышать 200 мкм.

Опыт эксплуатации электрических машин убедительно свидетельствует, что задача повышения надёжности работы ЩКА является весьма актуальной. Одним из возможных путей ее решения является разработка и внедрение в практику эксплуатации турбогенераторов автоматизированной системы мониторинга (АСМ ЩКА), позволяющей эффективно контролировать состояние СК и, тем самым, избегать возникновения нештатных ситуаций [2].

Заводы-изготовители электрических машин и эксплуатационные организации при проектировании и последующей их эксплуатации не оснащают машины достаточно эффективными диагностическими средствами. В то же время анализ отношения к проектированию, изготовлению, эксплуатации и ремонту машин ведущих фирм мира, показывает, что использование технических решений на базе микроэлектроники, робототехники, волоконной оптики, вычислительной техники позволяет получить информацию о техническом состоянии машины значительно большую при меньшем объеме их разборки по сравнению с планово-предупредительным ремонтом.

Таким образом, проблема внедрения в практику эксплуатации крупных электрических машин систем комплексного мониторинга ЩКА является чрезвычайно актуальной.

Как было указано ранее, основными техническими параметрами ЩКА, подлежащими мониторингу, являются биение контактных колец («Б»), равномерность токораспределения и величина тока через электрощётки («Т») и уровень искрения в зоне контактирования щёток («И»). Схема автоматизированной системы мониторинга основных параметров ЩКА электроэнергетического турбогенератора представлена на рис. 1.

Измерительным элементом АСМ ЩКА является бесконтактный «Датчик», выполненный на термостабильном ферритовом кольце (кольцах). Внутри кольца проходит медный стержень, через который протекает тот же ток, что и через токоведущий канатик электрощётки.

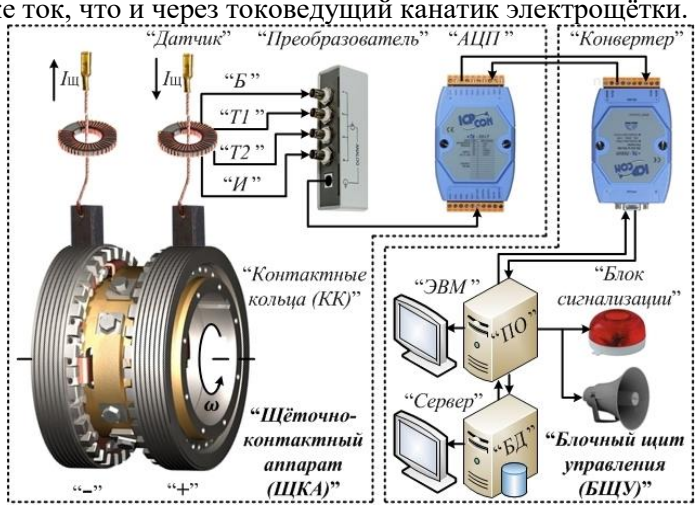


Рис. 1. Схема автоматизированной системы мониторинга параметров ЩКА

Информационные катушки (3 шт.) намотаны проводом МГТФ и распределены по поверхности ферритового кольца. ЭДС, наводимая в информационных катушках переменной составляющей тока щётки, пропорциональна величине биения «Б» и искрения «И». Измерение величины тока через щётку производится двумя способами: по изменению величины индуктивного сопротивления информационной катушки («Т1») и по величине ЭДС датчика Холла в интегральном исполнении («Т2»). Датчик Холла устанавливается в прорезь дополнительного ферритового кольца (на рис. 2 не показано), расположенного соосно ранее упоминаемому кольцу. На этом же кольце наматывается катушка, компенсирующая влияние внешних магнитных полей, вызванных большими токами в ЩКА.

Все вышеперечисленные блоки смонтированы в одном унифицированном корпусе (рис. 2), установленном в непосредственной близости от ЩКА.

При помощи стандартного модемного кабеля блок «Конвертер» подключается к электронно-вычислительной машине «ЭВМ», на которой установлено специализированное лицензионное программное обеспечение (ПО).

Рис. 2. Внешний вид унифицированного корпуса системы мониторинга

Такое решение позволяет осуществлять анализ работы всего ЩКА на основе одновременного измерения мгновенных значений параметров «Б», «Т» и «И» и обеспечивает электронное документирование измеряемых данных, визуализацию режимов работы всех щёток ЩКА в любом временном диапазоне. В течение определённого времени вся техническая информация о работе ЩКА (база данных) хранится на «Сервере», что позволяет просматривать историю событий и параметров.

Информационная система низшего уровня может быть установлена в машинном зале непосредственно возле ЩКА. Это позволит оперативно осуществлять настройку токораспределения с наблюдением её результатов на мониторе. Дублирующая система высшего уровня располагается в зале блочного щита управления.

Список литературы

1. Типовая инструкция по эксплуатации и ремонту узла контактных колец и щеточного аппарата турбогенераторов мощностью 63 МВт и выше. РД153-34.0-45.510-98. М., СПО ОРГРЭС, 2000.
2. Марков А. М. Диагностика твердощеточных систем токосъёма крупных электрических машин. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. СПб, СПбГТУ, 1998.

АСИНХРОНИЗИРОВАННЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИИ

Марков А. М., Хабибуллина А. Ф.
Псковский государственный университет

Проблемы с нормализацией уровней напряжения в сетях класса 220-500 кВ существуют в ряде энергообъединений России на протяжении уже многих лет. Это обусловлено следующими причинами:

— физическим свойством высоковольтных линий электропередач генерировать в электрическую сеть реактивную мощность. Каждые 100 км линии 220 кВ генерируют 14 МВ·А реактивной мощности, для линий 330, 500 и 750 кВ эти величины составляют 39 МВ·А, 96 МВ·А и 230 МВ·А соответственно;

— большой протяженностью линий электропередач;

— недостаточным объемом либо отсутствием средств компенсации реактивной мощности линий. В энергосистемах России избыточная реактивная (зарядная) мощность в линиях электропередачи 500 кВ скомпенсирована в среднем на 42 %, а в линиях электропередач 330 и 220 кВ она вообще не компенсируется;

— неравномерным распределением потоков реактивной мощности между сетями различного класса напряжений;

— снижением уровней электропотребления в стране и, как следствие, генерированием реактивной мощности малозагруженными линиями электропередач, что приводит к увеличению напряжения.

Вследствие указанных причин уровни напряжения в высоковольтных электросетях зачастую превышают допустимые значения на 6-12%. Поскольку в настоящее время в сетях средств компенсации реактивной мощности установлено недостаточно, то в процесс регулирования напряжения вовлекаются синхронные турбогенераторы (СТГ). Обследования парка турбогенераторов ЕЭС России показали, что длительная работа СТГ в режимах недовозбуждения приводит к снижению их срока службы. Одновременно возрастает поток отказов СТГ, что связано с повреждаемостью торцевых зон их статоров.

Область работы синхронных турбогенераторов в режимах потребления реактивной мощности является зоной опасной работы, как это показано на рис. 1. Как правило, для синхронных турбогенераторов работа в емкостном квадранте при реактивной мощности $Q < 0$ запрещается или не рекомендуется. Длительная работа синхронного турбогенератора в режимах потребления реактивной мощности приводит к ускоренному разрушению активной стали торцевых зон и к снижению пределов статической и динамической устойчивости.

При реконструкции или при строительстве новых энергоблоков наряду с традиционными синхронными турбогенераторами рекомендуется применение асинхронизированных турбогенераторов (АСТГ), которые в отличие от синхронных турбогенераторов, способны работать в режимах глубокого потребления реактивной мощности при высоких уровнях статической и динамической устойчивости.

На рис. 1 приведена диаграмма с допустимыми областями работы традиционного синхронного и асинхронизированного турбогенераторов. Из рисунка видно, что в отличие от синхронных генераторов, АСТГ способны успешно работать в режиме потребления реактивной мощности.

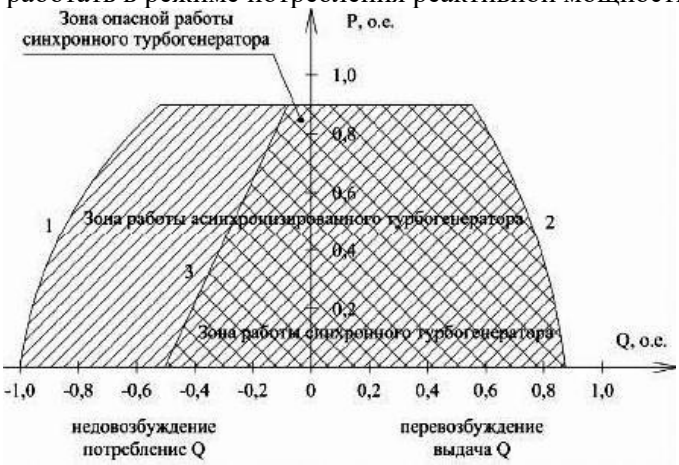


Рис. 1. Области допустимых режимов работы синхронных н асинхронизированных турбогенераторов по активной и реактивной мощности:
1 – ограничение по номинальному току статора; *2* – ограничение по номинальному току возбуждения; *3* – ограничение минимального возбуждения синхронного турбогенератора по условиям устойчивости

В отличие от синхронных турбогенераторов асинхронизованные турбогенераторы обладают существенно более высокими пределами устойчивости и предназначены для работы в режимах не только выдачи, но и глубокого потребления реактивной мощности, т. е. позволяют существенно расширить диапазон регулирования напряжения на шинах станции. АСТГ имеет на роторе, в отличие от СТГ, две одинаковые обмотки возбуждения, расположенные под углом 90 эл. град. относительно друг друга и подключенные к четырём контактным кольцам (рис. 2).

Однако опыт создания АСТГ различной мощности показал, что по ряду причин, прежде всего конструктивного характера, не всегда удается сохранить классическую структуру.

Рис. 2. Ротор АСТГ с четырьмя контактными кольцами

Преимущественно это касается невозможности размещения ортогональных обмоток возбуждения на роторе без некоторого увеличения типовых габаритных размеров турбогенератора (прежде всего диаметра ротора и внешнего диаметра сердечника статора). При этом габариты могут быть ограничены требованиями обеспечения взаимозаменяемости статора АСТГ и его синхронного аналога либо необходимостью его установки на тот же фундамент, что и заменяемый им синхронный турбогенератор [1].

Предельные диаметры роторов, как известно, также ограничены допустимыми окружными скоростями, что затрудняет создание классических АСТГ больших мощностей (например, 800 МВт и более). Особенно это относится к конструкциям турбогенераторов с полностью воздушным охлаждением, где для уменьшения потерь мощности (тепловыделения) приходится снижать удельные электрические нагрузки машины.

Система управления АСТГ реализует принципиальное свойство асинхронизированных машин – независимость регулирования электромагнитного момента и напряжения. Регулирование напряжения может осуществляться эффективно во всех режимах генератора по активной нагрузке и реактивной мощности (включая режим компенсатора при полном потреблении реактивной мощности) и не влияет на общую устойчивость генератора [2].

Система возбуждения АСТГ содержит два комплекта реверсивных возбудителей, способных изменять ток возбуждения в каждой из обмоток как по величине, так и по знаку. АСТГ можно эксплуатировать, в том числе, с одной обмоткой возбуждения. В этом случае асинхронизированный генератор приобретает свойства традиционного синхронного. Статор асинхронизированного турбогенератора конструктивно не отличается от статора синхронного турбогенератора, но в нём повышена надежность торцевых зон.

Системы возбуждения АСТГ принципиально отличаются от систем возбуждения синхронных турбогенераторов наличием двух каналов питания обмоток ротора от реверсивных тиристорных возбудителей. При этом возможны различные варианты схем подключения и типов питающего трансформатора (трехобмоточный, два двухобмоточных) и силовой схемы возбудителей.

Конструкторами завода «Электросила» разработана серия АСТГ мощностью до 350 МВт (типа Т3ВА-120, -220, -350) с полным водяным охлаждением, а также мощностью 110 МВт с полностью воздушным охлаждением (Т3ФА-110-2У3).

Конструкторами завода «Электросила» разработана серия АСТГ мощностью до 350 МВт (типа Т3ВА-120, -220, -350) с полным водяным охлаждением, а также мощностью 110 МВт с полностью воздушным охлаждением (Т3ФА-110-2У3).

Асинхронизированные турбогенераторы как источник электрической энергии призваны решать проблему компенсации избыточной реактивной мощности в энергосистемах, предотвращая возможность возникновения аварийных ситуаций и способствуя устойчивости работы энергосистем.

По данным завода «Электросила» стоимость АСТГ в среднем на 25-30% выше стоимости синхронных турбогенераторов той же мощности. Ожидается, что асинхронизированные турбогенераторы найдут достаточно широкое применение на электростанциях России для нормализации уровней напряжения в сетях 220-500 кВ и повышения надежности эксплуатации синхронных турбогенераторов.

Список литературы

1.Марков А. М. Диагностика твердощеточных систем токосъёма крупных электрических машин. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. СПб, СПбГТУ, 1998.

2.Лабунец И. А., Сокур П. В., Пинчук Н. Д., Кади-Оглы И. А., Логинов А. Г., Фадеев А. В., Зинаков В. Е., Чернышев Е. В., Шейко П.А. Асинхронизированные турбогенераторы как средство повышения устойчивости и регулирования напряжения в электрических сетях. – Электрические станции, 2004, № 8.

УПРАВЛЕНИЕ КОТЛОМ МОДЕЛИ БКЗ С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Муравьева Е. А., Радакина Д. С.

Филиал ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет в г. Стерлитамаке

В ходе написания данной работы был рассмотрен котлоагрегат модели БКЗ-75-39 ГМА. Данный котлоагрегат расположен в цехе ТЭЦ. Котлоагрегат модели БКЗ-75-39 ГМА предназначен для получение перегретого пара температурой 440°С и давлением 3,9 МПа. Полученный перегретый пар от котла направляется в турбины, где происходит превращение механической энергии в электрическую. Для получение электроэнергии важно, чтобы используемый пар был определенной температуры и давления. Именно поэтому важно соблюдать режимную карту работы котлоагрегата, соблюдение данной карты сводиться к правильному и точному регулированию технологических параметров.

В данной статье будет производиться разработка адаптируемого нечеткого регулятора для одного из технологических параметров.

В качестве регулирующего параметра выбрана температура уходящего пара $t_{.пара\ уход}$. Регулирование данного параметра осуществляется с помощью впрыскивающего пароохладителя, расположенного между I и II ступенями пароперегревателя. Изменение степени включения пароохладителя зависит от желаемой конечной температуры.

Регулирование температуры пара $t_{пара\ уход.}$ осуществляется изменением расхода на впрыск «собственного» конденсата в пароохладители, расположенные между первой и второй ступенями пароперегревателя. Степень открытия клапана, расположенного перед впрыскивающим пароохладителем, зависит от температуры пара за первой ступенью пароперегревателя $t_{пI}$, за второй ступенью пароперегревателя $t_{пара\ уход.}$, то есть от конечной температуры, и, соответственно, от температуры самого конденсата $t_к$.

При выборе регуляторов рассматривались ПИ-, ПИД- и нечеткий регулятор. Нечеткий регулятор представляет собой регулятор, построенный на базе нечеткой логики. Регулирование температуры уходящего пара осуществляется в данной работе с помощью нечеткого регулятора с двойной базой правил.

В первую очередь необходимо построить концептуальную модель используемого нечеткого регулятора. Концептуальная модель показывает какие параметры влияют на регулируемый параметр, и эти параметры подаются на вход и на выход самого регулятора. На вход нечеткого регулятора будет подаваться температура пара $t_{пI}$, поступающего с первой ступени пароперегревателя, и температура конденсата $t_к$. Выходной переменной регулятора является степень открытия клапана α в процентах, с помощью которого как раз и осуществляется регулирование температуры пара.

По известным данным, в среде MS Excel с помощью регрессионного анализа была построена модель, которая полностью характеризует работу впрыскивающего пароохладителя. Изучив данные регрессионного анализа, получили следующее уравнение, которое и представляется собой модель: $y=3{,}33+1{,}1*x_1-0{,}48333*x_2-0{,}81556*x_3$, где X_1 обозначает температуру пара за I ступенью пароперегревателя $t_{пI}$, X_2 − температура конденсата $t_к$, X_3 – степень открытия клапана α.

По известным данным была построена таблица опорных точек, далее по полученной таблице были определены лингвистические переменные для данного нечеткого регулятора. Следующим этапом был произведен синтез продукционных правил, а также произведена была адаптация разработанного нечеткого регулятора с помощью обучения. В качестве алгоритма обучения выбран алгоритм градиентного спуска. В качестве исходной точки для алгоритма градиентного спуска можно взять нечеткий регулятор Мамдани [2]. Адаптация необходима для того, чтобы нечеткий регулятор мог самостоятельно подстраиваться под параметрические возмущения, возникающие на рассматриваемом объекте. Используя полученную ранее модель, были созданы новые продукционные правила, которые необходимы для дальнейшей адаптации данного регулятора.

Заключительным шагом было написание программного кода, предназначенного для регулирования температуры уходящего от котла пара и адаптации нечеткого регулятора.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы для регулирования температуры уходящего пара был использован нечеткий регулятор с двойной базой правил, а также была осуществлена адаптация данного регулятора

Список литературы

1. Fuzzy controller adaptation Myravyova E.A., Sharipov M.I., Radakina D.S. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Сер. "Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering - Mechanical Engineering" 2017. С. 082033.
2. Соловьёв К.А., Муравьева Е.А. МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА С ДВОЙНОЙ БАЗОЙ ПРАВИЛ // Сборнике: Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016) Proceedings of the 4th International Conference. 2016. С. 200-203.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ АДИАБАТЫ ИЗООКТАНА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ

Назиев Д. Я.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

В мире возрастает спрос на энергию. Это стимулирует использование возобновляемых источников энергии и эффективному использованию энергоресурсов. Но в любом технологическом процессе отработавшие энергоносители превращаются в тепловые отходы. Эти энергетические отходы являются вторичными энергоресурсами и могут быть использованы для энергетических целей. Для технических расчетов процессов с использованием вторичных энергоресурсов и расчетов их эффективности необходимо знание теплоемкостей и постоянной адиабаты этих веществ [1]. Индустриальные производства требуют знание физических параметров веществ в широком диапазоне: по температуре 100 – 2500 К, по давлению от глубокого вакуума до 150 МПа. Состояния рабочих веществ в таких интервалах параметров сильно меняются. Значит есть необходимость изучения теплофизических свойств веществ в этих диапазонах и в различных фазовых состояниях.

Значение показателя адиабаты нужно для расчета работы адиабатного процесса, скорости и расхода жидкостей и паров и многих других величин [2]. Показатель адиабаты для идеальных газов постоянен $k = \frac{C_p}{C_v}$. В случае реальных газов и жидкостей этот показатель различен не только для разных адиабат, но даже для конкретной адиабаты. Поэтому определение показателя адиабаты имеет важное значение как для разработки теорий, так и для применения в практике.

Высшие углеводороды являются важнейшими компонентам любой нефти, это исходный материал нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

В работе исследуется показатель адиабаты изооктана (Υ) в жидкой фазе. При наличии надежных экспериментальных $p - \rho - T$ данных в широкой области параметров состояния и уравнения состояния, передающего опытные значения плотности с погрешностью, не превышающей погрешность эксперимента, можно вычислить поправку к показателю адиабаты $\theta = \frac{\Upsilon}{k}$.

По уравнению Пуассона

$$pV^{\Upsilon} = const \quad . \qquad (1)$$

Здесь p – давление; V – обьем; $\Upsilon = f(p,V)$ - показатель адиабаты.
Из выражения (1)

$$\Upsilon = -\frac{V}{p}\left(\frac{\delta p}{\delta V}\right)_S \quad . \qquad (2)$$

S – энтропия жидкости.
Используем известные термодинамические выражения [3]:

$$\left(\frac{\delta p}{\delta V}\right)_S = \frac{C_p}{C_v}\left(\frac{\delta p}{\delta T}\right)_v \left(\frac{\delta T}{\delta V}\right)_p \quad , \qquad (3)$$

$$\left(\frac{\delta p}{\delta T}\right)_v \left(\frac{\delta T}{\delta V}\right)_p \left(\frac{\delta V}{\delta p}\right)_T = -1 \quad . \qquad (4)$$

Из уравнений (2) - (4)

$$\Upsilon = -\frac{V}{p}\left(\frac{\delta p}{\delta V}\right)_T \frac{C_p}{C_v} = \theta \frac{C_p}{C_v} \quad . \qquad (5)$$

Или

$$\theta = \frac{\Upsilon}{k} = -\frac{V}{p}\left(\frac{\delta p}{\delta V}\right)_T = \frac{\rho}{p}\left(\frac{\delta p}{\delta \rho}\right)_T \quad , \qquad (6)$$

где ρ – плотность жидкости; θ – поправочный коэффициент. Этот коэффициент может меняться от 0 до ∞. $\theta=1$ для идеального газа.

Расчет поправочного коэффициента выполнен для изооктана в жидкой фазе при температурах от комнатной до 540 К и давлениях от атмосферного до 60 МПа. Поправочный коэффициент вычисляется используя уравнение состояния, полученное автором [4]:

$$\rho^4 = A(T) + B(T)p^{0,5} + C(T)p\,, \qquad (7)$$

A,B,C – постоянные, зависящие от температуры.

Таблица 1.

Вычисленные значения поправочного коэффициента θ в зависимости от давления p и температуры T.

T,K\ P,Mpa	0,1	5	10	20	30	40	50	60
300	2277	141	80	45	47	49	51	**53**
320	2452	129	72	40	42	44	46	48
340	1931	110	62	35	37	39	41	43
360	-	88	52	31	33	34	36	38
380	-	68	42	26	28	30	32	34
400	-	53	35	23	25	27	28	30
420	-	41	29	20	22	23	25	27
440	-	33	23	17	19	21	22	24
460	-	25	19	15	17	18	20	21
480	-	19	16	13	15	16	18	19
500	-	15	12	11	13	14	16	17
520	-	11	10	9	11	13	14	15
540	-	8	8	8	10	11	13	14

Продифференцировав (7)

$$\theta = \frac{4\rho^4}{0,5B(T)p^{0,5}+C(T)p} \quad . \qquad (8)$$

Результаты вычислений представлены в таблице 1 и изображены на рисунке 1 в виде изотерм.

Зная c_p и c_v можно вычислить показатель адиабаты.

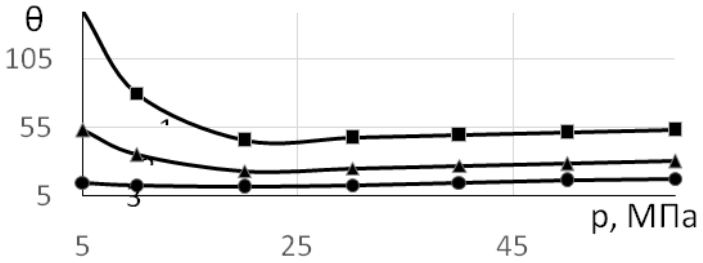


Рис.1. Зависимость θ = f(p) по изотермам: 1 - 300 К, 2 - 400 К, 3 - 500 К.

Список литературы

1. Сухоцкий А.Б. Вторичные энергетические ресурсы. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Минск: БГТУ, 2012, 92 с.

2. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Москва. Высшая школа. 1992, 224 с.

3. Naziyev C.Y. Termodinamikanın qanunları. Bakı: Təhsil, 2014. 226 s.

4. Назиев Д.Я. Теплопроводность многокомпонентных смесей углеводородов при высоких параметрах состояния. Автор. дис. докт. техн. наук. Баку, АзНИИЭЭ, 1997. 454 с.

ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ИОННО-ПУЧКОВЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Павлов В. Б., Шулаева Е. А.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» филиал в г. Стерлитамак,

Эффективность технологических процессов переработки нефти, выбор оптимальных технологической схемы и оборудования во многом определяются свойствами применяемого катализатора [1]. Особенности перерабатываемого сырья и условий процессов обусловливают специфические требования к катализаторным системам. Несмотря на малую долю катализаторов в себестоимости товарной продукции их роль в проведении технологических процессов велика и оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели процесса.

Повышение эффективности работы катализаторов можно достичь увеличением его активности. Один из наиболее перспективных путей решения данной задачи – это изменение свойств поверхности катализатора. То есть модификация его поверхности для достижения требуемых параметров. Эта поверхностная модификация может быть реализована с помошью ионно-пучковых и плазменных технологий [2]. Значимым преимуществом ионно-пучковых и плазменных технологий перед химическими методами поверхностной модификации является их экологическая чистота, т.к. реализация технологий не связана с использованием агрессивных реагентов.

Еще одним достоинством ионно-пучковых и плазменных технологий модификации поверхности материалов является тот факт, что в результате плазменной обработки происходит изменение только тонкого приповерхностного слоя, в то время как основная масса материала сохраняет все свойства необработанного образца.

Существующие технологии поверхностной модификации можно условно разбить на три группы: ионно-пучковые технологии обработки материалов при высоком вакууме, технологии обработки материалов при пониженном и атмосферном давлении [3]. Каждая из перечисленных групп технологий имеет свою область применения. Так, ионно-пучковые технологии используются как часть технологических процессов, протекающих в условиях высокого вакуума, например, при подготовке поверхности материалов, предшествующей напылению покрытий с ионным ассистированием.

Технологии плазменной модификации поверхности материалов при низких давлениях – 10^{-3} ÷ 1Тор – используют как составную часть технологических процессов, протекающих в указанном диапазоне давлений [4].

Технологии плазменной модификации поверхности при атмосферном давлении используют в случае, если поверхность материалов эффективно изменяет свои свойства в разряде в воздухе [5,6].

В промышленности применяют два вида катализа: гомофазный и гетерофазный. При гомофазном катализе реакция протекает в объёме реактора с высокой скоростью, и организовать непрерывный или циклический процесс достаточно сложно. Гомофазный катализатор может отравлять готовый продукт, теряется безвозвратно и является одноразовым.

При гетерофазном катализе реакция протекает на поверхности катализатора, что позволяет получить более чистый продукт, аппаратное оформление его более просто [7]. Низкая скорость, специфичность оборудования, высокая стоимость – это ряд недостатков гетерофазного катализатора. Так же такой катализатор не обладает стабильными геометрическими и технологическими параметрами, такими как размер пор. В результате – потери каталитической активности и уменьшение количества полезного продукта в катализате [8].

Одним из путей повышения качества катализаторов является увеличение порового пространства, что способствует увеличению скорости химических реакций и в некоторых случаях селективности.

Для катализаторов нанесенного типа формирование нужной пористости сводится к регулированию макроструктуры твердого тела. Химическая поромодифицирующая обработка состоит из нескольких технологических стадий со сложным режимом.

Следующим фактором каталитической активности является кристаллическая структура металла или кристаллическая решётка [9].

При плазменной обработке катализаторов возможно добиться влияния на эти факторы более простыми методами. Все операции должны проводиться в одной установке. Появляется возможность внедрять новые параметры или вещества в носитель без промежуточного мешающего агента, тем самым эффективность процесса повышается.

Регулирование поверхности можно повести по двум противоположным путям. Первый – травление поверхности зёрен носителя или каталитической системы [10]. Другой – создание регулярной структуры с заданными параметрами [11].

Альтернативным путём является модификация уже имеющегося катализатора или носителя под катализатор, заключающаяся в обработке на различных режимах, разделённых во времени с соответствующими газами. Первое что возможно, так это закалочное растрескивание кристаллитов с образованием сильно оребрённых мелких кристаллитов. Основными операциями являются: подготовка носителя, формирование поверхности и имплантации промоторов или модификаторов и непосредственное нанесение каталитической системы, которое можно наносить из соединений, имеющих высокую возгоняющуюся способность, или непосредственным внесением металлической композиции [1].

Список литературы

1. А.А. Чижевский, И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин. Получение катализаторов плазменной модификацией или обработкой носителя // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №14. С. 159-162.
2. Кутепов А.М., Захаров А.И., Максимов А.И. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов // Наука. 2004. С.3-6.
3. Alexandrov A.F., Kralkina E.A., Pavlov V.B. at al. RF Discharge at Atmospheric Pressure and the Effects on Material Surface Property // Contr. Papers of Intern. Sympos. on pulsed Power and Plasma Application, 2004, с. 197-202.
4. Alexandrov A.F., Bugrov G.E., Kralkina E.A., Pavlov V.B. at al. Comparative analysis of different surface modifications methods // Contr. Papers of IV Intern. Conf. "Plasma Physics and Plasma Technology", 2003, том 2, с. 530-533.
5. Alexandrov A.F., Kralkina E.A., Pavlov V.B. at al. The frequency effect on atmospheric pressure RF discharge surface modification//Journal of Ceramic Processing Research, 2007, том 8, № 1, с. 64-69.
6. Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Павлов В.Б. и др. Способ модификации поверхностных свойств материалов и установка // Патент РФ № 2371258
7. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1988. – 304 с.
8. Суханов В. П. Каталитические процессы в нефтепереработке. М., «Химиям, 1973. 416 с.
9. Технология катализаторов/ Под ред. И. П. Мухленова. Л.: Химия, 1979. 324 с.
10. Данилин Б.С., Вакуумные процессы и оборудование микроэлектроники. - М.: Машиностроение, 1987. 72 с.

11. Синтез ориентированных массивов микроканатов из нанопроволок окиси кремния методом газоструйного химического осаждения с активацией электроннопучковой плазмой Е.А. Баранов, А.О. Замчий, С.Я. Хмель, Письма в ЖТФ, 2013, том 39, вып. 22.

12. Александров А.Ф., Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Павлов В.Б. Перспективные плазменные и ионно-пучковые нанотехнологии. Источники плазмы. Установки. // Научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты инновационных проектов Физического факультета МГУ», 18-19 ноября 2009, Москва

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ ЛИНЕАРИЗИРОВАННОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ УРАВНЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

[1]Рахманов Н.Р., [1]Гулиев Г.Б., [1]Мустафаев А.А., [2]Байрамалиева Э.Н.

[1]Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики,
[2]Сумгаитский государственный университет

Анализ установившихся режимов является основой для планирования, эксплуатации и управления энергосистем (ЭС), значимость которого возрастает при функционировании системы в условиях рынка электрической энергии.

Расчет потокораспределения основан на решении системы нелинейных алгебраических уравнений, описывающих установившийся режим. Для решения этих уравнений предложены и разработаны различные вычислительные алгоритмы, с помощью которых реализуются известные в литературе методы решения нелинейных алгебраических уравнений [1-5]. Эти методы являются итеративными и эффективность применения которых существенно зависит от сложности исследуемой системы. В связи с этим все последующие разработки по усовершенствованию алгоритмов, основанных на применении вышеуказанных методов, сводятся к приемлемому упрощению моделей, описывающих установившиеся режимы [6,7].

В настоящей статье предлагается метод, полученный путем линеаризации уравнений реактивной мощности. Предложенный метод имеет возможность быстро рассчитать напряжения на шинах нагрузки и инъекции реактивной мощности на генераторных шинах. Первоначально идея линеаризации уравнений реактивной мощности была предложена в [8]. В данной работе предлагается математическая формулировка метода.

Упрощенное формулирование модели расчета потоков реактивной мощности. Рассматривается n –узловая типовая схема ЭС, в которой баланс реактивной мощности в i-м узле, в полярной форме и относительных единицах:

$$q_i = u_i \sum_{k=1}^{n} u_k \; Y_{i,k} \sin\left(\theta_i - \theta_k - \varphi_{i,k}\right) \qquad (1)$$

где u_i, u_k – напряжения в узлах i и k.

В этом уравнении количество неизвестных зависит от типа узла: если узел i типа *PQ*, то неизвестные напряжения, или если узел i является типа *PV,* то неизвестный q_i. Фазовые углы напряжений являются основными параметрами, которые могут быть предварительно рассчитаны посредством потокораспределения мощности постоянного тока. Следует обратить внимание, что матрица проводимости DC load flow отличается от полной матрицы проводимости уравнении (1); в этом случае, элементы должны учитывать не только продольную, но также поперечную проводимость каждого элемента сети.

Возвращаясь к уравнению (1) пренебрегая продольной и поперечной активной проводимостью и предполагая B_i, k модулем реактивной проводимости типового элемента матрицы проводимости, получим:

$$q_i = u_i \sum_{k=1}^{n} u_k \; Y_{i,k} \sin\left(\theta_i - \theta_k - \varphi_{i,k}\right) = -u_i^2 B_{i,i} - u_i \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}} u_k B_{i,k} \cos\left(\theta_i - \theta_k\right) \qquad (2)$$

Для каждого g генераторного узла Δv известно, здесь для $i \in [1, g]$ получим:

$$q_i + \sum_{\substack{k=g+1 \\ i}}^{n} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) = -B_{i,i} - 2\Delta u_i B_{i,i} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \Delta u_i \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \quad (3)$$

$$- \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{g} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k)$$

Для каждого (*n-g*) нагрузочного узла, положим для $i \in [g+1, n]$ получим:

$$2\Delta u_i B_{i,i} + \Delta u_i \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) + \sum_{\substack{k=g+1 \\ k\neq i}}^{g} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) =$$

$$- q_i^0 - B_{i,i} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=1}^{g} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) \quad (4)$$

Где q_i^0 заданная реактивная мощность (в о.е.), потребляемая нагрузкой в *i* –го узле. Преобразуя *n* уравнений таким образом, что первые "*g*" были важными для генераторных узлов, а оставшиеся (n-g) важными для узлов нагрузки, тогда можно записать систему как:

$$\begin{vmatrix} I & R^{gc} \\ O & R^{cc} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} q^g \\ \Delta u^c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} q^{\Sigma g} \\ q^{\Delta c} \end{vmatrix} \quad (5)$$

где:

$$R_{h,j}^{gc} = B_{i,k} \cdot \cos(\theta_i - \theta_k) \quad (6)$$

$$\text{с } i = h, \quad k = j + g, \; h \in [1, g], \quad j \in [1, n-g],$$

$$\mathrm{R}_{\mathrm{h,h}}^{\mathrm{c,c}} = 2B_{i,i} + \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k), \quad \text{с} \quad i = h + g, \; h \in [1, n-g], \quad (7)$$

$$\mathrm{R}_{\mathrm{h,j}}^{\mathrm{c,c}} = B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_j) \quad (8)$$

$$\text{с } h \neq j, \quad i = h + g, \text{и} \quad k = j + g, \quad h, \; j \in [1, n-g],$$

$$q_i^{\Sigma g} = -B_{i,i} - 2\Delta u_i B_{i,i} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{g} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \Delta u_i \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{g} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) \quad (9)$$

$$\text{с } i \in [1, g],$$

$$g_i^{\Delta c} = -q_i^0 - B_{i,i} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=1}^{g} \Delta u_k B_{i,k} \cos(\theta_i - \theta_k) \text{ с } \quad i \in [g+1, n] \quad (10)$$

Рассматривая уравнение (6), как произведения второго порядка мы получим неизвестный вектор

$$R^{cc} \Delta u^c = q, \quad (11)$$

который представляет собой линейную систему (n-g) уравнений с (n-g) неизвестными переменными Δu^c

$$\Delta u^c = R^{cc-1} q^{\Delta c} \quad (12)$$

Предыдущее уравнение позволяет рассчитать напряжения в узлах нагрузки. Важно заметить, что порядок транспортировки матрицы R^{cc} равен, $l \, x \, l$ где *l* число узлов нагрузки.

Рассматривая еще раз уравнение (5) как произведения первого нагрузка и неизвестный вектор, мы в конце получим выражение реактивной мощности выдаваемой генераторами

$$q^g = q^{\Sigma g} - R^{gc} \Delta u^c \quad (13)$$

где Δv^c является известным из уравнения (11).

Результаты моделирования. На основе предложенного метода выполнены расчетные эксперименты для стандартной схемы IEEERTS-96, данные схемы и режима, которой приводятся подробно в [9,10]. Данная схема располагает 59 генераторными агрегатами, 120 ветвей и 73 узла. Пик нагрузки 400 МВт. Топология одной из частей с 24 узлами представлена на рис.1.

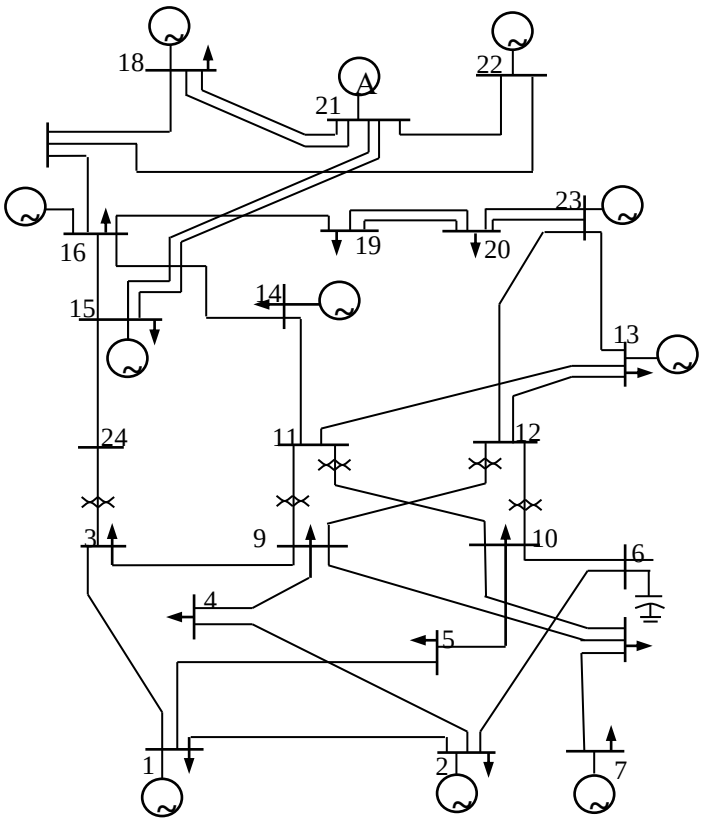
В таблице 1 показаны результаты расчетов потокораспределения в рассмотренной сети. Известные узловые данные предполагаемые как входы: тип шин, инъекции P и U для узлов (*PU*), иньекции активных и реактивных мощностей (для PQ узлов). Допустимая генерация реактивной мощности для каждого генератора и возможная min и max значений напряжения также конкретно задаются.

Погрешности напряжения и реактивной мощности всегда не более 1,5% и 10% соответственно. Среднеквадратическая погрешность для напряжения 0,5% и 4,6% для реактивной мощности. Включая время необходимое для расчета потокораспределения, превышение скорости исполнения алгоритма относительно известных методов было в 6-7 раз.

Таблица 1.

Результаты расчета потокораспределения в стандартной сети IEEE

Наименование узла	$U_{ном}$ кВ	$U_{расч}$ кВ	$\cos\varphi$	Мощность		I, A
				P, МВт	Q, МВАр	
13-5	110	94,2	0,422	7,661	16,468	84,3
3-12	35	99,95	0,997	11,395	0,907	200,1
3-15	35	99,18	0,975	12,3	0,799	
3-12	35	99,18	0,975	24,85	5,612	449,5
3-14	35	99,2	0,813	2,08	1,491	45,1
3-17	35	99,31	0,574	4,882	6,968	149,9
3-10	35	97,7	1,0	8,657	0,036	155
3-16	35	97,71	0,59	4,873	6,827	149,9
3-15	35	97,64	0,971	9,248	2,291	170,7
3-18	35	96,84	0,763	4,425	3,755	104,8
13-1	110	101,3	1,0	226,66	4,745	978,6
13-6	110	100	0,992	82,96	10,36	360,9



Швейцар Рис. 1. Стандартная схема электрической сети IEEERTS -96

Заключения. Предлагается метод линеаризации потока реактивной мощности. Метод способен быстро рассчитать напряжения на шинах нагрузки, а также реактивные мощности инъекции на шинах генерации, и может быть успешно использован для оценки режимной надежности и оптимизации потокораспределения в электрической сети.

Список литературы

1. Rahmanov N.R., Kurbatskiy V.G., Guliyev H.B., Tomin N.B., Mammadov Z.A. Probabilistic assessment of power system mode with a varying degree of wind sources integration// E3S Web of Conferences, Volume 25 (2017), Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems (RSES 2017), Bishkek, Kyrgyzstan, September 11-15, 2017, pp.1-5.
2. Гулиев Г.Б., Рахманов Н.Р. Вероятностное моделирование потокораспределение в энергосистеме с распределенной генерацией и возобновляемыми источниками// Электронное моделирование, Т 38, №5, Киев, 2016, с.101-112.
3. J. McCauley, S. Asganpoor, L. Bertling, Billinion, H. Chao, J. Chen, J. Endrenyi, R. Fletcher, A. Ford, C. Ginning, G. Hamoud, D. Logan, A.P. Meliopoulos, M. Ni, N. Rau, L. Salvaderi, M. Schilling, Y. Schlumberger, A. Schneider and C. Singh, "Probabilistic security assessment for power system operations", *Power Enginnering Society Ceneral Meeting,* Vol.1 (2005) pp. 212-220.
4. J. Arillaga, C.P. Amold and B.J. Harker, *Computer Modelling of Electrical Power Systems,* Wiley & Sons, New York, 1983.
5. R. Marconato, *Electric Power Systems,*Vol. 2, CEI, Milano 2004.
6. S.C. Savulescu, "Equivalents for Security Analysis of Power Systems", *IEEE Transactions on PAS,* Vol. PAS-100 Issue 5, (1981).
7. P. Pelacci, D. Poli, "The influence of wind generation on power system realiablity and the possible use of hydrogen storages" *Electric Power Systems, Research* (Elsevier) Vol. 80. Issue 3, (2010) pp. 249-255.
8. R. Kaye and F. Wu, "Analysis of Linearized decoupled power flow approximations for steady-state security assessment". *IEEE Transactions on Circuits and Systems, V*ol. 31. No. 7, (1984).
9. J.M.S. Pinheiro, C.R.R. Dornellas, M. Th. Schilling, AG.G. Melo and J.C.O. Mello, "Probing The New IEEE Reliability Test System (RTS-96): Hl-II Assessment", *IEEE Transactions on Power Systems,* Vol. 13. No.1, (1998) pp. 171-176.
10. C. Grigg, P. Albrecht, R. Allan, M. Havaraju, R. Billinton, Q. Chen, C. Fong, s. Haddad, S. Kuruganty W. Li, R. Mukerji, D. Patton, N. Rau, D. Reppen, A. Schneider, M. Shahidehpour and C. Singh, "The IEEE Reliablity Test System -1996. A report prepared by the Reliablity Methods Subcommittee", *IEEE Transactions on Power Systems,* Vol. 14 No.13, (1999) pp. 1010-1020.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГНЕТАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОРИСТЫЙ ПЛАСТ, НАСЫЩЕННЫЙ МЕТАНОМ И ЕГО ГИДРАТОМ

[1]Столповский М. В., [2]Гималтдинов И. К., [2]Хасанов М. К.

[1]Уфимский государственный нефтяной технический университет, [2]Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения, образующиеся из газа и воды (льда) при определенных давлениях и температурах. Огромные запасы природного газа, сосредоточенные в гидратах, делают их практически неисчерпаемым источником энергии, топливом будущего. Другой аспект их изучения связан с секвестрацией парниковых газов в гидратную фазу. Рядом исследователей предлагается идея, связанная с инжекцией CO_2 в газогидратные пласты с целью извлечения из них природного газа и связывание диоксида углерода в гидратную форму [1, 2, 3]. Такая возможность обусловлена тем, что гидрат диоксида углерода при прочих равных условиях более стабилен гидрата метана. Теоретические модели инжекция CO_2 в метаногидратные пласты рассмотрены в работах [4 – 6]. В настоящей работе представлена математическая модель замещения CH_4 на CO_2 в метаногидратном пласте при инжекции углекислого газа, учитывающая конечную протяженность пласта, реальные свойства газа, эффект Джоуля-Томсона и адиабатическое расширение газа.

Рассматривается однородный пористый пласт протяженности L, кровля и подошва которого непроницаемы и теплоизолированы. Полагается, что в начальный момент пласт полностью

насыщен метаном и его гидратом, давление p_0 и температура T_0 которых соответствуют условиям их стабильного существования. Пусть через левую границу пласта ($x = 0$) закачивается диоксид углерода, давление p_e и температура T_e соответствуют условиям стабильного существования смеси CO_2 и его гидрата. В результате инжекции в пласте образуются две области. Так, поры ближней области, примыкающей к левой границе пласта, содержат углекислый газ и его гидрат; поры дальней области заполнены метаном и его гидратом. При этом возникает устойчивая подвижная граница, движущаяся с течением времени вглубь пласта и разделяющая указанные выше области. Ее устойчивость следует из того, что течения в пористых средах являются ламинарными, а также большей, по сравнению с метаном, вязкостью углекислого газа.

Система основных уравнений, описывающая процессы фильтрации и теплопереноса в пористой среде, включает в себя законы сохранения масс и энергии, закон Дарси и уравнение состояния газов [4 – 6]. Кроме того, система дополняется соотношениями на подвижной границе фазового перехода, а также начальными условиями и условиями на левой и правой границах пласта.

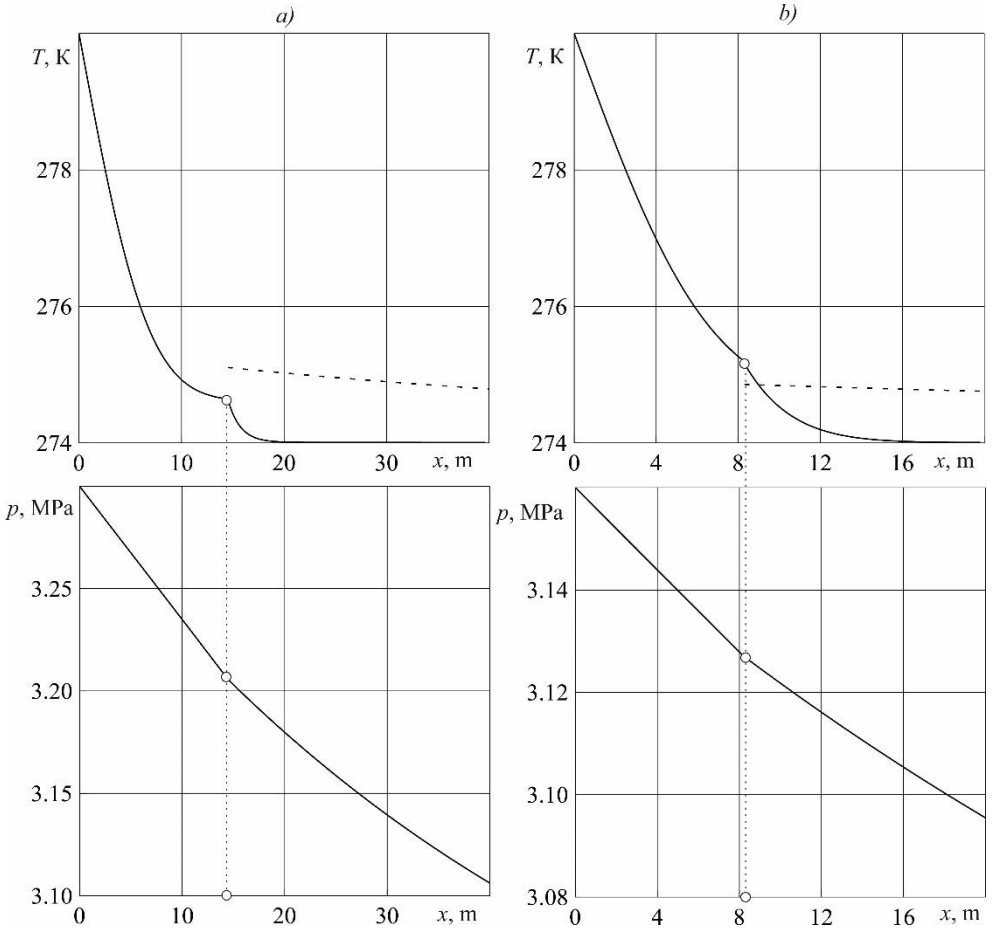


Рисунок 1. Распределение температуры и давления в пласте в момент времени t = 200 сут. при p_e = 3.3 МПа – *a*; p_e = 3,16 МПа –*b*.
Пунктирная линия – равновесная температура гидрата метана.

На рис. 1 представлены для момента времени t = 200 сут. представлены распределения температуры и давления в пласте при нагнетании углекислого газа с температурой T_e = 280 К. Для остальных параметров, характеризующих систему приняты значения, рассмотренные в [6]. Из рис. 1 следует, что при различных параметрах нагнетаемого газа образование гидрата углекислого газа может происходить как с диссоциацией гидрата метана на газ и воду, так и без нее. Из рис. 1 *a* видно, что температура в области, насыщенной метаном и его гидратом ниже равновесной температуры, которая хорошо описываются кривой, имеющей вид [7]:

$$T_{(s)} = T_0 + T_* \ln\left(p / p_{s0}\right).$$

Здесь T_* и p_{s0} – эмпирические параметры, зависящие от вида газогидрата. В частности, для гидрата метана T_* = 10 К, p_{s0} = 2,87 МПа. Следовательно, в данном случае, разложение метана на газ и воду не происходит. При более низких значениях давления нагнетаемого газа, как следует из рис. 1 *b*,

температура в области метана и его гидрата поднимается выше равновесной температуры. В этом случае необходимо вводить область содержащую метан и воду в свободном состоянии; образование гидрата CO_2 происходит уже из газа и воды.

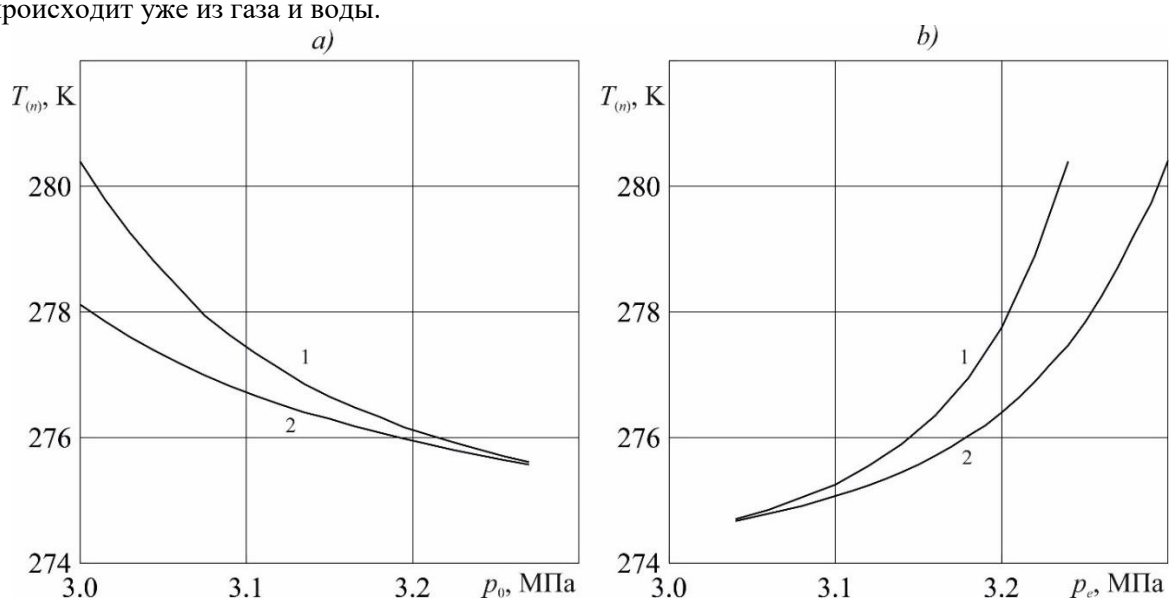


Рис.2. Зависимость критической температуры от
a – исходного давления системы: $k_0 = 10^{-15}$ м^2 – 1, $k_0 = 7 \cdot 10^{-16}$ м^2 – 2;
b – давления нагнетаемого газа: ν = 0,2 – 1; ν = 0,25 – 2

На рис. 2 для момента времени t = 20 сут. представлены зависимость критической температуры, выше которой реализуется режим с разложением гидрата метана на газ и воду, от исходного давления p_0 и давления нагнетаемого газа p_e. Как следует из рисунка, значение критической температуры падает, по мере увеличения исходного давления и уменьшения проницаемости пласта. Это обусловлено тем, что скорость движения границы фазового перехода лимитируется скорость подвода CO_2, которая, в свою очередь, зависит от перепада давления в пласте. Аналогично, рост критической температуры наблюдается с увеличением давления нагнетаемого газа. При этом с уменьшением начальной гидратонасыщенности пласта при относительно высоких значениях давления нагнетаемого газа значение критической температуры растет. Это обусловлено тем, что с уменьшением гидратонасыщенности, увеличивается газонасыщенность, тем самым увеличивая интенсивность поступления диоксида углерода к границе фазового перехода.

Список литературы

1.Ohgaki K, Takano K, Sangawa H, Matsubara T, Nakano S. Methane exploitation by carbon dioxide from gas hydrates-phase equilibria for CO_2–CH_4 mixed hydrate system. J Chem Eng Jpn 1996;29:478–83.

2. Ota M, Morohashi K, Abe J et al (2005) Replacement of CH4 in the hydrate by use of liquid CO_2. Energy Conserv Manag 46(11–12):1680–1691

3. Qing Y., Chang-Y. S., Bei L. et al. Methane recovery from natural gas hydrate in porous sediment using pressurized liquid CO_2. Energy Conversion and Management 67 (2013) 257–264.

4. Shagapov V.Sh., Khasanov M.K., Musakaev N.G., Duong Ngoc Hai. Theoretical research of the gas hydrate deposits development using the injection of carbon dioxide. // International J. of Heat and Mass Transfer. 2016. V. 107, P. 347-357.

5. Гималтдинов И.К., Столповский М.В., Додова М.И. Численное решение задачи об образовании гидрата двуокиси углерода в пористом пласте, изначально насыщенном гидратом метана. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 6. С. 91–98.

6. Гималтдинов И.К., Столповский М.В., Хасанов М.К. Вытеснение метана из газогидрата в пористой среде при закачке углекислого газа // Прикладная механика и техническая физика. 2018. Т.59. №.1. С. 3 – 12.

7. Бык С. Ш., Макогон Ю. Ф., Фомина В. И. Газовые гидраты. Москва: Химия, 1980.

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ ИСКАЖЕНИЯ В СЕТИ С НЕСИНУСОИДАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ

Фархадзаде Э. М., Гулиев Г. Б., Сафаралиева С. М.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Введение и постановка задачи

Энергетические процессы (ЭП) в электрических цепях несинусоидальным характером изменения напряжения u(t) и тока i(t) привлекают все большее внимание специалистов. Широкое внедрение современных технологий с мощными преобразователями приводит к тому, что от эпизодических случаев, несинусоидальные режимы становятся характерной чертой системы электроснабжения. Существующие методы расчета мощности и энергии в несинусоидальном режиме основываются на предположении о соответствии соотношений, свойственных ЭП с синусоидально изменяющимися напряжением и током, ЭП-ам, когда они изменяются несинусоидально.

Аналитическое решение задачи.

1. Следует различать среднее квадратическое значение величин и квадратическую зависимость. Наглядным примером квадратической зависимости является зависимость между сторонами треугольника токов $I_1^2 = I_{1,r}^2 + I_{1,x}^2$. Хорошо известна и величина среднего квадратического (действующего) значения тока при несинусоидальном характере его изменения, равная $I = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$. Для двух произвольных номеров гармоник, по прежнему $\hat{I}^2 = I_{n1}^2 + I_{n2}^2$. Однако, несмотря на идентичность формул, квадратическая зависимость между $\hat{I}$, I_{n1} и I_{n2} в виду различия $n_1\omega$ и $n_2\omega$ невозможна. Физическая сущность среднего квадратического значения не всегда оказывается определенной.

2. Квадратическая зависимость имеет место между активной и реактивной мощностями, изменяющихся с одной и той же частотой 2ω, $G_{1,1}(t), P_{1,1}(t)$ и $Q_{1,1}(t)$, т.е. $G_{1,1}^2 = P_{1,1}^2 + Q_{1,1}^2$. При существующем подходе смысловое содержание $P_{1,1}$ не принимается во внимание, заменяясь понятием P_1. Соответственно, $Q_{1,1}$ представляется как $Q_{1,1} = Q_1 = const$. И хотя среднее квадратическое значение параметров $\sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \hat{G}_{1,1}$ совпадает по величине с $G_{1,1}$, замена понятий явилась причиной ошибочного представления полной и реактивной мощности, неверного алгоритма измерения реактивной энергии и создало предпосылки для ошибочной методологии расчета показателей ЭП при несинусоидальном режиме.

3. Обозначим угол сдвига между векторами $\dot{U}_1$ и $\dot{I}_1$, через φ_1, угол сдвига между векторами $\dot{G}_{1,1}$ и $\dot{P}_{1,1}$, - через φ_Σ. Углы φ_1 и φ_Σ связаны в масштабе основной гармоники соотношением $\varphi_1 + \varphi_\Sigma = 90^0$. При графической иллюстрации изменения $G_{1,1}(t), P_{1,1}(t)$ и $Q_{1,1}(t)$, угол сдвига между $G_{1,1}(t)$ и $P_{1,1}(t)$, равный $\varphi_\Sigma^{(2)}$, и угол сдвига между $G_{1,1}(t)$ и $Q_{1,1}(t)$, равный $\varphi_1^{(2)}$, соответствуют масштабу второй гармоники, т.е. $\varphi_1^{(2)} + \varphi_\Sigma^{(2)} = 45^0$. При этом, коэффициент мощности $\cos\varphi_1 = \sin\varphi_\Sigma = P_1/G_{1,1}$.

4. При синусоидальной э.д.с. источника электрической энергии цепи с НН величина активной мощности равна P_1, а амплитуда переменной составляющей активной мощности изменяется в реальных условиях случайным образом, отличается от $P_{1,1}$ и эти изменения (по отношению к P_1) могут достигать десятки процентов. Поэтому рекомендуемые формулы для расчета коэффициента мощности и коэффициента реактивности при НН следует рассматривать как методы приблизительных оценок.

5. Можно выделить три причины, обуславливающие целесообразность использования известной формулы количественной характеристики полной мощности, как приближенно:

5.1. Эта формула представляет собой среднее квадратическое значение полной мощности с неопределенной физической сущностью;

5.2. Само среднее квадратическое значение вычисляется исходя из негласного предположения о независимости спектров гармоник напряжения и тока. На самом деле спектры зависимы. Каждой гармонике напряжения n с $\mathrm{n}=1,\infty$ соответствует определенная вольтамперная характеристика НН и, следовательно, определенный спектр гармоник тока, кратных n Аналогично мгновенное значение полной мощности не равно произведению мгновенных значений несинусоидально изменяющихся напряжения и тока.

5.3. Известно, что количество тепла, выделяемого в активном сопротивлении R при протекании синусоидально изменяющегося тока $i_1(t)$, равно количеству тепла, выделяемого в том же сопротивлении при протекании постоянного тока I, равного среднему квадратическому значению $i_1(t)$. Однако, количество тепла, выделяемого в R при протекании среднего квадратического значения гармоник тока, равного $\hat{I}_\Sigma = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$ равно действительному значению лишь при условии независимости R от частоты тока, что далеко не всегда допустимо. Существенно большее несоответствие воздействия $i_\Sigma(t)$ и I_Σ наблюдается при рассмотрении вопросов генерации (потребления) электромагнитной энергии, обусловленной этими токами.

Заметим, что поскольку коэффициенты искажения синусоидальности напряжения и тока есть относительные величины средних квадратических значений гармоник, то можно заключить, что они недостаточно полно характеризуют ЭП несинусоидального режима.

6. При выполнении расчетов мощности искажения следует различать три типовых варианта ЭП:

6.1. Источник питания с несинусоидальным напряжением $U_\Sigma(t)$ обеспечивает электроснабжение линейной нагрузки.

6.2. Источник питания с синусоидальным напряжением $U_1(t)$ обеспечивает электроснабжение НН.

6.3. Источник питания с несинусоидальным напряжением обеспечивает электроснабжение НН.

7. Зная по результатам гармонического анализа амплитуды и углы сдвига гармоник напряжения и тока $\psi_m^{(U)}$ и $\psi_m^{(I)}$, вычисляем активную $P_\Sigma(t)$ и реактивную $Q_\Sigma(t)$ составляющие мгновенных значений полной мощности и далее вычисляем активную $D_{\Sigma,P}(t)$ и реактивную $D_{\Sigma,Q}(t)$ составляющие мгновенных значений полной мощности искажения.

8. Анализ закономерностей изменения кривых $D_\Sigma(t)$, $D_{\Sigma,P}(t)$ и $D_{\Sigma,Q}(t)$ свидетельствует о том, что все они имеют несинусоидальный характер и объективно характеризуется своим средним значением, равным

$$\overline{D}_\Sigma = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \left| S_\Sigma(t) - S_1(t) \right| dt$$

$$\overline{D}_{\Sigma,P} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \left| P_\Sigma(t) - P_{1,1}(t) \right| dt$$

$$\overline{D}_{\Sigma,Q} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \left| Q_\Sigma(t) - Q_{1,1}(t) \right| dt$$

а отношения $\beta_\mathrm{P} = \frac{\overline{\mathrm{D}}_{\Sigma,\mathrm{P}}}{\mathrm{P}_{1,1}}$ и $\beta_Q = \frac{\overline{D}_{\Sigma,Q}}{Q_{1,1}}$ характеризует ту часть активной и реактивной мощности основной гармоники, которая искажена и следовательно, должна быть компенсирована источником несинусоидальности. Заметим, что именно относительное изменение β_P и β_Q должно служить критерием эффективности выбора средств ограничения несинусоидальности напряжения и тока.

9. Проведены расчетные компьютерные эксперименты по определению обменной энергии (ОЭ) и энергии искажения. Показано, что если измерить отклонения кривой несинусоидального тока от его основной гармоники, умножить его на соответствующие мгновенные значения напряжения основной

гармоники, определить энергию и вычислить ее за некоторое время $t>>T_1$, то в сумме получим величину близкую к нулю.

Заключение

Разработан метод и алгоритм, позволяющие дать объективную количественную оценку показателей ЭП в промышленных узлах электрической сети с НН. Предложенная методика и алгоритм, позволяют вычислить и измерить энергию искажения в узлах электрической сети с НН при произвольном спектре гармоник по дискретным данным о мгновенных значениях тока и напряжения, а также определить значимость вклада каждой из нелинейных нагрузок в суммарную величину энергии искажения.

Список литературы

1. Quliyev H.B., Hacıyev N.İ. Reaktiv güc mənbələri olan elektrik şəbəkələrində gərginliyin qeyri-sinusoidallığının tədqiqi// SDU, "Elmi xəbərlər", 2015, №2, s. 85-92
2. Агунов М.В., Агунов А.В. Об энергетических соотношениях в электрических цепях с несинусоидальными режимами.//Электричество, 2005, №4, с.53-56.
3. Гулиев Г.Б. Методические особенности расчета и измерения мощности (энергии) в цепях с нелинейной нагрузки.//Проблемы энергетики, Баку, 2008, №4, с.46-52.
4. Фархадзаде Э.М., Гулиев Г.Б. Мощность и энергия искажения в однофазных цепях с линейной нагрузкой// Проблемы энергетики, №3, 2003, с.30-36
5. Фархадзаде Э.М., Гулиев Г.Б. Расчет показателей несинусоидального режима узла нагрузки//Электричество, №8, Москва, 2002, с. 20-26.
6. Farhadzade E.M., Guliyev H.B. Bases of the theory of distortion in electrical ciraeits with nonlinear Rower// Phizika, №2, 2003, p.29-33.
7. Родкин Д.И., Бялобржеский А.В., Ломонос А.И. Показатели энергопроцессов в сети с полигармоническим напряжением и током.//Электротехника, 2004, №6.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НЕФТЕ- И ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хакимьянов М.И., Павлова З.Х., Юмагужин Р.Ю.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Нефтегазодобывающие предприятия (НГДП) являются ключевыми элементами в экономиках целого ряда стран СНГ, таких как Россия, Азербайджан, Казахстан и других.

В последние годы в связи с экономическими трудностями, обусловленными главным образом нестабильными ценами на углеводородное сырье, повышающимися тарифами на электроэнергию, и ужесточающимися требованиями природоохранных организаций НГДП стали больше внимания уделять решению проблем энергетической эффективности своих технологических процессов. Для этого регулярно проводится энергоаудит объектов НГДП, разрабатываются мероприятия по повышению энергоэффективности, результаты которых отображаются в годовых отчетах компаний [1].

Как правило, такие мероприятия не позволяют добиться существенной экономии в потреблении энергоресурсов, так как рассматривают обособленные процессы, либо объекты, не анализируя весь производственный комплекс в целом.

Механизированная скважинная добыча углеводородного сырья является очень энергоемким производственным циклом, включающем в себя такие технологические процессы, как перекачка в закачка в пласт через нагнетательные скважины воды системой поддержания пластового давления (ППД), лифтинг пластовой жидкости через добывающие скважины с использованием глубинных насосов, сбор и подготовка нефти и газа, а также их транспортировку по внутрипромысловым трубопроводам. Следует отметить, что все эти технологические процессы тесно взаимосвязаны и изменение режима любого из них непременно отразится на других [2].

Месторождение нефти и газа с точки зрения потребления энергоресурсов может быть представлено в виде схемы, приведенной на рис. 1. На вход поступают электроэнергия от нескольких вводов W_1, W_2, … W_n, а также вода для системы ППД Q_{B1}, Q_{B2}, … Q_{Bn}. Вода закачивается через

нагнетательные скважины $НС_1$, $НС_2$, … $НС_k$ в пласты $П_1…П_р$. Скважинная жидкость поднимается через добывающие скважины $ДС_1$, $ДС_2$, … $ДС_l$. На выходе получают нефть $Q_Н$, газ $Q_Г$ и воду $Q_В$.

Тогда потребляемая НГДП электроэнергия может быть записана как суммарное потребление следующих подсистем:

$$W_\Sigma = W_{ППД} + W_{ДС} + W_{ППН} + W_{ДНС} + W_{СГ} + W_{ВПГ} + W_{АУС}, \quad (1)$$

где W_Σ– суммарная энергия, потребляемая НГДП целиком, кВт·ч; $W_{ППД}$ – энергия, потребляемая системой ППД, кВт·ч; $W_{ДС}$ – энергия, потребляемая электроприводами насосов добывающих скважин, кВт·ч; $W_{ППН}$ – энергия, потребляемая пунктами подготовки и сбора нефти, кВт·ч; $W_{ДНС}$ – энергия, потребляемая дожимными насосными станциями, кВт·ч; $W_{СГ}$ – энергия, расходуемая на компрессионирование газа, кВт·ч; $W_{ВПГ}$ – энергия, расходуемая на внутрипромысловую перекачку газа, кВт·ч; $W_{АУС}$ – энергия, потребляемая административно-управленческими структурами, кВт·ч.

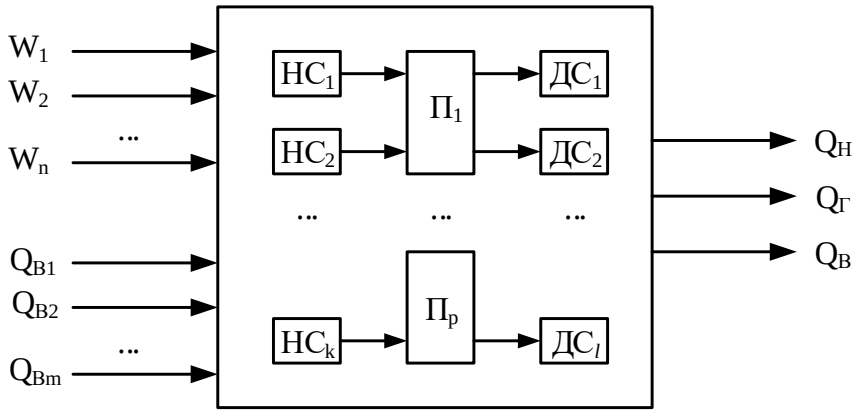


Рис. 1. Схема месторождения с точки зрения потребления энергоресурсов: W_1, W_2, … W_n – электроэнергия; $Q_{В1}$, $Q_{В2}$, … $Q_{Вn}$ – вода для системы ППД; $НС_1$, $НС_2$, … $НС_k$ – нагнетательные скважины; $П_1…П_р$ – пласты; $ДС_1$, $ДС_2$, … $ДС_l$ – добывающие скважины; $Q_Н$, $Q_Г$, $Q_В$ – добываемые нефть, газ и вода

Если рассматривать НГДП в целом, то его структура как потребителя энергоресурсов будет иметь вид, изображенный на рис. 2.

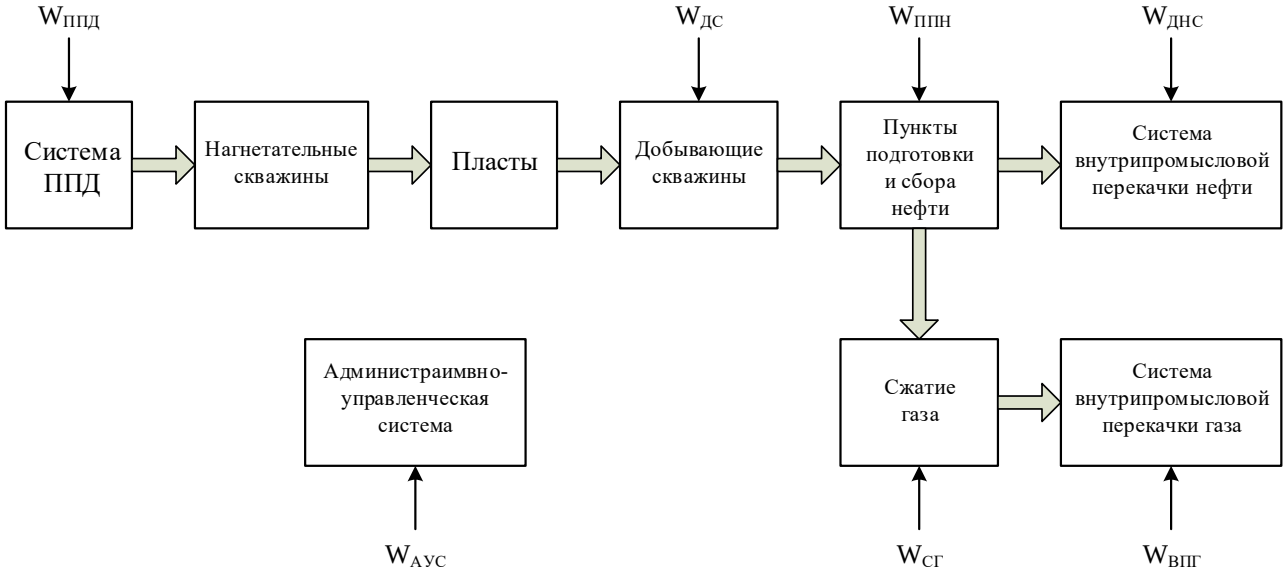


Рис. 2. Структура НГДП как потребителя электроэнергии

Следует отметить, что здесь представлены самые общие группы энергозатрат. На каждом конкретном НГДП могут иметь место дополнительные процессы, обусловленные спецификой местных условий: добыча высоковязких трудноизвлекаемых нефтей, низкая или высокая температура, большая глубина залегания пластов и т.д. [3, 4].

Основной вклад в (1) вносят такие составляющие, как $W_{ППД}$ (до 27%), $W_{ДС}$ (свыше 50%), $W_{ДНС}$ (до 7%). Энергия сжатия газа $W_{СГ}$ может составлять около 5% от всего потребления НГДП. Доля

остальных составляющих – $W_{ППН}$, $W_{ВПГ}$ и $W_{АУС}$ – несущественна и не способна оказать значительного влияния на общее потребление промысла и себестоимость добываемых нефти и газа [5].

Задача оптимизации режимов работы электроприводов нефтедобывающего оборудования сводится к обеспечению минимума потребления электроэнергии при сохранении текущих объемов добычи нефти и газа:

$$W_{\Sigma} = W_{ППД} + W_{ДС} + W_{ППН} + W_{ДНС} + W_{СГ} + W_{ВПГ} + W_{АУС} \rightarrow \min \left| \begin{matrix} Q_{Н} = const. \\ Q_{Г} = const \end{matrix} \right. \quad (2)$$

Другой возможной задачей является обеспечение минимального удельного потребления электроэнергии, то есть отношения затраченной электроэнергии к объему добытой скважинной жидкости:

$$w_{УД.} = \frac{W_{\Sigma}}{Q_{Ж}} \rightarrow \min , \quad (3)$$

где $w_{УД.}$ – удельное потребление электроэнергии, кВт·ч/м^3; $Q_{Ж}$ – объем добытой скважинной жидкости, м^3.

Следует отметить, что положительный эффект оптимизации режимов работы электроприводов нефтедобывающего оборудования (свыше 95…98% электроэнергии на НГДП потребляется приводами различных насосов: скважинных, водяных, нефтяных и других) заключается не только в экономии электроэнергии, но и в обеспечении более бережного режима эксплуатации оборудования: снижается износ. При этом увеличиваются срок эксплуатации и межремонтный период, уменьшаются затраты на ремонт и закупку нового оборудования, а также затраты, связанные с простоем нефтегазодобывающих скважин [6, 7].

На основании проведенных исследований могутбыть сделаны следующие выводы.

1. Предприятия нефтегазодобычи являются крупными потребителями энергоресурсов и доля затрат на электроэнергию в себестоимости добываемого углеводородного сырья достигает 20-30% и более.

2. Все технологические процессы на НГДП тесно взаимосвязаны и их энергоэффективность должна оцениваться комплексно. Обособленная оптимизация одних процессов может привести к увеличению потерь при других процессах. Например, закачка воды в пласт системой ППД снижает энергопотребление скважинных насосов, но может увеличить общие затраты электроэнергии.

3. Задачи оптимизации режимов работы электроприводов нефтедобывающего оборудования сводятся к обеспечению минимума потребления электроэнергии при сохранении текущих объемов добычи нефти и газа или к обеспечение минимального удельного потребления электроэнергии.

Список литературы

1. Гарифуллина Р. Х., Райская М. В. Преемственность и специфика программ повышения энергоэффективности и качества технологий освоения углеводородного сырья нефтедобывающей компании на примере ОАО «Татнефть» // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 19. С. 285–287.

2. Хакимьянов М. И., Гузеев Б. В. Анализ использования частотно-регулируемого электропривода в нефтегазовой промышленности по результатам патентного поиска // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". 2011. № 4. С. 30–41. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Hakimyanov/Hakimyanov_6.pdf (дата обращения 07.03.2018).

3. Ивановский В. Н. Вопросы энергоэффективности установок электроприводных центробежных насосов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2016. № 4. С. 25–30.

4. Хакимьянов М. И. Удельный расход электроэнергии при механизированной добыче нефти штанговыми глубиннонасосными установками // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 1 (62). С. 124–130.

5. As.H. Rzayev, M.H. Rezvan, M.I. Khakimyanov. Automation artificial lift systems in the CIS. Oil and Gas Business: electronic scientific journal. 2013, Issue 5, pp. 19-29. Available from: http://www.ogbus.ru/eng/authors/RzayevAsH/RzayevAsH_1.pdf

6. Гулуев Г.А., Рзаев Ас.Г., Алиев Я.Г., Резван М.Г., Хакимьянов М.И. Контроллеры и станции управления скважин, эксплуатирующихся штанговыми глубинными насосами // Азербайджанское нефтяное хозяйство, № 09, 2014, С. 31-39.

7. Рзаев А.Г., Резван М.Г., Хакимьянов М.И., Шафиков И.Н. Современное состояние автоматизации установок механизированной добычи нефти на территории СНГ // Известия НАНА, серия физико-технических и математических наук, том XXXIII, N6, 2013, С.177-187.

ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТВЕРДОФАЗНОГО ЦИНКОВАНИЯ

Юмагужин Р. Ю.

Башкирский государственный аграрный университет

Среди множества процессов нанесения антикоррозионных покрытий на стальные изделия цинкование занимает одно из ведущих положений. Цинкование – одно из древнейших и простейших способов получения антикоррозионных покрытий на поверхности металлических изделий. В технической литературе широко освещены различные способы получения цинковых покрытий на поверхности изделий из железа и сталей, обладающих друг перед другом своими преимуществами и недостатками. Важную роль в решении задачи по повышению срока службы металлоизделий играют цинковые покрытия, которые улучшая антикоррозионную способность металлоизделий к действию агрессивных сред (химические свойства), одновременно несколько улучшают физические и физико-механические свойства изделий, необходимых в условиях их эксплуатации, а, следовательно, продлевают и срок службы изделий. Все это в свою очередь снижает потери дорогостоящих металлов от коррозии. Физико-химические свойства цинка, относительная простота технологии цинкования и оборудования для нанесения цинковых покрытий позволяют успешно применять их для защиты металлоизделий от коррозии.

Все существующие (до 90-х годов прошлого века) технологии цинкования обладают существенными недостатками: 1) плохие химические (антикоррозионные) свойства оцинкованной поверхности металлоизделий, которые связаны плохим качеством цинкования – неоднородностью нанесения цинкового покрытия по поверхности и глубине проникновения (ее малостью по величине) атомов цинка в металл изделия;; 2) низкие физико-механические свойства изделий – износостойкости, пластичности на различные виды деформации, прочности, твердости и др.; 3) неэкологичность технологий цинкования.

Однако в конце 80-х годов прошлого столетия автор работы [1] разработал принципиально новую технологию нанесения цинковых покрытий, которую он впоследствии назвал «твердофазной», лишенную перечисленных недостатков старых технологий. Качество защитного покрытия, полученного по этой технологии, значительно улучшается – оно однородно как по поверхности, так и по толщине проникновения. Причем толщина покрытия значительно больше – атомы цинка значительно глубже от поверхности проникают в металл изделия. При этом атомы цинка по мере углубления в изделие образуют с атомами железа различные интерметаллические соединения - фазы, каждая из которых имеет свою кристаллическую структуру, а следовательно, обладают различными физико-механическими свойствами, характерными этим фазам. Все это приводит к улучшению физико-механических и антикоррозионных свойств оцинкованных изделий и к увеличению срока их службы. Важно отметить также высокую экономичность, экологичность и безопасность технологии твердофазного цинкования, мобильность и простоту оборудования для нанесения покрытия. Оборудование для цинкования можно изготовить как для крупных изделий (длинномерных труб и листов), так и мелких изделий различной формы и конфигурации. Следует отметить также и то обстоятельство, что при данной технологии цинкования процесс нанесения покрытия идет одновременно как по внутренней, так и внешней свободной поверхности металлоизделий (различных полых деталей, труб, и т.д.).

Технология термодиффузионного цинкования – этап ХТО металлоизделий состоит из следующих основных операций [2, 3]:

1) смешивание цинкуемых деталей, металлоизделий в контейнере с порошком, прошедшим этап ГТО;

2) нагрев деталей в контейнере до температуры ХТО в контакте с порошком;

3) изотермическая выдержка при постоянной температуре ХТО;

4) отделение оцинкованных деталей от порошка.

При всей кажущейся простоте технологических операций внедрение данной технологии получения цинковых покрытий в производство сдерживается отсутствием массового производства высокотехнологичного оборудования. Предприятие «Вика-Гал» может изготовить оборудование по спецзаказу для (мини)заводов по цинкованию изделий от «гвоздя» до длинномерных труб, изделий различных размеров, форм и конфигураций, необходимых для основного предприятия [2, 3].

При ХТО в порошковой среде с нанокристаллической структурой поверхности частиц удается регулировать не только фазовый и элементный состав покрытия, но и сформировать на поверхности самого покрытия тонкий слой мелкодисперсного оксида цинка с размерами частиц (50-200)нм. Наличие оксида цинка нанокристаллической структуры на поверхности оцинкованных изделий обеспечивает высокую адгезию лакокрасочных покрытий без дополнительной обработки (химической, механической) поверхности изделий. А это, в свою очередь, позволяет получить вторую защиту металлоизделий от атмосферной коррозии нанесением лакокрасочных покрытий. Таким образом есть возможность двойной – дуплексной защиты металлоизделий от коррозии. Срок службы изделий с дуплексной защитой значительно больше, чем при отсутствии второго лакокрасочного покрытия.

Новое защитное дуплексное покрытие защищено патентом на изобретение. В настоящее время на двух предприятиях России (ЗАО «Промтехмонтаж» и «Электромонтажный поезд Юго-Восточной железной дороги «ОАО РЖД») освоили выпуск элементов металлоконструкций с дуплексным покрытием – термодиффузионное цинкование с последующим нанесением лакокрасочного покрытия. Максимальные размеры изделий для цинкованя на этих производствах составляют поперечным сечением до 350 мм и до 12 м длиной. Для удовлетворения потребностей предприятий в организации производства нанесения дуплексных покрытий на поверхность металлоконструкций с большими размерами спроектирована и изготовлена «пилотная» установка для термодиффузионного цинкования металлоконструкций до 350 мм поперечным сечением и до 14 м длиной. В настоящее время ОАО РЖД и ЗАО «Промтехмонтаж» являются основными потребителями данной дуплексной технологии получения защитных покрытий.

Технология ХТО – нанесения цинковых покрытий на металлоизделия отличается универсальностью и мобильностью. Можно получить цинковые покрытия на металлоизделия от «гвоздя» до: длинномерных труб больших сечений; листов металла; деталей машин различных форм, размеров и конфигураций; контактов электромоторов; деталей станков и агрегатов; деталей транспортеров; металлоконструкций, используемых в том числе на предприятиях АПК. В соответствии с требованиями предприятий ООО «Вика-Гал» может разработать и изготовить соответствующий тип оборудования для ХТО – собственно цинкования, отличающиеся как по производственной мощности, так и по типу установки.

В зависимости от потребности предприятий и заводов предприятие ООО «Вика-Гал» может создать установки различной мощности (производительности) для цинкования различных деталей и узлов (различной модификации и размеров) сельскохозяйственных машин и агрегатов на заводах и цехах по сборке и ремонту сельхоз-техники и агрегатов, используемых в животноводстве, овощеводстве, птицефабриках, производстве зерна и т. д.

Список литературы

1. Галин Р.Г. Разработка эффективных насыщающих сред и технологии диффузионного цинкования с использованием гидротермальной обработки исходных компонентов. /Р.Г. Галин. – канд. дисс., Минск, 1990, - 178 с.

2.Агишев В.М., Юмагужин Р.Ю., Галин Р.Г. Оборудование термодиффузионного цинкования для защиты от коррозии на предприятиях АПК. /В.М. Агишев и др. – Материалы международн. научно-практ. Конф. «Инновационному развитию АПК – научное обеспечение» в рамках выставки «Агрокомплекс-2012», ч. 2, Уфа, БГАУ, 2012, - с. 3-5.

3. Агишев В.М., Юмагужин Р.Ю., Галин Р.Г. Термодиффузионное цинкование и возможности его применения для борьбы с коррозией металлоизделий на предприятиях АПК. /В.М. Агишев и др. – Материалы III Всеросс. научно-практ. Конф. «Ремонт. Восстановление. Реновация», Инновационно-промышленный салон, Уфа, БГАУ, 2012, - с. 135-138.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОПУСКАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ДО И ПОСЛЕ ОЧИСТКИ КЕРАМИЧЕСКИМ ФИЛЬТРОМ И АДСОРБЕНТАМИ

Юсупов Д.Т.

ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго»

С помощью колориметра "Спектротон" проводился мониторинг спектрального коэффициента пропускания трансформаторного масла для оценки его визуальной прозрачности в видимом диапазоне спектра.

На всех стадиях очистки фиксировались спектры пропускания всех проб отработанных трансформаторных масел в диапазоне 0,38-0,72 мкм, отражающие степень осветления масла. Отмечена высокая степень осветления масла цвета: от темно-коричневого – до жёлтого. Измерение проводилось согласно формулы (1) [1]:

$$\tau = f(\lambda) \qquad (1)$$

где,

τ – коэффициент пропускания трансформаторного масла;

λ – длина волны трансформаторного масла, мкм.

На рисунках 1 и 2 представлены спектральные зависимости коэффициентов пропускания отработанного трансформаторного масла пробы №1 и №2 до и после очистки.

Из рисунков 1 и 2 графиков видно, что адсорбционная очистка с использованием керамического мембранного фильтра привела к существенному осветлению трансформаторного масла.

Сравнение исследований спектральных коэффициентов пропускания очищенных масел керамическим мембранным фильтром показало осветляющий эффект значительно больший, чем при очистке фильтр-прессом. Это объясняется тем, что очистка отработанных трансформаторных масел керамическим мембранным фильтром от механических примесей с минимальными размерами до 0,3 мкм позволила повысить осветление всех проб масла.

Анализ исследований спектральных коэффициентов пропускания очищенного керамическим мембранным фильтром масла показал осветляющий эффект, однако, значительно меньший, чем при комбинационной очистке керамическим мембранным фильтром, силикагелем и цеолитом. Это свидетельствует о необходимости адсорбционной очистки масла после фильтрации.

Из рисунка видно также, что после второй очистки трансформаторного масла керамическим мембранным фильтром осветление возросло и сравнимо с результатом спектрального анализа нового трансформаторного масла [1].

Результаты проведённых исследований позволяют сделать вывод о важности и эффективности применения керамических мембранных фильтров. Эксперименты показали, что простая очистка масла от механических примесей недостаточна для её регенерации. Необходима многостадийная адсорбционная очистка. Вместе с тем, фильтрация масла необходима на всех стадиях регенерации, поскольку происходит загрязнение частицами самого адсорбента. Комплексная очистка масла на базе керамических мембран позволила полностью восстановить её эксплуатационные характеристики.

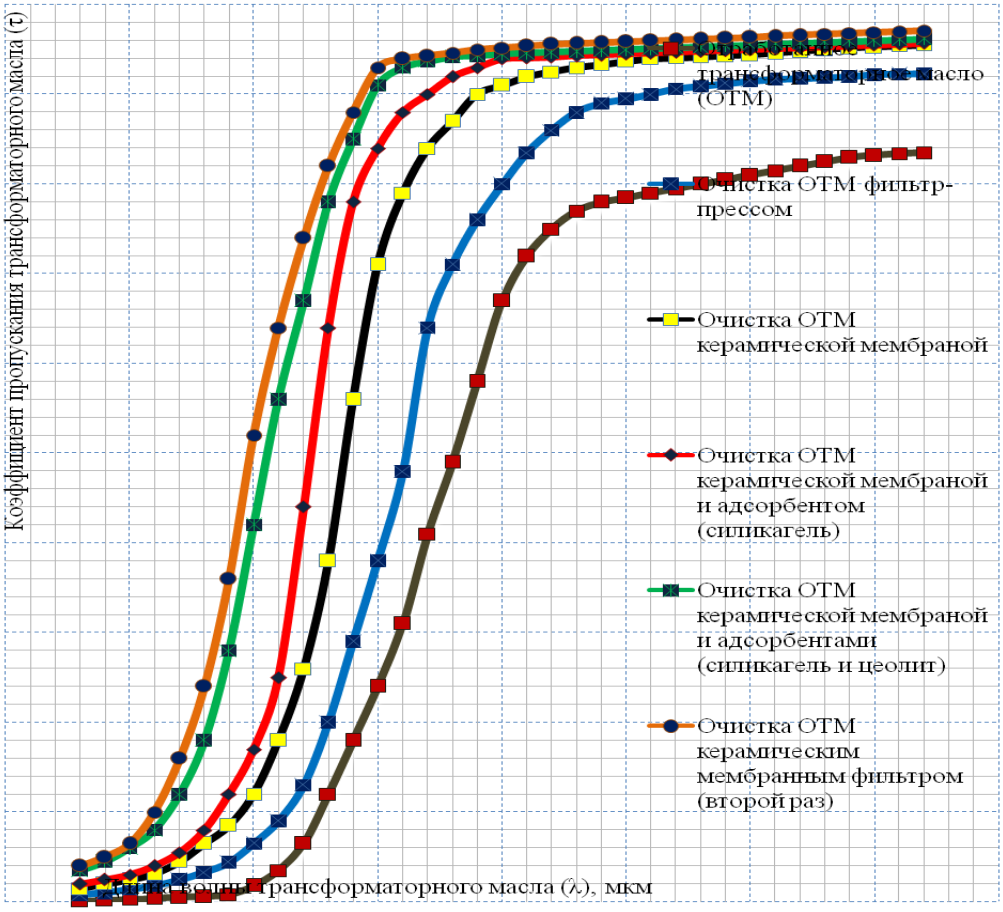


Рис.1. Спектральные зависимости коэффициентов пропускания трансформаторного масла (проба №1)

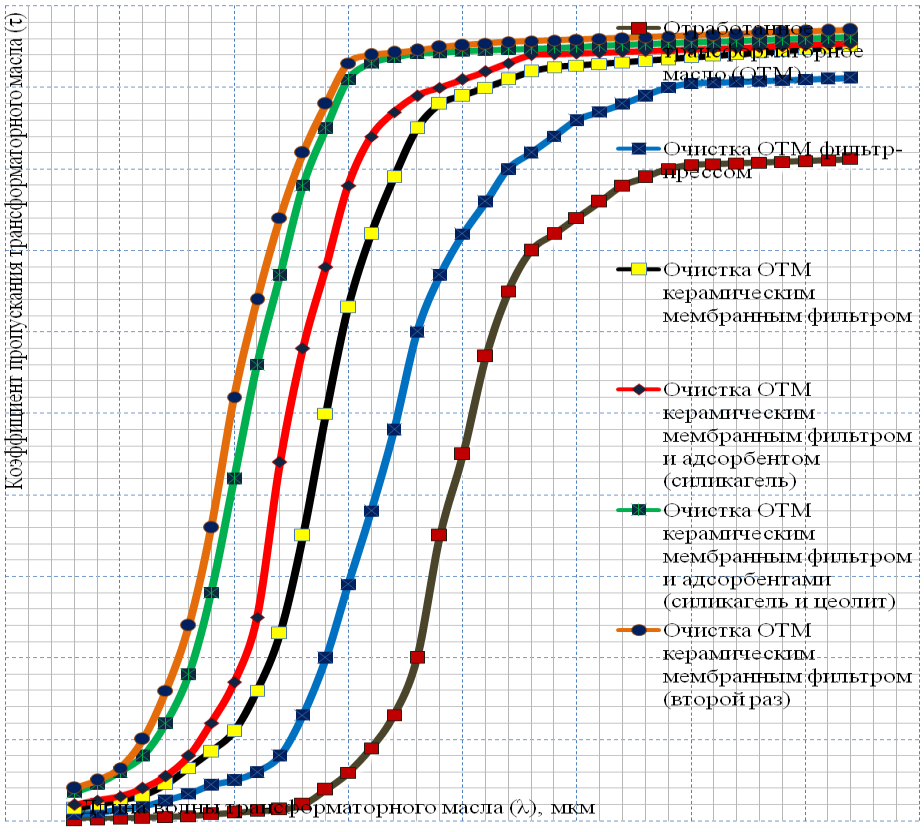


Рис.2. Спектральные зависимости коэффициентов пропускания трансформаторного масла (проба №2)

Список литературы

1. Д.В. Кизеветтер и др. К вопросу о диагностике состояния трансформаторного масла в процессе эксплуатации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. №3 (178), 2013 г. Стр. 118-125.

СПОСОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

[1]Гулиев Г.Б., [2]Фархадов З.И., [1]Ибрагимов Ф.Ю.

[1]Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательный институт энергетики

[2]Сумгаитский государственный университет

Введение. В узлах системы промышленного электроснабжения с преобладающей нагрузкой от асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДК) часто возникают режимы, когда система трехфазных напряжений приложенных к обмотке статора несимметрична. Исследование показали, что когда коэффициент не симметрии по напряжению достигнет 4%, то срок обслуживания асинхронных двигателей по сравнению с симметричным режимом работы уменьшается в два раза, а когда коэффициент не симметрии по току превышает 10%, срок службы изоляции трансформаторов уменьшается на 16% [1]. Определенное количество неисправностей возникают из-за несимметричности токов, которые в свою очередь создают дополнительно отрицательные эффекты – возникновению гармоник тока и напряжений, искажение кривой тока, изменение коэффициента мощности и т.д. Предельным случаем не симметрии первичного напряжения является неполнофазный режим. По заключениям научно – исследовательских работ проведенных в узлах системы промышленного электроснабжения с преобладающей нагрузкой от асинхронных двигателей при обрыве одной фазы можно сказать, что в условиях неопределенности первичной информации и в зависимости от степени не симметрии нарушается селективность работы защиты, а также случаются ошибочные срабатывания автоматических устройств [2-4]. Таким образом, в условиях несимметричности токов возникает необходимость разработки мероприятий повышающих надежность защиты. Цель данной работы является повышение надежности и чувствительности защиты от несимметричных режимов в узлах с комплексной нагрузкой.

Алгоритм интеллектуальной защиты от несимметричных режимов. Поставленная цель достигается путем использования цифровых фильтров прямой и обратной последовательностей, аналого-цифровых преобразователей, коммутатора, расчетного блока, где рассчитываются отношения токов обратной и прямой последовательностей, нечеткого контроллера. Последний включает в себя: фаззификатор, предназначенный для трансформации четких сигналов в нечеткие множества; таблица лингвистических правил (ТЛП), т.е. совокупность нечетких правил, описывающих нечеткое отношение между входными и выходными параметрами контроллера; дефаззификатор , где полученное нечеткое значение после дефаззификации в виде четкого управляющего воздействия поступает на вход исполнительного органа. Исследования показали, что большой чувствительностью обладает защита от неполнофазных режимов реагирующая на соотношение токов прямой и обратной последовательностей в цепи питания нагрузки [1,2]. В узлах системы промышленного электроснабжения, с преобладающей нагрузкой от асинхронных двигателей, защита от несимметричных режимов смоделирован в среде Matlab с использованием программного комплекса Fuzzy Loqic Toolbox [5]. На рисунках 1 и 2 представлены результаты моделирования на основании функции принадлежностей лингвистических переменных входа и выхода.

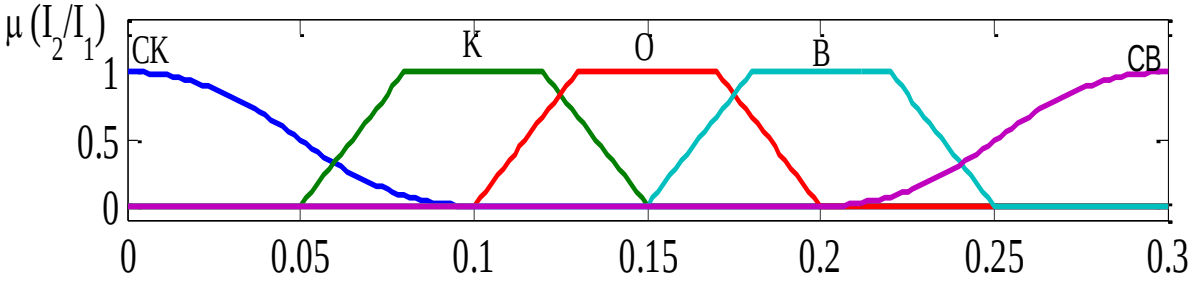


Рис.1. Нечеткие значения переменной « **Несимметрия** »

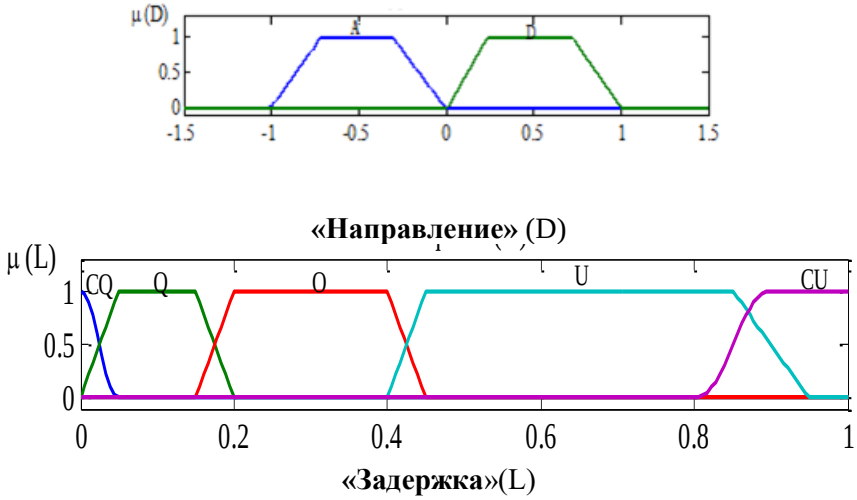


Рис.2. Нечеткие значения переменных «**Направление**» и «**Задержка**».

Синтез нечеткого контроллера с одним входом и двумя выходами для управления защитой производиться простой лингвистической нечеткой моделью:

$$\text{ЕСЛИ}\, X \quad \textit{ЕСТЬ}\, A_i, \ \text{ТОГДА}\, Y \quad \text{B}_\text{j}\ \text{и}\ Z \quad C_k, \qquad (1)$$

здесь X и Y- соответственно переменные состояния; Z- лингвистическая переменная; A, B и C-лингвистические значения термов переменных X,Y и Z на универсальных множествах E_1, E_2 и E_3, то есть $\forall x\, A \in E_1, \forall y\, B \in E_2, \forall z\, C \in E_3$. Работа нечеткого контроллера с одним входом и двумя выходами можно представить в нижеследующей форме:

$$\begin{aligned}
&IF \quad X = A_1 \quad THEN \quad Y = B_1 \quad AND \quad Z = C_1\\
&ELSE\\
&IF \quad X = A_2 \quad THEN \quad Y = B_2 \quad AND \quad Z = C_2\\
&ELSE\\
&IF \quad X = A_3 \quad THEN \quad Y = B_3 \quad AND \quad Z = C_3\\
&ELSE\\
&IF \quad X = A_4 \quad THEN \quad Y = B_4 \quad AND \quad Z = C_4\\
&ELSE\\
&IF \quad X = A_5 \quad THEN \quad Y = B_5 \quad AND \quad Z = C_5
\end{aligned} \qquad (2)$$

Из выражения (2) видно, что нечеткая импликация состоит из пяти простейших импликаций. Результирующее нечеткое отношение R между параметрами может быть определено как соединение нечетких отношений

R_i (i=1,2,…5):

$$R = \bigcup_{i=1,5} R_i = \bigcup_{i=1,5} E_{1i} \times E_{2i} \qquad (3)$$

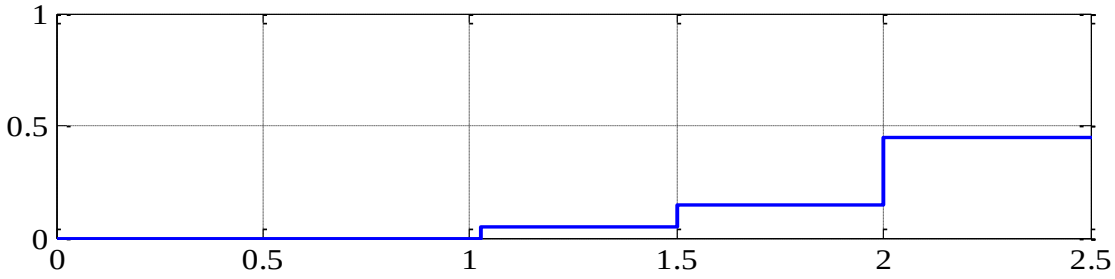
При входной переменной «**Несимметрия**», выходной «**Направление**» и «**Задержка**» функция принадлежности нечеткого отношения определяются из нижеследующего выражения:

$$\mu_R(QS, D, L) = \max\begin{Bmatrix} \min\left[\mu_{E_{11}}(QS), \mu_{E_{21}}(L), \mu_{E_{31..2}}(D)\right], \min\left[\mu_{E_{12}}(QS), \mu_{E_{22}}(L),\right. \\ \left.\mu_{E_{31..2}}(D)\right], \ldots, \min\left[\mu_{E_{15}}(QS), \mu_{E_{25}}(L), \mu_{E_{31..2}}(D)\right] \end{Bmatrix} \qquad (4)$$

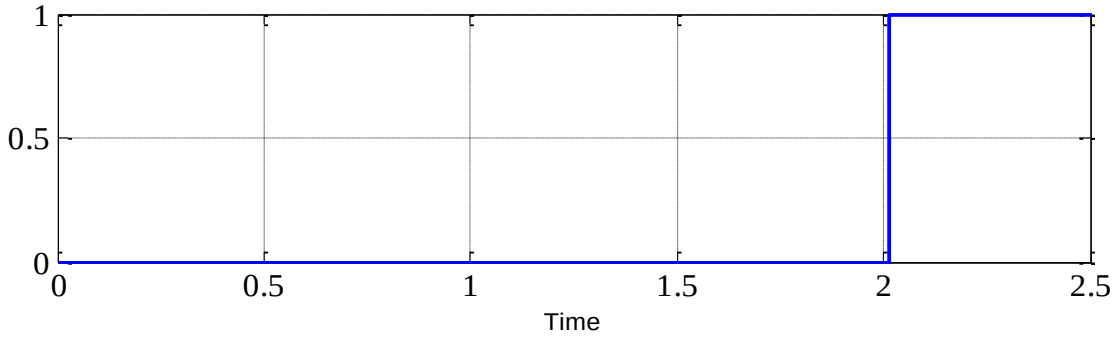
Для дефаззификации, то есть для перехода из пространства нечетких управляющих воздействий в пространство четких управляющих воздействий предпочтительнее использовать стратегию центра тяжести, обладающей хорошей статистической точностью[6-10].

Результаты компьютерного моделирования. На основании алгоритма представленного выше, а также используя теорию нечетких множеств, проведено компьютерное моделирование

интеллектуальной системы защиты от несимметричных режимов. Отношение I_2/I_1, являясь нечетким входным параметром переменной «**Несимметрия**», смоделировано по методу Монте Карло и представлено на рис.3. Как видно, из рис. 3 значения отношения I_2/I_1 изменяются в интервале 0÷1,0. На основании этих значений полученные в модели Simulink время выдержки изменяются в интервале 0÷2,5сек. На рис.3.в, для различных значений переменной «**Несимметрия**», представлена диаграмма работы интеллектуальной системы защиты. На рисунках видно, что при значениях не симметрии до 0,2 контроллер не принимает решения об отключении цепи. Как только значение не симметрии превышает 0.2 появляется сигнал на отключении цепи, после 2 секундной выдержки.



а)



б)

Рис.3. Значения по переменных несимметрия и управление по времени.
а) для не симметрии, б) для управления.

По результатам проведенных расчетов получены нечеткие зависимости $L = \tilde{f}(I_2/I_1)$ və $D = \tilde{\varphi}(I_2/I_1)$. На рис.4 дана зависимость $L = \tilde{f}(I_2/I_1)$ переменой «**Задержка**» для создания выдержки в работе защиты. При значениях не симметрии НС=0÷0,05 время выдержки переменной «**Задержка**» составляет L=0.25÷0,9 сек. при значениях НС=0,15÷0,25 время выдержки составляет L=0.1÷0,3 сек. и при времени выдержки НС=0,25÷0,3 защита практически срабатывает мгновенно (L=0).

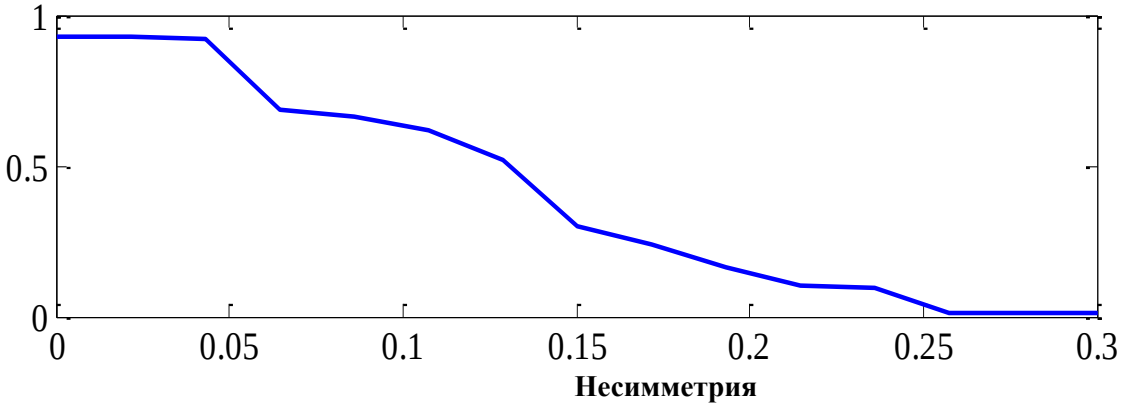


Рис. 4. Нечеткая зависимость $L = \tilde{f}(I_2/I_1)$

На рис. 5 показана кривая зависимости $D = \tilde{\varphi}(I_2/I_1)$ определяющая значение переменной «Направление». Как видно из рисунка при значении не симметрии НС = 0÷0,15 сек. защита не срабатывает, при значениях НС=0,15÷0,22 сек. нечеткий контроллер срабатывает с различными задержками, а при значениях НС=0,22÷0,3 сек. защита срабатывает мгновенно.

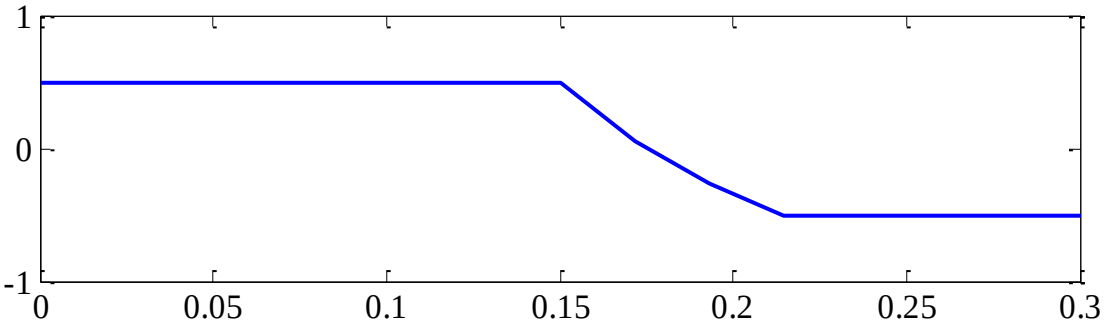


Рис.5. Нечеткая зависимость

Проведенные экспериментальные исследования $D = \tilde{\varphi}(I_2/I_1)$ показали достоинства нечеткого алгоритма для интеллектуальной защиты в электрических сетях от несимметричных и неполнофазных режимов. Полученные значения переменной «**Несимметрия**» в диапазоне 0÷1,0 подтвердили работоспособность интеллектуальной защиты.

Список литературы

1. С.В. Ерохин, Н.П. Гаврилин. Коэффициент несимметрии по току. Энерггосбережение, № 1 (13), 2007, с.7-9.

2. А.Д.Ахмедов, З.И.Фархадов, А.Н.Гасанов. Работа асинхронной двигательной нагрузки при несимметрии первичного напряжения и защита ее от неполнофазных режимов. "Научные Известия" СГУ, №1, 2006, с.70-76.

3. Юндин М.А., Кобзистый О.В. Устройство защиты трехфазных потребителей от неполнофазных и несимметричных режимов работы, Патент российской федерации RU №2218645, кл. H 02 H 7/085, 2003

4. Юндин М.А., Кобзистый О.В., Побоженский В.А. Устройство защиты трехфазных потребителей от несимметричных режимов работы. Патент российской федерации RU № 2269191, кл. H02H7/08 H02H7/09, 2006.

5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007. - 288 с.

6. А.М.Гашимов, Н.Р.Рахманов, Гулиев Г.Б. Улучшенный алгоритм нечеткой логики для управления реактивной мощностью и напряжением в распределительных сетях.Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика: международный научно-технический журнал, Минск, 2014, №2, с.29-39.

7. Алиев Р.А., А. К. Арабский А.К.,Арно О.Б., Гункин С.И., Талыбов Э.Г. ИУС газопромысловых объектов. Современное состояние и перспективы развития. - М.: Недра, 2014. - 462 с.

8. Nayeripour M., H. Khorsand H., Roosta A.R., NiknamT. A New Approach Based on Fuzzy Controller for Volt/Var Control in Distribution System // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. - 2010. - Vol. 4(3). - P. 468-480.

9. Guliyev H.B. Method and algorithm of fuzzy control of reactive capacity and voltage providing regime reliability of electric networks. Reliability: Theory & Applications, Vol.11, No.2(41), USA, San Diego, 2016, p. 18-28.

10. Гулиев Г.Б. Нечеткий алгоритм управления потоками реактивной мощности в электрической сети с нелинейной нагрузкой // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ., Т. 59, № 4, 2016, с. 313–326.

VI BÖLMƏ
ENERGETIKADA QEYRİ-ƏNƏNƏVİ ENERJİ İSTEHSALININ MÜASİR VƏZİYYƏTİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

VI СЕКЦИЯ
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

PART VI
CURRENT STATUS AND PERSPECTİVES DEVELOPMENT OF NON-TRADİTİONAL ENERGY PRODUCTİON İN ENERGETİCS

ENERGETİKA SİSTEMİNİN ƏTRAF MÜHİTLƏ QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ

Aslanov Z.Y., Dadaşova K. S.
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC)
aslanov.zabit@mail.ru

İnsanların fəaliyyətinin təbiətə təsirini nəzərədən keçirərkən, qeyd etmək lazımdır ki, təbiətdə əmələ gələn qarşılıqlı əlaqələr az davamlıdır və çox asan pozula bilər. Bu əlaqələrin bərpa edilməsi uzun müddət və böyük səy tələb edir.

Sənayenin, baza sahələrinin, energetika, nəqliyyat və həmçinin kommunal təsərrüfatının inkişafı atmosferin, su hövzəsinin çirklənməsi ilə müşayət olunur. Sənaye müəsisələrinin fəaliyyəti torpağın cirklənməsinə gətirib çıxarır ki, nəticədə onun bir qismi istifadədən cıxır. Respublikanın flora və faunasına da nəzərə çarpan dərəcədə zərər vurur. Odur ki, bizi əhatə edən ətraf mühitin çirklənməsi ilə mübarizə üçün tədbirlər işlənib hazırlanması tələb olunur. Bu tədbirlər hava hövzəsinin və sututarların təmizlənməsinin ənənəvi üsullarından, istehsal tullantılarını azaltmağa imkan verən mükəmməl texnoloji proseslər və avadanlıqlardan istifadə edilməsindən ibarətdir.

Bu baxımdan təbiəti mühafizə problemi həyati əhəmiyyətli məsələdir. Məhsuldar qüvvələrin gələcək inkişafı bu problemi nəinki aradan qaldırır, əksinə onun həllinə böyük diqqət yetirilməsini tələb edir. Problemin həlli cəmiyyət və ətraf mühitin inkişafına yönəldilmiş mütəmadi işlərin yerinə yetirilməsini tələb edir. Ətraf mühitin mühafizəsi məsələsi konkret məntəqəyə, regiona, ölkəyə, ölkələr qrupuna və bütövlükdə bəşəriyyətə aid olunmaqla baxıla bilər. Bu məsələnin müvəffəqiyyətli həlli geniş beynəlxalq əməkdaşlıq üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsindən asılıdır. Bu istiqamətdə müvafiq qanunvericilik aktları qəbul edilib həyata keçirilir.

Hazırda yer üzünü zərərli çirklənmələrdən mühafizə etməyə imkan verən birmənalı beynəlxalq normalar yoxdur. Belə ki, müxtəlif ölkələrdə qatışıqların yol verilə bilən həddi öz mahiyyətinə görə fərqlidir. Bu, hər bir element üçün indiyə kimi kifayət qədər elmi əsaslandırılmamış normaların olmaması ilə izah olunur. Odur ki, qatışıqların yol verilə bilən həddi empirik təsəvvürlərə əsasən qəbul edilir.

Üzvi yanacaqla işləyən stansiyalarda elektirik və istilik enerjisinin qənaətli istehsalı atmosferə zərərli tullantıların külli miqdarda atılması ilə müşayət olunur. Bu tullantıların miqdarı və onların ətraf mühitə təsiri dərəcəsi yandırılan yanacağın növü və keyfiyyətindən asılıdır. Bərk yanacaq yandırılarkən atmosferə onun yanmamış hissəcikləri, kükürd anhidridi, azot turşusu, flor birləşmələri və qaza bənzər məhsullsr atılır [1].

Mazutun yandırılmasından tüstü qazları ilə yanaşı atmosferə kükürd anhirdiri, azot turşusu, qaz şəkilli və bərk hissəciklər daxil olur. Ekoloji baxımdan maye yanacaq ən gigiyenik hesab edilsə də, öz növbəsində təbiətə və insanlara zərərli təsir göstərir.

Təbii qaz yandırıldıqda isə azot turşusu atmosferi çirkləndirir. Lakin daş kömürün yandırılması ilə

müqayisədə təbii qazdan ayrılan tullantılar 20% azdır. Bu, təkcə qazın xassələri ilə deyil, həm də onun yandırılması prosesi ilə izah olunur. Odur ki, təbii qaz ekoloji cəhətdən ən təmiz yanacaq hesab olunur.

İstilik elektroenergetikası ekoloji tarazlığın pozulmasının ən iri mənbələrindən biridir. İES-lərin qoyulmuş güclərinin artması və burada istifadə edilən yanacağın keyfiyyətinin pisləşməsi ilə atmosferə zərərli tullantıların atılması artır. Ələlxsus atmosferin azot tullantıları ilə çirklənməsinin səviyyəsi artır. Kükürd turşusu ilə müqayisədə azot turşusunun nisbi zəhərliyi 6-10 dəfə coxdur.

Nəzərə almaq lazımdır ki, orta hesablı iri İES-lərin quraşdırılması üçün 2-3km^2 sahə tələb edilir (tullantıları kənar edən və soyuducu anbarını nəzərə almadan). Bunları nəzərə alsaq, sahə 3-4 km^2-ə qədər artır. Bu ərazidə yerin relyefi dəyişir, yerüstü axınların xarakteri, münbit torpaq qatının strukturu və ekoloji tarazlıq pozulur.

İES tərəfindən soyudulmuş su ilə yaxındakı su anbarına buradakı suyun hərarətini artıran çoxlu istilik atılır. Suyun qızmasının qızma dərəcəsindən asılı olaraq su anbarlarının flora və faunasına təsiri eyni deyildir. Su az qızdırıldıqda təsir müsbət olur və sututarların özü-özünü təmizləməsinə şərait yaradır. Su çox qızdırıldıqda, onun təsiri mənfi olur(bataqlıq əmələ gətirir, su təsərrüfatı pozulur). Belə olduqda soyuducu su anbarları təşkil etməklə mənfi təsirin nəticələrini aşağı salmaq olar. Başqa sözlə, İES-in orta hesabla quraşdırılmış gücünün 1kvt saatına 5-8 m^2 su anbarı güzgüsü tələb olur [2].

Beləliklə, İES hava hövzəsini tüstülü qazlarla, suyu isə çirkli isti su tullantıları ilə çirkləndirir, böyuk ərazini tutur və öz ehtiyacları üçün küllü miqdarda su resurslarından istifadə elir. İES-lər tərəfindən ətraf mühitə vurulan ziyanı aradan qaldırmaq üçün Milli Məclis tərəfindən qəbul edilmiş "Ətraf mühitin mühafizəsi haqqında", "Ekoloji təhlükəsizlik haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunları və digər normativ aktlara əsasən təbiəti mühafizə tədbirləri sistemi həyata keçirilir. Bu tədbirlər energetika sahəsində daha geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Belə tədbirlərə tüstü borularının hündürlüyünün artırılması, atmosferdə zərərli qatışıqların tərkibinin yaxşılaşdırılması aiddir. Ən mühüm tədbir isə İES-dən ayrılan tüstü qazların və çirkab sularının təmizlənməsidir.

Nəzərə almaq lazımdır ki, ətraf mühitin idarə edilməsi sistemində beynəlxalq standartların əhəmiyyəti böyükdür. Belə ki, İSO 1400 və 14001 standartlarının məqsədi müəsisəyə ətraf mühitin qorunması və ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınması məsələləri ilə bağlı köməklik etməkdir. Eyni zamanda ətraf mühitin idarə olunmasına dair tələbləri əks etdirən sənəddir. Bu sənəd sertifikatlaşmanın məqsədləri üçün istifadə edilir. İSO 14001 bütün növ müəsisələrdə və bütün sənaye sahələrində,həmçinin energetika sahəsində də istifadə edilə bilər. Beləliklə bir çox energetika şirkətləri İSO 14001-i tətbiq etməklə həqiqətəndə də gəlirləri artıra bilərlər [3,4].

Zərərli qatışıqların yandırılması sahəsində çoxlu tədbirlər həyata keçirilməsinə baxmayaraq, onların miqdarı hələ çoxdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, İES-də həyata keçirilən ətraf mühiti mühafizə tədbirlərinin əksəriyyəti texniki, iqtisadi və ekoloji baxımdan bir-biri ilə əlaqədardır. Belə mürəkkəb qarşılıqlı əlaqə öz ifadəsini həmin tədbirlərə məsrəflərin səmərəliliyinin təyin edilməsi üzrə aparılan texniki-iqtisadi hesablamalarda tapmalıdır. Müvafiq olaraq səmərəliliyin təyin edilməsinə yönəldilmiş metodik yanaşma bütün qarşılıqlı-əlaqədar amillərin təsirini ümumiləşdirməyə imkan verməklə kompleks olmalıdır.

AES-lərə gəldikdə, onlar istilik stansiyalarına aid olsalar da, ətraf mühitə təsiri forması və xarakterinə görə KES və İEM-lərdən kəskin fərqlənir. AES-də tətbiq edilən avadanlıq yüksək etibarlığa malik olsa da, ciddi qəzaların baş vermə halları müstəsna deyildir. Qəzaların nəticələri insan tələfatı və böyük maddi itki ilə əlaqədar olub həddən artıq çox ağır ola bilər. Buna misal Çernobıl AES-i göstərmək olar. AES-in inkişaf miqyaslarının qiymətləndirilməsi zamanı həmçinin onun radiaktiv tullantılarının basdırılması çətinliyi, soyutmaq məqsədilə böyük həcmdə suya tələbatı, ətraf mühitə böyük istilik kütləsi atılmasını nəzərə almaq lazımdır.

Ətraf mühitə təsir dərəcəsinə görə SES-lər mühüm yer tutur. SES-lərin ətraf mühitə təsiri birmənalı deyildir, bu təsir həm müsbət, həm də mənfi ola bilər. Çayların axınlarının tənzimlənməsi və akkumlyasiyası, ərazinin hidroqrafik şəbəkəsinin yaxşılaşdırılması, su abadlığı, sel təhlükəsinin aradan qaldırılması müsbət təsirə aid edilə bilər.

Mənfi təsirlərə isə torpaqların su basması, su anbarında sahillərin yenidən formalaşdırılması ; mənfi hidrokimyəvi, hidrobioloji dəyişiklər; yaxın ərazidə bitki və münbit örtüyün korlanması; suda və quruda yaşayan canlı aləmin qidalanması şəraitinin pisləşməsi aiddir.

Yuxarıda göstərilən çoxsahəli təsirləri iqtisadi cəhətdən tam qiymətləndirmək çox çətindir. Məsrəflərin iqtisadi səmərəliliyiayrı-ayrı təbiəti mühafizə tədbirləri üzrə təyin edilə bilər. Bura qiymətli ərazilərin mühəndis mühafizəsi, su bərələri və su anbarları sahillərində yaşıl qoruğun yaradılması, kənd təsərrüfatı əkinlərinin bərpa edilməsi və s. aid etmək olar.

Yürsək gərginlikli elektirik ötürücü xətlər də ətraf mühitə məlum dərəcədə mənfi təsir göstərir:

- bu xəttlər böyük torpaq sahələrini tutur;
- xətlərin yaratdığı maqnit sahəsi canlı aləm üçün təhlükə yaradır. Bu baxımdan yüksək gərginlikli elektirik xəttinin keçdiyi ərazidəki istiqaməti böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Müxtəlif tipli elektrik stansiyalarının ərazicə yerləşməsi qeyri-bərabər şərtlər daxilində olur. Nəhəng DRES-lər şəhər və sənaye mərkəzlərindən kənarda yerləşdirilə bilər. İEM-lər iri şəhərlərdə yerləşdirilir, onun ətraf mühitə təsiri böyükdür.

Beləliklə, ətraf mühitə təsirinə görə müxtəlif tipli İES-lərin qiymətləndirilməsinə differensial yanaşmaq və müvafiq olaraq təbiəti mühafizə tədbirləri sistemi nəzərdə tutmaq lazım gəlir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Z.Y.Aslanov və b. Metrologiya, standartlaşdırma və sertifikasiya. Dərs vəsaiti. Bakı, 2017. 356 s.
2. E.B.İskəndərzadə, Z.Y.Aslanov. Ölçmə nəzarətinin üsul və vasitələri. Dərslik. Baki, “Vektor” nəşrlər evi, 2016.326 s.
3. T.D.Ağayev, S.Ə.Əhmədov, T.A.Xəlilov. Ekoloji təhlükəsizlik. Dərs vəsaiti. 2013.162 s.
4. Ş.Ə.Əhmədov, Ş.İ.Məmmədov.Ekolojo monitorinq. Bakı,2012.120 s.

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

[1]Абдулкадыров А. И., [2]Гаджибалаев Н. М., [2]Джаббарова С. М.

[1]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

[2]Сумгаитский государственный университет

Введение.Ветер является одним из наиболее мощных энергетических источников, который издавна используется человеком.

В отличие от традиционных жидких и твердых топлив на "добычу и транспортировку" энергии ветра затраты не требуются. По этому часто говорят, что ветер является "даровым" энергетическим источником. Это ошибочное мнение.Основные затраты, связанные с преобразованиемэнергии ветра в электрическую энергию идут на создание, установку и эксплуатацию ветроэлектрической установки. Затраты эти очень велики.

Именно поэтому к настоящему времени создано большое количество разнообразных ВЭУ. Работы в этой области продолжаются, причем главное внимание обращается на повышение их энергетических показателей.

В статье рассматриваются два типа ВЭУ: 1) ВЭУ с двухскоростным (двухобмотычным) асинхронным генератором и 2) двухгенераторная ВЭУ с стандартными асинхронными генераторами. Данные ВЭУ имеют достаточно рациональные структуры, обеспечивающие им высокую надежность. Вместе с тем, они имеют сравнительно высокий коэффициент использования энергии ветра, что особенно важно при низких скоростях ветра. К примеру, первый тип ВЭУ в диапазоне низких скоростей ветра (3.5÷5.5м/с) характеризуется большим коэффициентом использования энергии ветра, чем ВЭУ с асинхронным генератором двойного питания или ВЭУ с синхронным генератором с преобразователем частоты, являющихся наиболее применяемыми [1]. Данное обстоятельство позволяет заметно увеличить выработку электрической энергии в диапазоне низких скоростей ветра.

Это очевидно следует из выражения для мощности на валу (полезной мощности) ветродвигателя (ВД):

$$P_{ВД} = 4.8 \cdot 10^{-5} D^2 V^3 \cdot \xi, \text{ кВт} \quad (1)$$

где $\mathcal{D}$- диаметр ветроколеса, м; $\mathcal{V}$- скорость ветра, м/с; ξ- коэффициент использования энергии ветра.

Так как $P_{ВД} \equiv \mathcal{V}^3$, то при низких значениях $\mathcal{V}$ выработка электрической энергии существенно уменьшается. Отсюда и вытекает важность задачи повышения коэффициента ξ. Это подтверждается также рис.1, где приведены кривые распределения удельной мощности ветра в зависимости от времени. Площадь под кривой 2 представляет собой ту часть энергии ветра, которая может быть преобразована ВД с данным коэффициентом ξ. Фактическое распределение мощности соответствует кривым 3и4.

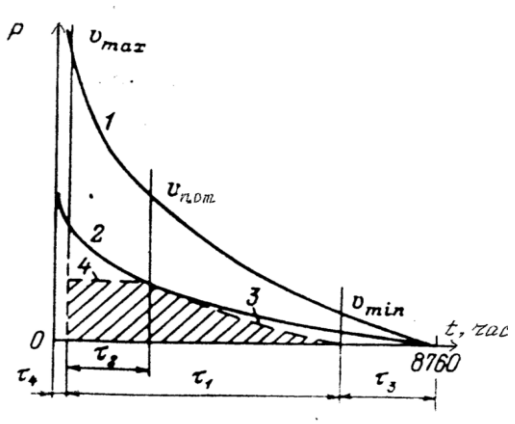


Рис.1.Теоретическое распределение удельной мощности ветра (1), удельной мощности на валу ветроколеса (2) и фактическое распределение удельной мощности ВЭУ (3,4)

Как показывает рис.1, что подтверждается также практикой, существующими конструкциями ВЭУ используется не весь диапазон скоростей ветра (τ_3 и τ_4). Существенную часть продолжительности года ВЭУ либо вообще не развивает полезную мощность (промежутки времени τ_3 и τ_4), либо же развивает ее очень мало (часть τ_1). При скорости ветра $\mathcal{V} < \mathcal{V}_{min}$ мощности ВД не хватает даже на преодоление сил трения в узлах ВЭУ (ВД не функционирует), что продемонстрировано на рис.2.

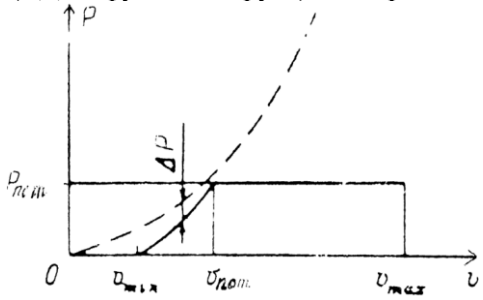


Рис.2. Зависимость мощности (Р) ВЭУ от скорости ветра $\mathcal{V}$: пунктирная кривая - теоретическая кривая мощности на валу ветроколеса ВЭУ, Δ Р - потери мощности ВЭУ.

Проанализируем второй тип ВЭУ- двухгенераторную ВЭУ. Действительно целесообразно, чтобы ВЭУ имело два электрических генератора соответственно для низких и высоких скоростей ветра. Стратегия работы данной ВЭУ такова. При скоростях ветрового потока ниже 3.5 м/с генераторы отключаются от электрической сети и ВЭУ не работает. При скорости 3.5÷ 5.5м/с ВЭУ начинает функционировать и подключается к сети меньшим по мощности генератором. При скорости потока выше 5.5м/с и ниже скорости отключения ВЭУ подключается в сеть посредством второго - большего по мощности генератора (рис.2). При скорости ветра выше 24 м/с ВЭУ останавливается. Скорость отключения - это скорость ветра, при которой ВЭУ должна останавливаться во избежание перегрузки и аварийной ситуации.

По коэффициенту использования энергии ветра данный вариант ВЭУ эквивалентен двухскоростной ВЭУ. По другим энергетическим показателям, а именно, коэффициенту полезного действия, при низких скоростях ветра и коэффициенту мощности превосходит его.

Рассмотрим этот вариант более подробно.

Полезная мощность ВЭУ, включая редуктор и генератор, определяется следующим выражением:

$P_{ВЭУ} = P_{ВД} \cdot \eta_Р \cdot \eta_Г$ (2) где $\eta_Р$ и $\eta_Г$ - коэффициенты полезного действия (к.п.д.) соответственно редуктора и генератора.

К.п.д. редуктора изменяется незначительно и обычно принимается $\eta_P \approx 0.95$.Совсем по-другому обстоит дело с к.п.д. генератора. Одним из недостатков асинхронного генератора, наряду с потреблением реактивной мощности, является существенное уменьшение к.п.д. при малых нагрузках. На это, в частности, было обращено в [2], где для ВЭУ мощность 3МВт типа GROWIAN при нагрузках 100%, 50% и 10% к.п.д. асинхронного генераторасоответствовал значениям 0.95; 0.85; 0.40. Это, в принципе, правомерно и для генераторов в двухгенераторной ВЭУ. Однако здесь при низких скоростях ветра, когда функционирует генератор малой мощности, его загрузка в среднем будет превышать 50% и, соответственно, его к.п.д. будет не меньше 0.85.

В результате этого объем выработки электрической энергии в указанном диапазоне существенно возрастает. Такой эффект в ВЭУ с двухскоростным генератором не может быть достигнут, хотябы потому,что следует принять во внимание наличие в генераторе магнитных и механических потерь.

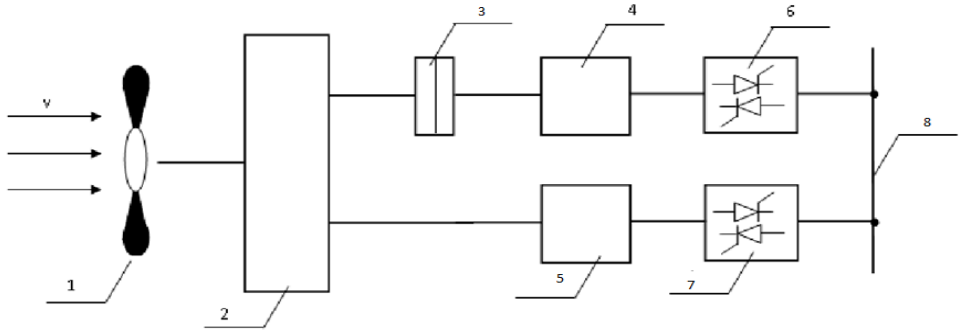


Рис.3. Структурная схема двухгенераторной ветроэлектрической установки: 1- ветродвигатель; 2- редуктор; 3-муфта; 4,5- электрические генераторы соответственно малой и большой мощности; 6,7- тиристорные коммутаторы; 8- электрическая сеть

Наконец, рассмотрим как обстоит дело с третьим энергетическим показателем ВЭУ - коэффициентом мощности ($\cos\varphi$). Для его повышения в ВЭУ с двухскоростным асинхронным генератором можно использовать стандартные решения: либо индивидуальная компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на месте, либо же компенсация реактивной мощности в составе ветроэлектрической станции.

В отличие от этого варианта, двухгенераторная ВЭУ обладает большими возможностями, что связано с наличием в ней генератора малой мощности. Идея предлагаемого подхода заключается в том, что при работе на низких скоростях ветра упомянутый генератор переводится в режим синхронизированного асинхронного генератора с $\cos\varphi \approx 1$ [3-5]. При работе генератора большой мощности генератор малой мощностипереводится в режим синхронного компенсатора. Для этого, как показано на рис.3, между вторым выходным валом редуктора и валом генератора малой мощности включается муфта, например пневматическая, с помощью которой можно было бы разъединять и соединять указанные валы.

.

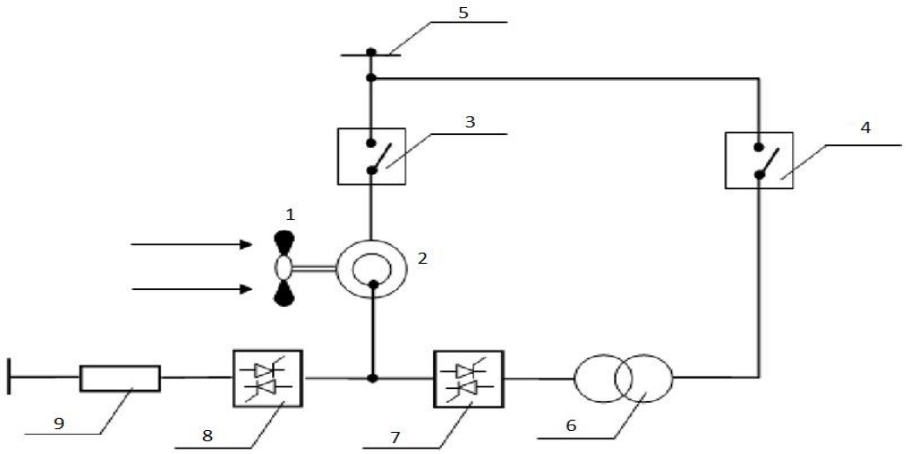


Рис.4. Структурная схема ветроэлектрической установки с синхронизированным асинхронным генератором: 1- ветродвигатель; 2-генератор; 3,4- коммутационные аппараты; 5- электрическая сеть; 6-согласующий трансформатор; 7,8- тиристорные преобразователи; 9-резистор.

В качестве генератора малой мощности предлагается использовать асинхронную машину с фазным ротором. Разработан бесконтактный вариант такой машины (без контактных колец и щеток), система управления которой позволяет реализовать следующие режимы работы: асинхронного генератора с к.з.ротором, синхронизированного асинхронного генератора, асинхронного двигателя и синхронного компенсатора.

На рис.4 приведена структурная схема системы управления двухгенераторной ВЭУ на базе асинхронной машины с контактными кольцами, которая в состоянии обеспечить вышеуказанные режимы работы генератора малой мощности

Выводы

1. Выполнен сравнительный анализ энергетических показателей ВЭУ с двухскоростным асинхронным генератором и двухгенераторной ВЭУ с асинхронными генераторами стандартной конструкции.

2. Показано, что рассматриваемые типы при низких скоростях ветра обладают большими значениями коэффициента использования энергии ветра, чем ВЭУ с асинхронным генератором двойного питания и ВЭУ с асинхронным генератором с преобразователем частоты в цепи статора.

3. Установлено, что по значению коэффициента полезного действия электрических генераторов в диапазоне низких скоростей ветрадвухгенераторная ВЭУ превосходит все другие типы ВЭУ.

4. Предложен подход, при котором коэффициент мощности двухгенераторной ВЭУ можно повысить до значения $\cos\varphi = 1$, что делает ее предпочтительной по сравнению с известными схемами ВЭУ.

Список литературы

1. Мустафаев Р.И., Гасанова Л.Г. Сравнительная оценка эффективности функционирования современных ветроэлектрических установок // Изв. Вузов. Электромеханика, 2008, №8, с.57-60.

2. Windenergetic. 2006. Bundecverband Wind Energetic ServiseGmbh 2006. (Справочник).

3. Абдулкадыров А.И., Мустафаев Р.И. Применение синхронизированного асинхронного генератора в ветроэлектрической установке. // Проблемы энергетики, 2003, №1, с. 28-32.

4. Abdulkadirov A.I., Mustafayev R.I. A new generation scheme of wind power plant // 3- rd International Conference o Technical and Physical Problems in power Engineering, 29-30 may, 2006, Turkey, Ankara, p. 977-979.

5. Абдулкадыров А.И., Гаджибалаев Н.М. Система возбуждения синхронизированной асинхронной машины. // Научн.тр. Азербайджанской государственной морской академии, 2008, №7, с.66-68.

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОТУРБИНЫ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Алексеевский Д. Г., Критская Т. В., Панкова О. О., Турышев К.О.

Запорожская государственная инженерная академия

Анализ проблемы постановка задачи. Одним из перспективных направлений развития ветроэнергетики является использование схемы ВЭУ с переменной скоростью вращения ветротурбины [1, 2, 3, 4]. В работах [5, 6] был рассмотрен алгоритм моментного управления для этих систем. Для реализации данного алгоритма использовалось математическое описание семейства механических характеристик ветротурбины, вид которых представлен на рисунке 1. Каждая из характеристик семейства соответствует определенной скорости ветрового потока (на рисунке характеристики построены с интервалом 1 м/с).

Обычно, при реализации данного алгоритма, используется аппроксимирующее выражения для зависимости коэффициента преобразования мощности ветрового потока в мощность на валу ветротурбины $Cp(Z)$ от быстроходности Z .

Характеристика $Cp(Z)$ может быть определена расчетным путем, который имеет определенную погрешность. При этом, нужно отметить, что точность определения механической характеристики для

рассматриваемого алгоритма имеет существенное значение. Наиболее достоверно эта характеристика может быть получена с помощью аэродинамических испытаний, которые, обычно, проводятся в аэродинамической трубе.

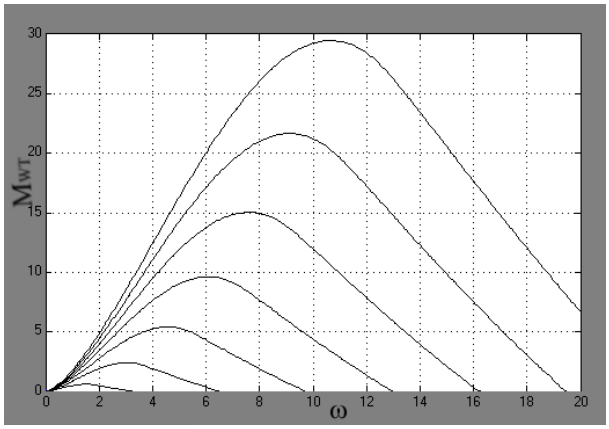


Рис. 1. Семейство механических характеристик ветротурбины

Учитывая, что диаметр современных ветротурбин достаточно большой, определение характеристик, таким способом, имеет определенные сложности. Кроме того, характеристики могут меняться во время эксплуатации ВЭУ (например, вследствие влияния климатических факторов). В связи с этим, может быть целесообразным применение способа определения более точных механических характеристик в процессе эксплуатации ветроэнергетической установки. В данной работе рассматривается реализация способа определения семейства механических характеристик ветротурбины в "полевых" условиях.

Вопрос определения механических характеристик рассматривается в публикации [7]. В работе предложен усовершенствованный алгоритм моментного управления ВЭУ с переменной скоростью, при условии неточной модели ветротурбины. Однако предложенный способ включает в себя решения трансцендентного уравнения, что усложняет процесс регулирования.

Результаты работы. Семейство механических характеристик ветротурбины может быть определено из следующего выражения:

$$M_{WT}(\omega,V)=\frac{\rho\cdot S_{WT}\cdot V^3\cdot Cp(Z)}{2\cdot\omega}, \tag{1}$$

где ρ - плотность воздуха;

S_{WT} - площадь ометаемая ветротурбиной;

V - скорость ветрового потока;

ω - угловая скорость ветротурбины.

Быстроходность определяется из известного выражения:

$$Z(\omega,V)=\frac{R_{WT}\cdot\omega}{V}, \tag{2}$$

где R_{WT} - радиус ветротурбины.

Главное уравнение движения для электромеханической системы ВЭУ имеет вид:

$$J\frac{d\omega}{dt}=M_{WT}-M_g \quad , \tag{3}$$

где J - момент инерции вращающихся масс электромеханической системы приведенной к валу ветротурбины,

M_g - момент на валу генератора приведенный к валу ветротурбины.

Момент на валу генератора может быть косвенно определен через значение тока I в звене постоянного тока:

$$M_g=K_m\cdot I \quad , \tag{4}$$

где K_m - конструктивный коэффициент, связывающий ток в звене постоянного тока и момент генератора.

На основе выражений (1-4) может быть синтезирован вычислитель характеристики $Cp(Z)$ с использованием фильтрации значений переменных (рисунок 2)

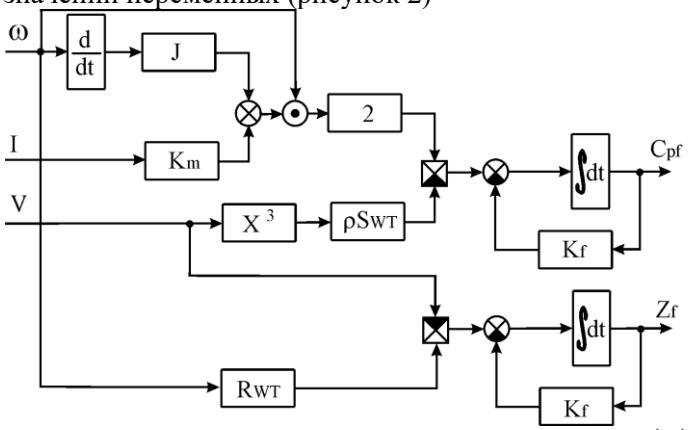


Рис. 2. Блок-схема вычислителя характеристики $Cp(Z)$

Исследование работоспособности рассмотренного способа определения характеристик ветротурбины проводилось с помощью модельного эксперимента. Математическая модель ВЭУ составлена по методике [8]. Блок-схема математической модели ВЭУ, представлена на рисунке 3.

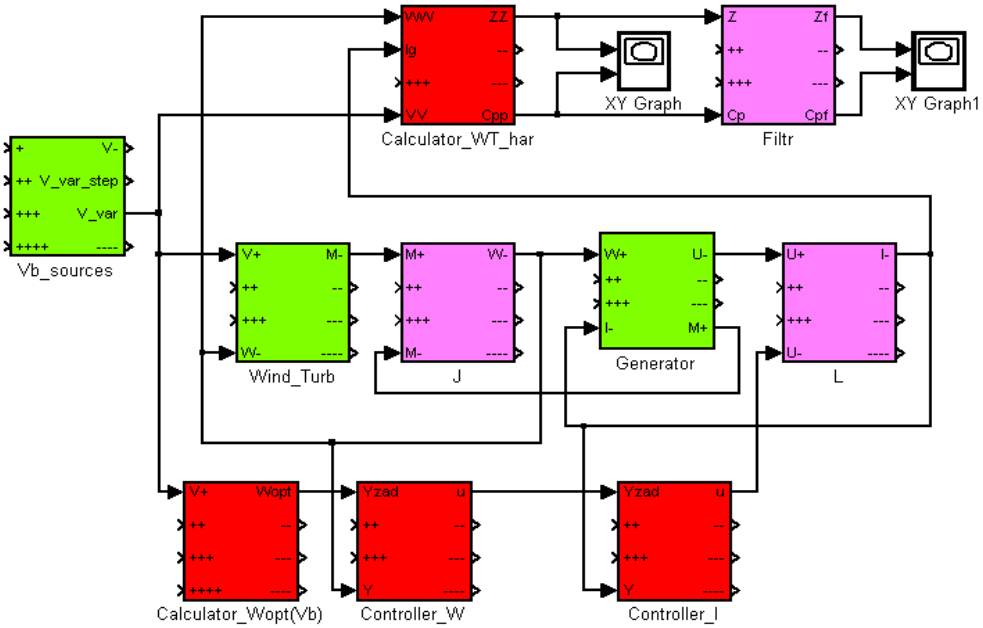
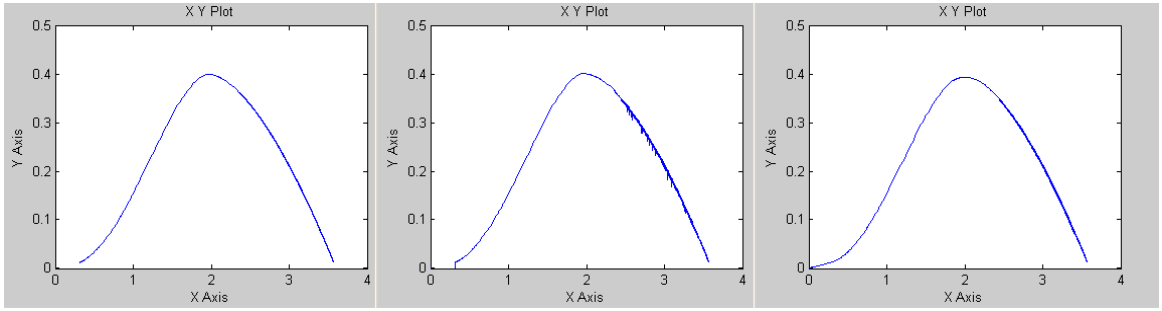


Рис. 3. Блок-схема математической модели ВЭУ с переменной скоростью вращения ветротурбины

На рисунке 4а, 4б и 4в приведены результаты моделирования: реальная характеристика ветротурбины, характеристика, полученная на выходе вычислителя и характеристика после фильтрации соответственно.



а) б) в)

Рис. 4. Результаты моделирования работы вычислителя характеристики $Cp(Z)$

Выводы. В результате проведенного модельного эксперимента была подтверждена работоспособность предложенного вычислителя характеристик ветротурбины.

Для получения характеристики $Cp(Z)$ во всем рабочем диапазоне изменения быстроходности целесообразно производить стабилизацию скорости вращения ветротурбины не для значения оптимальной быстроходности, а для быстроходности холостого хода. При этом следует отметить, что такой режим допустим только при работе ВЭУ на малых скоростях ветрового потока, во избежание возникновения аварийного режима.

Список литературы

1. Ofualagba G. The Modeling and Dynamic Characteristics of a Variable Speed Wind Turbine/ G.Ofualagba, E.Ubeku. // Journal of Energy Technologies and Policy – 2011.- Vol.1, №3. – P. 10-22.
2. Chatinderpal Singh. Variable Speed Wind Turbine/ Chatinderpal Singh.// International Journal Of Engineering Science & Advanced Technology – 2012. - Vol.2 – P. 652-656.
3. Marques J. A Survey on Variable-Speed Wind Turbine System/ J. Marques, H. Pinheiro, H. A. Gründling, J. R. Pinheiro, H. L. Hey.// International Conference Sustainable Power Generation and Supply – 2009. – P. 732-738.
4. Neammanee B. Control Strategies for Variable-speed Fixed-pitch Wind Turbines/ B. Neammanee, S. Sirisumrannukul, S. Chatratana.// Book «Wind Power» - 2010.- P. 209-232.
5. Алексеевский Д.Г. Динамические траектории регулирования ветроэлектрогенерирующей системы на базе сверхсинхронного вентильного каскада/ Д.Г. Алексеевский, А.В.Переверзев, В.В.Семенов // Технічна електродинаміка, Тем. випуск "Силова електроніка та енергоефективність ". - 2002 -Ч.2.,-С. 14-17.
6. Алексеевский Д.Г., Анализ эффективности моментного управления электромеханической системой ВЭУ/ Д.Г. Алексеевский // Вестник Черниговского государственного технологического университета. Серия «Технические науки»: научный сборник ЧГТУ. – Чернигов: ЧГТУ, 2013. - №2(65). – с. 17-24.
7. Панкова О.О., Алгоритм управления электромеханической системой ВЭУ с переменной скоростью вращения/ О.О Панкова// Начнно-Практический журнал Электроника и Электромеханика. Спец.выпуск: Силовая Электроника и Энергоэффективность. – 2016. - 4(1). - с.98
8. Алексеевский Д.Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Спецвипуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2017. – № 27(1249). – С. 332–336.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ МАТРИЦЫ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ТРЕХКАНАЛЬНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Алексеевский Д.Г., Критская Т. В., Манаев К. В., Таранец А. В.

Запорожская государственная инженерная академия

Проектирование многоканальных систем сопровождается высокой сложностью их математического описания. Разветвлённая схема преобразования энергии, высокий порядок системы дифференциальных уравнений, наличия большого количество нелинейных элементов приводит к затруднениям в понимании работы таких систем. Описание системы в модели субблоков и формирование соответствующих библиотек может решить вышеописанные проблемы. В работе [1] было представлено методику построения визуально-блочных моделей (ВБМ) многоканальных ветроэнергетических установок. Методика основана на представлении ВЕУ в форме схемы энергетических трактов. Данный подход позволяет сформировать библиотеку компонентов, что значительно упрощает синтез, как на стадии разработки, так и на стадии отладки имитационной модели. В работе [2] было представлена методика синтеза моделей в переменных состояния для многоканальной ветроэлектрогенерирующей системы, которая базируется на представлении ее работы в форме структуры энергетического тракта. Предложенный алгоритм преобразовывает визуально-блочную модель многоканальной ветроэлектрогенерирующей системы в модель в переменных состояний.

Целью данной работы является реализация алгоритма получения матрицы переменных состояний для трехканального ветроэнергетического комплекса.

Объектом управления, математическая модель которого разрабатывается, выступает экспериментальная ветроэнергетическая установка (ВЭУ) с аэродинамическим мультиплицированием (АДМ). Экспериментальную ВЭУ условно разделяется на две части: на механическую и электрическую. Механическая часть включает в себя первичное ветроколесо, на лопастях которого расположены вторичные ветротурбины с генераторами. Электрическая часть включает в себя вышеупомянутые генераторы, три импульсных преобразователя (в качестве регулятора тока генераторов), конденсатор и аккумуляторную батарею в качестве нагрузки. Функциональная схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

При построении модели вводятся ряд допущений:

– система ВЭУ ортогональная, то есть угол установки оси каждого вторичного ветроколеса относительно площади первичного ветроколеса равен нулю;

– поток ветра равномерно распределяется по всей площади вращения первичного ветроколеса;

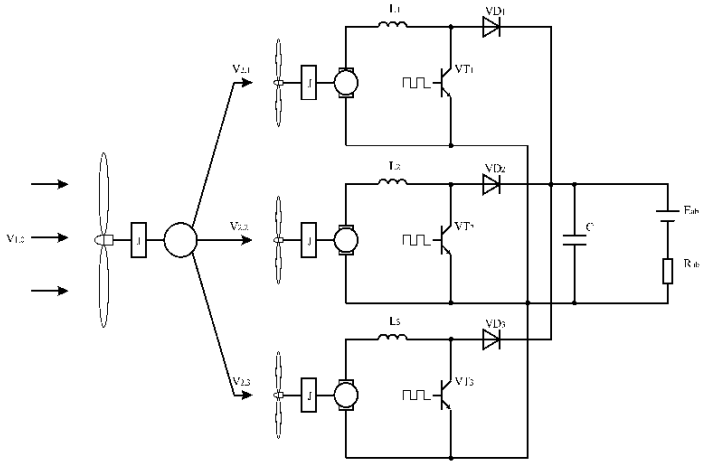


Рисунок 1. Функциональная схема экспериментальной ВЭУ с АДМ

На первом этапе синтеза модели объекта управления строится схема трактов преобразования мощности. Схема энергетических трактов экспериментальной ВЭУ с АДМ представлена на рисунке 2.

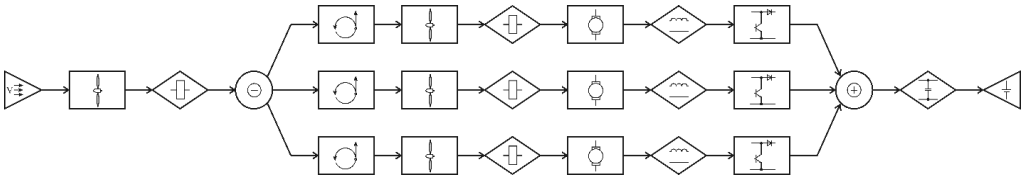


Рисунок 2. Схема энергетических трактов экспериментальной ВЭУ с АДМ

Полученная таким образом схема ВЭУ являться исходной информацией для следующего этапа моделирования – построение визуально математической модели. Схема визуально-блочной математической модели (ВБМ) экспериментальной ВЭУ с АДМ представлена на рисунке 3.

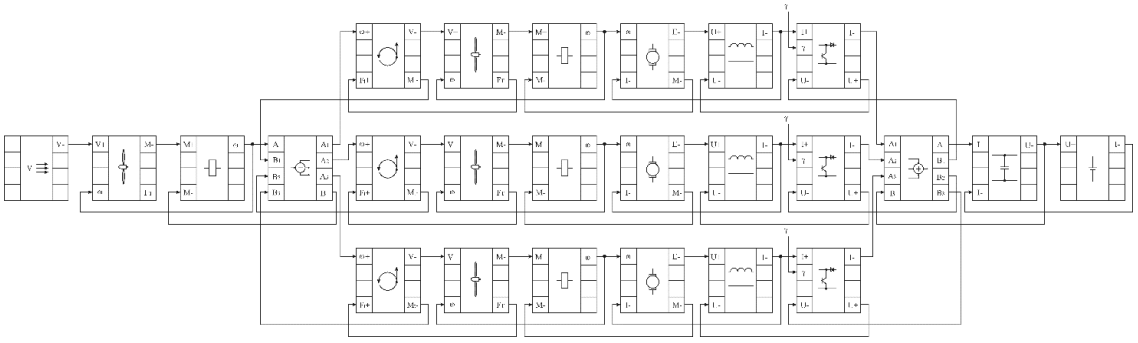


Рисунок 3. Схема ВБМ экспериментальной ВЭУ с АДМ

На этапе превращения ВБМ ветроэнергетического комплекса в пакет карт элементов (ПКЭ) каждой связи ВБМ ставиться в соответствие индекс системы (рисунок 4): $x_{к}^{0}$, $x_{к}^{+}$, $x_{к}^{-}$, $x_{к}$ [2].

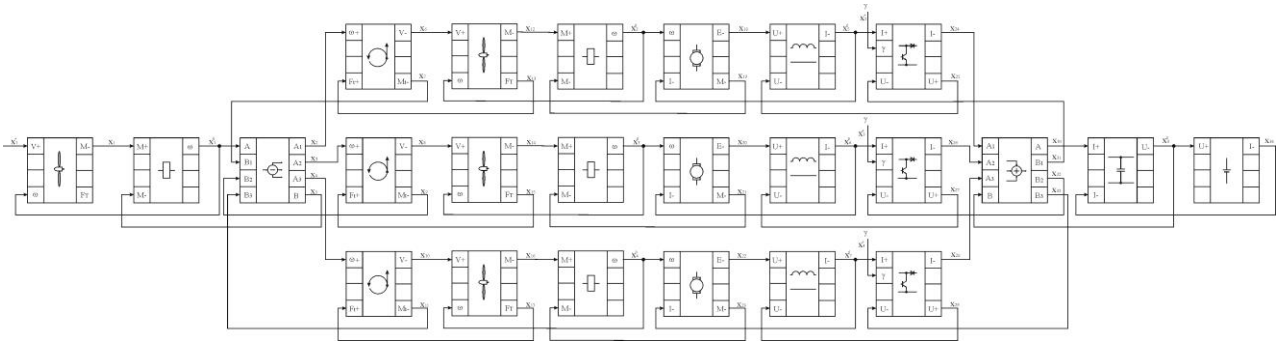


Рисунок 4. Схема ВБМ ветроэнергетического комплекса
с индексами системы

Каждому элементу ВБМ, ставиться в соответствие карта элемента из библиотеки типов элементов. Карты элементов заполняются индексами системы, в следствии чего устанавливаться связь между переменными системы и типовыми переменными элементов. На рисунке 5 представлены карты элементов экспериментальной ВЭУ с АДМ.

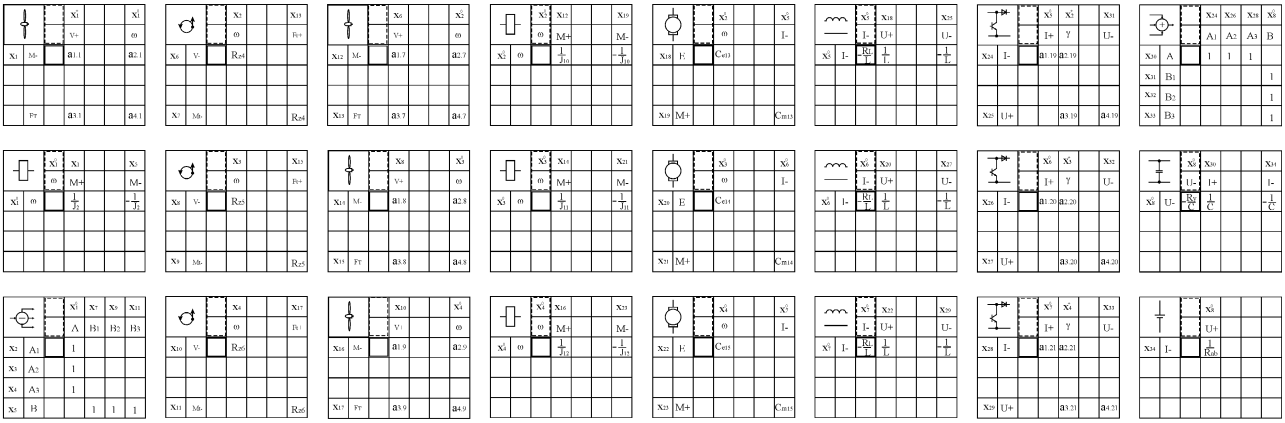


Рисунок 5. ПКЭ экспериментальной ВЭУ с АДМ

На базе ПКЭ формируется матрица системы, общий вид которой приведен на рисунке 6. В результате преобразования матрицы системы получаются матрицы переменных состояний экспериментальной ВЭУ с АДМ:

$$A=\begin{bmatrix}
\frac{a_{2.1}-a_{3.7}\cdot {R_{Z.4}}^2-a_{3.8}\cdot {R_{Z.5}}^2-a_{3.9}\cdot {R_{Z.6}}^2}{J_2} & -\frac{a_{4.7}\cdot R_{Z.4}}{J_2} & -\frac{a_{4.8}\cdot R_{Z.5}}{J_2} & -\frac{a_{4.9}\cdot R_{Z.6}}{J_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\frac{a_{1.7}\cdot R_{Z.4}}{J_{10}} & \frac{a_{2.7}}{J_{10}} & 0 & 0 & -\frac{C_{M.13}}{J_{10}} & 0 & 0 & 0 \\
\frac{a_{1.8}\cdot R_{Z.5}}{J_{11}} & 0 & \frac{a_{2.8}}{J_{11}} & 0 & 0 & -\frac{C_{M.14}}{J_{11}} & 0 & 0 \\
\frac{a_{1.9}\cdot R_{Z.6}}{J_{12}} & 0 & 0 & \frac{a_{2.9}}{J_{12}} & 0 & 0 & -\frac{C_{M.15}}{J_{12}} & 0 \\
0 & \frac{C_{E.13}}{L_{16}} & 0 & 0 & -\frac{R_{L.16}}{L_{16}} & 0 & 0 & -\frac{a_{4.19}}{L_{16}} \\
0 & 0 & \frac{C_{E.14}}{L_{17}} & 0 & 0 & -\frac{R_{L.17}}{L_{17}} & 0 & -\frac{a_{4.20}}{L_{17}} \\
0 & 0 & 0 & \frac{C_{E.15}}{L_{18}} & 0 & 0 & -\frac{R_{L.18}}{L_{18}} & -\frac{a_{4.21}}{L_{18}} \\
0 & 0 & 0 & 0 & \frac{a_{1.19}}{C_{23}} & \frac{a_{1.20}}{C_{23}} & \frac{a_{1.21}}{C_{23}} & -\frac{a_{1.21}}{C_{23}\cdot R_{ab.24}}
\end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{a_{1.1}}{J_2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{a_{3.19}}{L_{16}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{a_{3.20}}{L_{17}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{a_{3.21}}{L_{18}} \\ 0 & \frac{a_{2.19}}{C_{23}} & \frac{a_{2.20}}{C_{23}} & \frac{a_{2.21}}{C_{23}} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Выводы. В работе проведена реализация алгоритма получения математической модели системы и ее математического описания в форме матриц переменных состояний. Полученные матрицы переменных состояний ветроэнергетической системы являются основой для реализации оптимальных регуляторов посредствам современной теории автоматического управления.

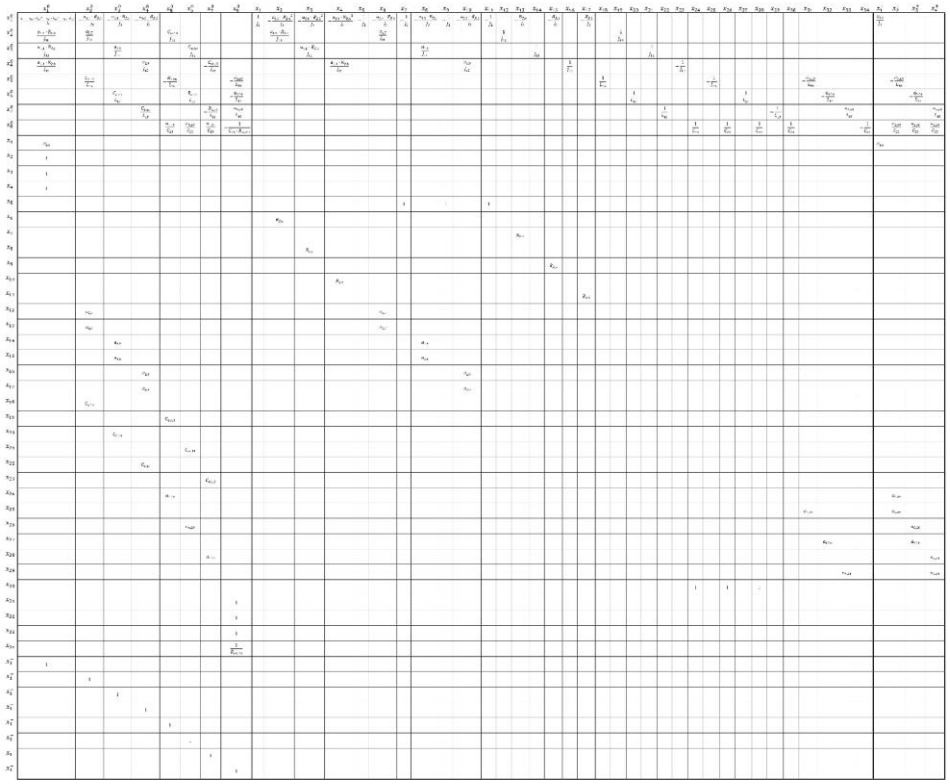


Рисунок 6. Матрица системы

Список литературы

1. Алексеевский Д.Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Спецвипуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2017. – № 27(1249). – С. 332–336.

2. Алексієвський Д.Г. Синтез моделей у змінних стану для багатоканальних вітроелектрогенеруючих систем / Д.Г. Алексієвський, // Вісник КНУТД. Серія: Технічні науки. – К.: КНУТД», 2017. – № 5 (114). – С. 11–16.

ВНЕДРЕНИЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ НА СВИНОВОДЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Асфандиярова Л. Р., Юнусова Г. В., Мурадымова О. И., Газиева Р.А.

Филиал ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет в г. Стерлитамаке

В последнее время интерес к возобновляемым источникам энергии резко возрос практически во всех странах мира, это связано в первую очередь с надвигающимся энергетическим кризисом. На сегодня, по оценкам ученых, балансовые запасы нефти на планете составляют всего 400 млрд. т, а ежегодная ее добыча - около 3 млрд. т. Таким образом, с учетом современных технологий разработки месторождений и при существующих ценах на нефть этих запасов хватит максимум на 50-75 лет. Поэтому развитие возобновляемой энергетики является актуальной задачей в современном мире. Одним из перспективных направлений в этой области является переработка сельскохозяйственных отходов [1].

В связи с этим, нами предлагается переработка отходов свиноводческих комплексов с целью получения биогаза, как одного из перспективных источников альтернативной энергии.

Вид основной сельскохозяйственного предприятия – выращивание и откорм свиней. В процессе хозяйственной деятельности данного предприятия образуются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сточные воды и большое количество отходов производства, которые и являются объектом нашего исследования. Перечень отходов основных производств на свиноводческом предприятии представлен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень отходов основных производств

Наименование отхода	Класс опасности	Количество, т/год	% от общего количества отходов
Навоз от свиней свежий	3	29930,0	43,86
Навоз от свиней перепревший	4	32010,0	46,91
Отходы от механической и биологической очистки сточных вод	4	5575,0	8,17
Отходы мяса, кожи, прочие	5	295,2	0,43
Помет гусиный перепревший	4	425,5	0,62
Итого		68235,7	100

Из таблицы видно, что 90% отходов составляет навоз от свиней. На основании проведенной экологической оценки работы предприятия можно сделать вывод о том, что навозохранилище является источником загрязнения литосферы, и далее загрязнения подземных вод. Масса отходов основных производств составляет около 70 тыс. т/год.

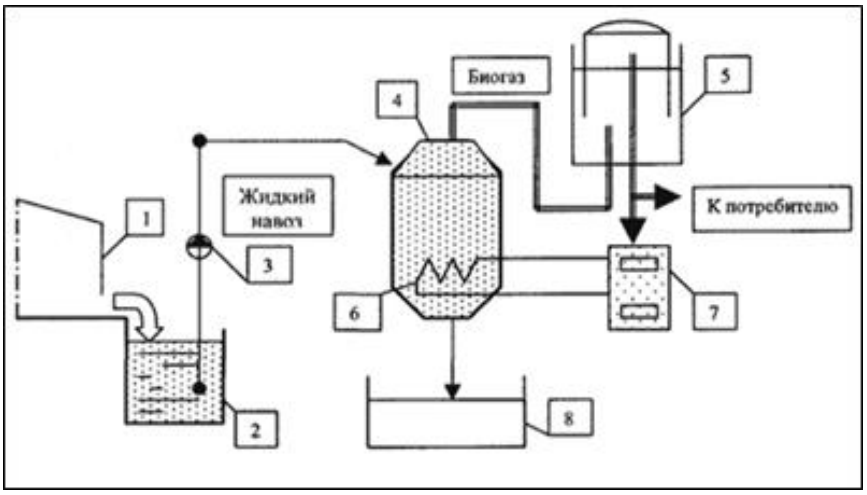
Для решения проблемы отходов данного свиноводческого комплекса предлагается внедрение технологии утилизации образующегося навоза посредствам его переработки, с получением биогаза. Благодаря этому становится реальным создание экологически чистых замкнутых циклов интенсивного сельскохозяйственного производства [2].

Биогазовая установка предназначена для микробиологической анаэробной конверсии навоза в биогаз в условиях животноводческих комплексов. Для равномерного перемешивания и нагревания биомассы в биогазовой установке предусмотрен многосекционный реактор, дно которого имеет уклон от узла загрузки к узлу выгрузки [4]. Мешалки, длина лопастей которых превышает уровень биомассы, расположенны в каждой секции реактора и кинематически связанные с приводом узла загрузки. Узлы загрузки и выгрузки выполнены в виде винтовых конвейеров, состоящих из кожуха и вала со спиралью, вал конвейера узла загрузки выполнен полым и перфорированным, а кожух конвейера узла выгрузки снабжен герметичной

цилиндрической емкостью, установленной выше уровня биомассы и образующей с ним кольцевую полость, сообщенную с полостью вала конвейера узла загрузки через водонагревательный котел и массонасос, при этом кожух в месте расположения емкости выполнен перфорированным.

Для удаления и утилизации навоза промышленной площадки по откорму и выращиванию свиней снабжены щелевыми полами [3].

Биореактор является газонепроницаемым, полностью герметичным резервуаром из стали или железобетона, его конструкция предусматривает теплоизоляцию, для поддержания в биореакторе температуры. Он снабжен мешалкой, для более гомогенного перемешивания смеси. Свежий навоз подают в биореактор небольшими порциями несколько раз в день. Для субстрата с использованием силоса 50:50% средняя длительность гидравлического отстаивания внутри биореактора (в зависимости от субстратов) составляет, в среднем около 60 дней. В течение этого времени органические вещества внутри навоза метаболизируются микроорганизмами (рис.1).



1-свиноводческий комплекс, 2 - навозоприемник, 3 – насос, 4 – метатенк,
5 – газгольдер, 6 –теплообменник, 7 – котел, 8 - навозохранилище.
Рис. 1. Схема биогазовой установки

В итоге на выходе получают следующие продукты: биогаз и субстрат (компостированный и жидкий). Последний сохраняется в навозохранилище для удобрения. Полученный биогаз направляют в газгольдер, где выравниваются давление и состав газа. Непрерывная подача газа в газовый или дизельно-газовый двигатель-генератор, позволяет производить тепло и электроэнергию [5].

При внедрении биогазовой установки будут полностью утилизироваться отходы, сократиться выброс вредных веществ в атмосферу в 30 раз. Полученные результаты позволяют показать параметры биогазовой установки с учетом местных ресурсов биомассы и
при использовании этой энергии сэкономить горючее топливо и электроэнергию, получить высококачественное удобрение и, тем самым, исключить зависимость от импортируемых энергоносителей.

Разработка данной технологии позволяет:

1) существенно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, образующиеся при хранении отходов на открытых площадках навозохранилищ;

2) полностью утилизировать отходы;

3) синтезировать биогаз в процессе утилизации отходов, который в дальнейшем возможно использовать для получения энергии;

4) получить биоудобрения, использование, которого возможно на сельхозугодиях совхоза.

Таким образом, разработанная нами технология утилизации отходов свиноводческого комплекса является важным мероприятием, имеющим экологическую и энергетическую значимость.

Список литературы

1. Горбатюк О.В., Лившиц А.Б., Минько О.И. Утилизация биогаза полигонов твердых бытовых отходов. Проблемы больших городов // Обзорная информация МГЦНТИ. – М.: 1998. – 18 с.
2. Колесников С.И. Экологические основы природопользования. Учебник. Изд-во «Дашков и К», 2008. – 304 с.
3. Лившиц А.Б., Гурвич В.И. Утилизация свалочного биогаза – мировая практика, российские перспективы // Чистый город. 1999. №2. – С. 8-17
4. http: //www.transgaz-holding.ru/biogazovaya_ustanovka_na
5. http: //www.y10k.ru/books/detail273648.html

РАЗРАБОТКА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ МАТРИЦЫ КАК ЭЛЕМЕНТА СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

ВеревкинЛ.Л.,Свитанько Н. В.,Хрипко С. Л.

Запорожская государственная инженерная академия

Одной из характерных особенностей современного этапа развития человечества является быстрый рост энергопотребления. Электроэнергияя влияется наиболее совершенным видом энергии, легко доставляетсяп отребителю. Наиболее привлекательным является удовлетворение растущих энергетических потребностей человечества за счет возобновляемых источников энергии, в первую очередь за счет целенаправленного использования и преобразования энергии Солнца[1].

Солнце движется по небу с востока на запад. Солнечные панели эффективно работают, когда они направлены на солнце и их поверхность перпендикулярна солнечным лучам. Солнечные панели, как правило, располагаются на крыше или конструкции, установлены в фиксированном положении и не могутследить за положением солнца в течение дня. Поэтому, как правило, солнечные панели не находятся под оптимальным углом наклона между горизонтальной плоскостью и солнечной панелью в течениевсего дня. Вследствие движения Земли вокруг Солнца, имеют место также сезонные вариации. Зимой солнце не достигает того же угла, как летом. В идеале, солнечные панели должны располагаться летом более горизонтально, чемзимой. Поэтому солнечные батареи должны иметь механизмы ориентации на движение солнца изменяя угол наклона для работы летом или для работызимой. Разработка устройств, позволяющих автоматически ориентировать солнечную батарею на солнце являеться актуальной.[2, 3]

Одним из основных элементов следящей системы является светочувствительная матрица. В разрабатываемом устройстве состоящей из непрозрачного основания использованы четыре светочувствительных датчика (инфракрасные фототранзисторы), которые расположены в центре.

Фототранзисторы разделяются двумя тонкими металлическими полукруглыми перегородками, в которых выпиленная пазы к середине, что позволяет обеспечить соединение. Подобная конструкция имеет хорошую жесткость и мало подвержена влиянию осадков. Каждый транзистор находится в своейотдельной секции(рис.1).

В обычном рабочемположении при освещении устройство расположено так что один датчик (ближайший) улавливаетсолнечные лучи, тогда как другие находятся в тени.Информация, поступающая из этих четырех датчиков, используется системой для отслеживания движения солнца по небосводу.

Каждый из четырех фото транзисторов работает независимо от других, поэтому процесс преобразования сигнала происходит четырехкратно.

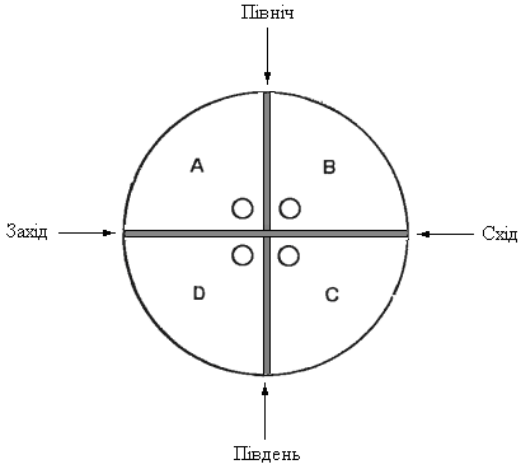


Рисунок 1 – Ориентация секторов светочувствительной матрицы относительно сторонсвета (вид сверху)

Логику работы устройства слежения за положением солнца рассмотрим с помощью таблицы истинности (табл. 1).

Таблица 1

Логика работы устройства

A	B	C	D	F1	F2	F3	F4	Состояние двигателя M1	Состояние двигателя M2
0	0	0	0	1	1	1	1	выключен	выключен
0	0	0	1	1	1	1	1	выключен	выключен
0	0	1	0	1	1	1	1	выключен	выключен
0	0	1	1	1	0	1	0	вращается на север	вращается на запад
0	1	0	0	1	1	1	1	выключен	выключен
0	1	0	1	1	1	1	1	выключен	выключен
0	1	1	0	1	1	1	1	выключен	выключен
0	1	1	1	1	0	1	0	вращается на север	вращается на запад
1	0	0	0	1	1	1	1	выключен	выключен
1	0	0	1	1	1	1	1	выключен	выключен
1	0	1	0	1	1	1	1	выключен	выключен
1	0	1	1	1	0	1	0	вращается на север	вращается на запад
1	1	0	0	0	1	0	1	вращается на юг	вращается на восток
1	1	0	1	0	1	0	1	вращается на юг	вращается на восток
1	1	1	0	0	1	0	1	вращается на юг	вращается на восток
1	1	1	1	0	0	0	0	выключен	выключен

На основании полученных уравнений была построена схема устройства, и определены принципы функционирования устройства. (рис.2)

Когда фототранзистор VT1 не освещен, на выходе микросхемы DD1 появляется напряжение высокого уровня. То же самое справедливо для фототранзисторов VT2, VT3 и VT4 если они не освещены, на соответствующих выходах микросхем инверторов DD2, DD3, DD4 является высокий потенциал. Логическое по-заданием управления решается микросхемами DD5, DD6, DD7, DD8. Ониявляются элементами И-НЕ. Если на оба входа элемента И-НЕ подать высокий потенциал, на выходе установится напряжение низкого уровня.

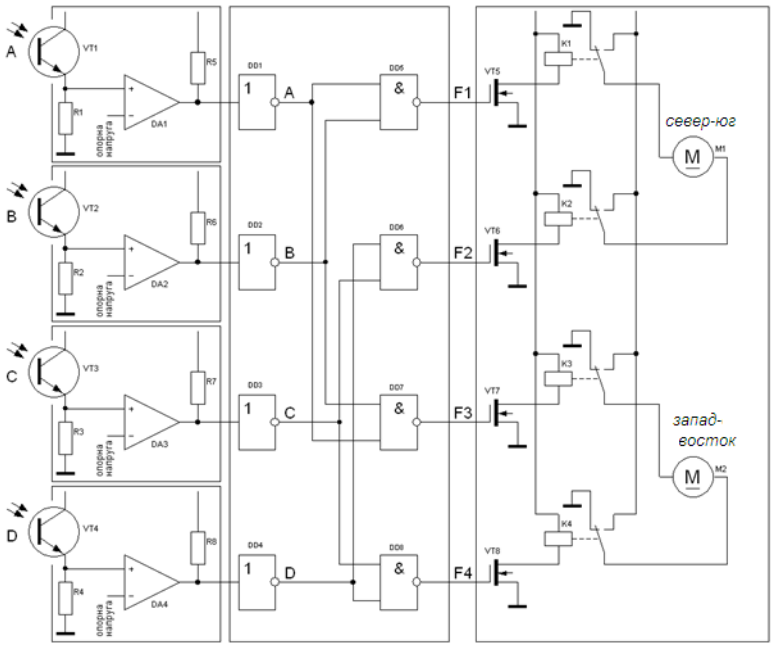


Рисунок 2. Схема устройства

Таким образом, разработана конструкция светочувствительной матрицы с использованием четырех фототранзисторов обеспечивающих получение сигналов позиционирования солнечных батарей, а такжесхема устройства с логическим управлением направления вращения электродвигателей, которая позволяет ориентировать приемные солнечных батарейна солнце, независимо от ихрасположения в разный период времени суток. Автономное питание позволяет работать устройству независимо от внешних сетей.

Список литературы

1. Хрипко С. Л. Солнечные батареи на основе низко-розмерных нанокомпозитных структур/ С. Л. Хрипко, В. В. Кидалов // JournalofNano- andElectronicPhysics. – 2016. – Vol. 8. – № 4(2). – P. 04071(1–10)

2. Информационный ресурс енергетики UKRELEKTRIK. URL: http://ukrelektrik.com/publ/sistema_slezhenija_za_solncem_dlja_solnechnykh_batarej/1-1-0-1643

3. Солнечный трекер двухкоординатный ED-2000dual. URL: http://www.energy-ds.ru/catalog/generating/solarenergy/suntrack-er/ed2000d.html

ДВИЖЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ БЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

[1]Казымов М.Г., [2]Исаков Г.И.

[1]Нахичеванское отделение НАН Азербайджана

[2]Институт Физики НАН Азербайджана

gudrat.isakov@gmail.com

mahbubkazimov@yahoo.com

Нахчыванская котловина Азербайджанской Республики занимает южную часть Кавказского перешейка и расположена между 38°51’- 39°52’ с. ш. и 44°37’ - 46°13’ восточной долготы, на оконечности юго-западного склона Малого Кавказа.

Горно-котловинный рельеф Нахчыванской АР очень неблагоприятен для рассеивания вредных веществ в атмосфере и способствуют нарушению баланса. Для предотвращения нарушения этого баланса требуется отчистка воздуха от загрязняющих веществ.

На степень состояния атмосферного воздуха в Нахчыванской котловине влияют облачность, туманы, застой (штиль) ветра и радиационный режим:

– облачность препятствует турбулентному обмену в атмосфере котловины и количество примесей в воздухе увеличивается от 10 до 50% ;

– вода на озере Ганлыгел и искусственных водоемах делает воздух влажным. При поглощении примесей влагой образовываеются токсичные вещества [2].

В летние дни при штилевом состоянии ветра на высоте 100-150 м. образовывается слой температурной инверсии, который задерживает загрязненные массы воздуха над территорией котловины.

Помимо этого, рельеф местности способствует усилению инверсии в глубоких впадинах и обрывах. Опускаясь из гор холодный воздух, повышает концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Изменения массовой и весовой плотности воздуха Нахчыванской котловины в зависимости от его температуры и давления до высоты 4 км показаны в таблице 1.:

Таблица 1. Изменения массовой и весовой плотности воздуха Нахчыванской АР

№	Название районов	Высота H (н.у.м.)	Давление мм. рт. ст.	Плотность кгс $с^2/м^4$
1	город Нахчыван	850	700,0	1,16
2	Шарурский район	800	710,0	1,18
3	Бабекский район	850-1000	700,0 -675,0	1,16 -1,13
4	Джульфинский район	1000-2000	675,0 -600,0	1,13 -1,03
5	Шахбузский район	1500-3000	635,0 -530,0	1,08 -0,93
6	Ордубадский район	1500-3000	635,0 -530,0	1,08 - 0,93

В Нахчыванской котловине июнь- август месяцы наблюдаются сухие и горячие ветры-«суховеи». Относительная влажность при суховеях падает до $15 \div 20\%$. Температура воздуха достигает $+ 45^0$C и выше. Наблюдаются они в Шарурском, Садаракском, Кенгерлинском, Бабекском районах [1].

Вода на озере Ганлыгел и искусственных водоемах (Вайхыр, Араз, Арпа, Бананияр, Сираб) нагреваясь испаряются. Испарения этих озёр делает воздух котловины влажным. Резко увеличивается количество содержащихся в воздухе частицы водяного пара, пыли и загрязняющих веществ.

Окружающие Нахчыванскую АР горы оказывают тормозящее действие на вращательное движение атмосферы. Наличие невысоких гор внутри котловины (Велидаг, Ардыч, Кюкюдаг, Гёйдаг, Иланлыдаг, Дарыдаг, Ордубаддаг и т. д.) способствуют изменению направления и скорости ветра, что происходит в результате обтекания этих гор воздушными потоками. Горные рельефы с многочисленными препятствиями создают значительные трение и сильно замедляют скорость ветра.

При эффективном сопротивлении препятствия замедляется горизонтальный ветровой поток и увеличивается вертикальный скорость ветрового потока и происходить деформация воздушного потока. Вертикальные движения ветрового потока в горном рельефе бывает значительно больше, чем на открытой местности. Горизонтальные скорости ветрового потока (V) находим по формуле:

$$V = V_h\,(1 - K_З)$$

Где: V_h – скорость вертикального движения ветрового потока;

$K_З$ – коэффициент замедления скорости ветрового потока.

Коэффициент замедления $K_З$ учитывает высоту, ширину и формы ущелья. $K_З$ находим по формуле:

$$K_З = \sqrt{C_{сп} + 0.5 \cdot C_{ch} \cdot (1 - \eta) \cdot P_в \cdot \sum \frac{h}{b}}$$

Где: $C_{сп}$ и C_{ch} – коэффициенты сопротивления поверхности земли и склонов ущельий.

$C_{сп} = 0.003$ и $C_{ch} = 0.6$;

$P_В$ – плотность ущелья;

h, b – средняя высота и ширина ущелья;

η – проницаемость ветра на ущелья.

В Нахчыванской АР зимой горы являются «холодильниками». Окруживший Нахчыванской котловины горная цепь оказывает задержку холодного воздуха и это приводит к усилению роста

давления, который идет от горы в сторону низкого давления. Это приводит к возрастанию скорости ветра и созданию турбулентности воздушного потока и созданию вихря.

Неровность поверхности земли имеет существенное значение. Равнинная территория позволяет ветровому потоку легче смешиваться с турбулентным потоком, образующимся позади препятствия.

В турбулентном потоке наблюдается непрерывное беспорядочное вихревое движения воздуха во всех направлениях, что требует большего количества энергии и создается большее сопротивление воздушному потоку [3].

Скоростной напор воздушного потока протекающий через ширину ущелья или каньона**,** определяем по формуле:

$$q = \frac{\rho V^2}{2}$$

Где: q – скоростной напор воздуха (кгс/м^2);

ρ – плотность воздуха;

V – скорость воздушного потока.

Значение силы напора воздушного потока определяем по формуле:

$$X = c_x \frac{\rho S}{2} V^2$$

Где: ρ - плотность воздушного потока;

S - площадь поперечного сечения ущелья или каньона м^2;

V - скорость ветрового потока м/с;

c_x – **коэффициент** силы лобового сопротивления препятствия.

При измерении скорости и направления ветра в Нахчыванской АР выяснилось, что наибольшее значение и продолжительность средней скорости ветра имеется в городе Шахбузе, в селе Биченек Шахбузского р-на, в городе Джульфе и в селе Агдере Ордубадского р-на. Достаточные запасы ветра имеются в селе Кюкю и в перевале Батабат Шахбухского района, в селе Тиви и в селе Котам Ордубадского района и горных хребтах Иланлыдага Джульфинского района.

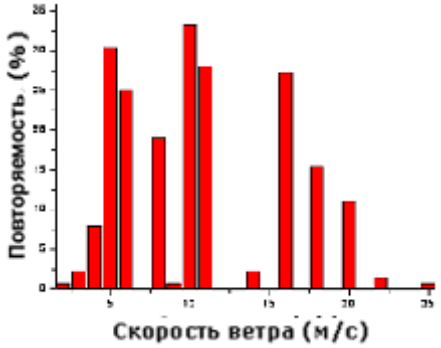
В мире стандартом энергии ветра принимают данные Датской ассоциации. Исходя из этого нами были рассчитаны значения энергии ветра для районов Нахчыванской АР [5] таблица 2.

Таблица 2. Значения энергии ветра для районов Нахчыванской АР.

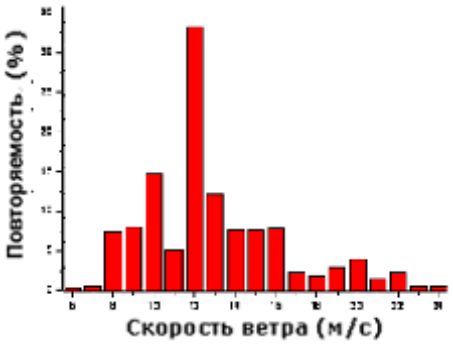
Скорость ветра	Стандарт	Бабекский район	Джульфинский район	Шахбузский район	Ордубадский район	Шарурский район
м/с	Вт/м^2	Вт/м^2	Вт/м^2	Вт/м^2	Вт/м^2	Вт/м^2
1	1	0.6	0.54	0.5	0.5	0.6
3	17	15.5	14.5	14	13	16
5	77	71	67	64	61	73
9	477	416	390	375	354	423
11	815	759	712	685	646	772
15	2057	1924	1806	1738	1637	1958
18	3572	3324	3120	3004	2829	3383
21	5672	5279	4955	4770	4492	5362
23	7452	6935	6509	6266	5901	7057

На рис.1 показаны гистограммы повторяемости сколько времени и с какой скоростью в году дул ветер за 2015 год по районам Нахчыванской АР. Гистограммы скоростей ветра позволяет представить распределение скоростей ветра по сезонам года:

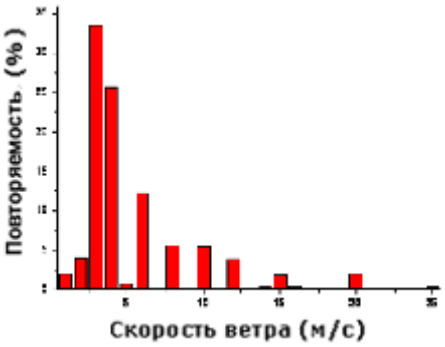
1. – г. Нахчыван: 2. – г. Джульфа:



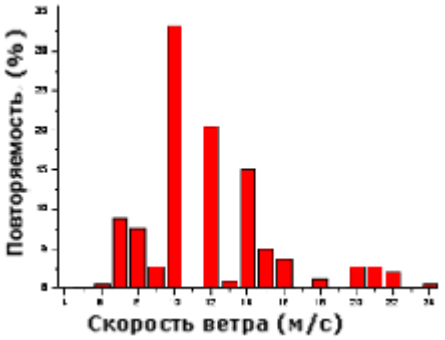
4 – г. Шарур:



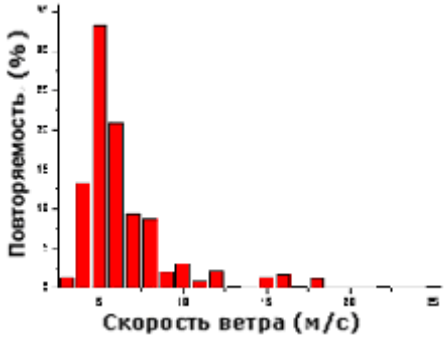
3 – г. Шахбуз:



5 – село Агдере Ордубадского района:



6 – село Биченек Шахбузского района:



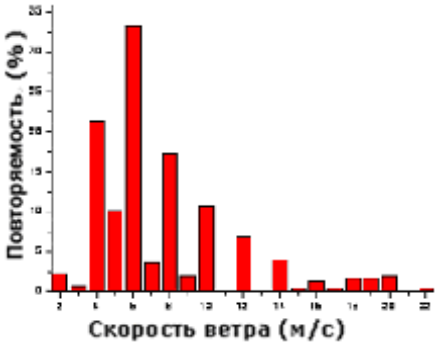


Рис.1. Гистограммы повторяемости скорости ветров по районам Нахчыванской АР.

Из гистограмм видно, что наибольшее значение и продолжительность средней скорости ветра имеется в городе Шахбуз, селе Биченек, городе Джульфе, и в селе Агдере. Достаточные запасы ветро энергетического потенциала имеются в селе Кюкю и перевале Батабат Шахбухского района, в селе Тиви, село Котам и горных хребтах Ордубадского района, горных хребтах Иланлыдага Джульфинского района.

Нами был проведен зонирование ветрового потенциала на территории Нахчыванской АР (Рис.2).

Помимо этих процессов в Нахчыванской котловине при воздействии метеорологических условий, происходить сдвиг ветра. Это происходить особенно на высотах менее 600 м. По мере изменения высоты, в близости поверхности земли сопротивление, создаваемое трением воздуха при преодолении невысоких гор и холмов, способствует изменению скорости и направления ветра.

Воздушный слой высотой до 100 м. в Нахчыванской котловине, это самый не предсказуемый и самый сложный слой по определении воздушных потоков:

$$V_1 = V_0 \cdot \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^k$$

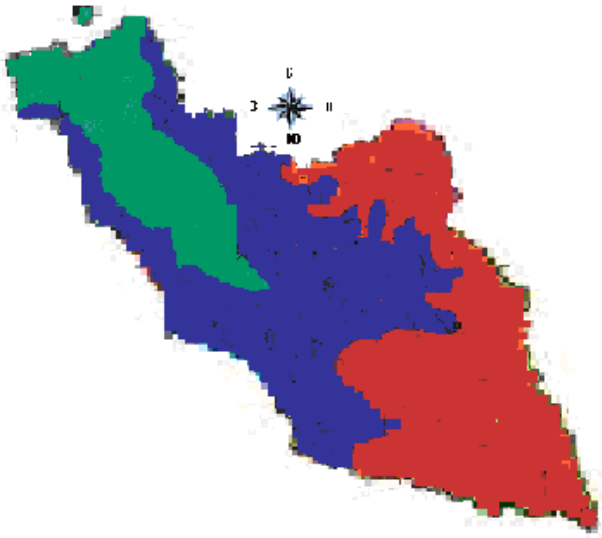


Рис.2. Зоны ветрового потенциала Нахчыванской АР.

Где: V_1– скорость ветра на заданной высоте;

V_0 – скорость ветра на известной высоте;

H_1 – заданная высота;

H_0 – высота измерения;

k – эмпирический показатель шероховатости подстилающей поверхности. Значения k принимается k=0,143. В нормативных документах рекомендуются k=0,2.

Сильные приземные ветры, взаимодействуя с препятствиями на пути преобладающего потока (большие здания, невысокие горы или холмы, тесно расположенные высокие деревья), могут создавать местные сдвиги ветра. В подобных случаях сдвиг ветра сопровождается турбулентностью.

Влияние препятствий на поток воздуха зависит от скорости ветра и его направление относительно препятствия. Потоки воздуха обтекают препятствия сбоку и сверху. Такой турбулентный сдвиг ветра, создает особые трудности.

В связи с этим, в Нахчыванском котловине особый интерес представляют строения, которые сооружены в узких ущельях и долинах. При преодолении потоком ветра препятствий в узких ущельях и долинах поток ветра приобретает вертикальное направление. Местах где скалы и горы в ущельях и узких долинах достаточно высоки, тогда на малых высотах ветер отклоняется и приземный ветер обтекает препятствие по сужающей спирали и проявляет свойства эффекта трубки Вентури. Это приводит к ускорению приземного ветра.

В ближайших к земной поверхности сильные приземные ветры увеличивают механическую турбулентность и уменьшают сдвиг ветра у земли. Сдвиг ветра происходит из-за механического воздействия препятствий.

При обтекании ветром препятствий, помимо механического воздействия на поток влияет термодинамические свойства атмосферы. В Нахчыванской котловине стекающий вниз по склону холодный воздух соприкасается ниже более теплым и менее плотным воздухом и образует сдвиг ветра. При движении ветра вниз по склону, происходить внезапное ускорение, слабых порывов ветра.

Помимо этих процессов в Нахчыванской котловине происходить порывы ветра. Фронтом порывов ветра является, передняя част холодного воздуха, который достигает земли и распространяется во все направления, подрезая более теплый, менее плотный воздух. Скорость, сдвиг и турбулентность фронта порывов ветра обычно бывает намного выше холодного фронта воздуха [4].

Фронт порывов продвигается вдоль земной поверхности равномерно во всех направлениях (Батабат, Шахбузском районе и Лякатаг, Джульфинском районе).

При рассмотрении нисходящих порывов, обнаружилось меньшие по размеру, но еще более интенсивные нисходящие порывы которые называется "микро порывами" (рис.3):

.

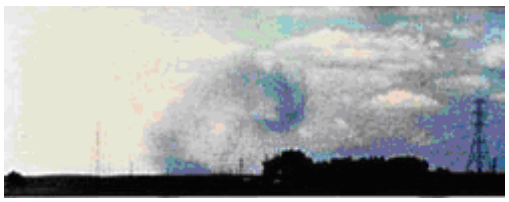


Рис. 3. Столкновение микропорыва с земной поверхностью
(Батабат, Шахбузский р-н).

Микро порывы представляют собой локальные опасные метеорологические явления. Во время исследований нами были проведены исследования и были получены первые результаты измерений воздушного потока внутри микро порывов. Наблюдения проводился летом 2017 г. (май- август). Полученные результаты подтвердили существование и силу нисходящих порывов и микро порывов.

В результате наблюдений выяснилось, что микро порывы возникают из нисходящего потока грозового воздуха (15-20 м/с). Микро порывы продолжаются до десяти минут, с диаметром зоны распространения до 2 км. Микро порывы наблюдались во вторую половину дня и ранним вечером в жаркую погоду.

В Нахчыванской котловине при сухих микро порывах количество осадков в виде дождя бывает меньше 0,25 см. между началом сильного ветра и окончанием ветра.

В местах с более влажным климатом (Аразская долина), наблюдались "влажные" микро порывы. При влажных микро порывах, дождь достигает поверхности земли и удельная влажность составляет 10-16 г/кг.

При сухих микро порывах вертикальный градиент температуры воздуха от земли до уровня облака бывает 9-10^{0}C на км, при влажном 7-8^{0}C на км.

По мере опускания нисходящего потока воздуха увеличивается скорость движения воздуха и возникает порыв. Как только столб воздуха достигает земли, он начинает кругами распространяться по поверхности земли, создавая вертикальные завихрения, которые приводить к появлению вихревого кольца (рис.4):

Рис.4. Вихревое кольцо (Лекетаг, Джульфинский р-н)

Микро порыв ветра в данной местности создает серьезную опасность для ветроэнергетических устройств (ВЭУ). М**икро порывы** могут привести и к потере поступательной скорости и, как следствие, к увеличению вертикальной скорости. При этом ещё больше может ухудшить ситуацию сдвиг ветра. Если пик порыва ветра составляет 12 м/с, то сдвиг ветра при микро порыве будет 25 м/с.

По этому при порыве ветра, надо остановить ВЭУ, пока шторм не затихнет.

Проведенные нами вышеуказанные исследовательские работы полностью подтвердили реальность фронта нисходящих порывов и микро порывов ветра в территории Нахчыванской АР и их серьезную опасность для ВЭУ.

Выводы:

1. Рассмотрены особенности горно-долинных ветров в зависимости от рельефа местности и географической особенности Нахчыванской котловины.
2. Анализирован ветроэнергетический потенциал Нахчыванской АР, который имеет сложный географический рельеф.
3. Рассмотрены результаты исследований «слоя трения» до высоты 100 м. В этом слое движение воздуха определяются трением о поверхность земли.

4. Анализирована динамика интенсивности нисходящих порывов и микро порывов ветра в Нахчыванской котловине.

Список литературы

1. Абдрахманов Р.С., Переведенцев Ю.П. Возобновляемые источники энергии, Казань, Изд. Казанского Ун-та, 1992, с. 120 -134.

2. Берлянд М. Е., Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы, Л., Гидрометеорологическое издательство, 2005, с. 440- 448.

3. Воронов Г. И., Кригель А. М., Структура турбулентного потока в растительном покрове, Вестник сельскохозяйственной науки, 2006, № 3, с. 131-134.

4. Долгоульский А., Сайдаматов Э. Альтернативные источники энергии, Кыргизский ГТУ, 2008, с. 3 - 10.

5. Дробышев А.Д. Учет климатических характеристик скорости ветра для оптимизации режимов работы ветроэнергетических установок, Сиб. НИИ, 1997, Вып. 80, с. 11 - 21.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Марков А. М.,Шишова Д. В.

Псковский государственный университет

Современная ветроэнергетика во многих развитых странах мира является частью энергетических систем, а в ряде стран – одной из главных составляющих альтернативной энергетики на возобновляемых источниках энергии. К сожалению, в настоящее время доля нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (включая и ветроэнергетику) составляет в энергобалансе России лишь 1,5%. Однако в России имеются ресурсные, социально-экономические и экологические предпосылки для широкомасштабного использования как ветроэнергетики, так и других возобновляемых источников энергии [1].

По уровню мощности ВЭУ подразделяют на четыре группы: очень малой мощности, менее 5 кВт; малой мощности, от 5 до 99 кВт; средней мощности, от 100 до 1 000 кВт; большой мощности, свыше 1 МВт. Ветроустановки каждой группы отличаются конструктивным выполнением, типом фундамента, способом установки ветроагрегата на ветер, системой регулирования, системой передачи ветровой мощности, способом монтажа и способом обслуживания.

Система передачи ветровой мощности представляет собой определенный комплекс различных устройств для передачи мощности от вала ветроколеса к валу соответствующей машины ветроагрегата (потребителя) с повышением или без повышения частоты вращения вала этой машины. В современной ветроэнергетике чаще всего используют механический способ передачи мощности. Известны также гидравлический, пневматический и аэродинамический способы передачи ветровой мощности потребителю. Система генерирования электроэнергии представляет собой электромашинный генератор и комплекс устройств (устройства управления, силовой электроники, аккумулятор и т. д.) для подключения к потребителю со стандартными параметрами электроэнергии.

Малые и очень малые ветроэнергетические установки предназначены для индивидуального использования. Диапазон единичной мощности их чрезвычайно велик, от нескольких сотен ватт до 50 кВт. Схема малой ветроэнергетической установки представлена на рис. 1.

В ветроустановках мощностью 5 кВт и более как правило используются трехфазные генераторы переменного тока, ветроустановки имеют механические регуляторы, обеспечивающие постоянство скорости вращения ветроколеса, а значит и частоты тока, на уровне требований для автономного энергоснабжения. Установки с такого рода ВЭУ могут также содержать дизельные или бензиновые генераторы, работающие при отсутствии ветра или в случае, когда мощность ветра недостаточна, для покрытия нагрузки.

ВЭУ выполняет функции зарядной станции и работает совместно с аккумулятором 12V, 55А/ч. Ветроколесо диаметром 1600 мм имеет шесть лопастей. В ВЭУ применяется редуктор РД планетарный повышающий 1:12. Генератор Г имеет следующие параметры: 300 Вт, 36 В, 1600 об/мин.

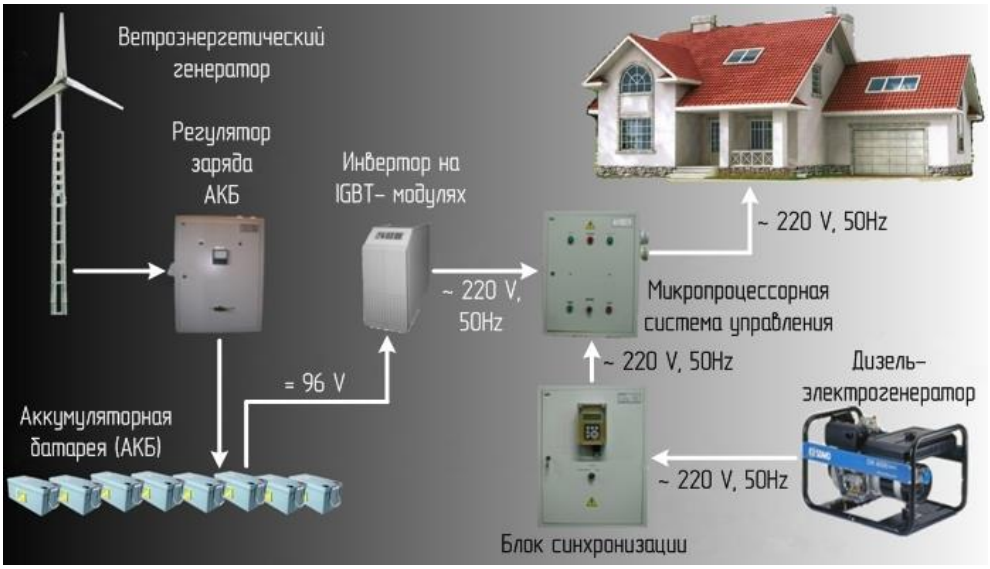


Рис. 1. Схема малой ветроэнергетической установки

Схема электрическая принципиальная блока управления малой ВЭУ для индивидуального использования приведена на рис. 2. Блок управления служит для выполнения следующих задач: 1 – стабилизирует напряжение заряда аккумулятора АКБ и предотвращает превышение тока заряда сверх допустимых значений; 2 – стабилизирует нагрузку ветроустановки, при полностью заряженном аккумуляторе и отсутствия внешних потребителей энергии, путем подключения балластной нагрузки, вследствие чего ветроустановка не уходит «в разнос» без нагрузки; 3 – выполняет функцию электрического тормоза.

Расчётная схема синхронного ветрогенератора с выпрямительным трёхфазным диодным мостом и элементами нагрузки приведена на рис. 3.

Используемые в качестве генератора машины постоянного тока достаточно сложны в изготовлении и содержат в своём составе «Ахиллесову пяту» – щёточно-контактный аппарат (ЩКА). Это же можно отнести и к синхронным многополюсным машинам с электромагнитным возбуждением.

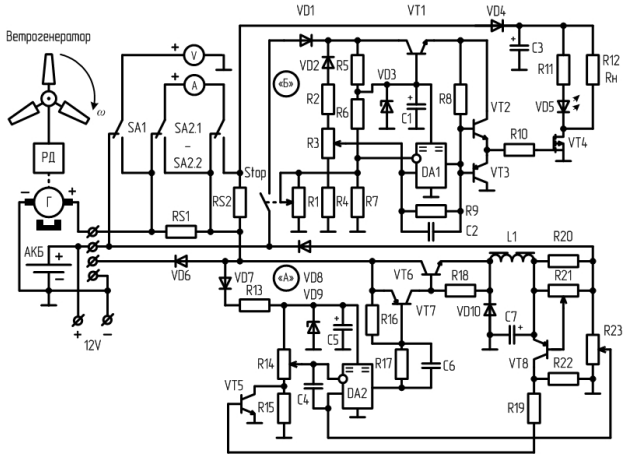


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная блока управления ВЭУ

Полное торможение ветроколеса производится при помощи резистора R1, которым задаётся порог переключения компаратора DD1. В этом случае открывается транзистор VT4, и обмотка генератора Г закорачивается на сопротивление $R_н$.

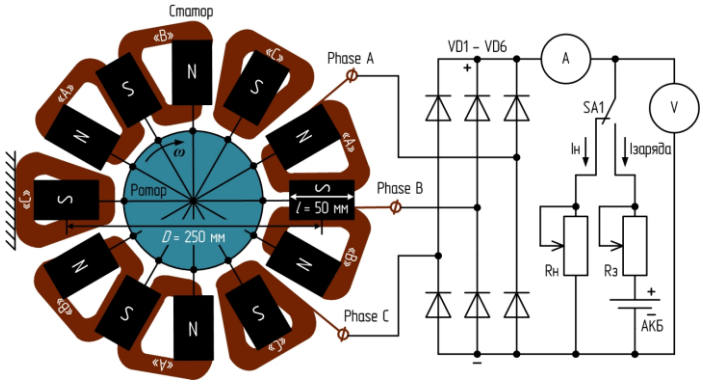


Рис. 3. Расчётная схема синхронного ветрогенератора с выпрямителем

Одним из вариантов ухода от скользящего контакта в ЩКА является применение в синхронных генераторах (СГ) магнитоэлектрической системы возбуждения – применение мощных неодимовых (NdFeB) постоянных магнитов. При этом могут быть спроектированы как однофазные, так и трёхфазные компактные синхронные генераторы, обладающие приемлемыми характеристиками. В конструкции трёхфазного синхронного генератора предусмотрено смещение катушек относительно магнитов на 3/4, что способствует выравниванию нагрузки по фазам и уменьшению акустического шума и вибраций при работе. Кроме этого, трёхфазный генератор обладает лучшими характеристиками по мощности и более высоким КПД.

Ветродвигатель является устройством для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию рабочего движения ветродвигателя. Рабочие движения, которые совершает ветродвигатель, могут быть разными. На существующих сегодня ветродвигателях в качестве рабочего движения используется круговое вращательное движение [2].

Для экспериментального исследования энергетических возможностей ветроагрегата ВЭУ-1 были сняты характеристики холостого хода ветроагрегата по постоянному току и выходного напряжения на подключенных к выпрямителю активных сопротивлениях. Для этих испытаний использовалась схема, приведенная на рис. 4, а.

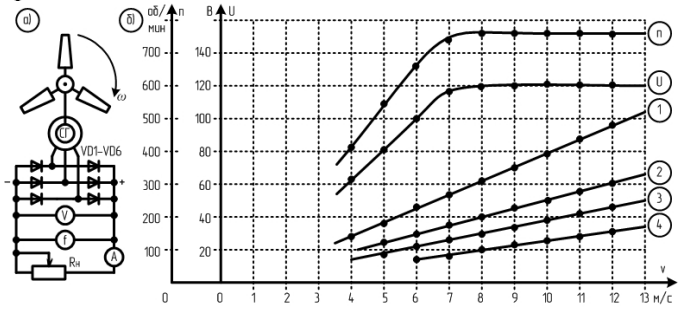


Рис. 4. Схема проведения испытаний ВЭУ (а) и характеристики (б)

Характеристики напряжения ветроагрегата приведены на рис. 4, б: линия 1 – работа на холостом ходу; 2 – $R_н$ = 4,4 Ом; 3 – $R_н$ = 2,2 Ом; 4 – $R_н$ = 1,1 Ом.

При работе на холостом ходу (линия 1) выпрямленное напряжение достигает уровня 100 В при скорости ветра 12,5-13 м/с. При работе на нагрузку максимальная мощность развивается при подключении генератора с выпрямителем на сопротивление 2,2 Ом. Она составляет 1140 Вт при работе с напряжением 50 В. Потери в кабеле длиной 85 м и выпрямителе при этой нагрузке составляют приблизительно 250 Вт. Таким образом, генератор работающего ветроагрегата в этом случае развивает мощность около 1400 Вт.

Список литературы

1. Безруких П. П. Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). – М. : ИД Энергия, 2010. – 320 с.

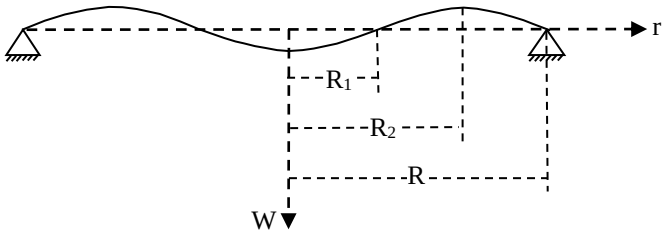
2. Харитонов В. П. Автономные ветроэлектрические установки. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

ƏYİLMƏ SÜRƏTİ SİMMETRİK DƏYİŞƏN MİNİMAL ÇƏKİLİ DAİRƏVİ LÖVHƏNİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ

Əliyev D.Ə.
AR MSN "Neftqazavtomat" EIM

Oxa simmetrik statik qüvvələrin təsiri altında əyilmə sürəti simmetrik dəyişən nazik divarlı, minimal çəkili konstruksiya elementlərinin layihələndirilməsi məsələsi cihazqayırma, maşınqayırma və aviasiya sahələri üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə məsələlərin həlli əksər hallarda mürəkkəb riyazi hesablamalar tələb edən nəticələrə gətirib çıxarır. Nəticələrin asan təhlili və qiymətləndirilməsi üçün deformasiya vəziyyətini xarakterizə edən rejimlərin reallaşma sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsinin sadələşdirilməsinə də ehtiyac yaranır. Bir optimal layihələndirmə məsələsi üçün bu problemin həllini təqdim edək.

Birinc sərt - plastik materialdan hazırlanmış R radiuslu, nazik H divarlı, konturları boyu eyni çür bərkidilmiş dairəvi lövhə üst səthi boyu R_0 radiuslu mərkəzi oblastda aşağıya yönəlmiş sabit p_1 intensivlikli, bütün alt səthi boyu yuxarıya yönəlmiş sabit p_2 intensivlikli oxasimmetrik eninə qüvvələrin təsiri altında əyilir. Yüklənmənin qiyməti yüklənmə həddinə çatana qədər lövhə deformasiya olunmamış vəziyyətdə qalır. Lövhənin materialı Tresk- SenVenan tərəfindən təklif olunmuş axma şərtinə və axıcılığın assossasiya qanununa tabe olur [1]. Baxılan konstruksiya elementi üçün əyilmə sürətini W ilə, tam, radial, tangensial plastik əyici momentləri uyğun olaraq M_0, M_1, M_2 ilə, radial və tangensial istiqamətlərdə əyrilik radiuslarını χ və λ ilə, xalis dartılmada (sıxılmada) axıcılıq həddini σ ilə işarə edək. Silindrik $(r\varphi z)$ koordinat sistemini seçək və əyilmə sürətinin ən ümumi dəyişmə formasını sxematik təsvir edək (şəkil 1).



Şəkil 1. Üçrejimli əyilmə.

Sonrakı yazılışların yığcam olması məqsədilə aşağıdakı ölçüsüz kəmiyyətləri daxil edək:

$$\xi = \frac{r}{R}; \quad k = \frac{p_1}{p_2}; \quad \alpha = \frac{4R.const}{\sigma};$$

$$\beta = \sqrt{\frac{p_2}{\sigma}}; \quad \bar{h} = \frac{H}{R} = \beta h; \quad h = \sqrt{m_0}; \tag{1}$$

$$\rho_i = \frac{R_i}{R}; \quad m_i = \frac{4M_i}{p_2 R^2} \quad (i = 0,1,2);$$

$$\omega = \frac{\beta W}{\alpha R}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\beta R}{\alpha}\lambda; \quad \bar{\chi} = \frac{\beta R}{\alpha}\chi$$

Optimallıq kriteriyası kimi lövhənin çəkisinin minimallığını seçək və bu kriteriyaya əməl olunmasını təmin edən Drukker-Şild şərtindən (ölçüsüz kəmiyyətlərdə) istifadə edək [2]:

$$m_1\bar{\chi} + m_2\bar{\lambda} = h \tag{2}$$

Burada

$$\bar{\chi} = -\omega''(\xi); \quad \bar{\lambda} = -\omega'(\xi)/\xi \tag{3}$$

Aydındır ki, $k>1$ olduqda lövhədə $0 \le \xi \le \rho_1$, $\rho_1 \le \xi \le \rho_2$ və $\rho_2 \le \xi \le 1$ oblastlarında Tresk-SenVenan altıbucaqlısındakı ***A, C, D*** düyün nöqtələrinə müvafiq üçreyimli oxasimmetrik deformasiya vəziyyəti yarana bilər, çünki həmin rejimlərin reallaşması üçün tələb olunan

$$m_1 = m_2 = m_0;\ \overline{\chi} \ge 0;\ \overline{\lambda} \ge 0 \qquad (\textbf{A}\ \textit{rejimi üçün);}$$

$$m_1 = -m_0;\ m_2 = 0;\ -\overline{\chi} \ge \overline{\lambda} \ge 0 \quad (\textbf{C}\ \textit{rejimi üçün});\tag{4}$$

$$m_1 = -m_0 = m_2;\ \overline{\chi} \le 0;\ \overline{\lambda} \le 0 \qquad (\textbf{D}\ \textit{rejimi üçün)}$$

şərtləri (***C*** rejiminə müvafiq $-\overline{\chi} \ge \overline{\lambda} \ge 0$ olması üçün əlavə $\rho_2 \le 2\rho_1$ şərtini də qəbul etməklə) ödənilir.

Baxılan konstruksiya elementi üçün üçrejimli oxa simmetrik əyilmə formasına (şəkil 1) müvafiq kinematik şərtləri yazaq:

$$\omega'(0) = 0;\ \omega'(\rho_2) = 0;\ \omega(\rho_1) = 0;\ \omega(1) = 0;$$

$$\omega(\xi)\textit{-nin } \xi = \rho_1 \text{ və } \xi = \rho_2 \textit{ nöqtələrində kəsilməzliyi};\tag{5}$$
$$\omega'(\xi)\textit{-nin } \xi = \rho_1 \textit{ nöqtəsində kəsilməzliyi}.$$

(3) , (4) və (5) şərtlərini nəzərə alıb (2) tənliyini həll etsək, alırıq:

$$\omega(\xi) = \begin{cases} \int\limits_{\xi}^{\rho_1} \frac{d\rho}{\rho} \int\limits_{0}^{\rho} \frac{\pi d\tau}{h(\tau)} + \mathrm{B} & 0 \le \xi \le \rho_1 \\ -\int\limits_{\rho_1}^{\xi} d\rho \int\limits_{\rho}^{\rho_2} \frac{d\tau}{h(\tau)} + \mathrm{B} & \rho_1 \le \xi \le \rho_2 \\ -\int\limits_{\xi}^{1} \frac{d\rho}{\rho} \int\limits_{\rho_2}^{\rho} \frac{\pi d\tau}{h(\tau)} & \rho_2 \le \xi \le 1 \end{cases}\tag{6}$$

$$B = \int\limits_{\rho_1}^{\rho_2} d\rho \int\limits_{\rho}^{\rho_2} \frac{d\tau}{h(\tau)} - \int\limits_{\rho_2}^{1} \frac{d\rho}{\rho} \int\limits_{\rho_2}^{\rho} \frac{\pi d\tau}{h(\tau)}$$
$$\frac{1}{\rho_1} \int\limits_{0}^{\rho_1} \frac{\rho d\rho}{h(\rho)} = \int\limits_{\rho_1}^{\rho_2} \frac{d\rho}{h(\rho)}\tag{7}$$

Əvvəlcə $\rho_0 \le \rho_1$, $\rho_1 \le \rho_0 \le \rho_2$, $\rho_2 \le \rho_0 \le 1$ hallarının hər biri üçün (4) şərtlərini nəzərə almaqla lövhənin tarazlıq tənliyini tərtib edək [1]. Sonra $m_1(\xi)$ funksiyası və onun birinci tərtib törəməsinin $\xi = \rho_1$ və $\xi = \rho_2$ sərhədlərində kəsilməzlik şərtlərini, həmçinin $m_1'(0) = 0$ və $m_1(1) = 0$ şərtlərini nəzərə almaqla alınan tənlikləri həll edib yekun nəticələri qeyd edək.

a) $\rho_0 \le \rho_1$ olduqda:

$$m_0(\xi)=\begin{cases}(1-k)\xi^2-\rho_1^2+k\rho_0^2(1+2\ln\dfrac{\rho_1}{\rho_0}) & 0\le\xi\le\rho_0\\ \xi^2-\rho_1^2+2k\rho_0^2\ln\dfrac{\rho_1}{\xi} & \rho_0\le\xi\le\rho_1\\ \dfrac{2}{3\xi}\left[\rho_1^3-\xi^3+3k\rho_0^2(\xi-\rho_1)\right] & \rho_1\le\xi\le\rho_2\\ 1-\xi^2+2k\rho_0^2\ln\xi & \rho_2\le\xi\le 1\end{cases} \tag{8}$$

$$6k\rho_0^2\left[\rho_2(1-\ln\rho_2)-\rho_1\right]=\rho_2(3-\rho_2^2)-2\rho_1^3 \tag{9}$$

b) $\rho_1\le\rho_0\le\rho_2$ olduqda:

$$m_0(\xi)=\begin{cases}(k-1)(\rho_1^2-\xi^2) & 0\le\xi\le\rho_1\\ \dfrac{2(k-1)}{3\xi}(\xi^3-\rho_1^3) & \rho_1\le\xi\le\rho_0\\ \dfrac{2}{3\xi}\left[(3k\rho_0^2-\xi^2)\xi-2k\rho_0^3-(k-1)\rho_1^3\right] & \rho_0\le\xi\le\rho_2\\ 1-\xi^2+2k\rho_0^2\ln\xi & \rho_2\le\xi\le 1\end{cases} \tag{10}$$

$$2k\rho_0^2\left[3\rho_2(1-\ln\rho_2)-2\rho_0\right]=\rho_2(3-\rho_2^2)+2(k-1)\rho_1^3 \tag{11}$$

c) $\rho_2\le\rho_0<1$ olduqda:

$$m_0(\xi)=\begin{cases}(k-1)(\rho_1^2-\xi^2) & 0\le\xi\le\rho_1\\ \dfrac{2(k-1)}{3\xi}(\xi^3-\rho_1^3) & \rho_1\le\xi\le\rho_2\\ (\mathrm{k}-1)\xi^2+k\rho_0^2(2\ln\rho_0-1)+1 & \rho_2\le\xi\le\rho_0\\ 1-\xi^2+2k\rho_0^2\ln\xi & \rho_0\le\xi\le 1\end{cases} \tag{12}$$

$$3k\rho_0^2\rho_2(1-2\ln\rho_0)=3\rho_2+(k-1)(2\rho_1^3+\rho_2^3) \tag{13}$$

Beləliklə, ***A, C, D*** rejimləri üçün minimal çəkili dairəvi lövhənin qalınlığı (1), (8), (10), (12) düsturları ilə, əyilmə sürəti (6) düsturu ilə, rejimlərin reallaşdıqları oblastların sərhədləri isə (7), (9), (11), (13) münasibətlərinin köməyi ilə təyin edilir.

Göründüyü kimi, reallaşan rejimlərə müvafiq oblastların sərhədlərinin qiymətləri ədədi üsulların tətbiqi və kompüterin köməyi ilə təyin edilə bilər. Alınmış nəticələrin asan qiymətləndirilə bilməsi, keyfiyyətcə təhlil və tətbiq imkanının artırılması üçün əyilmə sürətinin dəyişmə forması və xarakterik nöqtələrdə məlum qiymətləri əsasında rejimlərin sərhədlərinin həm də təqribi müəyyənləşdirilmə qaydasını göstərək.

Şəkil1-dən göründüyü kimi, əyilmə sürətinin r-dən asılılığı demək olar ki, parabolik əyrilərlə ifadə olunur. Odur ki, $\omega(\xi)$ funksiyasını aşağıdakı kimi seçək:

$$\omega(\xi)=\begin{cases}-a\xi^2+b\xi+c & 0\le\xi\le\rho_1\\ m\xi^2+n\xi+k & \rho_1\le\xi\le 1\end{cases} \tag{14}$$

Əyilmə sürətinin şəkil 1-də təqdim olunmuş dəyişmə formasından görünür ki, $\xi = 0,\ \xi = \rho_1,\ \xi = \rho_2,\ \xi = 1$ nöqtələri xarakterik nöqtələrdir. Onda, $\omega(0) = \vartheta_1,\quad \omega(\rho_2) = -\vartheta_2$ (ϑ_1 və ϑ_2 məlum hesab olunmaqla) qəbul edib (5) şərtlərindən istifadə etsək, ρ_1 və ρ_2-ni əyilmə sürətinin xarakterik nöqtələrdəki qiymətlərindən asılı olaraq qiymətləndirmək üçün aşağıdakı bərabərlikləri alırıq:

$$\rho_1 = \frac{\vartheta_1}{2\vartheta_2 + \vartheta_1}\ ;\ \ \rho_2 = \frac{\vartheta_2 + \vartheta_1}{2\vartheta_2 + \vartheta_1} \qquad (15)$$

Beləliklə, əyilmə sürətinin xarakteri nəzərə alındıqda minimal çəkili nazik dairəvi lövhədə reallaşmış oxasimmetik deformasiya vəziyyətinə müvafiq rejimlərin sərhədləri (15) düsturları ilə qiymətləndirilə bilər. Qeyd edək ki, (15)-də $\vartheta_1 = \vartheta_2$ qəbul etsək, $\rho_1 = 1/3$ və $\rho_2 = 2/3$ alınır, yəni əyilmə sürətinin maksimum qiymətləri eyni olur və dəyişmə formasının tam simmetrikliyi təmin edilir.

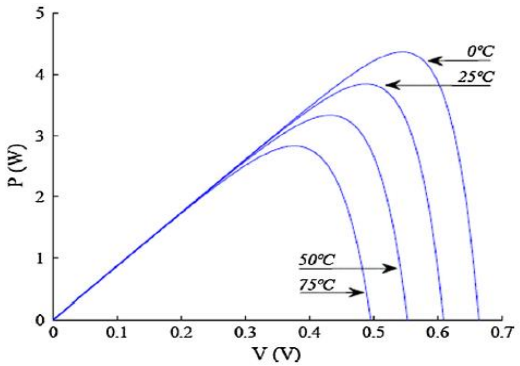
Ədəbiyyat siyahısı

1. Л.М.Качанов. Основы теории пластичности. М., Наука,1999 г., 420 стр.
2. D.Ə.Əliyev “Nazik divarlı oxasimmetrik konstruksiya elementlərinin optimal layihələndirilməsi”. Sumqayıt Dövlət Universitetinin “Elmi xəbərlər” jurnalı (“Təbiət və texniki elmlər bölməsi”), 2017, №2, səh. 85-89.

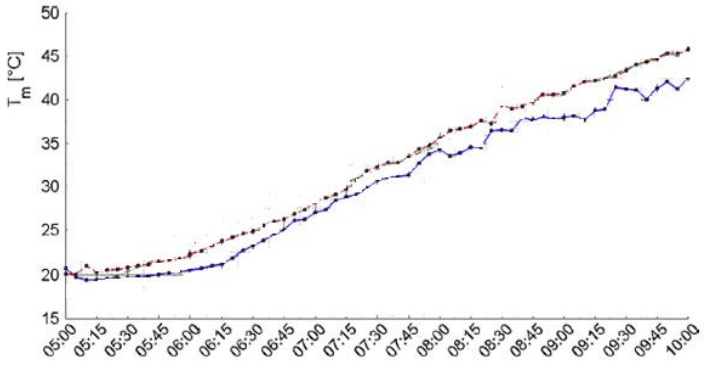
GÜNƏŞ PANELLƏRİNİN SU İLƏ SOYUDULMASININ ANALİZİ

Həmidov M.H, Mərufov İ.M.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
ilkinmarifov@mail.ru

Fotoqalvanik panellərin rast gəldiyi ən önəmli problemlərdən biri də günəş radiasiyasının və aşırı tempraturun səbəb olduğu qızmalardır.Yüksək temperaturlu qızmalar panellərin faydalı iş əmsalını aşağı salır. 0 -75 ^{0}C arasında tempratur dəyişməsinə əsasən günəş panelinin ideal p-v xarakteristikası şəkil 1-də göstərilmişdir. Bu xarakteristika günəş panelinin hasil etdiyi güc ilə gərginlik arasındakı əlaqədir. Xarakteristika günəş parlaqlığı E və modulun tempraturunun Tm sabit saxlandığı müddətdə doğrudur. Əgər bu iki parametrdən biri dəyişərsə, bütün xarakteristika dəyişər. Şəkildən də göründüyü kimi günəş panelinin tempraturu artdıqca maksimum güc hasilatı azalır.Bu araşdırmada istifadə olunmuş günəş panellərinin tempratur əmsalı 0.5 % / ^{0}C .Bu əmsala əsasən görünür ki, tempratur hər 1 ^{0}C qalxanda , effektivlik 0.5% aşağı düşür.



Şəkil 1. Günəş panelinin ideal p-v xarakteristikası.



Şəkil 2. Tempraturun zamandan asılılığı

Hər bir günəş paneli soyutma sistemi ilə təchiz olunur. Nəticədə soyudulmadan sonra alınan isti su həm də ətraf yerlərdə yerləşən əhalinin istilik enerji tələbatını ödəyə bilər.Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, soyudulmadan sonra günəş panellərinin ümumi hasil etdiyi güc təxminən 50 %-ə qədər artır.Həmçinin təcrübi olaraq müəyyən olunmuşdur ki, soyudulma sistemi tətbiq olunan panellərin tempraturu 46 ^{0}C yuxarıya qalxmır.Müqayisəli təhlildən sonra su ilə soyudulmanın hava ilə soyudulmadan daha effektiv olduğu müəyyənləşmişdir.

Qızma dərəcəsi modelindəgünəş panellərinin soyutma tezliyi panellerin qızma dərəcəsi tərəfindən müəyyən edilir. Nəticədə modul tempraturunu zamandan asılı olan tənlik şəklində hesablayaraq panellərin qızma dərəcəsi müəyyənləşdirilə bilər.

Modul tempraturu T_M aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$T_M=T_a+(N-20)\ E/800 \quad (1)$$

(1)-ci düsturundan belə nəticə çıxarmaq olarki, günəş panellərinin qızma dərəcəsi aşağıdakılardan asılıdır: Ətraf mühitin hazırki tempraturundan, günəşin parlaqlığından E və N-dən. N- çox vaxt sabit qiymətli olmasına baxmayaraq parlaqlıq və ətraf mühitin temperaturundan asılı olaraq dəyişir. Buna görə də , modul temperaturunun dəyişmə funksiyası müəyyən zaman kəsiyində, günəş çıxandan batana qədər olan vaxtı əhatə edəcək. Günəşin parlaqlığı, ətraf mühitin temperaturu və modul temperaturu iyun və iyul ayında bir gün ərzində günəş cıxımından batımına qədər olan vaxtda ölçülmüşdür. Modul temperaturu T_M 1-ci düsturdan istifadə edilərək hesablanmış və real ölçmələrdən alınmış modul temperaturuyla müqayisə edilmişdir. Alınmış nəticələr şəkil- 2 də göstərilmişdir və nəzəri olaraq alınan nəticə ilə real həyatdakı nəticə arasındakı fərq 5 %- i keçmədiyi müşahidə edilmişdir. Nəticə olaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, 1-ci düstur ətraf şəraitin funksiyası kimi modul tempraturunu müəyyən etmək üçün istifadə oluna bilər. Burada həmçinin panelin tempraturu maksimuma çatanda panelin nə vaxt soyudulmasını müəyyən etmək olar. Modul tempraturunun xətti uyğunluğu onun qızma dərəcəsini müəyyən etmək üçün təsvir edilmişdir

Günəş panellərinin soyutma dərəcəsi onların keyfiyyətinə yüksək təsir göstərən vacib faktorlardan biridir. Odurki , panelin soyutma dərəcəsini müəyyən etməklə soyutma periodunu tapa bilərik. Soyutma periodu enerji balansına əsasən elə müəyyən edilir ki , soyudulan su tərəfindən əldə edilən enerji (Qg) panellərə sərf edilən enerjiyə (Qd) bərabər olsun:

$Q_g = Q_d$ (2)

$$m_w{}^x\ t^x\ c_w{}^x\ \Delta T_w = m_g{}^x\ c_g{}^x \Delta T \quad (3)$$

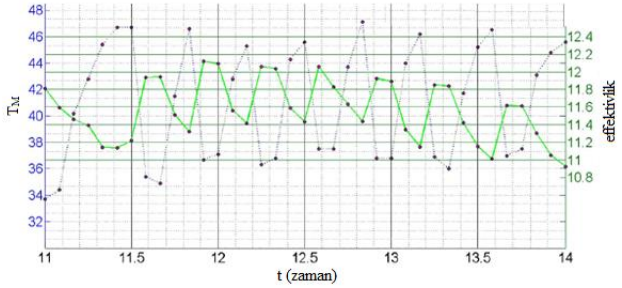
Günəş hücrələri əsasən şüşədən hazırlandığından şüşənin fiziki xüsusiyətləridə panellərin fiziki xüsusiyətləri kimi götürülməlidir. Burada m_w suyun axın sürəti, m_g şüşənin kütləsi, c_w suyun xüsusi istilik tutumu, c_g şüşənin istilik tutumu, ΔTw suyun tempraturunun qalxması , ΔTg su ilə soyudulma zamanı şüşədəki temparatur dəyişikliyi, t isə paneli 35 ^{0}C qədər soyutmaq üçün lazim olan zamandır. Suyun axın sürəti m_w aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$m_w = \rho_w{}^x\ V \quad (4)$$

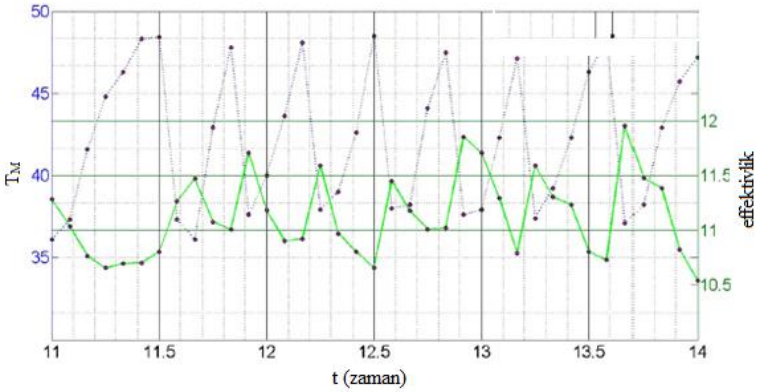
burada, V- axının həcmidir.

Panelin temperaturu uyğun olaraq soyudulmazdan əvvəl 45, soyudulandan sonra isə 35 ^{0}C olmuşdur. Belə qəbul edilir ki, maksimum icazə verilən tempratur 45 ^{0}C. Aparılmış təcrübələrdən müəyyən nəticələr əldə olunmuşdur.(Şəkil 3 və 4, cədvəl 1 və 2) İyun və iyul aylarında günəş panelinin effektivliyinin ve modul tempraturunun təcrübi ölçmələri şəkil 3 və 4- də göstərilib. Ölçmələr şəkil 3 və 4-də göstərildiyi kimi iyun və iyul ayında hər 5 dəq-dən bir 7 dəfə aparılıb. Alınmış nəticələr cədvəl şəklində cədvəl 1 və 2-də verilib. Bu cədvəl həm iyun həmdə iyul ayı üçün nəzərdə tutulub. Cədvəldən də göründüyü kimi modul tempraturu artdıqca panelin effektivliyi tədricən azalır. Günəş hücrələrində tempraturun 10 ^{0}C qalxması (35 ^{0}C-dən, 45 ^{0}C-ə) effektivliyin də 12 % dən 10.5%-ə qədər enməsinə səbəb olur.

Yuxarıda deyilənlərdən demək mümkündür ki, temperaturun qalxması mənfi haldır. Məhz buna görə də, soyutma sistemi hər 5 dəq ərzində işləyərək temperaturu 10 ^{0}C aşağı salır və buda efektivliyin artmasına səbəb olur. Təklif olunmuş soyutma sistemi günəş radiasiyasına görə həddindən artıq qızma problemini həll edə bilər və ən az su işlətməklə effektivliyi normada saxlaya bilər. Bundan əlavə bu üsulun çox isti və qumlu ərazilərdə də istifadəsi məqsədə uyğundur.



Şəkil 3. Tempratur və effektivlik arasında əlaqə



Şəkil 4.Tempratur və effektivlik arasında əlaqə

Cədvəl 1 Müxtəlif zamanlarda soyutma dərəcəsi əmsalı

№	Zaman	Soyutma dərəcəsi
1	11:30-11:35	2.26
2	11:50-11:55	1.8
3	12:10-12:15	1.8
4	12:30-12:35	1.62
5	12:50-12:55	2.06
6	13:10-13:15	1.86
7	13:35-13:40	1.9
	Orta	1.9

Cədvəl 2. Müxtəlif zamanlarda soyutma dərəcəsi əmsalı

№	Zaman	Soyutma dərəcəsi
1	11:30-11:35	2.22
2	11:50-11:55	2.04
3	12:10-12:15	2.04
4	12:30-12:35	2.1
5	12:50-12:55	1.98
6	13:10-13:15	1.94
7	13:35-13:40	2.22
	orta	2.1

Maksimum icazə verilən temperaturun seçilməsini enerji və su istifadəsinin ən az olması, effektivliyi qəbul olunmuş səviyyədə saxlanılması şəraitində əsas götürmək lazımdır. Əgər biz hər 1 selsi temperatur artımında soyutma sistemini işə salsaq, bu halda paneldən alınan enerji elə həmin panelin soyudulmasına sərf edilcək. Buda effektivliyin aşağı düşməsi deməkdir. Bu araşdırmanının əsas məqsədlərindən biri də soyudulma prosesinə nə vaxt başlanılmasını müəyyənləşdirməkdir. Aparılmış analizlər istənilən panellər üçün ödənilir. Panel əvvəlcə verilən həddə qədər qızmaya buraxılır, sonra isə normal işləmə temperaturuna qədər soyudulur. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, panel üçün maksimum icazə verilən tempratur 45 ^{0}C -dir və bu halda ən yüksək enerji hasil etmək mümkündür. Maksimum icazə verilən temperatur artdıqca soyutma zamanı suyun buxarlanması artacaq və buna görə də su istifadəsi artacaq. Buna görə də temperaturu 45 ^{0}C seçmək ən uyğun variant kimi hesab olunur.

Nəticə

Bu araşdırmanın əsas məqsədi ən az su və enerji işlədərək soyudulmanı təmin etməkdir. Aparılmış müqayisəli təhlillərdən və riyazi modellərdən istifadə edərək tempratur, effektivlik, soyudulma dərəcəsi arasında əlaqələr müəyyən edildi. Alınmış nəticələrdən belə demək olar ki, maksimum icazə verilən tempraturun seçilməsi, enerji və su istifadəsinin ən az olması, effektivliyi qəbul olunmuş səviyyədə saxlanılmasını nəzərə alsaq, panellər üçün maksimum icazə verilən tempratur 45 ^{0}C -dir və bu halda ən yüksək enerji hasil etmək mümkündür.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Akbarzadeh A, Wadowski T. Heat-pipe-based cooling systems for photovoltaic cells under concentrated solar radiation. Appl Therm Eng 1996;16(1):81–7.
2. Rodrigues EMG, Melı´cio R, Mendes VMF, Catala˜o JPS. Simulation of a solar cell considering single-diode equivalent circuit model. In: International conference on renewable energies and power quality, Spain, 13–15 April, 2011.
3. Bp Solar, Solar Energizer Series Owners Manual, Part number 2627.0116 – 0609R7, 2009. .
4. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, M.Sc. thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland; 2001.
5. Dubey S, Tiwari GN. Thermal modeling of a combined system of photovoltaic thermal (PV/T) solar water heater. Sol Energy 2008;82:602–12.
6. Batoul H. Flow simulation improves photovoltaic solar panel performance, Technical Report, Schueco International, Paris, France, September 2008.
7. Tonui JK, Tripanagnostopoulos Y. Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation. Renew Energy 2007;32:623–37.
8. Kluth A. Using water as a coolant to increase solar panel efficiency, California State science fair, California, USA, April 2008.

KÜLƏK ENERGETİK QURĞULARINDA (KEQ) İKİ TƏRƏFDƏN QİDALANAN ASİNXRON MAŞINLARININ TƏTBİQİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Həşimova A. R., Əliyeva N. O., Teyyubova S.R.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Azərbaycan Respublikası özünün coğrafi vəziyyətinə, təbii şəraitinə və iqtisadi infrastrukturuna görə 800 mVt-a yaxın illik külək enerji ehtiyatina malikdir. Bu ehtiyat təxmini hesablamalara görə ildə 2,4 milyard kVt·saat enerji hasil edilməklə hər il 1 milyon tona qədər şərti yanacapa qənaət etmək deməkdir. Ən başlıca isə

istilik elektrik stansiyalarında elektrik enerjisinin alınması zamanı külli miqdarda tullantıların atmosferə atılmasının qarşısının alınması deməkdir [1;4].

Müasir dövrdə dünyada ən çox iki alternativ enerjidən istifadə edilməklə enerji istehsal edir. Bunlardan biri günəş enerjisi, digəri isə külək enerjisidir. Külək enerjisindən istifadə etməklə elektrik enerji istehsalları ABŞ-ı, Almaniya, İspaniya, Hollandiya, İtaliya, Böyük Britaniya, Çin, İspaniya, Fransa, Portoqaliya, Danimarka və Hindistandadır. Dünya külək energetikasının bu cür sıçrayışla artması KEQ-nın xüsusi maya dəyərinin aşağı düşməsi, onlarda istehsal olunan elektrik enerjisinin orta maya dəyərinin azalması ilə baglıdır [2].

Hazırda Azərbaycanda müxtəlif güclü heç bir KEQ-ı istehsal olunmur. Azərbaycanda istismarda olan və quraşdırılması nəzərdə tutulan orta və böyük güclü KEQ-i xarici firmaların istehsal etdiyi qurğulardır. Bu qurğuları fırlanma oxuna görə iki yerə bölmək olar: Üfiqi fırlanma oxu, şaquli fırlanma oxlu külək energetik qurğuları (KEQ). Üfiqi fırlanma oxlu külək elektrik qurğuları (KEQ) daha geniş yayılmışdır. Keçən əsrin 80-cı illərin ortalarından başlayaraq indiyə kimi üfiqi fırlanma oxlu 8 nəsil olmaqla KEQ-ı istehsal olunmuş və hər bir yeni nəsil əvvəlki nəsildən bir sıra amillərə görə fərqlənmişdir. Əvvəla güclərə görə, yəni hər birinin gücü 20-30 MVt-dan 5000 MVt-a kimi artmasına görə texniki-iqtisadi problemlərinin səmərəli həllinə görə, istehsal olunan elektrik enerjisinin daha az maya dəyərinə və yüksək məhsuldarlığına görə və s [2].

Hal-hazırda KEQ-ı istehsal edən aparıcı firmalar belə qurğularda asinxron (Vestas, GEWİND Energy və başqaları) və ya sinxron (Enercon) maşınlarından istifadə edirlər. Vestas fitmasının istehsal etdiyi əvvəlki nəsil külək elektrik qurğularında qısa-qapalı rotorlu asinxron maşınlarından istifadə olunurdu. Generatorun yüksüz işləmədə tələb etdiyi reaktiv gücü kompensasiya etmək üçün stator dolaqlarına qoşulmuş kondensator batareyalarından istifadə olunurdu. Bu isə öz növbəsində qidalandırıcı şəbəkədə elektrik enerjisinin keyfiyyətini təhrif etməklə bərabər əlavə problemlər də yaradırdı. Aydındır ki, KEQ-nin vahid gücünün artması ilə onların elektrik şəbəkəsinə olan mənfi təsirləri də artır. Ona görə də hal-hazırda müasir külək elektrik stansiyalarında (KES) iki tip KEQ-dən istifadə edilir: iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu və səlis işə buraxılmaya malik KEQ-lər; reaktiv gücün tələbatı və ya verilməsi, gərginliyin stabilləşdirilməsi problemlərinin həlli ilə sinxron generatorlu reduktorsuz KEQ-i [1;3].

Qeyd olunan hər iki tip KEQ-in özünə məxsus üstün və çatışmayan cəhətləri vardır. Sinxron generatorlu KEQ-in ilkin sürəti, asinxron generatorlu KEQ-ə nəzərən bir qədər aşağıdır, bu da bir qədər elektrik enerjisinin istehsalına təsir edir, həmdə belə qurğularda ağır reduktorun qurulması mövcud olmur.

İki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-in üstünlüyünə gəldikdə isə, onu qeyd etmək lazımdır ki, belə qurğularda daha kiçik güclü yarımkeçirici çeviricilərdən (KEQ-nın gücünü 30 %-ə qədər) istifadə olunması onun maya dəyərinin və itkilərinin kifayət qədər azaldılmasına imkan verir. Belə qurğular üzərində aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, küləyin kifayət qədər orta illik külək sürətindən böyük sürətlərində (7,5 m/san-dən) iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-i az da olsa, daha effektlidir. Digər tərəfdən rotor dövrəsinin aktiv müqavimətindəki enerji itkisi, rotor tərəfdən daxil olan enerjinin hesabına (yəni elektromaqnit momentin) ödənilir.[2;5]

Qeyd etmək lazımdır ki son zamanlar iki tərəfdən qidalanan asinxron maşınlarının tətbiqi ilə işləyən KEQ-dan geniş istifadə edilir. Xüsusilə belə generatorlu KEQ-dan enerji sistemi ilə paralel işləmə zamanı daha çox istifadə edilir. KEQ-da bu tip maşının istifadəsi külək mühərrikinin maksimum aerodinamik f.i.ə-i olmasına imkan verir və nəticədə bütün qurğunun f.i.ə kifayət qədər artmış olur. KEQ-da istifadə edilən bu cür maşınlar konstruksiyasına görə kontak həlqəli asinxron maşınlarıdır, sinxron maşınlar kimi işləyə bilər, sadəcə olaraq bunun üçün onun rotorunun faz dolaqlarına sabit cərəyan vermək lazımdır. Belə maşınların rotorunun faz dolaqlarının qidalanma sxemləri işlənib hazırlanmışdır. Bu istiqamətdə aparılan işlərin nəticələrinin tətbiqi Respublikamızda pilot layihələrdə istifadə olunmuş külək energetik qurğularında öz əksini tapmışdır. Yeni Yaşma zonasında və Qobustanda tikilmiş və KEQ-in elektrik şəbəkəsi ilə paralel işləməsi təmin edilmişdir. Bu KEQ-in elektroenergetik sistemin (EES) tərkibinə qoşulması və birlikdə işləməsi mümkünlüyünü qiymətləndirmək üçün asinxron maşını bazasında yaradılmış bu cür KEQ-in riyazi modelinin tərtib olunmasından, həmçinin onun elektroenergetik sistemlə paralel işləməsi üçün EES-in də riyazi modeli tərtib olunmalıdır. .[1,2]

KEQ-in EES-ə qoşulması zamanı belə külək elektrik stansiyasının gücü EES-in gücü ilə ölçülə bilən səviyyəyə gətirilməlidir, çünki bununla əlaqədar olaraq elektrik şəbəkələrinin və sistemlərin işinə KEQ-in aşağıdakı göstəriciləri təsir edər:

1. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinə;
2. Şəbəkə avadanlığının yüklənməsinə;
3. Qısa-qapanma zamanı yüklənməsinə;
4. Güc və enerji balansına.

Deməli, KEQ-lər və KES-lər şəbəkə ilə paralel işləyərkən onların texniki imkanları arta bilər. Buna görə də layihələndirmə qabağı mərhələdə statiki və dinamiki iş rejimlərində KEQ və KES-in EES-nin tərkibinə

qoşulması və birlikdə işləməsinin qiymətləndirilməsi aparılmalıdır. Bu cür qiymətləndirilməni aparmaq üçün güc axınının kompleks hesabatı, kommutasiyalar zamanı bu cərəyanların hesabı, flüqer və yüksək harmonikaların qiymətləndirilməsi əvvəlcədən işlənib hazırlanmalıdır [2].

KEQ-in EES-nin tərkibində birlikdə işlənməsi zamanı statiki rejimlərin qiymətləndirilməsini aparmaq üçün standart üsullar, məsələn güc axınlarının hesabatı işlənib hazırlanmışdır və hal-hazırda istifadə olunur. Lakin bir sıra rejimləri, məsələn kommutasiyalı rejimləri qiymətləndirərkən standart üsullarda istifadə olunması məqsədəuyğun deyildir. KEQ-in EES-lə paralel işləməsi zamanı onların uyğun dinamiki modellərindən istifadə edilməsi lazım gəlir ki, hal-hazırda bu məsələ aktual elmi-texniki məsələdir. Bu cür modellər bir qayda olaraq həmin sxemə daxil olan elementlərin riyazi modelindən ibarət olmalıdır, yəni, həm asinxron maşını bazasında qurulmuş KEQ-in, həm də EES-in (transformator, elektrik veriliş xətti, tələbatçılar) elementləri nəzərə alınmaqla [2].

Nəticə

1. Müasir KES-da iki tərəfdən qidalanan asinxron və sinxron generatorlardan istifadə olunması zamanı onların üstün və çatışmayan cəhətləri verilmiş və iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-in istifadə olunması zamanı azda olsa effektivliyi qeyd olunmuşdur.
2. Son zamanlar iki tərəfdən qidalanan asinxron generatorlu KEQ-in şəbəkə ilə paralel işləməsi zamanı statiki və dinamiki iş rejimlərində qiymətləndirilməsini aparmaq üçün dinamiki modellərdən istifadənin vacibliyi qeyd olunmuş və bu modellərin bir qayda olaraq qurulması zamanı KEQ-nun və EES-in elementləri daxil olmaqla onların riyazi modellərindən istifadənin vacibliyi göstərilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1.ƏmrəliyevA.B., Həşimova A.R., Əliyeva N.O., Ağaxanova K.A. Abşeron regionunda külək elektrik stansiyalarının quraşdırılması.Elmi xəbərlər. Sumqayıt-2015, № 2 Cild 15, səh. 73-78.

2.Əmrəliyev A.B., Həşimova A.R., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T., Həsənova Ü.E. Müasir külək energetic qurğularında istifadə olunan iki tərəf dənqidalanana sinxron maşınları. Elmixəbərlər. Sumqayıt-2014, № 3, Cild 11, səh. 76-79.

3.HəşimovaA.R.,ƏmrəliyevA.B.Külək energetic qurğularının energetic xarakteristikalarının tədqiqi. Elmi xəbərlər. Sumqayıt-2015, №2, Cild 15, səh. 116-119

4.ƏmrəliyevA.B., Abdullayeva S.C., Abdulova N..A., Məmmədova Ş.T. Azərbaycanın qeyri-ənənəvi enerji mənbələri və onların istifadəsi imkanları. Energetikanın problemləri. Bakı.2012 ,№ 2, səh. 79-86.

5.Никитин А.Ю., Казаков В.П. Современные ветроэнергетические установки на базе асинхронных машин. Современные проблемы науки и образования. 2012., № 6, стр. 8-14.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО УСКОРЕНИЯ

[1]Ахмедов Д.А., [2]Ахмедов А.Д.

[1]АЗНИИЕ и ЭП,[2]Сумгаитский государственный университет

Как известно, наиболее важным показателем надежности электрических машин является отсутствие отказов во время их функционирования. Отказы в работе под нагрузкой могут привести к тяжелым последствиям.Диагностирования благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей диагностирования позволяет устранить подобные отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации, а также дает возможность эксплуатации электрических машин по состоянию.

Решение диагностической задачи (отнесение технического состояния к исправному или неисправному) электрических машин всегда связано с риском ложной тревоги или пропуском цели. Для принятия обоснованного решния целесообразно использовать методы теории статистических решений, разработанные впервые в радиолокации.

В настоящей статье рассматривается возможность применения достижения общетехнической диагностики контроля технического состояния электрических машин в условиях работы на основе

сравнения характеристик стохастических функции статистического распределения плотности вероятности параметров вибрационного ускорения.

Практика эксплуатации асинхронных электродвигателей со статорной всыпной обмоткой показывает, что межфазное замыкания – наиболее часто встречающаяся опасная неисправность, явными признаками которой являются появление местных нагревов в обмотке, нарушение симметрии фазных токов, понижение крутящего момента, вибрации и др. [1].

Эффективность процедуры определения неисправностей технического состояния электродвигателя в процессе его работы зависит от контролируемого диагностического параметра так как он должен быть информативным и легко доступным для измерения. Сравнительно доступным для измерения могут быть, например,параметры вибрационныхи акустических процессов. Как известно, они в большей степени являются следствием электромагнитных процессов и, главным образом, обусловлены временными и пространственными изменениями магнитных сил, действующих между отдельными частями двигателя. При этом между статором и ротором могут возникнут радиальные силы, изменяющиеся в пространстве подобно волнам разных порядков. Таким образом, при межфазном замыкании в обмотке статора главной причиной изменения значений параметров вибрации в машине являются радиальные силы.

Экспериментальное подтверждения изложенных положений и получения данных, характеризующих влияние межфазного замыкания в обмотке статора на параметры электромагнитных, вибрационных и акустических процессов подробно рассмотрены в [2]. Эксперименты проводились как на эксплуатируемых, так и на модельных машинах. Некоторые данные, характеризующие изменение вибрационных параметров в зависимости от межфазного замыкания васинхронной машине, приводится в табл. 1; данные получены для вертикальной (В), поперечной (П) и осевой (0) точек корпуса машин.

Режим холостого хода / Режим нагрузки	Вибрационные параметры в различных точках корпуса асинхронного электродвигателя типа 4А100S4У3 (замыкаются фазы Аи С обмотки статора)								
	Вибросмещение, мкм			Вибр.скорость, мм/с			Вибр.ускорение м/с^2		
	В	П	О	В	П	О	В	П	О
Неисправность отсутствует	65/80	50/70	55/90	0,6/2,5	0,4/1,5	0,5/2,0	1,9/4,4	0,8/5,1	1,7/8,9
Неисправность задана: ток в межвитковом короткозамкнутом контуре									
3 А	70/110	50/100	60/105	0,6/2,0	0,32/1,0	0,6/1,6	3,8/4,5	1,2/3,0	3,1/4,0
6 А	95/140	70/120	80/130	3,2/4,5	1,5 /2,.8	2,4/2,6	10,5/12,7	5,0/7,2	6,0/8,5
15 А	100/170	100/140	100/170	4,5/5,8	2,9/3,9	4,4/3,0	12,4/22,5	10,0/9,0	20,6/10,5

Примечание. В числителе приведены данные для режима холостого хода (*1=0),* в знаменателе – для режима нагрузки.

При измерении параметров одновременно проводились также их осциллографированиев идентичных условиях и одинаковом масштабе. В процессе исследования измерения параметров вибрационных процессов проводились виброметрами типа 2511 и 1621 фирмы *Braul-Kyaer.*

Экспериментальные данные показывают, что межфазное замыкание в обмотке статора приводит к заметному увеличению параметра вибрационного ускорения. Следовательно, ее можно использовать в

качестве наиболее информативногодиагностического параметра для контроля технического состояния асинхронного двигателя в процессе ее работы.

При экспресс-оценке технического состояния машины, отличить ее неисправноесостояние от исправного более наглядно позволяет метод, основанный на сравнения кривых плотности вероятности диагностического параметра, в данном случае, вибрационного ускорения. Известно, что изменения параметров, характеризующие физические процессы и техническое состояние в электрических машинах, подчиняется нормальному закону распределения [3] и их кривые изменяющие во времени являются эргодические стационарно случайныефункции. Данные статистических дискретных параметров вибрационного ускорения для построения указанныххарактеристик получены из обработкикривых осциллограмм с использованием программной базы *Microsoft Excel*.При этом определяемые дискретные статистические параметры вибрационного ускорения принимаем как случайные дискретные величины, характер изменения, которых зависит отувеличениястепени возмущения неисправности. После чего, на основе полученных данных с применением методов теории вероятности [4], рассчитаны кривые статистического распределенияплотности вероятности параметров вибрационного ускорения для режимов холостого хода и нагрузки машины.

В качестве примера на рис.1, показаны кривые распределенияплотности вероятности параметров вибрационного ускорения для асинхронного двигателя типа 4А100S4У3. При этом кривая (1) построенна для режима холостого хода при отсутствии неисправности, а кривая (2) построенное, когда задана межфазное замыкания в обмотке статора в режиме нагрузки асинхронногодвигателя.

Сравнение кривых (1) и (2) рис.1, показывает, что ордината кривой изменяется обратно пропорционально значению дисперсии. При исправном состоянии обмотки статора, дисперсия кривой имеет малое значение, а ее ордината относительно большое. Поэтому отклонения случайного параметра происходить в меньшей степени в окрестности своего среднего значения. Когда начинает образовываться межфазное замыкания в обмотке статора значение дисперсии повышается, а высота кривой уменьшается, так как при образовании неисправности отклонение случайного параметра вибрационного ускорения в окрестности своего среднего значения увеличивается пропорционально току в контуре межвиткового короткого замыкания в обмотке статора. Приведенный способ можно использовать также при диагностирование межвиткового короткого замыкании в обмотке статора машины.

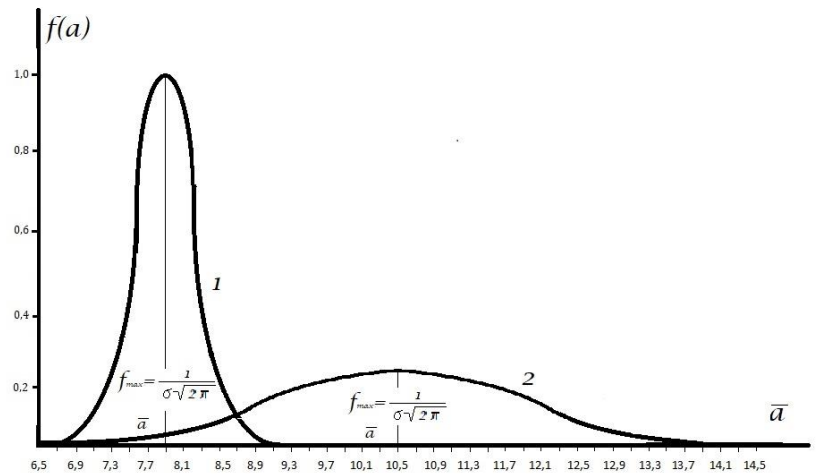


Рис.1. Кривая распределения плотности вибрационного ускорения: 1-неисправность отсутствует в режиме холостого хода; 2-неисправность задана, ток в к.з. контуре 15А в режиме нагрузки.

Список литературы

1. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин. Л.: Энергия,1969, 272 с.
2. Мустафаев Р.И., Ахмедов Д.А., Бабаев А.Д., Ахмедов А.Д. Диагностирование неисправностей асинхронных электродвигателей на основе сравнения кривых интегральной функции распределения параметров вибрационного ускорения // Электромеханика. 2017.№ 6. с.
3. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978, 237с.
4. Гумурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высшая школа, 1979, 401с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЗДАНИЯХ: АНАЛИЗ МИРОВОЙ ПРАКТИКИ

Мамедов Н.Я., Мамедов Н.Ш.
Азербайджанский архитектурно-строительный университет
UNDP Азербайджана
nurmammad.mammadov@azmiu.edu.az
nazim.mammadov@undp.org

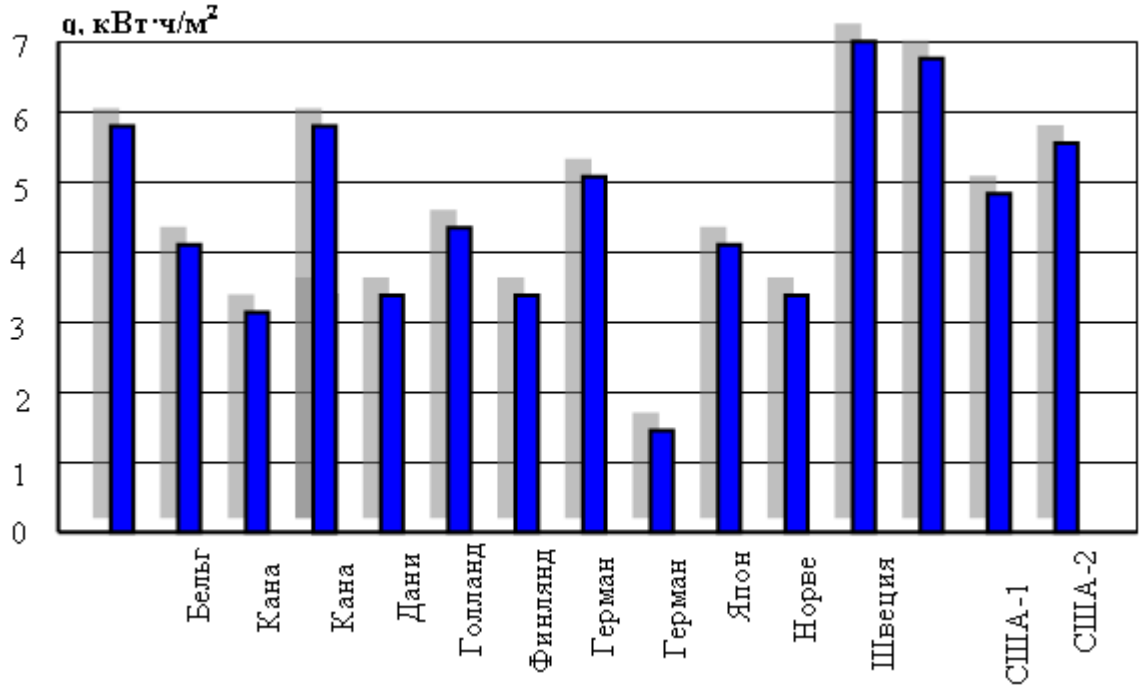
Сегодня практически во всех странах мира, в том числе и в нашей республике, проблема экономии тепловой энергии в строительном секторе привела к появлению различных энергосберегающих программ и технологий. В разработке и реализации двух таких программ «Энергосбережение в зданиях и социальных системах» и «Солнечное тепло и хладоснабжение» ведущая роль принадлежит Международному Энергетическому Агентству (IEA). В 1995 г. IEA распространил передовой опыт по проектированию, строительству и мониторингу жилых зданий с низким потреблением тепловой энергии 13 стран, которые были созданы в рамках подпрограммы «Задача XIII». Среднее проектное значение потребления тепловой энергии в этих зданиях ниже 50 кВт•ч/м2, что составляет менее 1/3 среднего потребления тепловой энергии традиционных зданий. На рисунке показаны годовые потребления тепловой энергии зданий подпрограммы «Задача XIII».

Эти проекты являются пилотными, но предложенные ими технологии и показатели по потреблению тепловой энергии должны быть ориентирами для последующей разработки новых строительных норм и программ по теплозащите наружных ограждающих конструкций и по проектированию инженерных систем, а также для строительства новых зданий и реконструкции старых.

Нам представляется, что на основании вышеуказанных пилотных проектов для нашей республики необходимо создать единую методику проектирования по теплозащите наружных ограждающих конструкций и модернизации инженерных систем, рассмотреть возможности применения механической вентиляции взамен естественной для современных многоэтажных жилых зданий с наружными ограждающими конструкциями повышенной тепловой эффективности. К примеру, отметим, что предложенная методика действует в строительных нормах и правил многих европейских стран.

Изучение и обобщение зарубежного опыта в области энергоэффективности в строительном секторе показывает, что снижение потребления тепловой энергии для инженерных систем зданий разного назначения правительствами многих стран рассматривается как важнейшая национальная экономическая проблема и разрабатываются новые законодательные и нормативные документы, долгосрочные программы, проводятся научно–исследовательские и проектные работы, обсуждаются программы полного или частичного перехода на возобновляемые источники энергии в строительной индустрии.

При проектировании жилых и административных зданий градостроители, архитекторы и инженеры по энергетике и коммуникационным системамдолжны работать вместе в одной команде и в качестве энергосберегающих мероприятий должны предприниматься следующие основные мероприятия: выбор формы, размеров и ориентации здания, расстояние между зданиями, сочетание и размещение здания на генеральном плане, оптимизация ветрового воздействия на здание, повышение общего термического сопротивления теплопередачи наружных ограждающих конструкций, а также



Годовое потребление тепловойэнергии зданий, построенных по подпрограмме «Задача XIII», кВт*ч м²

размещение в них теплоизоляционного слоя, уменьшение площади непрозрачных и прозрачных наружных конструкций, использование солнцезащиты и энергии солнечной радиации в системе теплоснабжения и т.д.

В мировой практике проектирования используются два метода определения энергетических нагрузок на системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха. Первый метод – это расчет на стационарные наружные и внутренние климатические параметры. Данный метод приближенный, позволяющий достаточно просто выполнять многовариантные расчеты и дающий, как правило, завышенные (иногда заниженные) результаты по тепловым нагрузкам. Второй метод – это расчет на нестационарные внутренние и наружные климатические параметры с учетом теплотехнических и теплоаккумуляционных характеристик наружных ограждающих конструкций.

Вместе с тем, при проектировании современных энергоэффективных многоэтажных жилых и многофункциональных зданий необходимо соблюдать следующие инновационные энергосберегающие решения:

- эффективная внутренняя архитектурная планировка здания с целью минимизации площади наружных остекленных поверхностей и соответственно уменьшения потери тепла через эти поверхности;
- тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций с целью повышения общего термического сопротивления на теплопередачу;
- применение непрозрачных наружных ограждающих конструкций высокой теплоемкостью для накопления в них тепловой энергии с целью повышения теплоустойчивости здания;
- аккумулирование энергии солнечной радиации в наружных ограждающих конструкциях с целью снижения нагрузки на инженерные системы;
- применение вентилируемых окон для уменьшения теплопоступлений от солнечной радиации в летнее время и уменьшения тепловых потерь в зимнее время;
- снижение до минимума тепловых мостиков в наружных ограждающих конструкциях и обеспечение минимальной инфильтрации и эксфильтрации воздуха;
- снижение расхода наружного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха с целью уменьшения расхода тепловой энергии на отопление здания;
- применение системы автоматического управления работы системы климатизации с целью оптимизации и учета потребления тепловой энергии и т.д.

Однако проведенные нами исследования показали, что обычные методы анализа и моделирования работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха по специальной программе и основанные на точной обработке численных данных, по существу, не способны охватить огромную сложность реальных процессов, т.к. практически невозможно учесть все факторы и параметры,

влияющие на потребление тепловой энергии. Это обстоятельство приводит к тому, что для получения реальной картины о работе систем климатизации, приходится отказаться от традиционных требований к точности измерений, которые были необходимы при математическом анализе четко определенных графиков потребления тепловой энергии.

Предполагается, что для четкого регулирования потребления тепловой энергии и управления всей системой климатизации целесообразно использовать понятие лингвистической переменной, введенной впервые Л. Заде [1]. Подобные лингвистические переменные позволяют более точно определить и адекватно отразить приблизительное словесное описание указанных систем в том случае, когда точное математическое детерминированное описание отсутствует. При этом следует учесть, что по утверждению того же автора, многие нечеткие режимы, описанные лингвистически, зачастую не менее информативны, чем точное описание.

Организованный воздухообмен, процессы рекуперации и рециркуляции, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха являются основными элементами обеспечения чистоты воздуха и комфорта в помещениях. От качества и надежности работы этих систем зависят комфортность проживания или работоспособность людей, сохранность и долговечность наружных ограждающих конструкций здания, обеспечения социальной экологии и уменьшение расхода тепловой энергии. С развитием научно-технического прогресса у человека появляется все больше возможности повысить уровень комфорта и безопасности в своих жилищах. Появление информационных технологий открыло необъятные горизонты для данного направления в строительной индустрии. Теперь в современном строительстве можно автоматизировать все процессы жизнеобеспечения, связанные с системами климатизации. Автоматизация и управление работой инженерных систем здания дает возможность существенно экономить тепловую энергию, предусмотренную для инженерных систем. Это происходит благодаря оптимизации и синхронизации работы всех систем в отдельности и более эффективной и совместной их работы. Например, синхронизация работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха позволяет существенно снизить расход тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров внутри помещений независимо от внешних климатических изменений, увеличивается срок бесперебойной работы инженерных систем, уменьшаются расходы на техническое обслуживание и эксплуатации оборудования.

Задачей систем обеспечения микроклимата в основном заключается в том, что в помещении для каждого человека с учетом его индивидуальных потребностей необходимо создать комфортные параметры внутреннего воздуха. Кроме того, при проектировании этих систем необходимо предусмотреть, что при необходимости потребуется нейтрализация постоянно действующих наружных климатических возмущений.

Нам представляется, что для вновь построенных многоэтажных жилых зданий необходимо проектировать механическую приточную и вытяжную вентиляцию индивидуального регулирования в соответствии с потребностями каждого человека. Во многих Европейских странах (Норвегия, Германия, Финляндия и др.) в новом жилищном строительстве в обязательном порядке проектируется механическая приточно-вытяжная вентиляция с утилизацией тепла вытяжного воздуха для нагрева или охлаждения приточного.

Отметим, что проектирование механической системы вентиляции и одновременно сочетание приточной и вытяжной механических систем с естественной вентиляцией требует проведения ряда сравнительных расчетов. Необходимо повысить качество системы вентиляции и, соответственно внутреннего воздуха, уменьшить кратность воздухообмена в жилых помещениях с целью снижения расхода потребляемой тепловой энергии.

Вышеперечисленные требования касаются все типы вновь построенных или реконструируемых жилых и общественных зданий. Известно, что в жилых зданиях внутренние тепловыделения обычно не превышают 10 Вт/м2. Вместе с тем, наши исследования показывают, что для климата некоторых регионов Азербайджанской республики искусственное охлаждение практически не требуется [2].

Тепловую нагрузку на отопление можно снизить за счет улучшения тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций зданий, а для оптимизации тепловой нагрузки на горячее водоснабжение существуют различные приемы.

Численные расчеты показывают, что при среднегодовой удельной тепловой нагрузке на отопление от 10 до 15 кВт/(час•м2) разница в общих затратах на тепловую энергию для отопительных систем зданий без тепловой защиты и с тепловой защитой минимальна (результаты исследований относятся только к вновь построенным жилым зданиям).

За последние десятилетия в связи с изменением требований инвесторов, возросшими потребностями потенциальных заказчиков, а также актуальностью вопросов энергосбережения, ростом

стоимости тепловой энергии и возрастанием расходов, необходимых для эксплуатации зданий,а также систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, применяющиеся в современных многофункциональных общественных и жилых зданиях, значительно модифицировались. Современное состояние окружающей среды, качество внутреннего воздуха и растущая потребность создавать интеллектуальные здания оказали влияние на модернизацию и применения современных информационных технологий в системах обеспечения микроклимата.

В современных многофункциональных зданиях климатические параметры внутреннего воздуха отдельных помещений могут быть разными, что связано с индивидуальными потребностями людей, технологии производства и т.д. Поэтому тепловые нагрузки на системы климатзации в отдельных помещениях могут не совпадать ни по времени, ни по величине.

При проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо руководствоваться тем, что для выбора технических решений основным критерием должен быть обеспечение экологически чистого воздушного режима в экономически целесообразных пределах при минимальном расходе тепловой энергии.

Известно, что рост населения соответственно вызовет рост потребления тепловой энергии во всем мире, последствием которого является увеличение вредных выбросов в атмосферу, так как, по утверждению ученых в ближайшие 50 лет в мире преимущественно будет использоваться органическое топливо [3]. Темпы перехода на альтернативные возобновляемые источники энергии не очень высоки.

Известно, что на нужды инженерных систем зданий и сооружений расходуется значительная доля производимой тепловой энергии (по нашим расчетам эта доля составляет около 50 % всей производимой энергии). Эту долю необходимо снизить не за счет снижения уровня жизни проживающих в этих зданиях людей, а наоборот, повысить уровень комфорта не увеличивая, а снижая расход тепловой энергии.

Резюмируя вышесказанное, можно прийти к выводу, для повышения энергоэффективности современных зданий необходимо выполнять следующие первоочередные задачи: оптимальное размещение здания на генплане города, соблюдение расстояния между зданиями в соответствии с нормативами, использование теплоизоляционных материалов для наружных ограждающих конструкций, в зависимости от климатических параметровнаружного воздуха и пофасадное регулирование работы отопительных систем, максимальное использование возобновляемых источников энергии, модернизация и оптимизация работы инженерных систем, использование теплоты (холода) удаляемого воздуха, сведение к минимуму процессов инфильтрации и эксфильтрации, отказаться от классической методики учета влияния скорости ветра на теплопотери здания (данная методика разработана для незащищенных от ветра зданий, а в СНиП-ах приводится скорость ветра на высоте 10 метров от уровня земли, что не подходит для современных многоэтажных зданий) и разрабатать новую методику и т.д.

Список литературы

1. ZadehL.A. The concept of alinguistic variable and ins applications to approximate reasoning. Information Sciences, 1975, Part 1.8, pp. 199-249; Part 2.8, pp. 301-357; Part 3.9, pp. 43-80

2. Мамедов Н.Я. Применение современных информационных технологий при прогнозировании расхода воздуха для помещений здания // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ “Энергетика“, Минск: 2008, № 3, с.72-77.

3. Ливчак И.Ф. Инженерная защита и управление развитием окружающей среды. М.: Колос, 2001, 139 с.

ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ ШЕЛЬФА КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Хлюпин П.А., Хабибуллин Т.Р., Ибрагимова Э.И., Валиев Р.Р., Галимов Р.А.
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Шельф Каспийского моря обладает высоким энергетическим потенциалом, который на данный момент практически не реализован. Потребителями данной энергии могут стать, как объекты непосредственного региона прикаспия, так и объекты нефтегазовой промышленности, занимающиеся освоением шельфовых месторождений. Среди нефтегазовых компаний наиболее активным игроком каспийского шельфа является ПАО «ЛУКОЙЛ», которая эксплуатирует два месторождения Северного Каспия им. Ю. Корчагина и им. В. Филановского. По данным на начало 2017 года накопленная добыча по этим месторождениям превысила 9 млн т. В перспективе компания планирует ввод в эксплуатацию еще двух месторождений – Ракушечное и им. Кувыкина [1].

Таким образом, увеличение в регионе шельфовых платформ приведет к необходимости увеличения генерирующих электроэнергию мощностей. Попытка запитать платформы с берега приведет к значительному удорожанию добытой нефти из-за повышенных потерь при передаче электроэнергии. Другое решение, использование автономных дизельных или газотурбинных электростанций на платформе приведет к необходимости сжигать углеводороды, что негативно скажется на экологии акватория Каспия, а также приведет к потере части добываемых активов в виду их непосредственного сжигания.

Наиболее перспективным решением с экономической и экологической точек зрения является использование комплекса, состоящего из систем генерации на основе возобновляемых источников энергии, таких как ветер, солнце и энергия моря [2].

Каждая из этих систем генерирует свой род и уровень напряжения, что ставит перед разработчиками достаточно сложные задачи. Солнечные панели генерируют постоянно напряжение, ветрогенераторы переменное трехфазное небольшой амплитуды, волновые электростанции способны сгенерировать переменное трехфазное напряжение с амплитудой напряжение 1000 В и выше, в зависимости от конструкции. Таким образом часть энергии может после генерации поступать непосредственно в сеть, а часть требует дополнительных преобразований.

Например, постоянное напряжение солнечных панелей преобразуетсяв переменное с помощьюинвертора, при этом часть энергии идет на систему накопления, аккумуляторы.При необходимости передачи энергии на значительные расстояния напряжение после электрогенератора ветряной мельницы и волновой станции повышается трансформатором до 110 кВ.Мощность такого комплекса может превышать 100 кВт генерируемой электроэнергии.

Для повышения надежности работы ветрогенераторов и увеличения межремонтного периода авторами предлагается вместо стандартного редуктора использовать магнитный полностью управляемый редуктор. Это позволит уменьшить массогабаритные показатели, снизить шум, повысить эффективность выработки электроэнергии и увеличить безопасность для машины благодаря быстродействию на изменение ветровой нагрузки.

Магнитный редуктор состоит из силовой части – электромагнит и станции управления, которая расположена в теле опоры станции возобновляемой энергии. Магнитный редуктор бесконтактно передает вращение генератору от лопастей ветряной турбины с постоянной частотой, увеличивая, либо уменьшая вращение в зависимости от скорости ветра.

При выборе муфты целесообразно исходить из критериев высокого быстродействия, плавного регулирования скорости ведомого вала. В качестве муфты предлагается использовать ферропорошковую муфту, так как она имеет большое быстродействие благодаря отсутствию якоря, у неё отсутствуют быстроизнашивающиеся диски трения, а также она подходит для плавного регулирования скорости вала[3].

Управление муфтой будет производиться следующим образом: от датчика скорости ветра сигнал будет приходить на контроллер и обрабатываться. В случае если скорость ветра будет ниже нижнего порога, при котором количество энергии, получаемой от ветрогенератора будет больше чем затрачиваемой на поддержания работы магнитного редуктора, контролер не подает ток на редуктор; в случае если скорость ветра выше верхнего порога, при котором управлять скоростью вращения вала не представляется возможным в связи с техническими ограничениями, контролер так же не подаёт ток на редуктор; в промежутке между этими двумя значениями ток подаётся таким образом чтобы скорость вращения вала в результате оставалась постоянной (значения передаточного момента зависит от

квадрата силы подаваемого тока до определенного момента после чего зависит только от скорости вращения передаточного вала).

Таким образом в выборе муфты мы должны с целью повышения КПД установки подобрать муфту так чтобы верхний и нижний порог примерно соответствовали границам усреднённого диапазона скорости ветра в области установки ветрогенераторов. Так с целью уменьшения нижнего порога нужно выбирать с минимально возможными значения тока управления с целью снизить энергозатраты на управление магнитным редуктором, или же с максимально большими для того чтобы имелась возможность управлять скоростью вала при высокой скорости ветра. Стоит также учитывать, что верхний порог будет зависеть по линейному закону от тока, а нижний по квадратному.

Система управления солнечными панелями предназначена принимать солнечный свет с восточной и западной стороны панели солнечных батарей и определять, каким способом переместить панель, чтобы она была направлена непосредственно на источник света. В фоторезисторах сопротивления изменяются с изменением интенсивности света, поэтому они должны быть соединены таким образом, что изменение сопротивления преобразуется в сигнал напряжения, который попадает в контроллер. Данные сравниваются, если разность больше, чем небольшой порог, то контролер подает сигнал на шаговый двигатель двигаться в направлении большего света. Если свет падает ниже определенного уровня обоих датчиков, то она определяется как ночное время и панель перемещается на восток в ожидании восхода солнца. Данная система улучшает прием солнечного излучения до 40 %[4].

В качестве основного привода предполагается использование шагового электродвигателя из-за более низкой стоимости, простого управления и неплохой точности. При выборе двигателя будем исходить из следующего: количество «шагов» должно быть не менее 60 (или угол поворота 6° на шаг), крутящий момент должен быть достаточен для поворота панелей и взят с некоторым запасом.

Для надёжности панели будут располагаться не на одном блоке, а на 5-ти чтобы в случае выхода из строя одного двигателя или блока, система продолжала функционировать. Ориентировочный вес одной панели 20 кг, панелей в блоке 20, ориентировочный вес креплений 400кг. В таком случае вес одного блока равен 20*20+400=800кг. Предположим коэффициент трения в подшипниках равен 0,01, в таком случае сила необходимая для поворота блока 8 кгс. Пусть радиус колеса вагонетки 20см, в таком случае необходимый крутящий момент 1,6 кгс*м. Таким может быть шаговый двигатель FL110STH150-6504[5].

Для определения местоположения солнца используются фоторезисторы в виду их дешевизны и простоты. При выборе фоторезисторов стоит уделить внимание рабочему диапазону, что соответствует от 0 до 10000 люмен, а также достаточной чувствительности. Исходя из этих данных можно использовать фоторезистор ФСК-1[6].

Для управления приводом предполагается использование того же контроллера, что и для электромагнитного редуктора, так как он имеет несколько контуров управления. Контроллер сравнивает показания двух фотодатчиков и подает сигнал на двигатель.

Датчик ветра должен работать в диапазоне от 0 м/с и до 50 м/с, при этом обладать достаточной влагозащищёностью чтобы не выходить из строя после кратковременного погружения под воду (то есть по системе классификации степени защиты IPдолжно быть не менее IP66. Таким может быть ультразвуковой датчик ветра WindSonic M[7].

Контролер должен обладать микропроцессором чтобы быть в состоянии посчитать ток, который необходимо подать. Например, программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК154[8].

Для увеличения срока службы комплекса генерации энергии предлагается все поверхности покрыть тонким слоем сверхмолекулярного полиэтилена. Данное покрытие позволит замедлить процесс коррозии металлических поверхностей комплекса, увеличить срок безаварийной эксплуатации, а также свести к минимуму воздействие на окружающую среду [9].

При производстве комплекса на территории России потребителями данной технологии могут стать не только российские предприятия, но и страны всего каспийского региона. А при модернизации системы, подобные комплексы можно будет установить на Азовском и Черном морях, а также в акватории дальнего востока и острова Сахалин.

Список литературы

1. Накопленная добыча нефти ЛУКОЙЛа на месторождениях на шельфе Каспийского моря превысила 9 млн т [электронный ресурс]. URL: https://neftegaz.ru/news/view/159815-Nakoplennaya-dobycha-nefti-LUKOYLa-na-mestorozhdeniyah-na-shelfe-Kaspiyskogo-morya-prevysila-9-mln-t (дата обращения 06.02.2018)

2. Гайнанов Д.А. Об эффективном соотношении традиционных и возобновляемых источников энергии в электроэнергетике России / Д.А. Гайнанов, Е.С. Каширина, Я.Ф. Хабирова // Электротехника, 2018. – № 1. – С. 12-16.

3. Электромагнитная муфта управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://poznayka.org/s25239t1.html(дата обращения: 08.02.2018)

4. Солнечныйтрекер (система слежения за солнцем) на Arduino[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ngin.pro/arduino/226-colnechnyy-treker-sistema-slezheniya-za-solncem-na-arduino.html (дата обращения: 08.02.2018)

5. NEMA 42 FL110STH150-6504 A/B шаговый двигатель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://stepmotor.ru/каталог/fl110sth150-6504ab (дата обращения: 08.02.2018)

6. Фоторезистор ФСК-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eandc.ru/catalog/detail.php?ID=16635(дата обращения: 08.02.2018)

7. Ультразвуковой датчик ветра WindSonicMOpt 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.meteomaster.ru/products/catalog/GILL-Instruments/Ultrazvukovoy_datchik_vetra_WindSonic_M_Opt_2/(дата обращения: 08.02.2018)

8. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК154 – Краткое описание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_154/opisanie(дата обращения: 08.02.2018)

9. Полимеры. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: рынок в ожидании переработчиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=624 (дата обращения: 08.02.2018)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА КАК НЕТРАДИЦИОННОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Юсупова А. И., Зайнетдинов А. М., ИсламутдиноваА.А., Даминев Р. Р.

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет в г.Стерлитамак

Астрономия и физика рассматривают Солнце как гигантскую печь, в которой протекают термоядерные реакции, связанные с превращением одних элементов в другие. Эти реакции сопровождаются выделением колоссального источника энергии. Солнечная энергия - это источник жизни на планете Земля. Наша планета, и все живые организмы, существующие на ней, получает энергию солнца в виде солнечного света и тепла. Солнечная энергетика является одним из источников получения электроэнергии нетрадиционным способом, поэтому относится к альтернативным источникам энергии. Солнечная энергетика использует солнечное излучение и преобразовывает его в электричество или в другие виды энергии. Солнечная энергия является не только экологически чистым источником энергии, т.к. при преобразовании солнечной энергии не выделяется вредных побочных продуктов, но еще энергия солнца самовосстанавливающийся источник альтернативной энергии.Солнечная энергетика– это отрасль науки и техники, разрабатывающая научные основы, методы и технические средства использования энергии солнечного излучения на Земле и в космосе для получения электрической, тепловой или других видов энергии и определяющая области и масштабы эффективного использования энергии Солнца в экономике страны.

Первые шаги к идеальному прибору для получения и преобразования солнечной энергии были сделаны с изобретением кремниевых батарей. Конечно, цена достаточно высока, но зато панели могут быть размещены на крышах и стенах домов, где они никому не будут мешать. А эффективность таких батарей неоспорима.

Способы преобразования энергии солнца для получения различных видов энергии, используемой человеком, можно разделить по видам получаемой энергии и способам ее получения, это:

1) Преобразование в электрическую энергию.

-Путем применения фотоэлектрических элементов. Фотоэлектрические элементы используются для изготовления солнечных панелей, которые служат приемниками солнечной энергии в системах солнечных электрических станций. Принцип работы основан на получении разности потенциалов внутри фотоэлемента при попадании на него солнечного света. Панели различаются по структуре (поликристаллические, монокристаллические, с напылением кремния), габаритным размерам и мощности.

-Путем применения термоэлектрических генераторов. Термоэлектрический генератор – это техническое устройство, позволяющее получать электрическую энергию из тепловой энергии. Принцип действия основан на преобразовании энергии, получаемой из-за разности температур на разных частях элементов конструкции (термоэлектродвижущая сила).

2) Преобразование в тепловую энергию.

- Путем использования коллекторов различных типов и конструкций. Например, вакуумные коллекторы трубчатого вида и в виде плоских коллекторов. Принцип действия − под воздействием солнечных лучей нагревается специальная жидкость, которая при достижении определённых параметров начинает испаряться, после чего пар передает свою энергию теплоносителю. Отдав тепловую энергию, пар конденсируется и процесс повторяется. Плоские коллекторы представляют из себя каркас с теплоизоляцией и абсорбер, покрытые стеклом, с патрубками для входа и выхода теплоносителя. Принцип действия − потоки солнечного света попадают на абсорбер и нагревают его, тепло с абсорбера переходит теплоносителю.

- Путем использования гелиотермальных установок. Принцип действия основан на нагревании поверхности, способной поглощать солнечные лучи. Солнечные лучи фокусируются и посредством устройства линз концентрируются, после чего направляются на принимающее устройство, где энергия солнца передается для накопления или передачи потребителю посредством теплоносителя.

И все же будущее солнечной энергетики за прямым преобразованием солнечного излучения в электрический ток с помощью полупроводниковых фотоэлементов – солнечных батарей.

Использование солнечной энергии получает все более широкое распространение в разных странах и на разных континентах. Россия не является исключением из этой тенденции. Причиной более широкого распространения в последние годы стало:

− Развитие новых технологий, позволившее снизить стоимость оборудования;

− Желание людей иметь независимый источник энергии;

− Чистота производства получаемой энергии («зеленая энергетика»);

− Возобновляемый источник энергии.

Потенциалом для развития солнечной энергетики обладают южные районы нашей страны – республики Кавказа, Краснодарский и Ставропольский край, южные районы Сибири и Дальнего Востока.В настоящее время солнечные электростанции работают в Оренбургской и Белгородской областях, Республиках Башкортостан, Хакасия, Крым, Алтай, Саха Якутия и в Забайкальском крае. Общая проектируемая мощность солнечных электрических станций, находящихся в стадии разработки и строительства, составляет – 1079,0 МВт. Термоэлектрические генераторы, гелиоколлекторы и гелиотермальные установки также широко применяются на промышленных предприятиях и в повседневной жизни. Вариант и способ использования выбирает каждый для себя сам.Количество технических устройств, использующих энергию солнца длявыработки электрической и тепловой энергий, а также количество строящихся солнечных электрических станций, их мощность, говорят сами за себя − в России альтернативным источникам энергии быть и развиваться.

К достоинствам солнечной энергии относятся:

1)Нет побочного действия. Процесс преобразования энергии происходит без шума, вредных выбросов и отходов, воздействия на окружающую среду. Этого нельзя сказать о тепловой, гидро- и атомной энергетике. Все традиционные источники в той или иной мере наносят вред окружающей среде.

2)Неисчерпаемость источника энергии в далекой перспективе.

3)Отсутствие платы за неё. Солнечные панели делаются с использованием кремния, запасов которого достаточно много.

4)Безопасность и надёжность. Оборудование долговечное (служит до 30 лет). После 20−25 лет использования фотоэлементы выдают до 80 процентов от своего номинала.

5)Хорошие перспективы развития отрасли, обусловленные развитием технологий и производством новых материалов с улучшенными характеристиками.

Недостатками являются:

1)Прямая зависимость количества вырабатываемой энергии от погодных условий, времени суток и времени года.

2)Высокая стоимость оборудования.

3)Низкий КПД.

4)Зависимость от географического расположения

5) Необходимость использования больших площадей

Развитие технологий в области солнечной энергетики должно привести к снижению затрат на создание элементов. Уже сейчас появляются стеклянные панели, которые могут быть установлены на окнах. Развитие нанотехнологий позволило изобрести краску, которая будет напыляться на солнечные батареи и сможет заменить кремниевый слой. Если стоимость солнечной энергии действительно снизится в несколько раз, то многократно вырастет ее популярность. Создание маленьких панелей для индивидуального применения позволит людям в любых условиях использовать солнечную энергию – дома, в машине или даже за городом. Благодаря их распространению снизится нагрузка на централизованные электросети.

Все эти данные позволяют сделать вывод о том, что многие страны мира пытаются максимально внедрить у себя использование солнечной энергии. Это актуально потому, что энергопотребление постоянно растёт, а ресурсы ограничены. Также следует заметить, что традиционная сфера энергетики сильно загрязняет окружающую среду. Поэтому альтернативная энергетика – это будущее. И энергия солнца является одним из ключевых её направлений.

Список литературы

1. Глиберман, А.Я., Зайцева А.К. Кремниевые солнечные батареи. Государственное энергетическое издательство. Москва-Ленинград, 1961. - 5 с.
2. Виссарионов, В.И., Дерюгина, Г.В., Кузнецова, В.А., Малинин, Н.К.Солнечная энергетика / В.И. Виссарионов. - 2-е изд.,стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 13 с.
3. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: Учебник для вузов / Быстрицкий Г.Ф. - М.: ИНФРА-М, 2006. – 37с.
4. Германович, В., Турилин, А.Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. - СПб.: Наука и Техника, 2011. – 139 с.
5. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: КноРус, 2010. – 83 с.
6. Лапаева, О.Ф.Трансформация энергетического сектора экономики при переходе к энергосберегающим технологиям и возобновляемым источникам энергии// Вестник Оренбургского государственного университета.- 2010.-Вып. 13(119) 55с.

VII BÖLMƏ
ENERGETIKA SISTEMLƏRINDƏ INFORMASIYA TEXNOLOGIYALARI VƏ ENERJI ÇEVIRICILƏRI

VII СЕКЦИЯ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

PART VII
ENERGY CONVERTERS AND İNFORMATİON TECHNOLOGİES İN ENERGETİC SYSTEMS

MÜRƏKKƏB SİSTEMLƏRİN İMİTASİYA MODELLƏŞDİRİLMƏSİ İLƏ TƏDQİQİNİN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ ALƏTİNİN ARXİTEKTURASININ İŞLƏNMƏSİ

Əhmədov M.A., Əhmədova S.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti,

Təcrübə göstərir ki, layihələndirilən obyektin həyat dövrü, yəni istismarda olma müddəti, istismar mərhələsinə qədər mərhələlərin yerinə yetirilmə müddətlərindən birbaşa asılıdır. Beləki istismara qədər mərhələlərin avtomatlaşdırma üsulları ilə səmərəli layihələndirilməsi hesabına həmin mərhələlərin müddətlərinin azaldılması obyektin istismar müddətini, yəni həyat dövrünü artırır. Onu da qeyd edək ki, müxtəlif obyektiv və subyektiv səbəblərdən istismara kimi mərhələlərin layihələndirmə müddətləri süni şəkildə artırılarsa layihələndirilən obyektin fiziki və mənəvi cəhətdən "qocalması" , layihələndirilməsinin və istismarının məqsədəuyğun olmaması prosesi baş verir[1].

Göstərilən hal mürəkkəb xarakterli proseslərin layihələndirilməsində özünü daha qabarıq şəkildə göstərir. İnformasiya- kommunikasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı bu növ istehsal sahələrinin kompüter modelləşdirilməsi üsulları ilə tədqiqini aktuallaşdırır.

Mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilən energetika sistemlərin ilkin layihələndirilməsi mərhələsində , eyni zamanda mövcud sistemlərin təkmilləşdirilməsi və səmərəliliyinin yüksəldilməsi məqsədi ilə kompüter modelləşdirilməsi üsullarının tətbiqi üçün riyazi aparat kimi imitasiya modelləşdirilməsinin istifadə edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

İM-in digər modelləşdirmə alətləri ilə müqayisədə üstün cəhətləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar[2]:

1.Mürəkkəb sistemin fəaliyyəti və onun xassələri haqqında, əgər həmin sistem yeni layihələndirilirsə, onun layihələndirilməsinin ilkin mərhələsində yaradılmasının məqsədəuyğunluğu barədə qərar qəbul etmək imkanlarının olması; əgər sistem fəaliyyətdə olan proseslər toplusundan ibarətdirsə və onlar üzərində eksperimentlərin aparılması mümkün deyilsə və yaxud həddindən artıq baha basa gəlirsə, sistemin fəaliyyətinə müdaxilə etmədən eksperimentlərin məqsədi sistemə daxili və xarici təsvirlərin sərhədlərini təyin etməkdirsə, onun fəaliyyətinə xələl gətirmədən eksperimentlərin aparılmasının mümkünlüyü.

2. İdarəetmə strategiyalarının sintezi və tədqiqi.

3. Sistemin perspektivdə fəaliyyətinin planlaşdırılması və proqnozların təyini.

4. Sistemin idarə olunması ilə məşğul olan heyətin öyrədilməsi və s.

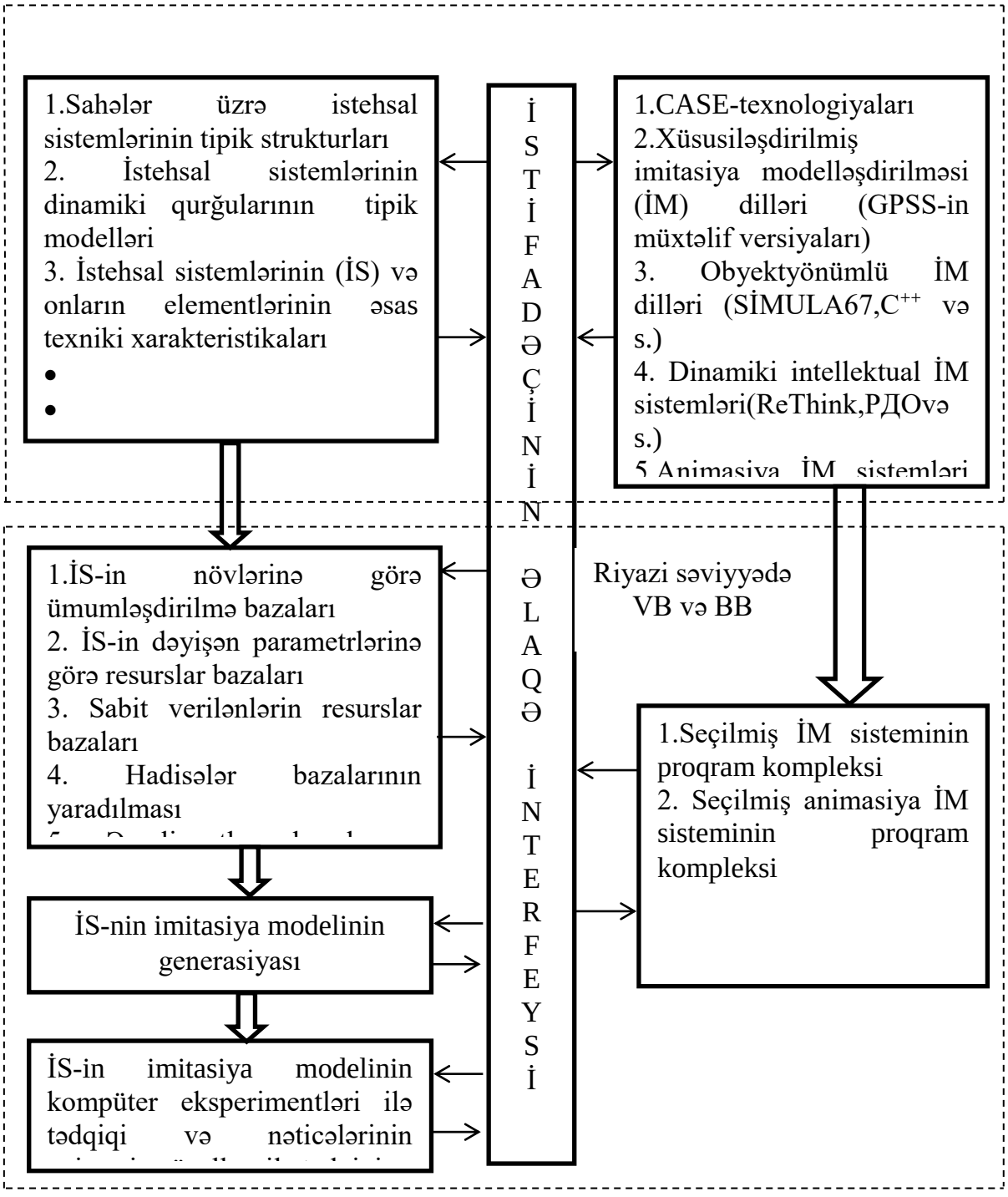
Məruzədəenergetika sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələsində imitasiya modelləşdirilməsi (İM) ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsinə baxılır.

Təklif edilən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası şəkildə göstərilmişdir.

Arxitekturadan göründüyü kimi istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi müxtəlif təyinatlı mütəxəssislərin birgə fəaliyyəti nəticəsində həyata keçirilir. Tədqiqat obyekti səviyyəsində tədqiq olunacaq obyektin struktur modeli seçilmiş sahə üzrə mütəxəssis tərəfindən öyrənilir. Struktur modeldə həmin obyektə daxil olan dinamiki qurğuların və köməkçi avadanlıqların tipik modelləri, onların yerinə yetirdiyi funksiyalar, əsas texniki xarakteristikaları və s. öz əksini tapmalıdır. Əksər hallarda İM-dən əvvəl tədqiq olunan obyektin statik analizinin aparılması tələb olunur. Bu proses, haqqında daha ətraflı biliklərin əldə olunmasını və İM-də səhvlərin həcminin azalmasını təmin etməlidir. Statik analizin nisbətən sadə obyektlərdə yerinə

yetirilməsi həmin sahə üzrə texnoloqların və ekspertlərin birgə əməyi nəticəsində həyata keçirilir. Mürəkkəb İS-də statik analizin yerinə yetirilməsində CASE – texnologiyalarından geniş istifadə edilir.

Mürəkkəb sistemin modelinin qurulması onda baş verən proseslərin yazılışından başlanır. Hər bir proses nisbətən sadə elementlər çoxluğundan –fəaliyyətlərdən təşkil olunur. Mürəkkəb sistemlərdə fəaliyyətlər ümumi, adətən məhdudlaşdırılmış resurslardan istifadə etməklə paralel, asinxron və kombinəedilmiş rejimlərdə özlərini göstərirlər. Odur ki, İM-i yaradanlar mürəkkəb sistemin proseslərini və onların tərkib hissələri olan fəaliyyətləri, eyni zamanda digər layihə edənlərlə informaiya mübadilələrini ümumi dildə yerinə yetirməyi mükəmməl bilməlidir. Bu məqsədlə fəaliyyətlərin təsviri və onların qarşılıqlı əlaqələrinin təyini diaqramları metodologiyası işlənməlidir. Diaqramların qurulması mürəkkəb sistem haqqında biliklərin formalizə olunması üçün köməkçi addım hesab olunur və layihənin bütün iştirakçıları arasında sıx əlaqə yaratmaqla modelləşdirmənin ilkin mərhələlərində müxtəlif səhvlərin aşkarlanıb aradan qaldırılmasını təmin edir.



Şəkil 2. İstehsal sisteminin İM ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası

Bu funksiyaları CASE-texnologiyaları (Computer Aided System Engencerinq) ilə səmərəli yerinə yetirmək olar. Bu texnologiyalardan realizə olunma həcminə görə daha çox istifadə olunan sistemlərin struktur analizi və layihələndirilməsi texnika və vasitələri (Struktured Analysis and Design Technique-SADT)-texnologiyalarıdır [3]. SADT- texnologiyaları içərisində də daha geniş yayılmışı spesifikasiyaların inteqral yazılışı metodu (İntegrated Computer-Aided Definition Method-)- texnologiyaları hesab olunur . İDEF ABŞ-da ICAM (Integrated Computer Aided of Manufacturing –istehsalata inteqrallaşdırılmış kompüter köməyi) dövlət proqramı çərçivəsində yaradılmış və onun da müxtəlif təyinatlı versiyaları mövcuddur: İDEF0- funksional modelləşdirmə; İDEF1- informasiya modelləşdirməsi; İDEF3- proseslərin vəziyyəti və iş ardıcıllıqlarının yazılışı metodu və s.

CASE- texnologiyaların tədqiqinin nəticələrini ümumiləşdirərək göstərmək olar.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого автоматизированного модуля // Системы управления и информационные технологии. Научно-технический журнал.№ 4.1(62).2015.с.104-107.

2.Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Имитационное моделирование системы: М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009.-584с.: ил.(Информатика в техническом университете).

3. Федотова Д. Э., Семенов Ю. Д., Чижик К. Н. CASE-технологии. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. - 160 с.: ил.

İNFORMASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ RSA ALQORİTMİNİN İŞLƏNMƏSİ

İsgəndərova G.A., Hüseynov K.K.

Milli Aviasiya Akademiyası

Isgenderova-gunay90@mail.ru

Növündən və xarakterindən asılı olmadan baş verə biləcək istənilən təhlükələrin qarşısının alınması, başqa sözlə, sistemdə toplanan, saxlanan və emal olunan, eləcə də şəbəkə vasitəsilə ötürülən informasiyanın təhlükəsizliyinin təmin olunması məqsədilə indiyədək çoxlu sayda müxtəlif üsullar, vasitələr və tədbirlər sistemi işlənib hazırlanmışdır.

Məxfi informasiyanın məzmununun kənar şəxslər tərəfindən oxunmasının qarşısını almaq üçün atılan ciddi addımlardan biri də informasiyanın mənasının və məzmununun gizlədilməsi,yəni şifrələməsi üsullarının tətbiqindən ibarətdir. İnformasiyanın şifrələnməsi rəqib qarşısında daha ciddi bir maneənin yaradılması təmin edir. Şifrələmə üsulları dedikdə istənilən formada olan, o cümlədən disk qurğularında saxlanılan və ya kompyuterdə emal olunan, eləcə də rabitə kanalları vasitəsilə ötürülən informasiyanın məzmununun gizlədilməsi üsulları başa düşülür. Bu üsullardan biri də RSA alqoritmidir.

RSA (Rivest,Shamir və Adleman soyadlarından götürülmüşdür)-açıq açarlı kriptoqrafik alqoritm,böyük tam ədədlərin sübutu probleminin hesablama mürəkkəbliyinə əsaslanır.RSA kriptosistemi şifrləmə və rəqəmsal imza üçün ilk yararlı sistemdir.

RSA alqoritmi belə işləyir: “ p „və “ q „ kimi iki kifayət qədər böyük sadə ədədlər götürülür və onların hasilləri tapılır.Bu hasili n ilə işarələnir və $\varphi(n)=(p-1)(q-1)$ hesablanır. $\varphi(n)$ -Eyler funksiyası, n -isə modul adlanır.Sonra aşağıdakı şərti ödəyən

$$1<e<(p-1)(q-1) \text{ yəni } 1<e<\varphi(n)$$

“ e ” kəmiyyəti seçilir.Bu $(p-1)(q-1)$ ədədi ilə ümumi bölənə malik deyildir.Sonra elə bir “ d ” ədədi seçilir ki, $(e*d-1)$ ifadəsi $(p-1)(q-1)$ -ə bölünsün.

Burada

e -açıq (publik) göstərici.

d -şəxsi(private) göstərici.

(e,n) - RSA-nın açıq(publik) açar.

(d,n) - RSA-nın şəxsi(private) açar.

$\varphi(n)$ modulundan e ədədinə əks olan multiplikativ d ədədi hesablanır.Yəni $d \cdot e \equiv 1(\mathrm{mod}\varphi(n)) . d$ ədədi gizli eksponent adlanır.

Şifrələmə və deşifrələmə.

Fərz edək ki,ƏliAygünə m məlumatını göndərmək istəyir.Məlumat 0-dan $n-1, m \in Z_n$ intervalında olan tam ədəddir.

Alqoritm

- (e,n)-ni Aygünün açıq açarı kimi götürək;
- m açıq mətndir;
- Aygünün açıq açarından istifadə edərək məlumatı şifrələyək:

$c = E(m) = m^e \bmod n$ (1).

Alqoritm

- Əlinin deşifrələmə açarını c qəbul edək;
- (d,n)-ni bağlı açar götürək;
- Deşifrələmə açarını tətbiq edək: $m = D(c) = c^d \bmod n$ (2).

Burada e-şifrələmə, d-deşifrələmədir.Burada biz e və d-ni elə seçməliyik ki,onların tapılması kifayət qədər çətin olsun.Bunun üçün ikinci birtərəfli funksiya tapılmalıdır ki, d-ni tapmaq mümkün olsun.Onun tapılması üçün Evklidə dönək.

2000 il bundan əvvəl Evklid göstərdi ki,hər bir ədəd yeganə yolla sadə vuruqlara ayrılır,hansını gizli açar hesab etmək olar.Böyük ədədlər üçün bunun edilməsi isə kifayət qədər çətin məsələdir və bunun həll edilməsi üçün çox vaxt tələb olunur.

Koks bunun üçün aşağıdakıları irəli sürdü:

Fərz edək ki,Alisa təsadüfi yolla $p = \underbrace{123\ldots9}_{150\ rqmli\ dd}$ $q = \underbrace{234\ldots9}_{150\ rqmli\ dd}$ seçdi,sonra isə $n = \underbrace{567\ldots9}_{300\ rqmli\ dd}$ ədədini tapmaq üçün onu bir neçə kompyuterdə illər tələb olunacaq.

İndi isə Koksa elə funksiya tapmaq tələb olunur ki,bu funksiya n-ci sadə vuruqlara ayırmasından asılı olsun.Bunun üçün o 1760-cı ildə İsveç riyaziyyatçısı Leonard Eylerin işindən istifadə etdi.İndi bizə φ-nin tapılma metodu məlumdur.Əgər n-nin vuruqları məlumdursa, φ-nin tapılması kifayət qədər sadə məsələdir.İndi isə $\varphi(n)$ funksiyanın modulu üzrə qüvvətə yüksəltmə əməli ilə əlaqəsini tapmaq vacibdir.Bunun üçün o Eyler teoreminə meraciət etdi.Hansı ki,aşağıdakı əlaqəni isbat edir.

$m^{\varphi(n)} \equiv 1 \bmod n$.Bu o deməkdir ki,ixtiyari ortaq böləni olmayan iki m və n ədədlərini götürsək və m-i n-nin Eyler funksiyasına yüksəltsək həmişə 1 alarıq.Məsələn:

$n = 8, m = 5, \varphi(8) = 4$

$5^4 \equiv 1 \bmod 8$

$625 \equiv 1 \bmod 8$

İndi isə burada aşağıdakı sadə qaydaları nəzərə alsaq:

1) $1^k = 1$

$m^{k \cdot \varphi(n)} \equiv 1 \bmod n$.

2) $1 \cdot m = m$

$m \cdot m^{k \cdot \varphi(n)} \equiv m \bmod n \Rightarrow m^{k \cdot \varphi(n)+1} \equiv m \bmod n$

İndi bizdə $e \cdot d$-nin tapılması tənliyi var.

$$\begin{cases} m^{e \cdot d} \equiv m \bmod n \\ m^{k \cdot \varphi(n)+1} \equiv m \bmod n \end{cases} \Rightarrow e \cdot d = k \cdot \varphi(n) + 1 \Rightarrow d = \frac{k \cdot \varphi(n) + 1}{e}$$

Demək n-nin sadə vuruqlarını bilsək d-ni tapmaq çox asandır.Deməli, d-ni gizli açar götürəcəyik.Misal:

$$\begin{matrix} p = 53 \\ q = 59 \end{matrix} \quad m = hi, h = 8, i = 9 \quad n = 59 \cdot 53 = 3127 \quad m = 89 \quad \varphi(312) = 52 \cdot 58 = 3016$$

Sonra $e=3$ götürür. e-ni bu şərtlə seçməlidir ki,o çüt ədəd olmasın və $\varphi(n)$ ilə ortaq böləni olmamalıdı və d-ni hesablasaq, k-nı 2 götürək $d=\frac{2\cdot 3016+1}{3}=2011.$

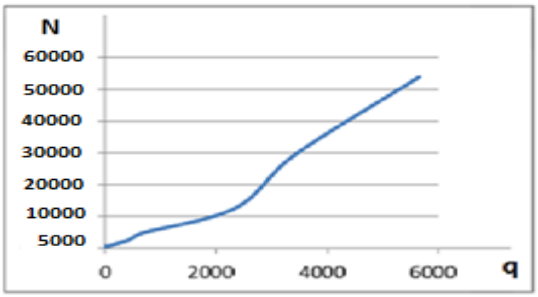
$\{e,n\}$-onun açıq açarıdır. $89^3 \bmod 3127 \equiv 1394 = c$. Əli c-ni Aygünə göndərir.Aygün bunun köməyilə mətni deşifrələyir. $1394^{2011} = 89 \bmod 3127$. Deməli,Aygün d-nin qiymətini bildiyi üçün deşifrələməni edə bilir.

Bununla da nəticəyə gəlmək olar ki,deşifrələmə üçün $\varphi(n)$-ni tapılması şərtdir və ancaq n-nin sadə vuruqlarını bilməklə hesablamaq olar.

Əgər n-i kifayət qədər böyükdürsə Aygün əmin ola bilər ki,bunun üçün ən mükəmməl hesablama sistemlərindən istifadə olunsa belə tapmaq üçün 1000-lərlə il vaxt tələb olunacaq.

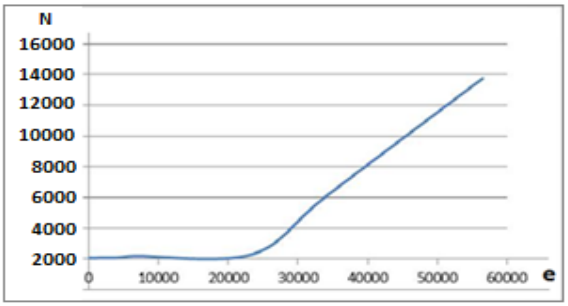
RSA alqoritminin qurulmuş proqraminda q və p sadə ədələrindən birini sabit saxlayıb digərinə müxtəlif qiymətlərverməklə, proqramızın köməyilə aldığımız nəticələrin qrafiklə ifadə edək.

P=7=const götürək, q-nun qiymətini hər dəfə artırmaqla müxtəlif qiymətlər verək. RSA alqoritmində icra olunan əməliyyatların sayının q dan asılı olaraq dəyişməsinin qrafiklə ifadəsi aşağıdakı kimi olar. Burada e=1789 qəbul edək. (Şəkil 1) :



Şəkil 1.q-nin qiymətini dəyişməklə proqramın əməliyyatlarının sayının dəyişməsinin qrafiklə ifadəsi

P=7=const. q-nun əvvəlki qiymətlərini dəyişmədən e-nin daha böyük qiymətlərində RSA alqoritminin əməliyyatlarının sayının artmasının qrafiklə təsviri aşağıdakı kimidir:



Şəkil 2. *e-nin qiymətini dəyişməklə proqramın əməliyyatlarının sayının dəyişməsinin qrafiklə ifadəsi*

Bu qrafiklərə əsasən demək olar ki, q, p və e ədədlərdən hər hansı birini artırmaqla proqramda icra olunan əməliyyatların sayı artmış olur. Proqram əməliyyatlarının sayının artması ilə şifrələmə əməliyyatı daha da mürəkkəbləşmiş olur, şifrələmənin mürəkkəbləşməsi deşifrələmə əməliyyatını da çətinləşdirir. Bu da ki, alqoritmin mürəkkəbləşməsi onun sındırılmasının mümkünsüz hala gətirir.

Ədəbiyyat siyahısı

1.Əliquliyev R.M., İmamverdiyev Y.N. Kriptoqrafiyanın əsasları. Bakı, İnformasiya texnologiyaları. 2006-688 s.

2.Qasımov V.Ə., İnformasiya təhlükəsizliyinin əsasları. Bakı, 2009- 221 s.

3.А.А.Безбогов, А.В.Яковлев, В.Н.Шамкин “Методы исредства защиты компьютерной информации” ГОУВПО "Тамбовский государственный технический университет" (ТГТУ), 2006 - 120 s.

İNFORMASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ ƏL-QAMAL ALQORİTMİNİN İŞLƏNMƏSİ

İsgəndərova , G.A.Hüseynov K.K.
Milli Aviasiya Akademiyası
Isgenderova-gunay90@mail.ru

Növündən və xarakterindən asılı olmadan baş verə biləcək istənilən təhlükələrin qarşısının alınması, başqa sözlə, sistemdə toplanan, saxlanan və emal olunan, eləcə də şəbəkə vasitəsilə ötürülən informasiyanın təhlükəsizliyinin təmin olunması məqsədilə indiyədək çoxlu sayda müxtəlif üsullar, vasitələr və tədbirlər sistemi işlənib hazırlanmışdır.

Məxfi informasiyanın məzmununun kənar şəxslər tərəfindən oxunmasının qarşısını almaq üçün atılan ciddi addımlardan biri də informasiyanın mənasının və məzmununun gizlədilməsi,yəni şifrələməsi üsullarının tətbiqindən ibarətdir. İnformasiyanın şifrələnməsi rəqib qarşısında daha ciddi bir maneənin yaradılması təmin edir. Şifrələmə üsulları dedikdə istənilən formada olan, o cümlədən disk qurğularında saxlanılan və ya kompyuterdə emal olunan, eləcə də rabitə kanalları vasitəsilə ötürülən informasiyanın məzmununun gizlədilməsi üsulları başa düşülür. Bu üsullardan biri dəƏL-Qamal alqoritmidir.

Alqoritmin iş prinsipi aşağıdakından ibarətdir:

1. *Şifrləmə açarının (açıq və gizli açarların) generasiyası.*

1. Uzunluğu n olan böyük sadə P ədədi generasiya olunur.
2. İxtiyari G<P şərtini ödəyən böyük tam ədəd götürülür.
3. Aşağıdakı şərtləriödəyən təsadüfi böyük tam X ədədi götürülür.

- X<P;
- X və (P-1) ədədləri qarşılıqlı sadə ədədlərdir.

4. $Y = G^x \bmod P$ qiyməti hesablanır.

Alınan (P,G,Y) ədədləri açıq açar hesab olunur və digər istifadəçilər arasında paylana bilər, X ədədi isə məxfi açardır və gizli saxlanılır.

2. *Məlumatın şifrlənməsi.*

5. Aşağıdakı şərtlərə cavab verən təsadüfi tam K ədədi seçilir:

- 1<K<P-1;
- K və (P-1) ədədləri qarşılıqlı sadə ədədlərdir.

6.T ilkin mətninə görə A və B ədədləri hesablanır:

$$A = G^k \bmod P$$

$$B = Y^k \cdot T \bmod P$$

7. S=(A,B) ədədləri cütü şifrmətn olur. Göründüyü kimi, şifrmətnin uzunluğu ilkin T mətnin uzunluğundan iki dəfə böyük olur.

3. *Şifrin açılması.*

8.Alınmış S=(A,B) şifrmətninə əsasən

$$T = B / A^x \bmod P$$

hesablanır. Aydındır ki,

$$A^x = G^{kx} \bmod P$$

olduğuna görə

$$B / A^x = Y^k \cdot T / A^X = G^{kx} \cdot T / G^{kx} = T$$

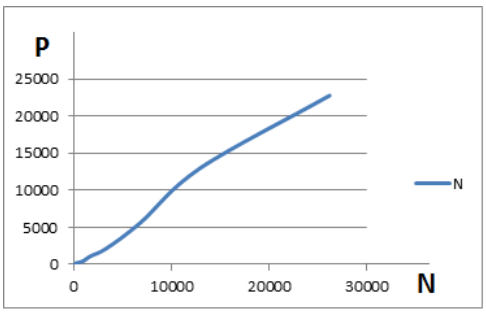
olar, yəni

$$T = B / A^x \bmod P$$

doğrudur.

ƏL-Qamal alqoritminin qurulmuş proqramında onun əsas P, X və G parametrlərinin proqramda icra olunan əməliyyatların sayından asılılığını araşdıraq. Bunun üçün P, X və G parametrlərinini ayrı - ayrılıqda hər hansı birinə qiymətlər verməklə digər ikisini sabit saxlayaq. Aldığımız nəticələri qrafiklə təsvir edək.

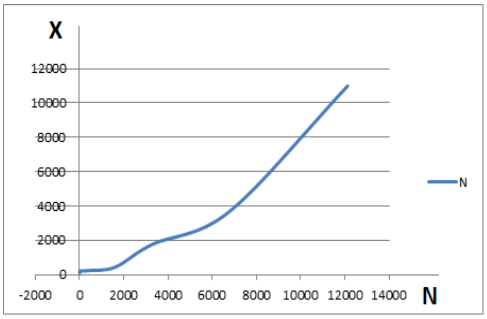
Əvvəlcə X və G parametrlərini sabit saxlamaqla P – nin qiymətini artıraq (burada G=13= const, X=17=const). İcra olunan əməliyyatların sayının P parametrinin qiymətindən asılılığı aşağıdakı qrafikdə göstərilmişdir (şəkil 1):



Şəkil 1. ƏL-Qamal alqoritmində P parametrinin N əməliyyatların sayından asılılığı

Göründüyü kimi p-nin qiymətini artırmaqla proqramdakı əməiyyatların sayı xətti artmış olur.

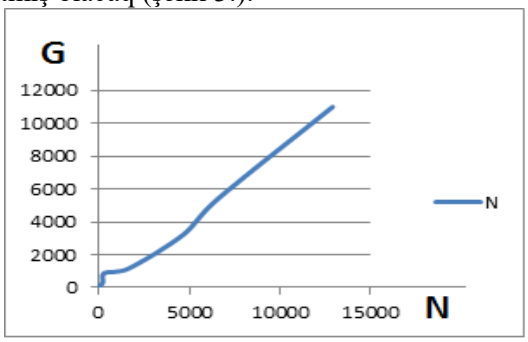
İndi isə P və G parametrlərini sabit saxlamaqla X – in qiymətini xətti artıraq. Alınmış nəticə aşağıdakı kimi olar:



Şəkil 2. ƏL-Qamal alqoritmində X parametrinin N əməliyyatların sayından asılılığı

Burada da Şəkil 1 - dəki kimi N əməliyyatların sayı X parametrindən asılı olaraq xətti artır.

Ən sonda X vəP parametrlərinə qiymətmətləndirib sabit saxlayaraq G – nin qiymətini xətti artıraq. İcra olunan əməliyyatların sayı da xətti artmış olacaq (şəkil 3.):



Şəkil 3. ƏL-Qamal alqoritmində G parametrinin N əməliyyatların sayından asılılığı

Buradan da görünur ki, hər dəfə G arametrinin qiyməti artdıqca N əməliyyatların sayı artmış olur.

Aldığımız bu nəticə və qrafiklərdən deyə bilərik ki, ƏL – Qamal alqoritmindəki əməliyyatların sayı əsas P, X və G parametrlərin qiymətindən xətti asılıdır. Deməli alqoritmin etibarlılığını artırmaq üçünƏL – Qamal alqoritmində əsas parametrlərinin qiymətini kifayət qədər böyük götürməliyik.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əliquliyev R.M., İmamverdiyev Y.N. Kriptoqrafiyanın əsasları. Bakı, İnformasiya texnologiyaları. 2006 - 688 s.

2. Qasımov V.Ə., İnformasiya təhlükəsizliyinin əsasları. Bakı, 2009 - 221 s.

3. А.А.Безбогов, А.В.Яковлев, В.Н.Шамкин “Методы и средства защиты компьютерной информации” ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет" (ТГТУ), 2006 - 120 s.

ELEKTROENERGETİK SİSTEMLƏRİN İNTELLEKTUAL İDARƏ EDİLMƏSİ. SMART GRİD

Məhərrəmov R.N.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti dedikdə onu xarakterizə edən kəmiyyətlərin qiymətlərinin standart həd daxilində olması başa düşülür. Bu kəmiyyətlər və onların xüsusiyyətləri elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəriciləri kimi qəbul edilir. Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəriciləri dedikdə gərinlik, tezlik, gərginliyin sinusoidallığı, simmetrikliyi nəzərdə tutulur. Elektrik enerjisinin keyfiyyəti günün müəyyən vaxtından, mövsumi və iqlim dəyişmələrindən, sistemdə baş verən yüklərin dəyişmələrindən, sistemdə yaranan qəzalardan asılı olaraq dəyişə bilər. [1]

Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin aşağı düşməsi elektrik qəbuledicilərinin rejimlərinin dəyişməsinə, pisləşməsinə, həmin avadanlıq və mexanizimlərin istehsal resursunun azalmasına, istehsal olunan məhsulun keyfiyyətinin azalmasına səbəb ola bilər. Bu isə öz növbəsində müəssisə və təşkilatların iqdisadi ziyan görməsinə səbəb olur. Buna görə də müasir dövrdə elektrik enerjisinə istehsal məhsulu kimi baxılır və onun keyfiyyətinə xüsusi tələblər irəli sürülür. [1]

Dövlət Standartına görə elektrik enejisinin əsas və əlavə keyfiyyət göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstricilərini nəzərə alaraq elektroenergetika sistemlərinin keyfiyyətli işinin təmin olunması üçün onlara intellektual sistemlərin tətbiq olunması zərurəti ortaya çıxmışdır. Hal-hazırda dünya ölkələri bu işi həyata keçirməkdən ötrü Ağıllı Şəbəkələrin (Smart Grid) tətbiqi üzərində ciddi işlər aparırlar.

Ağıllı Şəbəkələr (Smart Grid) – bu modernləşdirilmiş elə şəbəkələrdirki informasiya və kommunikasiyatexnologiyalarının tətbiqi sayəsində elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakı haqqında dəqiq məlumatlar toplayır və bu da öz növbəsində elektrik enerji ötürülməsi prosesinin keyfiyyətinin, etibarlılığının, effektivliyinin, iqtisadi faydalılığının artmasına, energetik sistemlərin dayanıqlı işləməinə səbəb olur. [2]

Beləliklə Smart Grid energetika sənayesini əvvəllər görülməmiş şəkildə etibarlılıq və effektivlik səviyyəsinə qaldırmaqla iqtisadi inkişafa həmçinin ətraf mühitin qorunmasına öz tövhəsini verə bilər. Keçid mərhələsi müddətində sınaqların aparılması,texnologiyalarin mükəmməlləşdirilməsi, istifadəçilərin (müştərilərin) maarifləndirilməsi, standartların və qanunverici bazanın yaradılması həmçinin müxtəlif layihələr arasında məlumat mübadiləsinin olması Smart Grid-dən nəzərdə tutulmuş mənfəətin əldə edilməsi üçün vacibdir. [2]

SmartGrid-intətbiqindənəldəediləbiləcəkmənfəətkimibunlarıgöstərməkolar:

•Elektrikenerjisinindahaeffektivötürülməsi

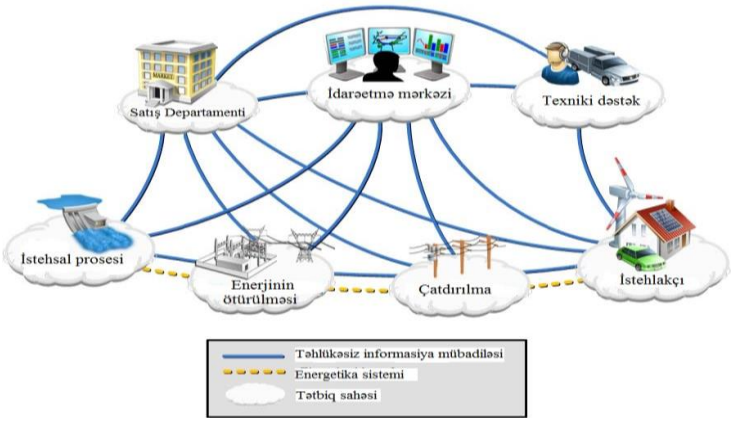
•Qəzadansonraenerjitəchizatınıntezbirzamandaözünübərpası

•Paylayıcışəbəkəninidarəetməvəəməliyyatxərclərininazaldılmasıvənəticəetibariləistifadəçilərüçünenerjiqiymətlərininaşağısalınması.

•Piksaatlarındatələbatınazaldılması, budaöznövbəsindəenerji sərfiyyatınıstabilləşdirəbilər

•Böyükmiqyaslıbərpaolunanenerjisistemlərinindahaasandinteqrasiyası

Konseptualmodel



•Müştərilərin sahib olduğu enerji istehsalı sistemləri o cümlədən bərpa olunan enerji sistemləri ilə asandlaşdırılmış inteqrasiya

•Təhlükəsizliyin gücləndirilməsi

Bu gün enerji sistemində nasazlıqlar domino effekti yaratmaqla, maliyyə, kommunikasiya, nəqliyyat,səhiyyə və sənaye sistemində bir sıra ağır nəticələrə səbəb ola bilər. Belə hallar xüsusən qış

mövsümündə təhlükəlidir, belə ki, istifadəçilərin istilik ilə təchizi dayana bilər. Daha ağıllı şəbəkə energetik sistemin müxtəlif təbii fəlakətlər zamanı davamlılığını artıracaq. İki tərəfli (interaktiv) əlaqə imkanlarının olduğuna görə Smart Grid avadanlığın sıradan çıxması və açılmalar zamanı yük axının istiqamətinin avtomatik dəyişmək imkanına malikdir. Bu şəbəkədə açılmaların sayını azaldacaq və baş verən açılmaların zərərli təsirini minimuma endirəcək. Energetik sistemdə açılmalar olduğu zaman Smart Grid texnologiyaları bu açılmanı ani təyin edərək onu sistemdən geniş miqyaslı qəza yaranmamış təcrid edəcək. Yeni texnologiyalar həmçinin şərait yaradacaqdır ki, təbii fəlakətdən sonra enerji təchizatının bərpası mümkün qədər tez və effektiv olsun. Buna nail olmaq üçün qəza haqqında məlumatın qəza xidmətlərinə ötürülməsi vacib şərtdir. Bundan əlavə olaraq Smart Grid istifadəçilərin sahib olduğu enerji istehsalı vasitələri tərəfindən generasiya edilən enerjini şəbəkənin enerji çatışmazlıqları zamanı sistemə ötürmək imkanına da malikdir. [3]

Ölkəmizdə bu sahə üzrə görülən işlər içərisində Azərişıq ASC –də Mərkəzi Dispetçer Xidmətinin SCADA sisteminə qoşulması ən uğurlu layihələrindəndir. Yeni tikilən və əsaslı şəkildə yenidən qurulan rəqəmsal tipli yarımstansiyalar SCADA (elektrik avadanlıqlarının vəziyyətinə nəzarət və idarəetmə) sisteminə qoşulur. 110 və 35 kV-luq yarımstansiyaların SCADA sisteminə keçməsi ilə onların uzaq məsafədən operativ idarə olunması təmin edilir. Bu sistem kompüter bazası əsasında qurulan və proqramlaşdırılan avtomatik uzaqdan idarəetmə sistemidir. SCADA vasitəsilə şəbəkənin elektrik avadanlıqlarına nəzarət və onları idarə etmək, təcili operativ əməliyyatlar həyata keçirmək, şəbəkədə gedən prosesləri təhlil etmək, hesabatlar hazırlamaq mümkündür[4].

Bundan əlavə yeni rəqəmsal tipli yarımstansiyalarda quraşdırılmış mikroprosessorlu rele mühafizə qurğuları vasitəsilə ən son tipli vakkum, eleqaz tipli açarları, transformatorları və sistemin digər vacib hissələri etibarlı və təhlükəsiz bir şəkildə mühafizə edilir. Sistemin əks-qəza avtomatikasının müasir mikroprosessor texnologiyası əsasında modernləşdirilməsini nəzərdə tutan layihə üzrə işlər davam edir. Lazımi avadanlıqların gətirilməsi və layihə üzrə nəzərdə tutulmuş elektrik stansiyalarında və yarımstansiyalarda qurğuların quraşdırılması işlərinə başlanılmışdır. Yeni sistemin sınaq-sazlama işləri növbəti illərdə həyata keçiriləcəkdir. 2016-ci ildə Azərbaycan enerji sisteminin 2020-ci ilə strateji inkişaf planı nəzərə alınmaqla sistemin dayanıqlığının və effektivliyinin təmin edilməsi məqsədilə kompleks elmi-tədqiqat və layihə-axtarış işləri aparılmış və müvafiq tövsiyələr hazırlanmışdır. [4]

Ədəbiyyat siyahısı

1.Həmidov M.H., Məhərrəmov R.N. Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəriciləri və onların normallaşdırılması. Energetikanın problemləri. №4, 2016, 99-102 s.

2.Зайцев А.И. Развитие электроэнергетических систем на базе концепции Smart Grid // Электротехнические комплексы и системы управления, №1 2013. – С.71 – 76.

3.European SmartGrids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

4.Məlumat Kitabı. Azərişıq ASC . Bakı, 2016

AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ PAYLANMIŞ BİLİKLƏR BAZASINDAN İSTİFADƏNİN TƏDQİQİ

Məmmədova M.R., İbrahimova P.Ə.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Biliklərin unifikasiyalı təsviri [1] bazasında paylanmış sistemlərin qurulması metodologiyasının işlənməsi hazırda çox aktual hesab edilir. Hansı ki, bir tərəfdən proqram sistemlərinin obyekt və komponent modelləri ilə qurulmasının aydın inteqrasiyası təmin edilir, digər tərəfdən şəbəkə üzrə biliklərin paylanmış fraqmentlərinin, hər hansı tətbiqi məsələlərin həlli üçün sonrakı paylanmış nəticələrinə baxılır.

Hazırda paylanmış süni intellekt [2] çərçivəsində çoxagentli texnologiya nisbətən geniş yayılmışdır [3]. Bu zaman sistemin intellektuallığına tam halda avtonom agentlər toplusunun qarşılıqlı təsiri nəticəsində nail olunur. Bu agentlər öz növbəsində zəif intellektual və ya tam mənada intellektual ola bilərlər. Təbiətinə görə fərqlənən müxtəlif agent arxitekturaları, adətən hər hansı xassələrinə görə klassifikasiya olunurlar (mobil və ya statik, öyrədici və ya yoxlayıcı və s.)[3].

Agentlərin müvəffəqiyyətli qarşılıqlı təsiri üçün biliklərin təsvirinin ümumi formasından əlavə, şərh edilərək predmet sahəsinin konseptualizasiyası - ontologiya verilir [4]. Ontologiya, adətən hər hansı qayda - aksiomlarla genişlənən anlayışın taksonomiyasını özündə ifadə edir.

Bundan başqa bir agent cəmiyyətində agentin təbiəti tamamilə müxtəlif ola bilər ki, bu halda ontologiya predmet sahəsinin obyektlərinin ümumi lüğəti rolunu yerinə yetirir.Bu zaman agentlər arxitekturasının əsas xarakteristikalarından biri avtonomluq və avtomarlıqla ifadə olunur. Paylanmış intellektual sistem intellektual sistemlərin klassik komponentlərinə uyğun qeyri-intellektual komponentlərdən qurulur (çıxış prosessoru, bilik mənbəyi, elan lövhəsi, istifadəçi interfeysi və s.). Bu halda komponentlər statik (atribut-qiymət cütü) və dinamik (produksiya qaydaları) biliklər şəbəkəsi üzrə mübadilə edirlər. Agentli arxitekturada olduğu kimi, hər bir agentin məntiqi çıxışının daxili quruluşu ətraf aləmdən gizlənir, komponentli arxitekturada isə biliyin tam mübadiləsi iştirak edir və nəticədə paylanmış nəticə və məsələnin paylanmış həlli reallaşır.

Baxılan işdə həm komponentli, həm də agentli arxitektura xüsusiyyətlərinə malik hibrid arxitekturalı paylanmış intellektual layihələndirmə sisteminin qurulması təklif olunur. Komponentli arxitekturanın əsas çatışmamazlığı avtonom olmaması və komponentlərin müxtəlif quruluşa malik olmasıdır. Buna görə də, intellektual sistemin təşkili bütün komponentlərin birgə işini və müəyyən kombinasiyasını tələb edir.

Beləliklə, sistemin hər hansı qovşağının daxili quruluşunun gizlənməsi mümkünlüyü aradan qalxır, eyni zamanda onun avtonom istifadəsi paylanmış biliklər bazasının əsaslanma və işlənmə prosesini olduqca çətinləşdirir.

Təklif olunan arxitektura, biliyi freym modellə təsvir olunan intellektual sistemin qovşaqlarının ierarxik qruplaşmış hibrid arxitekturasına əsaslanır. Hər bir qovşaq ierarxik freymlərin hər hansı sahəsini özündə saxlayır, yəni freym aləmi adlanan öz biliklər bazasını, paylanmış statik biliklər şəbəkəsini özündə ifadə etməklə, daha mürəkkəb formada qarşılıqlı təsir edə bilər. Bütün freym-aləm, hər hansı ümumi nəticə prosesində iştirak etməklə klaster və ya paylanmış ierarxik freymlərdən təşkil edilir.

Uzaqda olan freymlərin alınması kənar çağırışların hesabına şəbəkə üzrə biliklərin ötürülməsini təmin edir. Şəbəkə üzrə ancaq atributların qiyməti ötürülür, məntiqi nəticə isə uyğun dinamik biliklər (qaydalar) yerləşdirilmiş kompüterdə yerinə yetirilir. Təklif olunan arxitektura, şəbəkə üzrə düz və tərs çıxışlı ixtiyari produksiya qaydaları şəklində dinamik biliklərlə mübadilə üçün vəsaitlərlə tamamlana bilər.

Biliklərin freymlərlə təsvirindən istifadə, həm də relyasion verilənlər bazasının çıxış prosessoruna və ənənəvi imperativ proqramlaşdırma dillərində reallaşdırılan alqoritmlərin genişlənməsinə müdaxiləni kifayət qədər çevik təmin etməyə imkan verir. Relyasion verilənlər bazasının cədvəlləri freymlər ailəsi şəklində freym modellərlə təsvir edilir. Alqoritmik genişlənməyə müraciət, hər hansı interfeysləri özündə cəmləyən xüsusi xarici freymlərin köməyi ilə yerinə yetirilir.

Analiz prosesində qeyd olunduğu kimi, təklif olunan produksiya – freym təsvirli biliklər bazasından ibarət arxitektura aşağıdakı nəticələrə nail olmağa imkan verir:

- Mövcud informasiya sistemləri ilə çevik inteqrasiyalı sistemin bütün funksiyalarını ixtiyari istiqamətdə genişləndirməyə, eyni zamanda intellektual sistemi daha böyük proqram kompleksləri ilə uzlaşdırmağa;
- Biliyin paylanmış yığılması ilə həll edilən məsələlərin xüsusiyyətindən asılı olaraq, statik və dinamik biliklərlə mübadiləni özünə daxil edən şəbəkə üzrə biliklərlə çevik mübadiləyə.

Qeyd etmək lazımdır ki, seçilmiş biliklərin freymlə təsviri yuxarıda verilmiş məqsədlərin reallaşdırılması üçün çox müvəffəqiyyətlə tətbiq edilə bilər:

- biliklərin freymlə təsviri ənənəvi obyektli və komponentli yanaşmalara çox oxşayır. Freym modellər, deklarativ biliklərin və imperativ komponentlərin kəsişməsi kimi təşkil olunan hibrid sistemlərin "ümumi göstəricisi" kimi istifadə edilə bilər. Beləliklə, açıq sistemlərin obyekt və komponentləri vahid iyerarxiyada freymlər kimi təsvir edilə bilər və əksinə, ixtiyari freym iyerarxiya xarici proqram sistemlərindən çağırılan obyekt kimi istifadə edilə bilər;
- Freymlər relyasion biliklər bazasına və eyni zamanda strukturlaşdırılmış məlumatlara müraciət üçün səmərəli istifadə edilə bilər [4];
- Biliklərin freymlə təsviri biliklərin klasterizasiyasının təbii qaydalarını təqdim edir. Xüsusi olaraq düz və tərs çıxışlı dinamik qaydalar, prosedur demon şəkilli uyğun freymlər və sorğu proseduraları öz

növbəsində müxtəlif qovşaqlar arasında biliklərin təbii paylanmasını təmin edir. Biliklərin iyerarxik quruluşlu şəkildə təsviri ontologiya modelləri şəklində əksini tapır [4,5] və paylanmış freym iyerarxiyaları modeli, taksonometrik ontologiyanın reallaşdırılması qaydalarından birini, məntiqi nəticənin ənənəvi modeli və biliklərin təsvirinin uzlaşmasını ifadə edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Сошников Д.В. Построение распределенных интеллектуальных систем на основе распределенной фреймовой иерархии.// Информационные технологии в образовании. Международная научно-практическая конференция. Шахты. 2001: Тез. Докл. – Шахты, 2001.
2. Искусственный интеллект: применение в интегрированных производственных системах. – М.: Машиностроение, 1991.
3. Hyacinth S.Nwana, Software. Agents: An Overview.//Knowledge Engineering Review. – 1996, V.11, No.3. – pp. 1-40.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000.
5. Soshnikov D. Software Toolkit for Building Embedded and Distributed Knowledge – Based Systems.// Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Science and Information Technologies, (Vol.1). – Ufs: USATU Publishing. 2000. – pp. 103-111.

İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN VERICİLƏRİNİN SEÇİLMƏSİ ALQORİTMİ

Məmmədova Ş.T.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

İnkişaf edən ölkələrin iqtisadi yüksəlişini təmin edən amillərdən biri güclü sənayenin olmasıdır, müasir informasiya komunikasiya texnologiyalarının və innovativ layihələndirmə prinsiplərinin tətbiq edilməsidir. Maşınqayırma, metallurgiya və digər sənaye sahələrinin səmərəli və məhsuldar işlərini həyata keçirən istehsalat müəssisələri çevik istehsalat sistemləridir (ÇİS). Bu növ istehsalat müəssisələrinin fərqləndirici cəhətlərindən biri onların çevik prinsiplərlə işləyən idarəetmə proqramının istifadə edilməsidir, müxtəlif keçidli məhsulların bir müəssisədə texnoloji prosesi dayandırmadan istehsal edilməsidir, tətbiq olunan texnoloji avadanlıqların, sənaye robotlarının, çox funksional və istehsal növünə adaptasiya olunan idarəetmə sistemlərinin və onun elementlərinin olmasıdır. ÇİS-in avtomatlaşdırma funksiyalarının yüksək etibarlılığının, məhsuldarlığının təmin edilməsi məqsədi ilə idarəetmə sisteminin əsas elementlərinin düzgün seçilməsi və idarəetmə alqoritm və proqramının işlənməsi vacib elmi – tədqiqat məsələlərindən biri hesab olunur [1]. Bununla əlaqədar olaraq, tezisdə baxılan məsələ ÇİS-in idarəetmə elementlərinin seçilməsi alqoritminin işlənməsi və idarəetmə alqoritminin yaradılmasına həsr edilir.

ÇİS-in funksional vəzifələrindən və həll olunan problemlərin xarakterindən asılı olaraq məlumat sistemləri şərti olaraq daxili (vericilər və sonlu avtomatlar) və xarici (icra mexanizmləri) məlumatlı altsistemlərinə bölünür. Vericilər ÇİS-ə daxil olan aktiv elementlərinin hər anda hərəkət edən hissələrinin faktiki vəziyyətlərinin qeydiyyatını, tələb olunan yerdəyişmə parametrlərinin mövqeləşdirilməsini, xüsusi modullarda temperatur, rütubətlilik, təzyiq və digər istehsal parametrlərinin ölçməsini təmin edir [2].

ÇİS-in əsas aktiv elelmentləri hesab olunan sənaye robotlarında, manipulyatorlarda vericiləri seçmək üçün bu elementlərin mövqeləşdirmə xətası və sərbəstlik dərəcəsi kimi parametrlər əsas götürülür. Əgər texnoloji avadanlıqlara xidmət edən sənaye robotunun sərbəstlik dərəcəsi $S_d = 3$, onda sənaye robotlarının cədvəl tipli verilənlər bazasından «Brig-10» tipli sənaye robotu seçilir(cədvəl 1). Sənaye robotunun qolunun xətti, bucaq yerdəyişmələrinin və sənaye robotununtutqacının bağlanılıb açılması texnoloji əməliyyatlarının mövqeləşdirilməsini təmin edən vericilərin seçilməsi aşağıdakı şərtə uyğun olmalıdır [3]:

$$S_İ * K / D \le U \quad (1)$$

burada $S_İ = \{S_{İG}, S_{YA}, \varphi_B\}$- sərbəstlik dərəcəsinin yerdəyişmələridir;D–diskret çevirmədə impulsların sayıdır; K- 1.5…3- keyfiyət əmsalı; U–sənaye robotunun mövqeləşdirmə xətasıdır.

Əgər qəbul etsək ki, sənaye robotunun texniki xarakteristikalarına uyğun olaraq irəli və ya geri xətti hərəkəti$S_{İG}$ = 600 mm,yuxarı və ya aşağı xətti hərəkətiS_{YA}= 100 mm ;z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi $\varphi_B=\pi/2$, sənaye robotunun mövqeləşdirmə xətası U = 0.3 mm, keyfiyyət əmsalı$K=2$isə, onda intellektual
informasiya-axtarış sistemindən və (1) ifadəsindən istifadə edərək sənaye robotunun $dx(S_{İG})$, $dy(S_{İG})$, $dz(S_{YA})$, $\varphi(\varphi_B)$ yerdəyişmələrini mövqeləşdirmək üçün vericilər aşağıdakı kimi seçilir:

Cədvəl 1

SR-nın texniki xarakteristikaları	**Brig-10**	**Senior-415**	**PUMA**	**PANTERA**
Sərbəstlik dərəcəsi (S_d)	3	4	5	5
İrəli və yaxud geri xətti yerdəyişmə (mm) ($S_{İG}$)	600	1000	750	300
Yuxarı və yaxud aşağı xətti yerdəyişmə (mm) (S_{YA})	100	500	200	300
z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi (ϕ_B^0)	90	180	180	140
x oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi (α_B^0)	-	180	180	100
Y oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsi (β_B^0)	180	-	90	-
Mövqeləşdirmə xətası (mm) (U)	±0,3	±0,3	±0,5	±2

Əgər sənaye robotun irəli və yaxud geri xətti hərəkəti $S_{İG}$= 600 mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı D = 5400 impuls/dəq
(cədvəl 2)

$S_{İG} * K / D \le U \Rightarrow 0.22 \le 0.3$,

onda«BE51M» tip impulslu verici sənaye robotunun qolunun irəli və yaxud geri hərəkətlərini mövqeyləşdirmək üçün seçilir.

Əgər sənaye robotun yuxarı və yaxud aşağı xətti hərəkəti S_{YA}= 100 mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı D=5400 impuls/dəq,

$S_{YA} * K / D \le U \Rightarrow 0.04 \le 0.3$,

onda«BE51M » tip impulslu verici sənaye robotunun qolunu yuxarı və yaxud aşağı hərəkətlərini mövqeləşdirmək üçün seçilir.

Əgər z oxu ətrafında bucaq yepdəyişməsi $\varphi_B = \pi/2$ mm və «BE51M» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı D = 5400 impuls/dəq,

$S_\varphi * K / D \le U$, $S_\varphi = l * \varphi_B$

burada l- sənaye robotunun sərbəstlik dərəcəsinin şarnir oxundan sənaye robotunun tutqacına qədər olan məsafədir.

Əgər qəbul etsək ki $l = S_{İG} = 600$ mm,onda

Cədvəl 2

Vericinin tipi	**Yerdəyişmə diapazonu (dövr)**	**Sürət ($dəq^{-1}$)**	**İstismar müddəti (saat)**	**Diskret çevirmədə impulsların sayı**
Kodlu verici				
AD-15 B	16	900	10^4	2^{15}(32768)
FEP-15	16	600	10^9	2^{15}(32768)
İmpulslu verici				
BE51M	90	3000	10^4	1000...5400
BE106	80	3000	10^4	1000;1024;1250

$$S_\varphi = l^* \varphi_B = 600*3.14/2 = 942 \text{ mm}, \quad S_\varphi * K / D \le U \Rightarrow 0.35 \ge 0.3$$

onda «BE51M» tipli impulslu verici sənaye robotunun qolunun z oxu ətrafında bucaq yerdəyişməsinin mövqeləşdirilməsini təmin etmir.

Əgər « FEP-15» tip üçün diskret çevirmədə impulsların sayı D = 32768 impuls/dəq

$$S_\varphi * K / D \le U \Rightarrow 0.06 \le 0.3$$

onda « FEP-15» tip kodlu verici sənaye robotunun qolunu bucaq yerdəyişməsinin mövqeləşdirilməsi üçün seçilir.

İnformasiya-axtarış alqoritmi əsasında seçilmiş vericilər «BE51M» və «FEP-15» çevik istehsalat modulunun aktiv elementi olan «Brig-10» sənaye robotunun idarəetmə alqoritminin qurulması üçün istifadə olunurlar. «Brig-10» sənaye robotunun idarəetmə alqoritmini layıhələndirmək məqsədilə onun texnoloji əməliyyatlarına uyğun olaraq vericilər çoxluğu təşkil olunur [4, 5].

Ədəbiyyat siyahısı

1. Oteniy Y.N., Olshtinsky P.V. Choice and calculation of capture devices of industrial robots: Train aid. 2000. Volgograd State Technical University. 64 p.

2. Moskvichov A.A., Kvartalov A.R., Ustinov B.V.. Grippers devises of industrial robots and manipulators. Train aid. M: FORUM, 2015. 176 p.

3. Mammadov J.F., Huseynov A.H. Application of the intelligence and mathematical models for computing design of the flexible manufacturing module. Applied and computational mathematics, An International Journal, Vol. 2, № 1, 2003.

4. Petrukhin A.V., Uvarova T.V. Design automation of industrial robot grippers.NEWS OF VOLGOGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY. Producing № 22 (125)/volume 18/2013.

5. Sabunin A.E. Altium Designer. New solutions in designing of electron equipments. Publication: Solon-Press, 2009, pp. 15-35.

METAMATERİALLARIN OPTİK XASSƏLƏRİ: FENOMENOLOJİ NƏZƏRİYYƏDƏN ÇIXAN BƏZİ NƏTİCƏLƏR

[1]Mənsurov Q. M.,[2]Səlimov İ. N.

[1]Sumqayıt Dövlət Universiteti, [2]Mingəçevir Dövlət Universiteti

Effektiv sındırma əmsalı (refraksiyası) mənfi olan materiallar metamateriallar (təbiətdə rast gəlinməyən və yalnız süni yolla sintez olunan) sinfinə daxildir. Təbii materiallar içərisində indiyə qədər effektiv sındırma əmsalı mənfi olanı aşkar olunmayıb. $10HHs$ tezlik diapazonunda mənfi refraksiya xassəliilk metamaterial 2000-ci ildə [1],spektrin görünən hissəsində isə 2008-ci ildə sintez olunub [2].

Metamateriallar üçün əsas xassə sınan şüada Pointing vektorunun elektrik və maqnit vektorları ilə $\vec{S} = [\vec{H}\vec{E}]$ kimi təyin olunmasıdır (adi materiallar üçün $\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$ kimidir). Bu səbəbdən, effektiv sındırma əmsalı müsbət olan materiallar sağ, mənfi olan materiallar isə sol materiallar (LHM – left-handedmaterials) adlanırlar.

İşığın mənfi refraksiyası foton kristallarda da müşahidə oluna bilər. Foton kristalları periodik təkrarlanan (1, 2 və 3 ölçülü) makroskopik struktura malik olurlar ki, bu da sındırma əmsalının makrostrukturlar üzrə periodik təkrarlanmasını təmin edir. Foton kristallarda qadağan zonanın sərhədinə yaxın yerlərdə mənfi refraksiyanın mümkünlüyü nəzəri olaraq M.Natomi (Yaponiya) tərəfindən əsaslandırılmışdır [3].

Metamaterialın sintezi üzrə texnologiya olduqca mürəkkəbdir və yalnız nanotexnologiya əsasında mümkündür. Metamaterialların unikal xassələrə malik olması, materialla örtülmüş obyektin görünməz olması, müstəvi səthlərə malik fokuslayıcı linza yaratmağın mümkün olmağı, optik sistemlərdə difraksiya təhrifinin olmamağı və s. transformasiya optikası üzrə yeni imkanlar yaradır.

Təqdim olunan işdə məqsəd fenomenoloji nəzəriyyə baxımdan metamaterialların optik xassələrinin riyazi modellərini təhlil etməkdən və mənfi refraksiyaya malik mühit üçün müxtəlif optik hadisələrdə fenomenoloji nəzəriyyənin imkanları çərçivəsini müəyyənləşdirməkdən ibarətdir.

Fenomenoloji nəzəriyyə baxımdan mühitin elektromaqnit dalğasına reaksiyası makroskopik parametrlər olan kompleks dielektrik və maqnit nüfuzluğu adlanan iki kəmiyyətlə xarakterizə olunur. İzotrop və maqnitodielektrik mühit üçün dielektrik nüfuzluğu $\varepsilon = \varepsilon_r + j\varepsilon_i$ kimi, maqnit nüfuzluğu isə $\mu = \mu_r + j\mu_i$ kimi ifadə olunur. Mənfi refraksiya şərti (qrup sürətinin faza sürətinə əks yönəlməsi) Laxtakia şərti ilə ifadə olunur [4].

Passiv mühit ($\varepsilon_i > 0, \mu_i > 0$) üçün Laxtakia şərti $\varepsilon_r\mu_i + \varepsilon_i\mu_r < 0$ kimi ifadə olunur. Göründüyü kimi, passiv mühit üçün mənfi refraksiya şərti eyni zamanda $\varepsilon_r < 0$ və $\mu_r < 0$ olduqda mümkündür. Bu halda sındırma əmsalının həqiqi hissəsi mənfi olur: $n_r = \sqrt{\varepsilon_r\mu_r} < 0$. Xüsusi halda, mühit optik şəffaf olduqda ($\varepsilon_i = 0, \mu_i = 0$), Laxtakia şərti məlum Veselaqo mühitini təsvir edir[5]: $n = \sqrt{\varepsilon\,\mu} < 0$. Mənfi refraksiyalı optik şəffaf mühit iki neqativ indeksli(ingilisdilli ədəbiyyatlarda DNNIM – double-negativeindexmaterials)adlanır.

Mühit dissipativ olduqda ($\varepsilon_i > 0, \mu_i > 0$), Laxtakia şərti parametrlərdən yalnız biri mənfi olduqda da ödənilə bilər: $\varepsilon_r > 0, \mu_r < 0$, yaxud $\varepsilon_r < 0, \mu_r > 0$. Bunun üçün, Laxtakia şərtinin ifadəsindəki cəmdə mənfi həddin modulu müsbət həddən böyük olmalıdır. Belə material bir neqativ indeksli material (ingilis dilli ədəbiyyatlarda SNNIM – single-negativenegativeindexmaterials)adlanır.

Foton kristallar maqnit xassəli deyillər. Onların mənfi refraksiyalı olması xassəsi yalnız onların strukturu ilə bağlıdır. Belə struktur sındırma əmsalının periodik dəyişməsi ilə əlaqədardır. Bu baxımdan foton kristalın optik şüalanmanın təsirinə reaksiyası, rentgen şüasının kristalda difraksiyası hadisəsinə bənzəyir. Belə ki, foton kristalın təbəqələrindən keçən şüa getdikcə zəifləyir, difraksiyaya uğramış şüalar isə əks olunaraq interferensiya nəticəsində güclənirlər. Bu zaman, dalğa ədədinin müəyyən qiymətlərində mənfi refraksiya hadisəsi müşahidə oluna bilər. Lakin, foton kristalın bu xassəsindən metamaterialın sintezində istifadə olunmur. Səbəb, foton kristalda periodikliyin dalğa uzunluğu tərtibində olması və foton kristal üçün Breq difraksiyasının

xarakterik olmasıdır. Metamateriallar üçün əsas tələblərdən biri struktur zərrəciklərin ölçüsünün dalğa uzunluğundan çox kiçik olmasıdır.

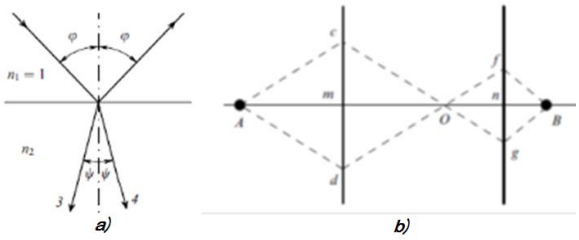
Təbiətdə dielektrik nüfuzluğu mənfi olan materiallara metallar nümunə ola bilər. Belə ki, plazma tezliyindən yuxarı tezliklərdə metallar üçün dielektrik nüfuzluğu mənfidir və onlar şəffafdırlar. Maqnit nüfuzluğu mənfi olan material isə təbiətdə mövcud deyil. 2000-ci ildə ingilis fiziki ConPendri göstərmişdir ki, yarığı olan üzük formalı struktur keçirici mühit olarsa, belə struktur mənfi maqnit nüfuzluğuna malikdir və mənfi dielektrik nüfuzluğu yaradan periodik düzülmüş metal çubuqlarla kompozisiyada metamaterial (mənfi refraksiya) xassəyə malikdir [7].

Metamaterialların unikal xassələrə malik olması tədqiqatşılar tərəfindən onlara olan marağı daha da artırmış və son vaxtlarda nanozərrəciklər və süni maqnetiklər əsasında sintez olunan metamateriallar üçün yeni texnologiyalardan istifadə olunmağa başlanılmışdır.

Fenomenoloji nəzəriyyə baxımdan optikanın əsas qanunlarının mənfi refraksiyalı mühit üçün istifadə olunmasıelmi məqalələrdə geniş müzakirə olunan məsələlərdəndir [7,8].

Məsələn, məlumdur ki, iki mühit sərhədində şüanın sınması Sinellius qanunu, mühitdə optik yolun uzunluğu isə Ferma prinsipi ilə təyin olunur. Ferma prinsipinə görə optik yola sərf olunan zaman minimum olur, Sinelliusqanununa görə isə $n_{21} < 0$ şərtinə uyğun sınma bucağı mənfidir (şəkil 1,a). Bu hallar, metamaterialın müşahidə olunan optik xassəsini əks etdirməlidir.

Tutaq ki, nazik müstəvi lövhə üçün $\varepsilon = \mu = n = -1$ kimidir. Onda, Sinellius qanununa əsasən, şüanın yolu şəkil 1,b-də göstərilən kimi təsvir olunar və Ferma prinsipinə görə $Am + nB = nm$ kimi olar.



Şəkil 1. Mənfi refraksiyalı mühitdə şüanın yolu: a) şüanın sınmasının təsviri, $n_2 > 0$ halına 1-4 istiqaməti, $n_2 < 0$ halına $1 \to 3$ istiqaməti uyğundur; b)nazik lövhədə şüanın yolu

Şəkil 1,b-dən göründüyü kimi, mənfi refraksiyaya malik nazik müstəvi lövhə fokuslayıcı linza funksiyasını yerinə yetirir. Belə linzanın fokuslama həddi difraksiya ilə məhdudlaşmır. Obyekt məsafəsi lövhənin qalınlığından böyük olmadıqda nöqtənin təsviri obyekt oblastdan təsvir oblastına təhrifsiz köçürülür.

Digər materiallarda olduğu kimi,metamateriallara da dispersiyaya xassəsi xarakterikdir. Mühitdə yayılan dalğanın tam enerji üçün ifadə dispersiya nəzərə alınmaqla

$$W = \frac{\partial(\varepsilon\omega)}{\partial\omega} E^2 + \frac{\partial(\mu\omega)}{\partial\omega} H^2$$

kimi ifadə olunur.Tam enerjinin müsbət olması üçün dielektrik və maqnit nüfuzluğunun tezlik dispersiyası belə ifadə olunur:

$$\mu = 1 - \frac{A_m^2}{\omega^2},\ \varepsilon = 1 - \frac{A_e^2}{\omega^2}$$

İfadələrdən göründüyü kimi $A_e^2 = A_m^2 = A^2 > \omega^2$ olarsa mühit mənfi refraksiyalı olar, dalğanın faza və qrup sürətləri biri-birinə əks istiqamətlərə yönələr:

$$\vartheta_{ph} = \frac{c}{1 - A^2/\omega^2};\quad \vartheta_{ph} = \frac{c}{1 + A^2/\omega^2}.$$

Fenomenoloji baxımdan əsas optik hadisələrdən olan Çerenkoveffekti və Doplerhadisəsimənfi refraksiyalı mühit halında müəyyən xüsusiyyətlər kəsb edir [9]. Belə ki, mənfi refraksiya zamanı dalğa vektoru qrup sürətinin əksinə yönəlir vəÇerenkov effekti halında şüalanma konusu dalğa vektoru ilə kor bucaq əmələ gətirir, Dopler effekti üçün isə yaxınlaşan obyekt halında şüalanma tezliyi azalır.

Fenomenoloji baxımdan metamateriallar üçün Frenel düsturlarında da müəyyən düzəlişlərin edilməsi tələb olunur. MetamaterialüçünFrenel düsturlarında sındırma əmsalı aşağıdakı kimi əvəz olunur:

$$n = \sqrt{\varepsilon} \to \frac{1}{z} = \sqrt{\varepsilon / \mu}$$

Praktikada istifadə baxımdan mənfi refraksiyalı mühitdə dalğanın harmonik təşkiledicisinin generasiya olunması əhəmiyyətlidir. Mənbələrdə göstərilir ki, bu hal müəyyən xüsusiyyətlərə malikdir [9].

Tutaq ki, mühit $\Delta\omega$ tezlik diapazonunda mənfi refraksiya xassəlidir və belə mühit sərhədinə vakuumdan spektral eni $\Delta\Omega >> \Delta\omega$ olan $\Delta\omega << \omega$ tezlikli impuls təsir göstərir. Nəzəri hesablamalar göstərir ki, müəyyən şəraitdə dalğanın əsas enerjisi ikinci harmoniyaya transformasiya oluna bilər və səth ideal əks etdirici olar. Hesablamalar həm də göstərir ki, mənfi refraksiyalı mühitdə belə impuls müxtəlif spektral tərkibə malik üç impulsa ayrılır. Belə ki, əks olunan impulsun spektral tərkibi düşən impulsla eynidir. Mənfi refraksiyalı mühitdə yayılan impulsların spektral tərkibləri və dalğa vektorlarının istiqamətləri isə müxtəlifdir. İmpulsun mərkəzi hissəsi ($\Delta\omega$ tezlik intervalı) mənfi refraksiyaya məruz qalır, kənar hissələr isə müsbət refraksiyaya uyğun istiqamətdə yönəlir. Sındırma əmsalının dispersiyası nəticəsində mənfi refraksiyalı mühitdə sınan şüanın qeyd olunan kimi spektral tərkibə ayrılması praktik əhəmiyyətə malikdir. Metamaterialdan istifadə etməklə şüalanmanın spektral tərkibə ayrılması hadisəsindən müvafiq optoelektron cihazların yaradılmqasında və optik üsullarla informasiyanın emalı qurğularında istifadə oluna bilər.

Metamaterialların optik xassələri üzrə fenomenoloji nəzəriyyə baxımdan aparılan təhlil onu göstərir ki,mənfi refraksiyaya malik mühit üçün müxtəlif optik hadisələrdə fenomenoloji nəzəriyyənin imkanları çərçivəsi müəyyənləşdirə bilər. Bu zaman,elektromaqnit dalğasının mənfi refraksiyaya malik mühitdə yayılması və mühiti təşkil edən struktur zərrəciklərlə qarşılıqlı təsiri zamanı dalğa enerjisinin transformasiyasını modelləşdirmək üçün təcrübə nəticələri ilə təsdiq olunan faktların nəzəri mülahizələrlə adekvat olmağı əsas götürülə bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Smith D. R., Padillia W. J., Vier D.C., Nemant-Nasser S.C.,Schultz S.A.Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity // Phys. Rev. Lett. 2000. Vol. 84, № 18. P. 4184–4187.
2. Кильдишев А. В., Шалаев В. М. Трансформационная оптика и метаматериалы.-УФН, 2011, т.181, №1, с.59–70.
3. Notomi M. Theory of light propagation in strongly modulated photonic crystals: Refractionlike behavior in the vicinity of the photonic band gap.-*Phys. Rev. B,* Vol. 62, 10696, 2000.
4. Барыкина Е.И. Математические модели отрицательной рефракции электромагнитных волн в диспергирующих, инверсных и анизотропных средах.-Автореф.дис.канд.физ-мат.наук, Уляновск: УлГТУ, 2009, 20с. (с.8-9)
5. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ε и μ.-УФН, 1967, Том 92, вып. 3, с. 517–526.
6. Pendry J.B. (2000). Negative refraction makes a perfect lens.- Phys. Rev.Lett., 2000, vol.85, p.3966-3969.
7. Давидович М. В. Почему не может быть использован отрицательный показатель преломления .-Известия Саратовского Университета, 2011, т.11, Сер.Физика, вып.1, с.42-47.
8. Виноградов А.П., Дорофеенко А.В., Зухди С. К вопросу об эффективных параметрах метаматериалов.-УФН, 2008, Том 178, № 5, с.511–518.
9. Агранович В.М., Гартштейн Ю.Н. Пространственная дисперсия и отрицательное преломление света.- УФН, 2006, Том 176, №10, с.1051-1068.

ELEKTROTEXNİKİ QURĞULARIN VƏ SİSTEMLƏRİN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ ALƏTİNİN ARXİTEKTURASININ İŞLƏNMƏSİ

Zeynalova S.M., Məhəmmədli H.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri(ALS) bir elmi istiqamət kimi keçən əsrin ortalarından başlayaraq inkişaf etməyə başlamışdır. Məlum olduğu kimi istənilən layihələndirmə prosesi uzun müddət tələb edən prosedurlar toplusundan ibarətdir. Əgər keçən əsrin ortalarına kimi layiləndirilən obyektin yaşama müddəti (istismarda olduğu müddət) əksər hallarda onun layihələndirilməsinə, hazırlanmasına, sınaq və tətbiqinə sərf olunan müddətə bərabər və yaxud nisbətən çox olurdusa, 70-ci illərdən başlayaraq istehsal olunan məhsulların çeşidinin artması, tələbata uyğun məhsulların istehsalının qısa bir müddətdə başqa məhsullarla əvəz olunmasının vacibliyi, layihələndirilən obyektin istehsalı və istismarda olduğu müddətin azalmasına səbəb olur, layihələndirmə müddətinin çox olması isə səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə azaldırdı. Bu halda vəziyyətdən çıxış yolu yeni informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından, müasir avtomatlaşdırma və modelləşdirmə vasitələrindən istifadə etməklə layihələndirmə müddətinin qısalması, lahihələndirilən obyektin çevik şəkildə avtomatik və ya avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini təmin etməkdir.

Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində yeni layihələrin işlənməsi və mövcud qurğu və sistemlərin təkmilləşdirilməsi üçün müxtəlif təyinatlı ALS-lər işlənmış və geniş imkanlara malik olan layihə təşkilatlarında, eyni zamanda layihə institutlarında istifadə olunurlar. ALS-lər mövcud standartlara cavab verən obyektləri layihələndirir, sınaqlardan keçdikdən sonra həmin obyektlər istehsal olunurlar.

Təcrübə göstərir ki, layihələndirilən obyektlərin tətbiqi və istismarı müddətlərində qarşıya çıxan çatışmamazlıqların yerlərdə aradan qaldırılması iqtisadi cəhətdən daha səmərəlidir. Dünya təcrübəsi də bu istiqamətdə aparılan işlərin aktuallığını təsdiqedir.

Yeni informasiya texnologiyaları, İnternet şəbəkəsinin geniş imkanları, ALS mühitində(CAD framework) fəaliyyət göstərən və istifadəçiyə həmin mühitin bütün imkanlarından səmərəli istifadə etmək imkanı yaradan interfeysin-avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA), yaradılması bu istiqamətdə yeni yanaşmalardan biridir[1]. ALS mühitində fəaliyyət göstərən ALA-ın əsas məqsədi istifadəçilərin tələbatlarını ödəyən işləmələrinmüddətinin və sərf edilən resursların azaldılmasıdır.

Məruzədə elektrotexniki qurğu və sistemlərin ALS-ləri mühitində fəaliyyət göstərən ALA-ın arxitekturasının işlənməsi məsələsinə baxılır[2].

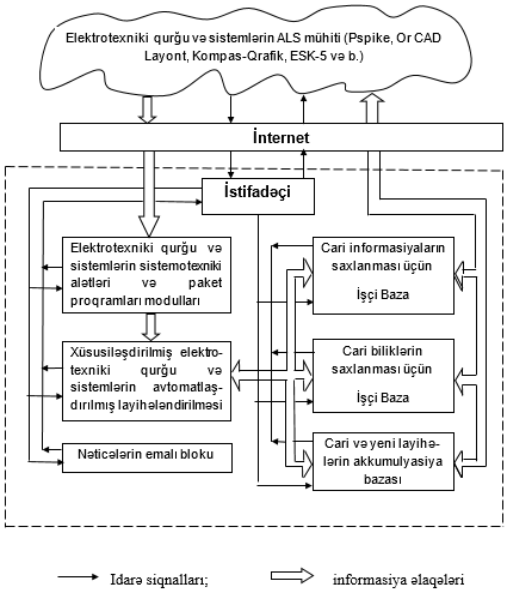
Şəkildə ALA-ın arxitekturası verilmişdir.

ALA-ın işçi verilənlər və biliklər bazaları boş örtük bazalardır və xüsusiləşdirilmiş elektrotexniki qurğu və sistemlərin tətbiq olunduğu obyektlərin tələblərinə uyğun olaraq yaradılırlar.

Akkumulyasiya bazasında cari və yeni layihə olunan obyektlərin layihələri toplanır.

Elektrotexniki qurğu və sistemlərin ALS mühitinə göstərilən sahə üzrə istənilən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemini köçürmək və ondan istifadə etmək olar.

Baxılan halda ALS mühitinə dünyada tanınmış elektrik qurğularının və sistemlərinin hesablanması və modelləşdirilməsini təmin edən Pspike paketinin təkmilləşdirilmiş versiyaları, Or CAD Layont proqram paketlərinin elektrik xətlərinin ümumi trassirovkası versiyası, elektrotexnikanın müxtəlif sahələrə tətbiqi üçün ALS-in sənədlərinin buraxılmasına oriyentasiya olunmuş “Askon ” səhmdar cəmiyyətinin təklif etdiyi “Kompas Qrafik” sistemi və s. daxil edilib. Qeyd edək ki, axırıncı sistem əsasən elektrotexniki qurğuların layihələndirilməsində sənədləşdirmə prosedurunun avtomatlaşdırılması üçün yaradılıb və aşağıdakı xüsusiləşdirilmiş fraqmentlər kitabxanasına malikdir: “elektrik təchizatı” paketi (elektrotexniki qurğuların elementləri, rele mühafizəsi və yarımstansiyaların avtomatikası, elektrik təchizatının dispetçer idarəetmə siqnallarının kitabxanası); kommutasiya qurğuları paketi (əsas və köməkçi elektrik təchizatı dövrələrinin elektrik sxemlərində kommunikasiya qurğularının avtomatlaşdırılmış lahihələndirilməsini təmin edir).



Şəkil. ALA-ın arxitekturası.

"Kompas Qrafik" sisteminin mühitində fəaliyyət göstərən tətbiqi ESK-5 kitabxanası elektrotexniki qurğuların layihələndirilməsindən əlavə, elektrik və elektron qurğularının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində də geniş istifadə olunur və aşagıdakı imkanlara malikdir: bir neçə min elementin qrafik işarələrinin kitabxanası (kondensatorlar, qida mənbələri və b.); elementlərin siyahısının və elementlərin verilənlər bazasının yaradılması[3].

Ədəbiyyat siyahısı

1.Тематический выпуск. Перспективы автоматизированного проектирования. ТИИЭР, 1990, Т.78,№2.

2.Х.М. Магоммедли, С.М. Зейналова. Разработка интрумента автоматизированного проектирования электронных интерфейсов, функционирующий в среде САПР/Материалы Международной научно-технической конференции.УФА.Изд.УГНТУ,2017.

3. Николаева И., Панченко В. Приложения КОМПАС в проектировании электротехнических устройств // САПР и графика.№3, 2000.

ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПУТЕМ СИМУЛЯЦИИ

Алекперли Ф.А, Аскерова С.Ф.

Сумгаитский государственный университет

Введение. В настоящее время основными средствами автоматического регулирования являются программируемые контроллеры различных фирм, среди которых большое применение нашли контроллеры Simatic фирмы Simens. Перед внедрением каких-либо контуров автоматического регулирования необходимо исследовать его работоспособность и качество управления. Существуют различные программные пакеты (например, Matlab) или языки программирования, позволяющие без особого труда провести эти исследования. Однако, после исследования систем регулирования этими средствами невозможно однозначное внедрение их в промышленных условиях. В [1] предлагается привлекательный подход – провести исследование оборудования системы регулирования в среде Matlab, а затем программу Matlaba связать с программой контроллера. Целесообразным является исследование в той среде, в которой будет промышленное внедрение. В этом случае рабочая программа системы управления полностью отлаживается на основе моделей объекта управления, а затем она адаптируется к промышленному объекту. Для симуляции контура регулирования необходимо реализация регулятора и объекта управления. Программирование контроллеров Simatic осуществляется с помощью пакета Step7,

в библиотеке которого имеются 5 различных регуляторов, в том числе непрерывный ПИД регулятор FB41. В библиотеке Step7 отсутствует блок для реализации передаточных функций (ПФ) объектов.

Реализация передаточных функций. Объекты управления могут описываться ПФ различного порядка. Для простоты рассмотрим ПФ вида

$$W(s) = \frac{b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}, \quad (1)$$

которая, позволяет реализовать ПФ всех динамических звеньев второго порядка с помощью выбора значений коэффициентов. Для реализации ПФ (1) воспользуемся методом решения дифференциального уравнений на аналоговых вычислительных машинах (АВМ) [2]. ПФ (1) соответствует дифференциальное уравнение

$$a_2 y''(t) + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_1 x'(t) + b_o x(t), \quad (2)$$

где x, y - вход и выход объекта соответственно. Дифференциальное уравнение (2) решим относительно $y''(t) - \frac{b_1}{a_2} x'(t)$, т.е.

$$y''(t) - \frac{b_1}{a_2} x'(t) = \frac{b_o}{a_2} x(t) - \frac{a_1}{a_2} y'(t) - \frac{a_0}{a_2} y(t). \quad (3)$$

В библиотеке Step7 имеются блоки арифметических операций, с помощью которых можно реализовать сумматоры и инверторы [3]. Из-за отсутствия блока интегрирования в библиотеке Step7 создан функциональный блок, выполняющий функцию интегратора. Разработана программа на языке **LAD**, реализующая передаточную функцию (1). Она оформлена как функциональный блок.

Симуляция системы регулирования. В промышленных условиях блок FB41 вызывается из организационных блоков $OB30 \div OB38$, которые обеспечивают циклическое выполнение программы регулирования. Период цикла определяется параметром **CYCLE** блока FB41. Если программа симуляции будет внедрена в промышленных условиях с дальнейшей адаптацией, то она должна быть разработана с применением организационных блоков $OB30 \div OB38$. В этом случае симуляция системы будет в реальном масштабе времени. Для промышленных объектов процесс симуляции может быть продолжительным в зависимости от их инерции. При желании для ускорения процесса симуляции можно либо уменьшить значение параметра **CYCLE** блока FB41 до 1 миллисекунды, либо эту же программу необходимо вместить в организационный блок OB1.

Осуществлена симуляция контуров регулирования уровня и давления в колонне Т60-1 производства технических газов. Передаточные функции объекта, полученные системой автоматической идентификации [4,5] следующие:

- передаточная функция объекта по каналу память – клапан на линии кислорода - уровень в колонне Т60-1 – память

$W(s) = \frac{0.526}{16.38s + 1}$, диапазон изменения уровня $0 \div 100\%$;

- передаточная функция объекта по каналу память – клапан на линии выброса - давление в колонне Т60-1 - память

$W(s) = \frac{0.068}{72.46s^2 + 21.85s + 1}$, диапазон изменения давления $0 \div 10$ бар.

Система автоматического регулирования технологическими процессами с применением контроллеров состоит из двух взаимосвязанных частей: из контроллера, который непосредственно выполняет функцию регулирования, из панели оператора, обеспечивающего визуализацию управления.

Существуют различные системы визуализации, одним из которых является WinCC Flexible [6]. На рисунке представлен фрагмент операторской панели, в которой показана часть мнемосхемы технологического процесса производства технических газов и виртуальные средства контроля и управления, с помощью которых осуществляется симуляция.

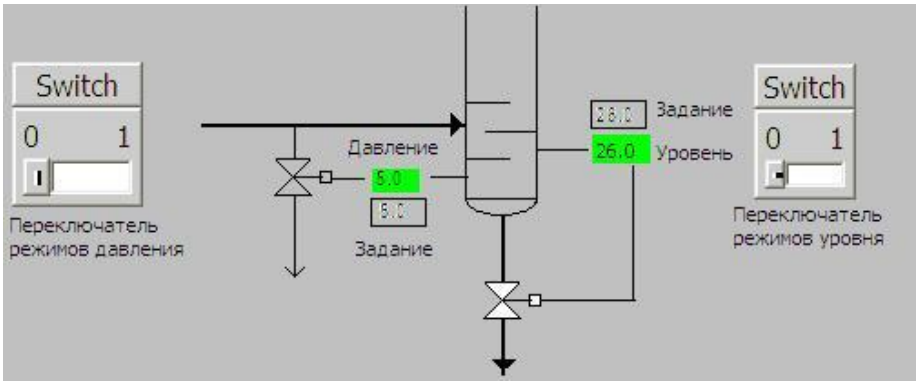


Рис. Фрагмент визуализации системы регулирования

Цель симуляции заключается в исследовании следующих вопросов:

- надежность работы программного обеспечения,
- выполнение всех функций систем управления,
- обмен информацией между котроллером и средствами визуализации,
- обеспечения требуемых качеств управления всеми контурами регулирования и т.д.

Сущность симуляции состоит в создании различных режимов (разомкнутый или замкнутый контур) контуров регулирования, изменение заданий и анализе выше приведенных вопросов.

Адаптация программы к промышленному условию осуществляется следующим образом:

- удаляются из программы все блоки, реализующие передаточные функции объекта управления;
- задаются реальные адреса датчиков и исполнительных органов;
- если симуляция системы управления осуществлена в OB1, то программу необходимо перенести в один из блоков OB30-OB38.

Заключение**.** Предлагается способ симуляции системы автоматического регулирования технологического процесса на базе контроллера типа Simatic. Способ позволяет составлять и налаживать программное обеспечение системы управления технологического процесса в среде, максимум приближенной к промышленной ситуации. С помощью систем визуализации на рис.6 в промышленном условии осуществляется управление процессом.

Список литературы

1. Бракоренко А.С. Моделирование технологических процессов в ходе разработки и отладки автоматических систем управления технологическими процессами. Вестник Гомельского государственного технического университета им.П.О. Сухого.Том:1. Номер:4-1. 2014. с. 69-76
2. Урмаев А.С. Основы моделирования на аналоговых вычислительных машинах. – М,: Наука. 1978. - 319с.
3. Simens. Simatic. Программирование контроллеров S7-300/400. Системный курс ST-7PRO1
4. Алекперли Ф.А., Шабанов М.А. Автоматическая структурная идентификация динамических объектов на основе сравнительного анализа типовых переходных характеристик. Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. №7. с.8-12
5. Alekperli F.A., Shabanov M.A. Study of Mutual Relations of Transition Characteristics of Elementary Links with a View to Automatic Structural Identification. Springer Science+Business Media Singapore 2017. J. Xu et al. (eds.), Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management, Advances in Intelligent Systems and Computing 502, DOI 10.1007/978-981-10-1837-4_14. pp.157-164
6. Simens. Simatic. WinCC flexible 2008. SP3

ЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИЙ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Ахмедов Д. А.
АЗНИИЕ и ЭП

Как известно, в отличие от ряда других технических устройств, динамические свойства которых характеризуются лишь отдельными процессами, в электрических машинах [ЭМ] динамические свойства функционирования характеризуются совокупностью магнитными, акустических, силовых и других процессов. Кроме этого, между главными узлами ЭМ существуют не только тесные электромагнитные и механические связи, но имеется взаимозависимость между техническими состояниями этих узлов. Так как при возникновении физического повреждения в каком-либо одном, в других диагностических связанных узлах проявляются условные неисправности. Они проявляются как результат изменения электромагнитных, вибрационных и акустических процессов функционирования связанных узлов [1].

В настоящей статье рассматриваются вопросы составление логической математической модели технического состояния ЭМ в виде булевой матрицы позволяющей построение минимальных диагностических тестов.

В общем случае техническое состояние ЭМ может быть описано множеством параметров характеризующих свойство процессов функционирования [2].Обозначая символом *X–n*– мерный вектор, составляющими которого являются значения параметров$x_1, x_2, \ldots, x_n$характеризующих действия входных факторов возмущения символом *Y-m*-мерный вектор параметров $y_1, y_2, \ldots, y_n$, характеризующих энергетические показатели работы, а символом *Z-k*–мерный вектор параметров $z_1, z_2, \ldots, z_n$ характеризующих свойство технического состояния, запись результатов измерения вида:

$$R=f(X_н, Y_н, Z_н, t), \quad (1)$$

может рассматриваться как модель исправного состояния заданной формы.

При нормальных параметрах входного возмущения отклонение параметров, технического состояния в отдельных узлах от начальных при возникновении*i* -й неисправности может быть представлено в виде:

$$R_{s(i)} = f(X_н, Y_н, Z_{s(i)}, Z_{s(j/I)}, t), \quad (2)$$

где $Z_{s(i)}$- множество параметров, характеризующих изменения технического состояния поврежденного узла при *i*-й неисправности *s*(*i*);$Z_{s(j/i)}$ - множество параметров, характеризующих изменение технического состояния других узлов, обусловленное действиями *j*-х условных неисправностей $s_{(j/i)}$.

Следовательно, при заданной *i*-й неисправности множество неисправностей в ЭМ может быть выражено так:

$$S=f\{s(i), s(j/i)\}. \quad (3)$$

Множество технических состояний ЭМ с учетом исправного состояния и состояний при неисправности определяются состояниями как поврежденного узла, так и других узлах, в которых проявляются действия условных неисправностей.

$$E=f\{e_{ji}, e_{s(i)}, e_{s(j/i)}\}. \quad (4)$$

Множество неисправностей, обусловленное им множество технических состояний вЭМ может быть описано с помощью набора:

$$Z=f\{Z, Z_{s(i)}, Z_{s(j/i)}\}. \quad (5)$$

Располагая набором диагностических параметров, характеризующих соответствующие неисправности, или набором контрольных измерений, результаты (R_j) которых могут иметь только положительный (1) и отрицательный (0) исходы можно построить математическую модель технического состояния ЭМ,имеющую логический характер [3],например, в виде булевой таблицы функциинеисправностей:

Таблица состояний диагностирования ЭМ

π / S	S_0	S_1	-----	S_i	--------	S_k
π_1	R_1	$R^1{}_1$		$R^1{}_i$		$R^1{}_K$
--------	------	-------	------	-------	-------	-------
π_j	R_1^j	$R_1{}^J$	-------	R_i^j	-------	$R^J{}_K$
π_n	R^n	$R^n{}_1$	-------	R_i^n	-------	$R_k{}^n$

Булевая матрица также используется для построения минимальных диагностических тестов. Реализовав такие диагностические тесты, можно определить соответствующие неисправности ЭМ. Например, это можно сделать в результате тестовых элементарных проверок типа:

$$\pi_i \epsilon \Pi\ (R \neq 0)\ \text{v}\ Z = 1 \rightarrow S\ (i), \qquad (6)$$

означающих, что результат некоторой элементарной проверки (π_i) из множествапроверок (П) будет отличаться от нуля ($R \neq 0$), или для заданного диагностическогопараметра имеется положительный исход (Z_i), если в ЭМ возникла $S(i)$ неисправность. Если составленная булевая матрица обладает
указанными свойствами, то она называется контролирующей и разделяющей и позволяет решать задачи диагностики ЭМ.

Для решения поставленной задачи важное значения имеет определение информативных параметров, характеризующих соответствующие неисправностивзаимно связанных узлов. При построении логической диагностической моделиЭМ она рассматривается как конечное множество связанных между собой функциональных узлов объектов диагноза. Свойство технического состояниякаждого узла зависят от совокупности возникающих в нем воздействий в числокоторых могут входить также косвенные воздействия других узлов. Исходной информаций для построение диагностической модели функции неисправностей такжеможет быть структурные, функциональные и принципиальные схемы.

Список литературы

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М: Машиностроение,1978, 236с.
2. Гашимов М.А. Логические методы диагностики технического состояния электрических машин // Электричество. 1997. № 7. С.20-263.
3. Кисилев Ю.В. Основы теории технической диагностики. Самара: СГАУ,2004, 138с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

Гамидова Г. М.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

hemidov1946@mail.ru

Для уменьшения трудоемкости и стоимости буровых работ, необходимо поддержание рациональных режимов бурения, максимально ускоренное получение информации об отклонениях в указанных режимах для предотвращения аварий [1].

Важное значение имеют механические колебания, вызванные ударами режущих зубьев шарошек долота о разбуриваемую породу, в которых заключена полезная информация о состоянии шарошек и параметрах режима бурения. Поскольку вся система буровых механизмов акустически связана между собой посредством металлоконструкций основания буровой, конструкциями пневматических схем и системой трубопроводов, вибрации смешиваясь, образуют полигармонические колебания с явлениями частотной модуляции, вызванной крутильными колебаниями колон бурильных труб [2]. Следовательно, режущий элемент кроме своего основного назначения, способен служить источником информации о процессах, происходящих в забое.

Акустические методы основаны на передаче акустических сигналов по колоно бурильных труб. Такой метод позволяет не только разработать эффективные алгоритмы контроля, но и создать принципы построения системы определения дефектов в долотах и прогнозирование аварийных состояний в процессе бурения. Чтобы определить состояние долота в процессе бурения по акустическому информационному сигналу следует измерить амплитуду и частоту акустического сигнала.

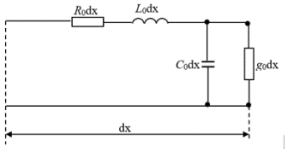
Акустические волны, получаемые от долота, поступают к роторному столу через колоно бурильных труб. При этом колоно бурильных труб оказывает акустическому сигналу определенное сопротивление, которое выражается отношением акустического давления (D) объемной скорости (v) : $R = \frac{D}{v}$ и является волновым и удельным акустическим сопротивлением среды. Соотношение между скоростью частиц и звуковым давлением является важным в акустике и играет такую же роль, как соотношения между током i и напряжением U при движении электрического тока по проводам. Как известно, сопротивление для линий с распределенными параметрами определяется как:

$$W \equiv Z \equiv \frac{U(t)}{i(t)} = \sqrt{\frac{L}{C}}; \qquad (1)$$

где *L*и*C*соответственно индуктивность и емкость на единицу длины линии.

Используя аналогию между акустическими и электрическими волновыми процессами, описываем эти процессы одними тем же основным уравнением и соотношением, а также составляем схемы замещения среды для исследования процесса распространения звуковых волн по каналам информации (рис. 1).

Как было сказано выше, уравнения распространения акустических и электромагнитных волн являются идентичными, поэтому в схеме замещения за R_0 принимаем часть акустических сопротивлений, характеризующих потери на единицу длины в теле колоно бурильных труб, т.е. в стали, а за g_0 принимаем потери по проводимости в глинистом растворе на единицу длины.



Рассматриваем изменения $U(t)$ и $i(t)$ на элементарной длине dx. $U(t)$ можно представить как напряжение цепи с распределенными параметрами и после некоторых преобразований получим следующие уравнения:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial U(t)}{\partial x} &= i(t)R_0 + L_0\frac{\partial i(t)}{\partial (t)} \\ -\frac{\partial i(t)}{\partial x} &= U(t)g_0 + C_0\frac{\partial i(t)}{\partial (t)} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Вышеуказанные уравнения являются дифференциальными уравнениями в частных производных, которые имеют простое решение, в том случае если $U(t)$ и $i(t)$ изменяются по гармоническому закону. Однако в реальности $U(t)$ и $i(t)$ изменяются не по гармоническому закону. Поэтому решение данных уравнений следует искать для каждой гармоники $U(t)$ и $i(t)$. С учетом этих обстоятельств задаемся следующими начальными условиями - $x = 0$ и $x = l$, т.е. определим параметры начала и конца колоно бурильных труб .

При $x = 0$ с учетом граничных условий и, переходя в процессе решения от показательных функций к гиперболическим, получаем значения $U(t)$ и $i(t)$ в начале колоно бурильных труб, т.е. на долоте.

При $x = l$получаемзначения $U(t)$ и $i(t)$ в конце колоно бурильных труб, т.е. на роторном столе.

Решая систему уравнений (2) и, произведя необходимые преобразования и сокращения, для n-ой гармоники получим следующей выражение для определения акустической энергии для n-ой гармоники:

$$U_n(t)/_{x=l} = U_0/_{x=l} + \left[\sum_{n=1}^{\infty}\sqrt{(U_{1n}^a)^2 + \left(U_{1n}^p\right)^2}\sin(n\omega_1 \cdot z \cdot t + \varphi_{1n})\right]_{x=l} \qquad (3)$$

Акустическая энергия, определяемая выражением (3), поступает к ведущему валу по его осевому направлению и через его поверхность излучается в окружающее пространство. Для приема этой энергии рядом с валом должен быть установлен первичный преобразователь – датчик, амплитуда звуковой волны на входе которого пропорциональна этой энергии.

Список литературы

1. Гамидов М.Г. Контроль бурового долота при бурении нефтяных и газовых скважин.- Баку.: ИВТЗ Азербайджана №6, 2014, 15-17 с.

2. Аскеров Д.С., Гамидов М.Г. Исследование процесса передачи энергии акустических сигналов на устье скважин. - Санкт-Петербург.:Международный научный журнал «Синэнергия»,№17, 2017, 462 с.

3. Алиев А.Г., Гамидова Г.М. Диагности непрерывностей бурового долота с использованием FUZZYESPLAN. - Санкт-Петербург.: Международный научный журнал «Синэнергия». №19, 2018, 643 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ PMU В СЕТИ 500-330 кВВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ЭС.

Гусейнов А.М., Сулейманов К.А.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Азербайджанская ЭС является интенсивно развивающейся системой. При этом ей характерен не только интенсивный рост производства электроэнергии и протяженности линий электропередач, но и ряд особенностей, таких, как диверсификация технологических процессов производства электрической энергии, внедрение электростанций малой мощности (распределенная генерация), внедрениевозобновляемых источников энергии,параллельная работа с ЭС России, Грузии и Ирана.

Для управления ЭС в этих условиях необходимо собрать и обработать большой объем разнообразной информации в режиме реального времени и решать большое число задач, и прежде всего, задач мониторинга режима и выработки управляющих воздействий с целью принятия оптимальных решений по обеспечению живучести ЭС. Для этих целей служитинновационнаяинформационно-измерительная технология, претендующая на высокую точность и скорость измерения режимных параметров в нормальных, до и послеаварийных, а также аварийных режимах . Таковыми являются системы [1]:

-SCADA/EMS- SupervisoryControlandDateAcqusition-диспетчерское управление и сбор данных/управление энергией;

-WAMS-Wide-AreaMeasurementSystem-система измерений в сложных системах.

Система SCADA/EMS в Азербайджанской ЭС уже установлена на большинстве подстанций 500 ÷ 220 кВ. Функции SCADA/EMSукрупненно можно представить, как анализ топологии электрической сети, оценку состояния, анализ непредвиденных ситуаций, поддержаниебезопасности, планирование, диспетчеризацию и управление генерацией, прогнозирование нагрузки и др. Для целей управления режимом SCADA/EMS обеспечивает измерение следующих величин [2]:

$$Y = [P_i Q_i P_{ij} Q_{ij} U_i] \quad (1)$$

где: $P_i Q_i$- узловые активные и реактивные мощности;$P_{ij} Q_{ij}$- потоки мощности в ветвях;U_i- узловые напряжения.

Реализация измерений (1) происходит в стационарных режимах ЭС. В то же время в вопросе оценки состояния SCADA/EMS не обеспечивает полную наблюдаемость, если иметь в виду такие параметры и факторы, которые характеризуют состояние ЭС в аварийных ситуациях при быстропротекающих процессах. Информация по параметрам режима поступает по линиям связи со SCADA несинхронизированная с ЭС с разрешением по времени. Опыт использования указывает на погрешность и потерюинформации [3].Требования, которые связаны с задачей управления динамическими режимами ЭС, удовлетворяются информационно-измерительной системойWAMS, построенной на векторной (фейзорной) технологии. Ее основным измерительным устройством является устройство PMU (PhasorMeasurementUnits), включаемое на измерения через каждые 20 мс, и посылающее измеренные данные в устройство PDC (PhasorDateConsentrator) [1].Выходом такого устройства (измерений в i-том узле) является:

$$Y=[U_i \delta_i I_{ij} \psi_{ij}] \quad (2)$$

где: U_i-модуль напряжений i-того узла;δ_i-фаза напряжений i-того узла;I_{ij}-ток вытекающий изi-того узла;ψ_{ij}- сдвиг фазы между током и напряжением.

Полученные измерения (2) с помощью алгоритма-приложений превращаются в измерения (1), а синхронные измерения фаз в многочисленных узлах ЭС дают возможность провести оценку ее динамического состояния и решать задачу управления устойчивости ЭС.В преддверии реализации в Азербайджанской ЭС системы WAMSследует решить вопрос об оптимальном размещении устройства PMU в узлах ЭС. Под оптимальностью следует понимать тот минимум числа устройств PMU,который обеспечивает полную наблюдаемость за состоянием ЭС. Понятие наблюдаемость в настоящей задаче рассматривается как топологический критерий, обеспечивающий идентификацию расчетной схемы.Топологическая наблюдаемость основывается на линеаризованной системе уравнений. Необходимым условием топологической наблюдаемости является равенство ранга матрицы систем уравнений состояний числу параметров состояния [4].Решения задачи сводится к целочисленной задачи

линейного программированиям(ЦЛП).Линейное программирование- нахождение экстремальных значений линейной функции многих переменных при наличии линейных ограничений, связывающих этих переменных [5].

Исходная минимизируемая функция представляется как

$$\min \sum_{k=1}^{N} x_k$$

$$\left|A\right| \times \left|\mathrm{x}\right| \geq в \tag{3}$$

где N–число шин в системе; X–бинарный вектор решения; A – целочисленная матрица, структура которой зависит от схемы сети; $в$ – целочисленный вектор. (3) элементы матрицыA принимают значения

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 \;\; если \quad i = j \\ 1 \;\; если \;\; i \;\; и \;\; j \;\; соединены \\ 0 \;\; если \; не \; соединены \end{cases}$$

|x| - бинарный вектор

$$\left|x\right| = \left|x_1 \; x_2 \; x_3 ... x_N\right|^T$$

$$\mathrm{x} \in \left|0,1\right|$$

$$\mathrm{x}_i = \begin{cases} 1 \;\; \text{если PMU установлен в узле } \; i \\ 0 \;\; \text{отсутствует} \end{cases}$$

$$\left|в\right| = \left|1,1,1...1\right|_{1\times N}^{T}$$

Решение (3) на MATLAB дает:

$$|x| = |0\;1\;0\;1\;0\;0\;1\;0\;1\;0\;0\;0\;0\;0\;1\;0\;0\;|$$

Это означает, что в сети 500-330 кВ Азербайджанской ЭС для обеспечения полной наблюдаемости должно быть установлено 5 устройств PMU в узлах 2,4,7,9,15(30% общего числа узлов). Наблюдаемость обеспечивается в каждом PMU одним каналом напряжения и токовыми каналами по числу соседних узлов.

На рис.1 приведена схема электрической сети 500-330 кВ Азербайджанской ЭС, полученная путем декомпозиции по линиям связи с ЭС России (1 ветвь), Грузии (2 ветви), Иран (3 ветви), подсистема 220 кВ части Азербайджанской ЭС (4 ветви).

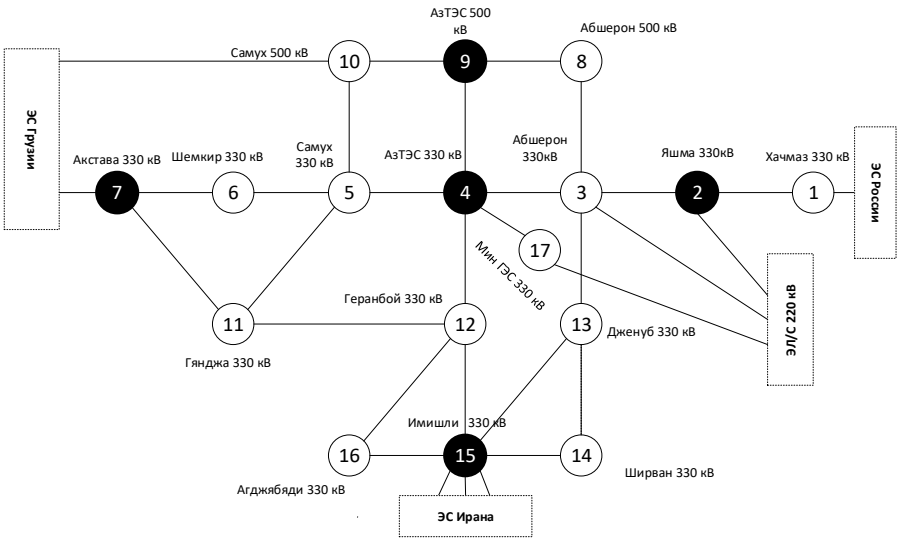


Рис.1 Схема электрической сети 500-330 кВ Аз-ой ЭС(отмечены местаустановкиPMU)

Заключение

Полученные результаты демонстрируют возможность решения задачи оптимального размещения PMU методом ЦЛП по критерию обеспечения топологической наблюдаемости в сети 500-330 кВ Азербайджанской ЭС. Число мест размещения PMU могут быть скорректированы при расширении охвата электрической сети (500-330-220 кВ), интеграцией с системой SCADA/EMS, условием первостепенной установки PMU в узлах межсистемных связей и наиболее «слабых» элементах и др.

Список литературы

1.Hector J., Altuve Ferrer, Edmund O. Scweitzer III. Modern Solutions for Protection. Control and Monitoring of Electric Power System. 2010 Schweitzer Engineering Laboratories. USA.

2. The applications use the information to improve the results detect problems and consequently friqqerenergencycontrol actions via remote and SCADA/EMS.

3.Абраменко М.Д. SCADA/EMS- Опыт внедрения. VIII Ежегодный форум « Информационные технологии и измерения в энергетике». Интеллектуальные системы. Ж. Энергорынок.

4. Гамм А.А., Голуб И.И. Наблюдаемость электроэнергетических систем Академия Наук СССР, Москва 1990 – с.198.

5. Gou B. Optimal Placement of PMU by Integerhinear Programming// Power System, IEEE. Porto Power Tech Conference. 10-13 Sep. – 2001.

УДК 681.2.08

ЛЕГКО НАСТРАИВАЕМЫЙ В РЕЗОНАНС ТРУБЧАТЫЙ РЕЗОНАТОР ДЛЯ ВИБРАЦИОННО-АМПЛИТУДНОГО ПЛОТНОМЕРА СУСПЕНЗИЙ

Гусейнов Т.К., Кязимов Н.М., Абдулова Н.А.

Сумгаитский государственный университет

В настоящее время в области плотнометрии перспективным является направление, связанное с применением вибрационных плотномеров (вибрационно-частотных, вибрационно-фазовых и вибрационно-амплитудных) для контроля концентрации дисперсных систем типа суспензий и пульп, поскольку этот параметр трудно поддается измерению другими известными средствами[1]. К вибрационным плотномерам относятся вибрационно-частотные [2], вибрационно-фазовые [3] и вибрационно-амплитудные [4]. При этом наименее изученными остаются вибрационно-амплитудные, которые отличаются простотой изготовления и эксплуатации при приемлемой точности измерения. В связи с этим, исследование этих плотномеров, с целью улучшения их метрологических характеристик, является актуальной задачей.

В общем случае вибрационно-амплитудный плотномер представляет собой отрезок трубы (резонатор) 1 (рис.1), жестко закрепленный на концах в жестких опорах 2, установленных на массивном основании 3. Трубка приводится в режим вынужденных колебаний с помощью возбудителя 4, который устанавливается под трубкой на равном

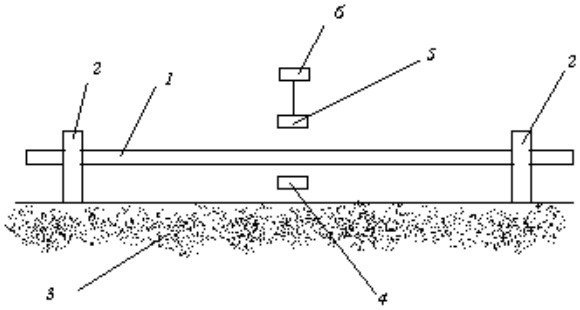


Рис.1 Структурная схема вибрационно-амплитудного плотномера

расстоянии от опор. Амплитуда колебаний определяется преобразователем 5, выход которого подключается к регистрирующему устройству 6. В качестве возбудителя и приемника колебаний целесообразно использовать электромагнитныепреобразователи.

Градуировочная характеристика вибрационно-амплитудного плотномера представляет собой гиперболическую зависимость [5]:

$$\rho = \frac{C_1}{A} + C_2$$

где ρ– плотность жидкости; A – амплитуда колебаний, C_1 и C_2 – определяемые опытным путем коэффициенты.

На практике C_1 и C_2 легко определяются путем решения следующей системы уравнений

$$\begin{cases} \rho_1 = \dfrac{C_1}{A_1} + C_2 \\ \rho_2 = \dfrac{C_1}{A_2} + C_2 \end{cases} \qquad (2)$$

где A_1 и A_2 – измеренные значения амплитуд колебаний резонатора заполненных соответственно жидкостями с плотностями ρ_1 и ρ_2.

Т.к. рабочим режимом резонатора является околорезонансная область, то точность преобразования вибрационно-амплитудного плотномера определяется точностью настройки резонатора в резонанс, а также добротностью его механической колебательной системы.

Нами была синтезирована новая форма резонатора, которая обеспечивает решение обеих отмеченных выше задач.

Синтез был проведен с помощью метода эвристических приемов [6], согласно которого процесс решения задач состоит из 5 последовательных этапов:

1. Постановка задачи технического творчества.
2. Выбор подходящих приемов на основе анализа недостатков и дефектов прототипа и противоречий его развития.
3. Преобразование прототипа с помощью выбранных приемов и формирование нескольких новых технических решений.
4. Анализ новых технических решений относительно осуществимости и степени эффективности использования.

В результате проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

- в качестве прототипа резонатора вибрационно-амплитудного плотномера суспензий целесообразно взять прямую трубку, жестко закрепленную на концах в опорах;
- для настройки в резонанс механической колебательной системы наиболее приемлемой для серийного производства является использование сменных подвижных грузов (точечных масс);
- для повышения добротности механической колебательной системы с целью подавления 2-й моды, точечные массы необходимо расположить в районе пучностей.

С учетом вышесказанного была получена следующая схема резонатора (рис.2).

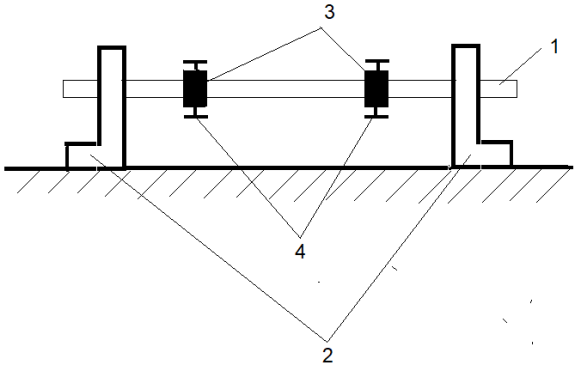


Рис.2 Форма резонатора рациональной конструкции

Резонатор представляет собой прямую трубку 1, жестко закрепленную в опорах 2. В узлах пучности 2-й основной формы симметрично относительно вертикальной оси симметрии крепятся одинаковые точечные массы 3, в каждую из которых ввинчены противоположно расположенные винты одинаковой длины, а, следовательно, и массы.

Настройка в резонанс системы осуществляется в два этапа. На первом этапе расчетным путем определяется длина защемленной части резонатора, заполненного эталонной жидкостью, соответствующей нижнему пределу измерения. При этом расчет ведется для точечных масс при отсутствии винтов и обеспечения резонанса при частоте $100\,Гц < f < 105\,Гц$. Далее путем ввинчивания винтов различных длин последовательным приближением добиваются установления резонанса при $f = 100Гц$.Выбор рабочей частоты равной 100 Гц преследует две цели: обеспечение инвариантности к наличию твердой фазы в жидкости (при такой частоте жидкость с твердыми включениями ведет себя как единое целое) и упрощение системы возбуждения за счет отсутствия необходимости в преобразователе частоты, т.к. в данном случае электромагнитный возбудитель питается переменным напряжением с частотой равной частоте промышленной сети.

Использованием метода электромеханических аналогий и применением программы EWBнами был проведен качественный анализ синтезированной конструкциирезонатора [7], который подтвердил возможность повышения добротности механической колебательной системы резонатора за счет введения точечных масс в исходную конструкцию.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что установка точечных масс в местах пучности второй основной формы колебаний механической колебательной системы резонатора позволяет повысить его добротность на 25-30%.

Список литературы

1. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры. - М: Энергоатомиздат, 1991. -144 с.
2. Жуков Ю.П., Беггунов В.Н. Измерение плотности жидких сред вибрационно-частотным методом // Приборы и системы управления. 1976.№ 9. с.27-28.
3. Вернов Н.И., Ковальчуг И.Г., Желтышев Л.Б., И.Е.Мясников, Е.В.Акулова, В.Г.Альбрехт, Л.И.Житниковский Вибрационный проточный плотномер//Информационныйлисток №87-98 Свердловский межотраслевой территориальный центрнаучно-технической информации ипропаганды. 4с.
4. Колесников В.А. Виброамплитудный плотномер жидкостей //Изв.ВУЗов Электромеханика. 1964. №8. с.1023-1025
5. Гусейнов Я.Ю., Гусейнов Т.К., Абдулова Н.А. Градуировочная характеристика вибрационно–амплитудного плотномера жидкости Научные Известия Сумгаитского государственного университета.Сумгаит. 2011. №3.том 11. с.55
6. Эвристические модели в машиностроении: моногр. / В.В. Иванов .- О.: АО Бахва, 2012 – 268 с.
7. AbdulovaN.A..Vibrasiyalı–amplitude sıxlıqölçən üçün yüksək keyfiyyət əmsallı rezonatorun sintezi /Sumqayıt Dövlət Universiteti ElmiXəbərləri, Sumqayıt. 2016. №4 cild 16. 93-96.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭЭС

Мурадалиев А.З., Исмаилова С.М., Юсифли Р.Ф.
Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Безопасность жизнедеятельности в электроэнергетических системах (ЭЭС) определяется эффективностью работы оборудования и устройств (объектов). Среди основных свойств надежности объектов ЭЭС, включающих безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и долговечность, количественная оценка показателей которых апробирована практикой и во многом регламентирована, безопасность жизнедеятельности занимает особое место. Объясняется это не только многообразием условий жизнедеятельности, но и тем, что стоит задача оценки безопасности не объектов ЭЭС, а персонала при повреждении объектов.

Возможность количественной оценки интегрального показателей безопасности жизнедеятельности при техническом обслуживании и ремонте объектов (оборудование, устройства, установки, линии электропередачи) ЭЭС является одним из основных направлений снижения риска травматизма и гибели обслуживающего объекты ЭЭС персонала.

В основе разработанного метода и алгоритма расчета интегрального показателей безопасности жизнедеятельности находятся наблюдаемые на практике отличия требований Правил безопасности жизнедеятельности от уровня их исполнения. Количественные оценки безопасности жизнедеятельности позволяет сопоставить безопасность жизнедеятельности на предприятиях ЭЭС, выявить направления, снижающие безопасность жизнедеятельности, оценить безопасность жизнедеятельности по различным видам технического обслуживания, испытания и ремонта различного оборудования и устройств ЭЭС

В результате расчетов рекомендуемым методом могут быть получены интегральные количественные оценки безопасности жизнедеятельности оперативного персонала, персонала, выполняющего испытания, восстановление износа и управление объектами ЭЭС в процессе эксплуатации.

Учитывая реальную заинтересованность руководства предприятия в повышении безопасности жизнедеятельности, автоматизированная система расчета безопасность жизнедеятельности, может служить эффективным инструментом управления безопасностью жизнедеятельности. При этом не исключается использование этой системы при аудиторских проверках состояния безопасности жизнедеятельности как со стороны энергосистемы, так и контролирующих безопасность жизнедеятельности организаций.

Все это отмечено лишь с одной целью: выходные документы должны обеспечить информационную и методическую поддержку Руководству предприятия и в конечном итоге способствовать повышению безопасность жизнедеятельности. В этой связи разработка соответствующих рекомендаций по повышению уровня безопасность жизнедеятельности имеет важное практическое значение. Знание Правил безопасность жизнедеятельности является непременным условием осознанного учета опасностей при выполнении работ, связанных с эксплуатацией, испытаниями и ремонтом объектов ЭЭС.

Таким образом:

1. Одним из основных направлений снижения травматизма и гибели персонала на объектах ЭЭС, является переход от качественной к количественной характеристике безопасности жизнедеятельности;
2. Статистика травматизма и гибели персонала требует повышения эффективности анализа каждого случая. Но она не должна служить основанием для количественной оценки показателей безопасности жизнедеятельности. Показатель безопасности жизнедеятельности – средняя «продолжительность жизни» для характеристики безопасности жизнедеятельности персонала ЭЭС неприемлем;
3. Безопасности жизнедеятельности, конечно, зависит от повреждаемости объектов ЭЭС. Чем больше срок службы объектов, тем их надежность ниже, а опасность технического обслуживания выше. Вероятностные показатели безопасности жизнедеятельности, характеризующие возникновение аварий и техногенных катастроф, как источников опасности при наличии соответствующей информации могут быть полезными.
4. Разработан метод и алгоритм количественной оценки рекомендуемого интегрального показателя безопасности жизнедеятельности. В основе метода расчета этого показателя находится информация об уровнях исполнения положений Правил безопасности жизнедеятельности;

5. Результаты количественной оценки интегрального показателя безопасности жизнедеятельности позволяют:
   - сопоставить безопасности жизнедеятельности на различных предприятиях ЭЭС, их подразделениях;
   - выявить «слабые звенья», являющиеся основной причиной несоответствия реальной безопасности жизнедеятельности предъявляемым требованиям;
   - управлять безопасности жизнедеятельности путем ликвидации «слабых звеньев»;
   - рассчитать объективные интегральные показатели безопасности жизнедеятельности по различным видам технического обслуживания, испытания и ремонта различного вида объектов ЭЭС
6. Количественная оценка показателей безопасности жизнедеятельности обеспечивает информационную и методическую поддержку Руководства предприятия при повышении безопасности жизнедеятельности персонала.

Список литературы

1. ГОСТ 27002-2009. Надежность в технике. Основные понятии. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2011, 26 с.
2. Дмитриев В.В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы. //Общество, среда, развитие (TerraHumana) №4/2009, с.146-165
3. Баринов А.В., Седых Н.И., Седнев В.А. и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. М.; Академия ГПС МЧС России, 2014, 350 с.
4. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З., Абдуллаева С.А. Совершенствование методов повышения надежности объектов электроэнергетических систем. Электричество. №8, 2016, 18-28 с.
5. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях. М.: МЗ-Пресс,2004, 66 с.
6. FedorcenkoS.G., FedorcenkoG. S. Интегральная мера оценок состояния энергетической безопасности. Тирасполь, «Проблемы региональной энергетики» 1(24)/2014, 1-16с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МНОГОМЕРНОГО ЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ

Муравьева Е.А., Кубряк А. И.

Уфимский государственный технический университет, филиал в г. Стерлитамаке:

Интерпретация входных и выходных переменных многомерных четких логических регуляторов (МЧЛР) совокупностью четких термов дает широкие возможности для повышения их эффективности с помощью any-time [2] и step-time [3] алгоритмов, которые позволяют без потери адекватности управления в каждом цикле отрабатывать лишь часть (5÷10)%, а не всю систему продукционных правил в целом. Недостатком первого является необходимость располагать правила, у которых условная часть чаще принимала значение логической единицы. Во втором случае усложняется процедура синтеза и отладки МЧЛР, потому что для выработки необходимо формировать идентификационный код. В предлагаемом МЧЛР таких недостатков нет.

На рисунке 1 представлена логическая схема алгоритма функционирования n-мерного четкого логического регулятора, которая состоит из: n фаззификаторов; сканирования дискретных переменных объекта управления; ситуационных подпрограмм.

Каждая ситуационная подпрограмма представляет собой программную реализацию продукционного привила, которое необходимо отработать при равенстве логической единицы одного из четких термов каждого регулируемого параметра МЧЛР. Отсюда следует, что в каждом цикле сканирования отрабатывает n продукционных правил, когда в типовых многомерных нечетких логических регулятора в каждом контуре отрабатывается вся система, в которой могут быть сотни продукционных правил.

Рисунок 1. Логическая схема алгоритма функционирования n-мерного четкого логического регулятора

На рисунке 2 представлена структурная схема, разработанная на основе функционирования многомерного четкого логического регулятора [5, 6, 7].

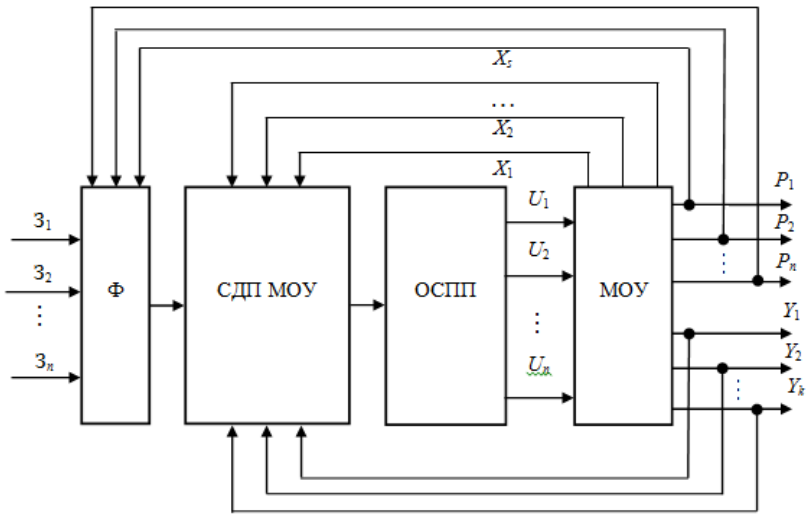


Рисунок 2. Структурная схема многомерного четкого логического регулятора

Общее время сканирования фаззификаторов и системы продукционных правил в типовом многомерном нечетком логическом регуляторе равно:

$$T_{cm} = 4nmt_{ym}, \quad (1)$$

где t_{ym}– время сканирования условной части продукционного правила типового нечеткого регулятора.

В предлагаемом же МЧЛР при тех же условиях время сканирования фаззификаторов и СПП рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{сп}} = T_{\text{фп}} + T_{\text{спп}} = n(0{,}2m + 2{,}5)t_{\text{уп}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{уп}} = t_{yi}^{\text{ф}} = t_{yj}^{\text{спп}} = Const.$

Определим во сколько раз снизилось время сканирования в предлагаемом МЧЛР по сравнению с типовым многомерным нечетким регулятором, в котором отрабатывается вся программа [1].

$$\text{К}_{\text{пб}} = \frac{4m}{0{,}2m + 2{,}5}, \quad (3)$$

где $\text{К}_{\text{пб}}$ – коэффициент повышения быстродействия предлагаемого МЧЛР.

Как следует из выражения (3) $\text{К}_{\text{пб}}$ не зависит от n и, например при m=9 предлагаемый МЧЛР быстрее чем типовой многомерный нечеткий логический регулятор в 8,37 раз.

где $К_{пб}$ – коэффициент повышения быстродействия предлагаемого МЧЛР.

Как следует из формулы (3) $К_{пб}$ не зависит от n и, например при m=9 предлагаемый МЧЛР быстрее чем типовой многомерный нечеткий логический регулятор в 8,37 раз.

Предложенный логический регулятор внедрен в систему управления дистиллятором [4]. На рисунке 4 показана зависимость значений pH жидкости от времени на выходе из дистиллятора без (сплошная линия) и с использование МЧЛР (штриховая линия).

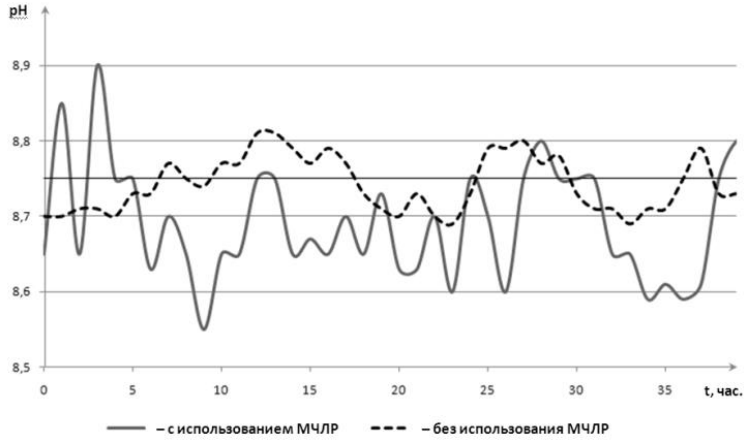


Рисунок 4. Графики изменения значений pH жидкости на выходе из дистиллятора в течение периода времени.

Из рисунка 4 следует, что применение многомерного четкого логического регулятора позволило снизить погрешность примерно на 42%, а перерегулирование по значение pH жидкости на выходе из дистиллятора – на 57%.

Внедрение многомерного четкого логического регулятора, который обладает повышенным быстродействием и сниженной погрешностью, в систему управления дистиллятором позволило повысить качество управления технологическим процессом дистилляции в процессе производства соды.

Список литературы

1. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 411 с.: ил.

2. Муравьева Е.А. Дискретно-логический регулятор с any-time алгоритмом минимизации времени отклика // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий. Уфа: Гилем, 2007. С. 63–65.

3. Муравьева Е.А., Антипин А.Ф. Многомерный дискретно- логический регулятор расхода воздуха парового котла с минимизацией времени отклика // Вестник УГАТУ. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». 2009. Т.13, №2(35). С.83–87.

4. Антипин А.Ф. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами на основе многомерных четких логических регуляторов: дис…канд. техн. наук. Уфа, 2010. 160 с.

5. Муравьева Е. А. Каяшев А. И. Проектирование систем управления дискретным производством в среде TraceMode 6: учебное пособие (С грифом УМО АМ). Уфа: УГАТУ, 2011. 149 с.

6. Четкий логический регулятор для управления технологическими процессами/А. И. Каяшев, Е. А. Муравьева, Р. Ф. Габитов: пат. №2445669 от 20.03.2012.

7. Муравьева Е.А. Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных чётких логических регуляторах//Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: материалы Всерос. науч. практ. конф. Уфа, 2013. С. 102-107.

8. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002.

256 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЯХ

Мусаев М.А., Гасанов Г.Т., Джафарова А.Н., Гашимова Н.Н.
Азербайджанская государственная нефтяная академия
,aymin@mail.ru

Оптическое возбуждение акустических волн в жидкостях может быть использовано для исследования линейных и нелинейных свойств среды. Область применения оптоакустики в нефтяной и химической промышленности необычайно широка. Это многообразие использования оптоакустики позволит выбирать оптимальный режим в управлениитехнологическим процессом. Отмеченное свидетельствует об актуальности исследования распространения оптоакустических волн в неоднородных жидкостях. Следует отметить, что распространение оптоакустических волн в неоднородных жидкостях исследовано в [1]. Форма оптоакустического сигнала зависит как от физических свойств среды, так и от параметров лазерного излучения. Влияние неоднородности жидкостей на форму фронта акустических волн до сих пор не исследовано. Цель настоящей работы - методом передаточных функций оценить влияние неоднородности жидкостей на распространение акустических волн в среде.

В неоднородных жидкостях все физические параметры изменяются от точки к точке. Коэффициенты теплопроводности, вязкости и теплоемкости по прикидочным оценкам слабо влияют на распространение оптоакустических волн в неоднородной среде. Из всех теплофизических параметров жидкостей плотность более сильно влияет на процесс распространения волн. Учитывая отмеченное, в данной работе основное внимание уделяется изменению свойств жидкостей от точки к точке. В зависимости от расположения неоднородной жидкости в технологическом процессе неоднородность может проявлять себя по-разному. Так, например, в процессе бурения нефтяных скважин не все частицы выбуренных пород выносятся на дневную поверхность буровым раствором. Определенная часть этих частиц остаются в скважине во взвешенном состоянии, они распределяются по глубине неравномерно.На забое скважины число их максимально и с высотой уменьшается. Согласно распределению Больцмана плотность неоднородной жидкости (бурового раствора) определяется по формуле (начало координат расположено на устье скважины):

$$\rho(z) = \rho_0 \exp(\sigma z) \tag{1}$$

где σ-коэффициент характеризующий неоднородность среды.

Распространение импульсного оптоакустического сигнала в неоднородной жидкости описывается дифференциальным уравнением [1]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} - C_0^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{\alpha C_0^2 \beta}{\rho(z) C_P} J_0 e^{-dz} f(t) \tag{2}$$

Решение уравнения (2) строится спектральным методом.При этом левую и правую часть уравнения (2) умножаем на $e^{i\omega t} d\omega$ и интегрируем в пределах от $-\infty$ до $+\infty$, тогда имеем:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\varphi}}{\partial z^2} - \frac{\omega^2}{C_0^2} \tilde{\varphi} = -\frac{\alpha \beta J_0}{\rho_0 C_P} e^{-(\alpha+\sigma)z} \tilde{f}(\omega) \tag{3}$$

,

где $\tilde{\varphi}(\omega, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t, z) e^{i\omega t} dt$, $\tilde{f}(\omega, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{i\omega t} dt$.

Колебательная скорость частиц жидкости определяется по формуле

$$\upsilon(t, z) = \frac{1}{2\pi} \frac{\beta J_0 \alpha}{\rho_0 C_P} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(\alpha+\sigma)\exp(-i\omega(t - \frac{z}{C_0}))}{\left[(\alpha+\sigma)^2 + \frac{\omega^2}{C_0^2}\right]} \tag{4}$$

Оптоакустическая волна при распространении в среде несет с собой информацию как о теплофизических и акустических свойствах среды, так и о параметрах лазерного излучения. С помощью передаточной функции можно разделить влияние физических свойств среды и формы лазерного излучения на профиль оптоакустического сигнала.

Передаточная функция при распространении оптоакустического сигнала в неоднородной жидкости определяется по формуле

$$k = \frac{\beta}{2\pi(1+\sigma_0)} \frac{1}{\left[1+\frac{\omega^2}{\alpha C_0^2}\frac{1}{(1+\sigma_0)^2}\right]} \tag{5}$$

где $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\alpha}$.

Для случая однородной жидкости $\sigma_0 = 0$ и передаточная функция определяется по формуле:

$$k_0 = \frac{\beta}{2\pi(1+\omega_0^2)}, \qquad \text{где } \omega_0 = \frac{\omega}{C_0\alpha}. \tag{6}$$

Из сравнения формул (5) и (6) имеем:

$$\frac{k}{k_0} = \frac{1}{1+\sigma_0} \frac{1+\omega_0^2}{\left[1+\left(\frac{\omega_0}{1+\sigma_0}\right)^2\right]} \tag{7}$$

График зависимости передаточной функции от параметра $\omega_0 = \omega(C_0\alpha)^{-1}$ при различных значениях $\sigma_0 = \sigma\alpha^{-1}$ представлен на рис.1. Эти зависимости одновременно устанавливают влияние неоднородности среды на передаточную функцию.

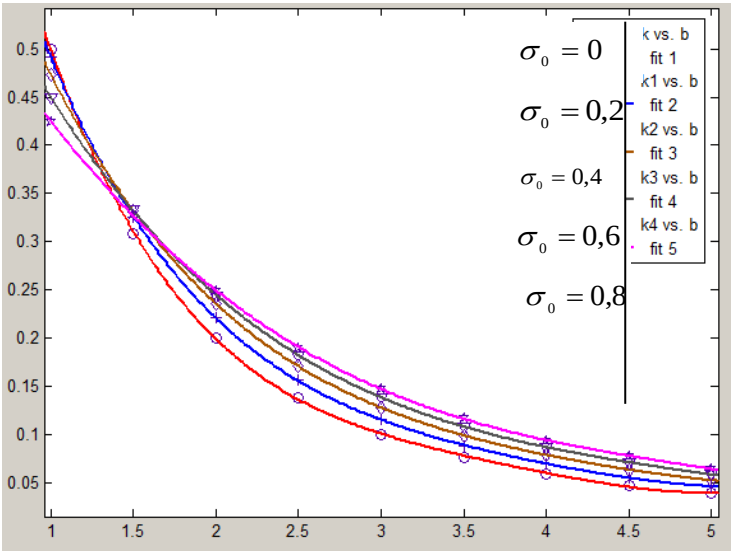


Рис.1. График зависимости передаточной функции от параметра $\omega_0 = \omega(C_0\alpha)^{-1}$ при различных значениях σ_0 .

График зависимости $\frac{k}{k_0}$ от ω_0 при различных значениях σ_0 представлен на рис.2.

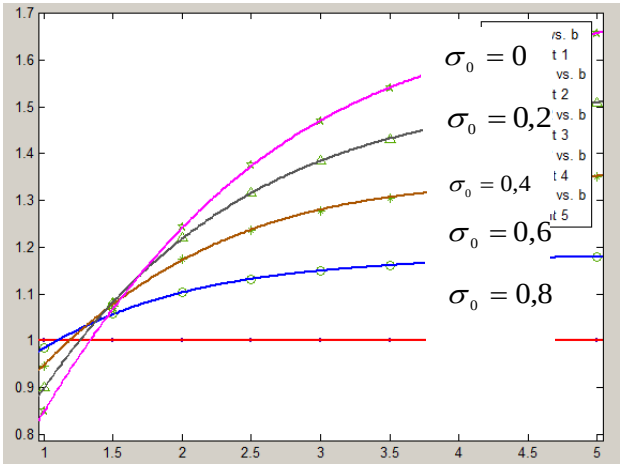


Рис.2. График зависимости $\frac{k}{k_0}$ от ω_0 при различных значениях σ_0.

Из этого рисунка видно, что с увеличением значения $\sigma_0 = \sigma\alpha^{-1}$ значение передаточной функции для данного значения $\omega(C_0\alpha)^{-1}$ растет. Имея в виду, что $\rho = \rho_0 t$ ω_0 определения изменения акустического давления в неоднородной жидкости имеем:

$$P(t,z) = \frac{\alpha C_0^2 \rho\varepsilon_0}{2C_P} \exp\left[-(\alpha+\sigma_0)C_0(t-\frac{z}{C_0})\right] \tag{8}$$

Для случая однородной жидкости $\sigma_0 = 0$ и изменение давления определяется по формуле:

$$P_0(t,z) = \frac{\alpha C_0^2 \rho\varepsilon_0}{2C_P} \exp\left[-\alpha C_0(t-\frac{z}{C_0})\right] \tag{9}$$

Из сравнения формул (8) и (9) оцениваем влияние неоднородности жидкости на распространение оптоакустического давления в среде

$$\frac{P(t,z)}{P_0(t,z)} = \exp\left[-\sigma_0 C_0(t-\frac{z}{C_0})\right] \tag{10}$$

График зависимости $\frac{P}{P_0}$ от $\xi = C_0 t - z$ по формуле (8) при различных значениях σ_0 представлен на рис.3. Из этого рисунка видно, что при малых значениях ξ величина $\frac{P}{P_0}$ сильно зависит от меры неоднородности.

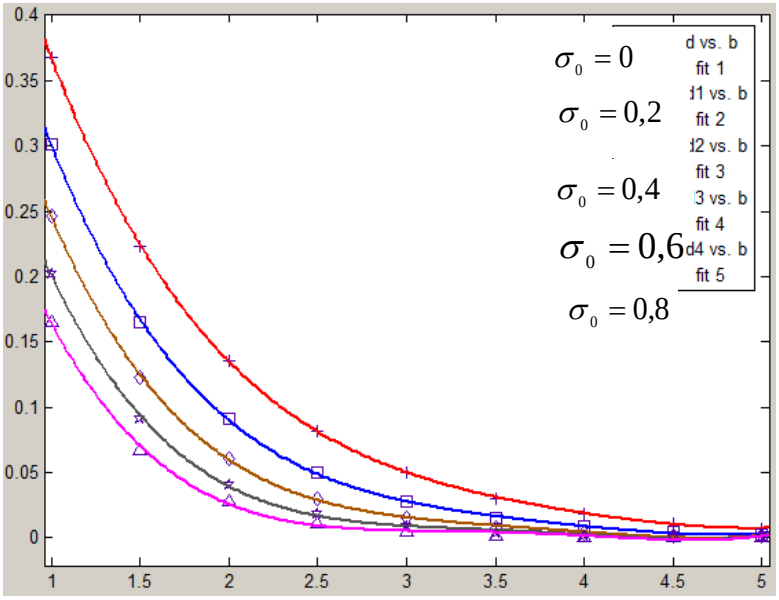


Рис.3. График зависимости $\frac{P}{P_0}$ от $\xi = C_0 t - z$ при различн ξ ачениях σ_0.

При $\xi \geq 3$ значения $\frac{P}{P_0}$ для всех значений $\sigma_0 = \sigma(\alpha)^{-1}$ почти совпадают. При малых значениях $\xi \geq 2{,}5$ влияние неоднородности $\sigma_0 = \sigma\alpha^{-1}$ на амплитуды акустического давления существенное.

Для случаев, когда плотность неоднородной жидкости уменьшается с ростом z по экспоненциальному закону, т.е. $\rho(z) = \rho_0 \exp(-\sigma z)$ поступая аналогично выше изложенному для передаточной функции имеем

$$k_1 = \frac{\beta}{2\pi(1-\sigma_0)} \frac{1}{\left[1 + \frac{\omega^2}{C_0^2\alpha^2}\frac{1}{(1-\sigma_0)^2}\right]}, \tag{11}$$

где $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\alpha}$.

Так как для однородной жидкости $\sigma_0 = 0$, то имеем

$$\frac{k_1}{k_0} = \frac{1}{1-\sigma_0} \frac{1+\omega_0^2}{\left[1 + \left(\frac{\omega_0}{1-\sigma_0}\right)^2\right]} \tag{12}$$

График зависимости k_1 по формуле (11) от $\omega_0 = \omega(C_0\alpha)^{-1}$ при различных значениях σ_0 представлен на рис.4. Из этого рисунка следует, что с увеличением значения σ_0 влияние неоднородности на передаточную функцию растет. Причем до значения $\omega_0 \leq 4{,}5$ это влияние существенное, а при значениях $\omega_0 \geq 4{,}5$ зависимость k_1 от ω_0 стабилизируется.

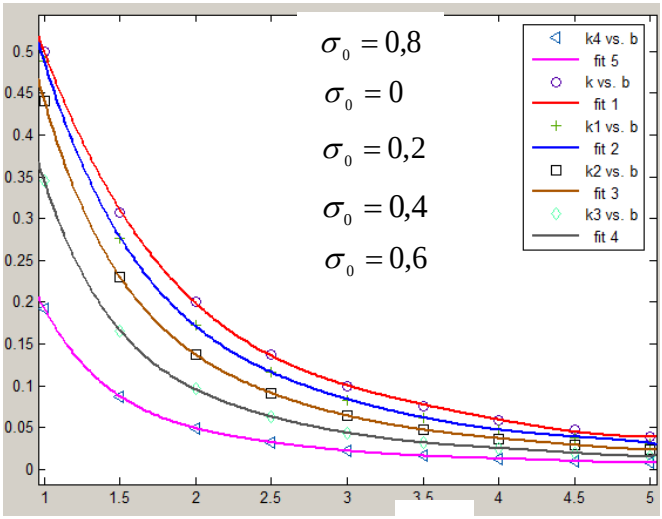


Рис.4. График зависимости k_1 от $\omega_0 = \omega(C_0\alpha)^{-1}$ при различных значениях σ_0.

График зависимости $\frac{k_1}{k_0}$ от ω_0 при различных значениях σ_0 представлен на рис. 5. Как и следовало ожидать, с увеличением значения коэффициента σ_0, характеризующего степень неоднородности, влияние на значения $\frac{k_1}{k_0}$ увеличивается.

$\frac{k_1}{k_0}$

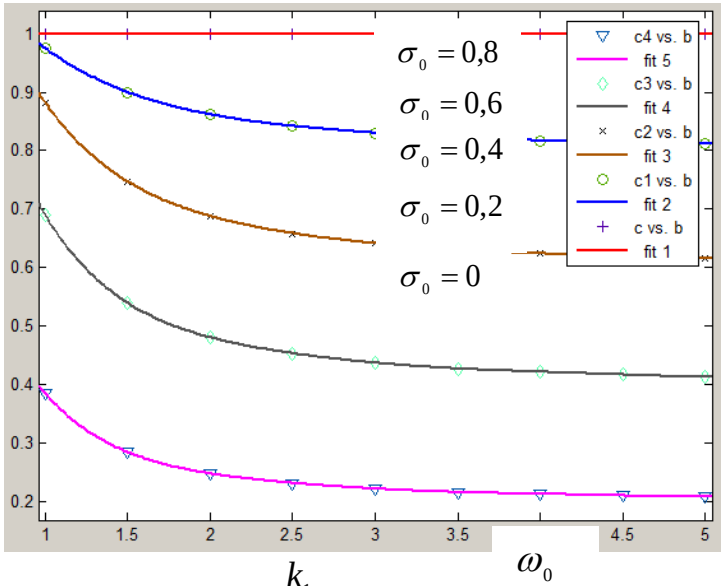


Рис.5. График зависимости $\frac{k_1}{k_0}$ от ω_0 при различных значениях σ_0.

Влияние неоднородностей жидкостей на акустическое давление в рассматриваемом случае определяется формулой:

$$\frac{P_1}{P_0} = \exp(\sigma_0 \xi) \quad (13)$$

График зависимости $\frac{P_1}{P_0}$ по формуле (13) от ξ при различных значениях σ_0 представлен на рис.6.

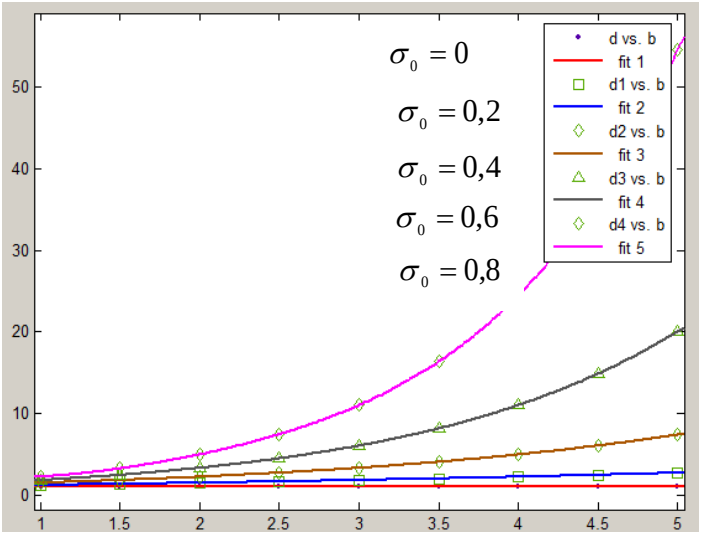


Рис.6. График зависимости $\frac{P_1}{P_0}$ от ξ при различных значениях σ_0

Из этого графика следует, что при значениях $\xi \le 2$ влияние σ_0 на $\frac{P_1}{P_0}$ не существенное. Начиная от $\xi \ge 2{,}5$ влияние σ_0 на величину $\frac{P_1}{P_0}$ растет. Проведенное вычисление показывает, что влияние неоднородности жидкости на передаточную функцию и на распространение акустического давления существенное.

Список литературы

1. В.Э.Гусев, А.А. Карабутов. Лазерная оптоакустика. Москва, «Наука»,1991, с.304.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНОГО СУПЕРФОСФАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА

М.М.Самедов[1], Г.И.Келбалиев[2], Г.М.Мамедова[3], В.М.Самедли[2]

[1]Сумгайытский государственный университет, [2]Институт катализа и неорганической химии НАНА, [3]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

samedov-muxtar@mail.ru

Процессы гранулирования порошкообразных материалов находят широкое применение в различных областях химической, пищевой, фармацевтической и металлургической промышленности. Важными свойствами полученных гранул являются физико–химические (размер, плотность, пористость, термическая стойкость) и реологические свойства (текучесть, прочность, твердость, слеживаемость) . Слеживаемость гранул связана с их уплотнением в слое под действием собственного веса и определяется характером и способностью поглощения влаги из окружающей среды при охлаждении, хранении и транспортировке минеральных удобрений $[1,2]$. В связи с этим, при оценке физико-механических свойств гранул удобрения важно учесть влагопоглощение при охлаждении и хранении, связанное с гигроскопичностью материала гранулы, которое можно рассматривать как одну из существенных характеристик качества. Следует отметить, что в результате поглощения влаги из атмосферного воздуха увлажняется незначительная часть приповерхностного слоя (до 5–10%), что приводит к потере прочности, связанную с образованием рыхлой структуры поверхности, способствующей разрушению и деформации формы, а также слеживаемости, т.е. к прилипанию гранул и образованию комков под действием веса вышележащих слоев. С целью исключения этих

явлений необходимо уменьшить степень увлажнения за счет уменьшения пористости, что достигается использованием различных минеральных добавок или поверхностно–активных веществ/3/.

Следует отметить, что указанные явления существенно влияют на прочность гранулы, величина которой, кроме прочих параметров, зависит от пористости гранулы. Эта зависимость выражается различными формулами, приведенными в работах /4/.

$$\frac{d\ln\left(\Delta-\Delta_0\right)}{dC_d}=k_0\frac{\Delta}{C_d^2}$$

Известны /3-5/ эмпирические уравнения для определения прочности гранул

$$\Delta=\Delta_0\exp\left(-b\varepsilon\right),\quad \Delta=\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{F}{a^2},\ \Delta=3.7\left(1-\varepsilon\right)^4\frac{F}{a^{3/2}m^{1/2}}$$

Здесь $F-$средняя прочность на единицу площади поперечного сечения, $m-$характерный размер. Приведенные зависимости показывают, что с уменьшением пористости увеличивается прочность гранул.

Целью данного исследования является изучение физических явлений, влияющих на улучшение качественных и количественных показателей удобрений путем использования природного цеолита.

Известно,что естественное увлажнение суперфосфатных гранул способствует ухудшению физико–реологических свойств и, следовательно, создает определенные трудности при транспортировке, хранении и применении/5/. С целью предотвращения влияния влажности воздуха на свойства гранул, процесс гранулирования порошкообразного суперфосфата осуществляли с применением добавок.

Выбор соответствующей добавки в виде органических или неорганических соединений должен осуществляться, исходя из следующих соображений: **а)** используемое соединение должно полностью растворяться в связующем веществе (в воде); **б)** его кристаллизация в процессе сушки должна обеспечить образование дополнительных «мостиков» между частицами порошка и уменьшение свободного объема в грануле; **в)** улучшить качественные и количественные показатели товарной продукции. Исходя из этого, в лабораторных условиях исследовано влияние смеси природного цеолита с гидроокисью аммония $\left(NH_4OH\right)$ на состав и физико-химические свойства гранулированного суперфосфата. Экспериментальные исследования проводились в лабораторном барабанном грануляторе диаметром 12 см, длиною 80см, угловой скоростью вращения 30 мин$^{-1}$ и степенью заполнения, равной 15% (рис.1).

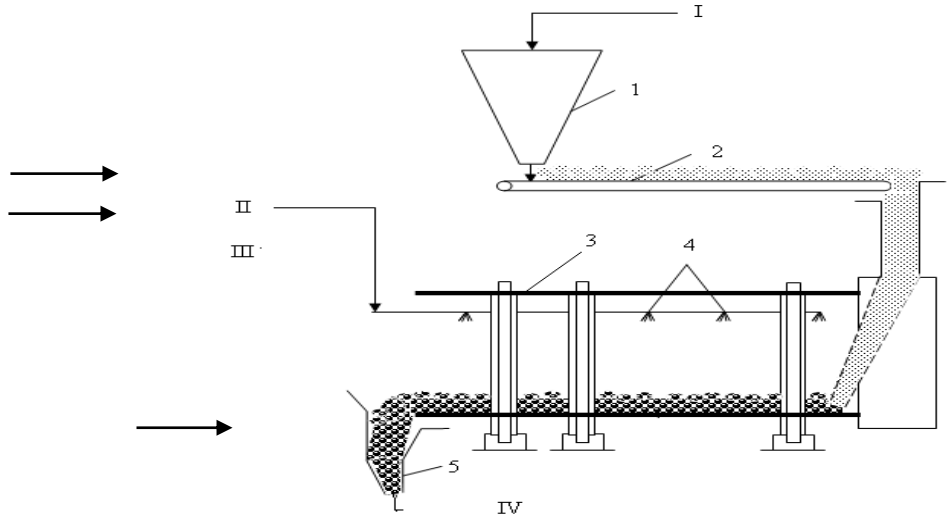


Рис.1. Схема лабораторной установки гранулирования порошкообразных материалов в барабанных аппаратах: 1– бункер для сыпучих порошков; 2– транспортер; 3– врашающийся барабанный аппарат; 4– форсунки; 5–бункер; I– линия подачи порошка; II– подача связующего вещества; III– подача добавок; IV– влажные гранулы в сушильный аппарат.

Таблица 1. Зависимость физико–химических показателей и состава готового продукта (% масс.) от количества добавки.

Соотношение суперфосфата и связующей жидкости	P_2O_5 (усв.)	P_2O_5 (своб.)	N	Mg	H_2O	$\Delta, МПа$	Выход, $Q, \%$
1: 0.10	19.43	3.27	0.21	0.42	1.60	18.4	72.0
1: 0.15	19.40	2.92	0.30	0.58	1.82	20.9	78.3
1: 0.20	19.35	2.80	0.42	0.63	2.01	24.1	81.7
1: 0.30	19.30	2.26	0.55	0.80	2.11	25.2	86.7
1: 0.35	19.28	2.20	0.70	0.93	2.19	26.0	85.8
1: 0.40	19.07	2.18	0.89	1.12	2.35	23.3	68.4
1: 0.45	18.82	2.15	1.20	1.39	2.60	21.1	62.5
1: 0.50	18.34	2.12	1.31	1.50	2.89	19.2	59.2

Как следует из этой таблицы, наиболее высокая прочность гранул достигается при соотношении порошкообразного суперфосфата и связующего вещества (добавки) при значении 1: (0,25–0,35). При этом расход известняка полностью исключается, а кислый суперфосфат нейтрализуется аммиачной водой, входящий в состав увлажняющей жидкости. Повышение прочности гранул объясняется тем, что входящие в состав связующего вещества оксиды различных элементов более прочно связывают частицы суперфосфата при формировании гранул, заполняют поры и обеспечивают более полное их окатывание. Аммиачная вода, входящая в состав увлажняющей жидкости, реагирует со свободной фосфорной кислотой, находящейся в составе порошкообразного суперфосфата и полученный при этом аммоний дигидрофосфат кристаллизуется. Формирующаяся кристаллическая структура аммоний дигидрофосфата сопровождается с образованием точечных дефектов, которые благоприятно воздействуют на механизм образования гранул. Таким образом, проведение процесса в указанном интервале соотношений порошкообразного суперфосфата и увлажняющей жидкости позволяет повысить прочность гранул до 25–26 МПа и улучшить качественные характеристики конечного продукта за счет его обогащения такими питательными элементами, как азот и магний.

Список литературы

1. Birudaraj R., Goskonda S., Pande P.G., Granulation Characterization // In: Handbook of Pharmaceutical granulation Technology (Ed., Parikh D.M.).–2010.– P. 513-534.

2. Келбалиев Г.И., Самедли В.М., Самедов М.М. // Хим. Пром. Сегодня. 2009. №7 С.4–7.

3. Kelbaliyev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M. // Powder Technology. 2009.V.194 P. 87–94.

4. Келбалиев Г.И., Манафов М.Р. // Инж.–физич. Журн. 2009. Т.82. №5 С. 1–8.

5. Келбалиев Г.И., Самедли В.М., Самедов М.М., Касимова Р.К. // Журнал Прикладной Химии. 2010. Т.83. № 10 С.1692–1697.

USE OF ADDITIONAL LINES TO IMPROVE THE QUALITY OF ELECTRICITY AND REDUCE LOSSES

Markov A. M., Vasiliev L.S.

Pskov State University, associate professor

The complexity and urgency of the issue of improving the quality of electricity and reducing losses is due to the fact that this problem affects almost all areas of life. That is why the requirements for reliability of power supply systems are constantly increasing. In recent years, the quality of electricity has significantly tightened and these transformations have gone in favor of consumers, that is, have become tougher for power plants.

Electricity is a commodity and its quality must meet the requirements set by State standard and normative documents. One of the most common problems of quality in the operation of electric networks 0.4 kV

is the problem with low voltage in remote consumers. For its solution it is desirable to carry out measures with double effect – improvement of quality and reduction of losses at operation at small material expenses.

On January 1, 2013 the new standard of electricity quality was introduced – State standard 32144-2013 "Electric energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Electrical energy quality standards in general-purpose electricity systems".

In State standard 32144-2013 the wording of the concept of the quality of electrical energy (QE) is the degree of conformity of the characteristics of electrical energy in this point of the electrical system of the set of normalized parameters of QE. That is, the quality of electricity is characterized by the degree of purification of the supplied electricity from disturbances and disturbances that lead to inefficient use, as well as disturbances in the electrical network, which can lead to failures and failures eating from Equipment. The concept of electricity quality is often used as a generalized term to describe the general condition of grounding, cables and the energy of AC power supplied to electrical installations or electric equipment.

In accordance with the new technical solutions to reduce the loss of electricity and improve its quality characteristics [1], the Russian Federation expands the use of self-insulated wires (SIW).

In Fig. 1 the scheme of substitution is provided, on which the line 0.4 kV is represented by the resistance of spans (z1-z10) and resistances of loads (s1-s10) connected in each span. The voltage at the beginning of the Uc line, at the end of the Uk line. The feeding system is characterized by its EMF Ec and internal resistance zc. It is believed that the phase load is distributed evenly and therefore the zero wire can be disregarded.

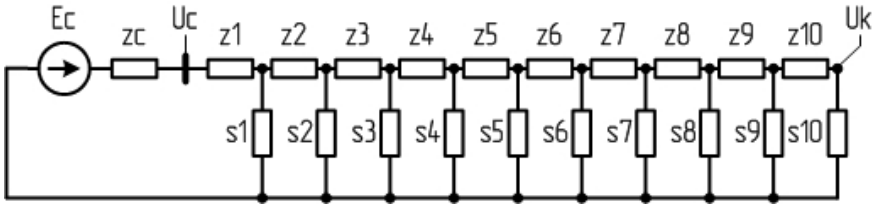


Figure 1. Scheme of replacement of the line with the distributed load

If the line is executed by A-25 wire with a span of 40 m and on each flight the load is connected with the size S = 2.5 kVA with a power factor cosφ = 0.93, at the voltage at the beginning of the line Uc = 230 V in the voltage at the end of the line will be Uk = 203.5 V. Voltage loss is 11.53%, i.e. the deviation exceeds the requirements of State standard. The amount of active power consumed at the beginning of the line is 21.45 kW.

In this mode, the power loss in line wires is 1.797 kW, or 8.38% of the transferred power at the beginning of the line. If you calculate the losses in a line by using the expression ΔP% = 0.7 ΔV% = 8.07% {1}.

Thus, the error in the determination of losses in the line was 3.7% of real losses, and in fact the losses will be more due to the real current asymmetry of the current phases.

Using the Matrix-topological method of determination of losses, an analysis of the influence of uneven load distribution along the line was carried out. Three options were considered:

-The load is distributed evenly;

-The load increases from the beginning of the line to its end;

-The load decreases from the beginning of the line to its end.

If the load is distributed unevenly along the line, the application of the {1} expression will change. In the case of a load linearly decreasing from the beginning to the end of the line in such a way that the total load remains equal with a uniform distribution, the calculation error when using {1} will be 0.9%. The voltage at the end of the line will be 205.1 V, the power loss in the line 7.5%. If the load is linearly increased from the beginning to the end of the line, the error will be 7.6%. The voltage at the end of the line in this case will be equal to 199.9 V, or 87% of the nominal. The loss of power in the line will increase to 9.9%.

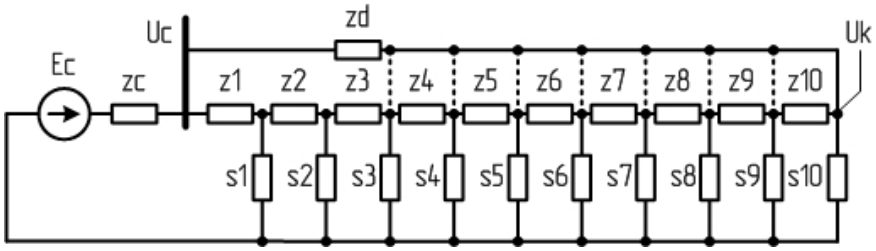


Figure 2. Calculation scheme of substitution to determine the location of the connection additional line

If by means of an additional line with a cross-section of a wire equal to putted of the main line and resistance zd to connect the beginning and the end of the main line as shown in Fig. 2, then naturally, the tension at the end of the line will increase. In this case, the voltage from 205.1 V will rise to 216.5 V. A point

with less stress to move inside the main line. The distribution of stress on loads in this case is shown in Figure 3.1. The lowest voltage value will be the voltage on the s8 load, which will be 215.2 V.

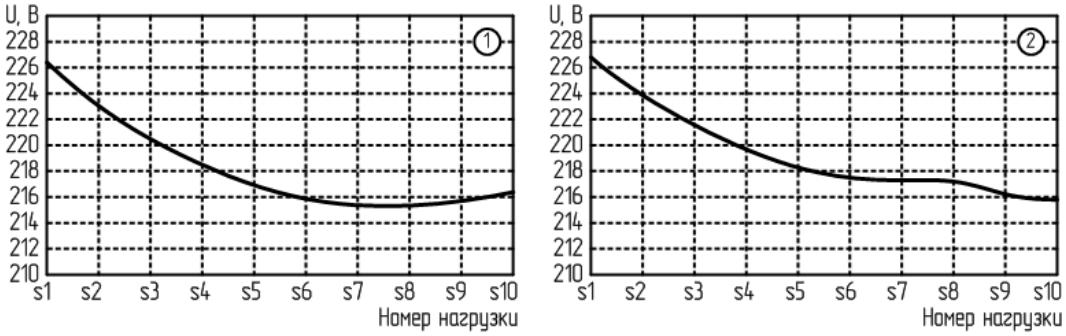


Figure 3. Main line voltage distribution on connection additional line

If the additional line is not connected to the end of the main line, but at the intermediate point, for example, to the load s9, the distribution of the voltage along the main line will change as shown in Figure 3.2.

The active power consumed by the line with loads will increase to 22.16 kW, the power of losses in the main and additional lines would be 1.49 kw, that is, the losses would decrease by 17.2%. The optimal connection point for the minimum total loss condition is within the main line.

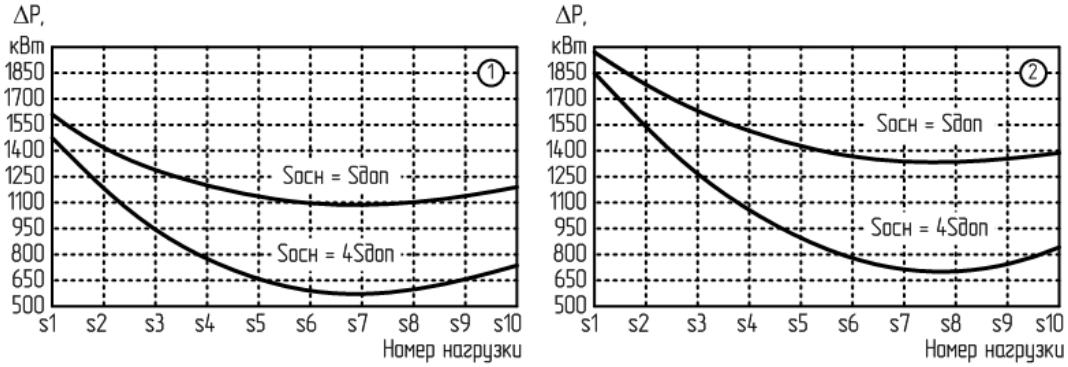


Figure 4. Dependence of total power losses at various combinations of the main and additional line section

Figure 4.1 shows the magnitude of the total loss when the additional line connection point is changed for the case of uniform distribution of loads along the main line. Two variants of the size of the conductor section of the additional line are considered – the section equals the main line and the section is 4 times larger than the main. According to Fig. 3.1, the optimal loss point for evenly distributed load is at a distance of 60-80% from the beginning of the main.

The heaviest mode of voltage at the end of the main line is the case when the value of the connected load increases from the beginning of the line to its end. In the linear law of load rise, change of total power of losses, as shown in Fig. 4.2.

It is obvious that, taking into account the cost of laying an additional line, the optimal connection point will be shifted to the beginning of the main line. Therefore, depending on the cost of the additional line of SIW, the optimal connection point will be within 50-70% of the length of the main line.

In the final part of the article you can draw the following conclusions:

– It has been established that the points of rational joining of additional lines on the basis of SIW for reconstruction of networks with the purpose of reduction of losses and improvement of power quality in electrically remote consumers of distribution network 0.4 kV of rural the settlement is from its beginning in the range of 0.6-0.7 lengths of lines;

– Data were obtained to determine the necessary parameters of the load schedule of the Power Transformer 10/0.4 kV when replacing it with a less powerful transformer in order to reduce losses.

Reduction of electricity losses in electric networks is a complex state organizational and technical problem, which requires improvement of the normative-legal base on energy accounting, interaction of network and sales organizations. Optimization of modes and modernization of electric networks are the priority by reduction of technical losses of electric power. Strategic direction of reduction of commercial losses of electric power – improvement of accounting systems, introduction of automated systems of commercial accounting of Electric Power and protection from unauthorized connection to the lines Power.

References

1. Federal law from 23.11.2009. № 261-FZ "On energy saving and increase of power efficiency and on introduction of changes in separate legislative acts of the Russian Federation".

İNTELLEKTUAL RƏQSİ VİBRATORLAR VƏ ƏTRAF MÜHİT

Qüdrətli İ. R.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

İntellektual rəqsi intiqaldan istifadə olunarkən ilk növbədə intiqalı əhatə edən ətraf mühitin nəzərə alınması lazım gəlir, belə ki, mühitin temperaturu, təzyiqi və rütubətin miqdarı proqnozlaşdırılmalıdır.

İntellektual rəqsi intiqal öz xüsusiyyətlərinə görə geniş imkanlara malikdir, belə ki, alınmış informasiyalara görə bu informasiyalar müxtəlif siqnal yaxud proqram əsasında qəbul edilir, sonrakı icra üçün komanda vermə aparatına işləyir. İntellektual rəqsi intiqal avtomatik idarəetmə sistemlərində və texnoloji proseslərə nəzarətetmə sistemlərində tətbiq edilərkən bir çox məsul funksiyaları yerinə yetirməlidir ki, bunlardan da biri ətraf mühitin təsirlərinə qarşı mühafizə oluna bilməsidir. [1]

İntellektual rəqsi intiqalların konstruktiv hazırlanmasında, qurğunun işləyəcəyi yer və onu əhatə edən mühitin, temperaturu, təzyiqi, nəmlik dərəcəsi və s. mütləq nəzərə alınmalıdır. Belə ki, bu konstruksiyaya müxtəlif elektriki bloklar, o cümlədən proqnozlaşdırma bloku və s. daxildir. Hazırlanmış intellektual rəqsi intiqalın bütün elementləri onları əhatə edən xarici mühitin təsirindən asılı olaraq lazımi reaksiyanı formalaşdırıla bilən olmalıdır. Odur ki, intelektual materiallar yaradılarkən onların imkanlarının geniş olmasına istənilən vəziyyəti ala bilməsinə və eləcə də bərpa oluna bilməsi qabiliyyətinə malik olmalıdır.

İntellektual vibrotəsirləndiricilərin prinsipial elektrik sxemlərində və eləcə də konstruktiv quruluşunda iştirak edən elemetlərin materiallarında qrafen özlüyünün tətbiqi blokların izolə olunması ilə özünü bərpaetmənin müvəffəqiyyətlə yerinə yetirilməsinə imkan verir. İntellektual vibrotəsirləndiricilərin prinsipial sxemlərində istifadə olunan komplektləşdirici aparatlar, onlardan sensor kimi istifadə olunmasına, xarici təsirlərə həssas olmağa, izləyici siqnallara cavab verməyə imkan verməlidir.

Rəqəmsal texnologiyanın intellektual vibrotəsirləndiricilərə tətbiqi ilə dənəvər materialların çeşidlənməsindən tutmuş, temperaturun sabit saxlanmasına qədər olan bütün mərhələləri əhatə edir. [2]

Xammalın çeşidlənməsində dənəvər zay məhsulun xüsusi çəkisinə görə çürümə prosesi başlanmış məhsuldan ayrılması prosesi diqqətlə davam etdirilir.

Xarici mühitdən daxil olna siqnallar xüsusi rəqs konturu vasitəsilə elektromaqnit dalğaları formasında qəbul olunur və formalaşdırılaraq proqramlaşdırıcı bəndə ötürülür. Bu siqnallar intelektual vibrotəsirləndiricilərin idarəedici blokunda müqayisə edilərək əmr formasında icraedici obyektə verilir. Qeyd etməliyik ki, intellektual idarə strukturlu konstruksiyaya malik mikrosistemlərin "aşağıdan-yuxarıya" prinsipinə uyğun işi , funksional materialların məntiqi sistemlə əlaqəsini genişləndirir. Deməli, intellktual vibrotəsirləndiricilərin konstruktiv və struktur hazırlanmasında istifadə olunan materialların, ətraf mühitin təsirinə qarşı olan xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması, sistemin etibarlı və dayanıqlı işinin təmin olunmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Qeyd olunanları nəzərə almaqla təklif olunan vibrotəsirləndiricini "faydalı model" adlandırılmaqla, onun konstruktiv işlənməsi aşağıdakı üstünlüklərə malik olduğunu müəyyən etmiş olarıq. Bu model, birtaktlı elektromaqnit intellektual rəqsi intiqal ilə müqayisədə bir çox üstünlüklərə malikdir, belə ki, model iki yükün eyni zamanda rəqs etməsinə əsaslanmışdır. Burada, təsir edən yüklər aşağı və yuxarı istiqamətdə hərəkət edərək sıxma qüvvələri yaradır.

Yüklərin təsir istiqamətləri bir-birinə əks olunduğundan sıfır şərti ödənilərək rəqsi intiqalın mexaniki hissəsinin həm də elektromaqnitli dövrəsinə görə intellektuallığını təmin edir. İntellektual rəqsi intiqalın rezonans tezliyinin sabit qalması üçün elektromaqnitin nüvəsinin maqnit nüfuzluğunun temperaturdan aslılığı kompensasiya edilir.

Birfazalı alçaq mexaniki tezliyə malik olan inellektual vibrotəsirləndiricidə isifadə olunan termistorun kimyəvi tərkibinə görə kompleksləşdirici intellektual materialların hamısı nanomaterial olmaya da bilər, ancaq onlar günü-gündən yeniləşən nanoexnologiyalarda tətbiq tapa bilir, intellektual vibrotəsirləndiricilərdə idarəedici blokların iş zamanı sıradan çıxma hallarının insan əməyi təbiq edilmədən avadanlığın özünü bərpa etmə prosesi elmi- texniki tərəqqinin biri kimi nəzərə alına bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1.F.İ.Məmmədov, İ.R.Qüdrətli, .B.Əmrəliyev "Alçaq mexaniki tezlikli intellektual rəqsi intiqalın ekaloji tətbiqi", Azərbaycan respublikası Təhsil Nazirliyi, Sumqayıt Dövlət Universiteti , AMEA- nın Radiasiya problemləri İnstitutu "Ekalogiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi" VII Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları SDU-50, Sumqayıt- 2012, səh.199-201

2.Голушко, Д. А. Вибровозбудитель сейсмического типа для проведения испытаний РЭС на стойкость к внешним вибрационным воздействиям //Голушко Д.А., Долотин А.И., Ястребова Н.А.// Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 38-41

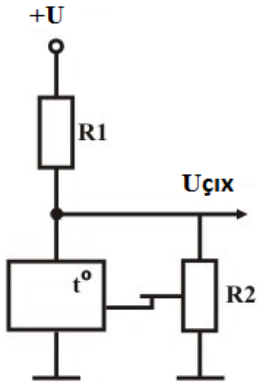
YARIMKEÇİRİCİLƏRİN P-N KEÇİDİ ƏSASINDA YARADILMIŞ TEMPERATUR SENSORUNUN ANALİZİ

Məmmədova R.C., Ağayeva F.Ş., Rəsulov R. Z.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Yarımkeçiricilər əsasında yaradılmış temperatur vericiləri 55°C - 150°C diapazonda temperaturu ölçmək üçündür. Temperaturun bu diapazonu məişət və sənayedə çoxlu sayda məsələləri əhatə edir. Belə temperatur vericiləri yüksək xarakteristikaya, sadə və ucuz dəyərə malik olduğu üçün onlardan mikroprosessorlu ölçmə və avtomatik qurğularında istifadə edilməsi çox əlverişlidir.

Yarımkeçiricilər əsasında temperatur vericisinin iş prinsipinə baxaq. Yarımkeçirici termometrin iş prinsipi p-n keçidində qarışıq düz istiqamətdə temperaturun gərginlik düsgüsündən asılılığına əsaslanır. Məlum asılılıq xəttiliyə yaxındır ki, bu da mürəkkəb korreksiya sxemləri tələb etməyən vericilər yaratmağa imkan verir (şəkil 1). Praktikada həssas element kimi diodlardan və ya diod sxeminə əsasən qoşulmuş tranzistorlardan istifadə edilir. Ölçmə aparmaq üçün mütləq həssas elementdən sabit cərəyan axmalıdır. Çıxış siqnalı kimi isə vericidə düşən gərginlik düşgüsü götürülür.

Tək p-n keçid istifadə edən sxemlər aşağı dəqiqliyə və səpələnmiş parametr çoxluğuna malik olması ilə seçilirlər. Bu da yarımkeçirici qurğuların hazırlanma və işləmə xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Buna görə sənayedə, yuxarıda qeyd edilən prinsiplərə əsaslanan müxtəlif tip vericilər istehsal olunur.



Şəkil 1. Korreksiyalı yarımkeçirici termometrin tipik qoşulma sxemi

Sadə analoq yarımkeçirici vericilər praktik olaraq temperaturun ölçülməsi ideyasını p-n keçiddəki gərginlik düşgüsünün təyin edilməsi ilə realizə edir. Belə keçidin işi ilə bağlı yaranan bütün mənfi halları aradan qaldırmaq üçün tərkibində müxtəlif xarakteristikalı iki həssas element olan (tranzistor) xüsusi sxemlərdən istifadə edilir. Çıxış siqnalı kimi hər bir həssas elementdəki gərginlik düşgülərinin fərqi götürülür. Çıxma zamanı neqativ hallar kifayət qədər azaldılır. Növbəti ölçmələrdə dəqiqliyin artırılması xarici dövrələrin köməyi ilə vericinin kalibrlənməsi hesabına həyata keçirilir.

Temperatur vericisinin əsas xarakteristikası ölçmə dəqiqliyidir. Yarımkeçirici modellər üçün bu dəqiqlik ±1°C-dən ±3.5°C-yə qədər diapazonu əhatə edir. Ən dəqiq modellər nadir hallarda ±0.5°C-dən daha yaxşı dəqiqliyi təmin edir. Bu zaman verilən parametr temperaturdan güclü asılı olur. Bir qayda olaraq -25°C-dən 100°C-dək dar (məhdud) aralıqda dəqiqlik -40°C ilə +125°C tam ölçmə diapazonundan yarım dəfə yüksəkdir. Əksər analoq temperatur vericiləri, başqa sözlə inteqral vericilər, üç çıxıntıya malikdir və diod sxemi əsasında qoşulur. Üçüncü çıxıntıdan adətən kalibrləmə məqsədi ilə istifadə edilir. Vericinin çıxış siqnalı temperatura mütənasib olan gərginliyə uyğundur. Gərginliyin dəyişmə qiyməti müxtəlifdir, məs. 10 mV/dərəcə təşkil edir. Temperaturun qiymətini dəqiq təyin etmək üçün ixtiyari qeyd (fiksə) edilmiş qiymətdə gərginlik düşgüsünü bilmək vacibdir. Adətən belə hallarda ölçmə diapazonunun başlanğıcına uyğun qiymət və ya 0°C götürülür [1].

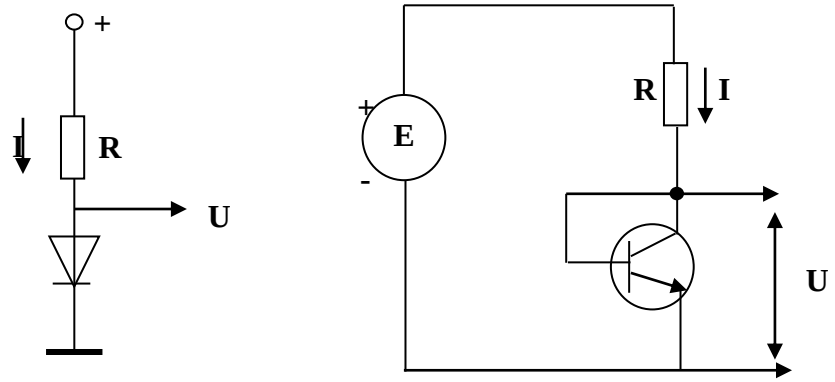
Praktiki olaraq bütün texnoloji proses və alınan məhsulun keyfiyyəti temperaturdan müəyyən dərəcədə asılıdır.

Temperaturun mahiyyəti bir-birinə istilik əlaqəsində olan iki cisim arasında temperatur mübadiləsi hadisəsinə əsaslanır. Cismin temperaturdan asılı olaraq fiziki parametrlərinin dəyişməsini ölçməklə ona mütənasib olan temperaturun qiyməti təyin edilir. Bu növ dəyişməyə misal olaraq elektrik müqavimətini, həcmi, uzunluğu, sıxlığı, termoEHQ və s. göstərmək olar.

Yarımkeçirici cihazların parametrləri temperatur dəyişməsinə çox həssasdır.

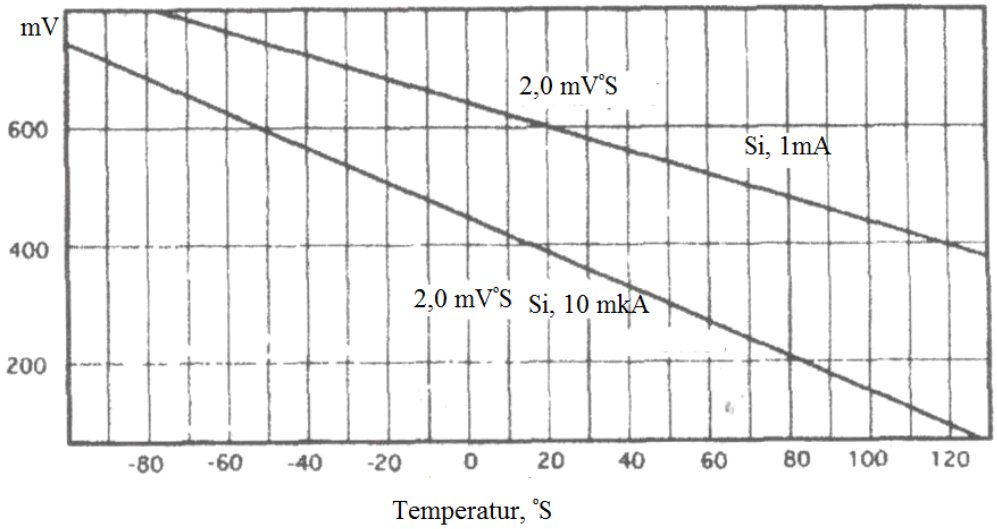
Diodlarda və bipolyar tranzistorlarda p-n keçidli yarımkeçiricilərin xarakteristikaları kifayət qədər temperaturdan kəskin asılıdır. Əgər düzyerdəyişməli p-n keçidi sabit cərəyan generatoruna qoşularsa onda çıxış gərginliyi U temperaturun dəyişməsinə düz mütənasib olaraq dəyişəcəkdir (şəkil 2). Belə vericilərin üstün cəhəti onların xətti olmasıdır. Bu da iki təyin etmə nöqtəsinə əsasən vericini kalibrovka etməyə imkan verir. Bu nöqtələr xəttin meyilliyi (xəttin meyilliyi detektorun həssaslığını xarakterizə edir) və onun koordinat xətti ilə kəsişməsidir.

Düzyerdəyişməli yarımkeçirici p-n keçidini sabit cərəyanla qidalandırdıqda gərginliyin temperaturdan asılılığı şəkil 3-də verilmişdir.



a) **b)**

Şəkil 2. Düzyerdəyişməli p-n keçidli temperatur sensoru: diod (a), diod sxemi üzrə qoşulmuş tranzistor (b) sxemləri



Şəkil 3. Sabit cərəyanla qidalanmada düz yerdəyişməli yarımkeçirici p-n keçidi üçün gərginliyin temperaturdan asılılıq qrafiki

p-n keçidli diodda cərəyanın gərginlikdən asılılığını belə ifadə etmək olar:

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right), \qquad (1)$$

burada I_0 – doyma cərəyanı olub, qiyməti temperaturdan kəskin asılıdır.

p-n keçidində gərginliyin temperaturdan asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$U = \frac{E_g}{q} - \frac{2kT}{q}(\ln K - \ln I), \qquad (2)$$

burada E_g – mütləq sıfır temperaturda (OK_1) germanium üçün qadağan enerji zonasının eni, q – elektron yükünün qiyməti, K – temperaturdan asılı olmayan sabitdir.

(2) ifadəsindən görünür ki, sabit cərəyan şəraitində p-n keçidinin iş rejimindəki gərginliyi ondakı temperatura mütənasib olub, asılılığın meylliyi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$b = \frac{dU}{dT} - \frac{2K}{q}(\ln K - \ell nI) \qquad (3)$$

Məsələn, silisium keçidi üçün 10mkA cərəyanda işlədikdə temperatur həssaslığı 2,3mV/ $^{\circ}$S, ancaq 1mA cərəyan halında həssaslıq 2,0mV / $^{\circ}$S qədər azalır. İstənilən diod və ya bipolyar tranzistor temperatur sensoru kimi istifadə oluna bilərlər [2].

Ədəbiyyat siyahısı

1. https://mcucpu.ru/index.php
2. https://studopedia.ru/

ŞƏBƏKƏ İNFORMASİYALAR MÜBADİLƏSİNİN SEMANTİK STRUKTURLU PROQRAM TƏMİNATININ İŞLƏNMƏSİ

Rəhimov Ş. R., Məmmədova G. A.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Semantik strukturlu informasiyalar mübadiləsində əsas problemlərdən biri informasiyalar çoxluğunun çeşidlənməsidir. Belə ki, qurulan semantik strukturlu proqram təminatı həm ötürülən, həm də qəbul olunan informasiyalar çoxluğundan hansının fayl, hansının isə əmr olmasını aydınlaşdırmaq imkanına malik olsun. Bu isə əmrə əsasən faylın hansı formada müştəriyə (yaxud müştərilərə) ötürülməsini reallaşdırır.

Növbəti problemlərdən biri də ondan ibarətdir ki, müştəriyə ötürülən informasiyalar çoxluğunun həcmi böyük olduqda informasiyalar çoxluğu hissələrə bölünərək, paketlər şəklində müştəriyə göndərilir. Bu isə ötürülən informasiyaların tam şəkildə müştəriyə çatdırılmasında problemlər yarada bilər. Müştərilərin sayı iki və ikidən çox olduqda isə növbələşmədə üstünlük dərəcəsi nəzərə alınır. Həmçinin şəbəkə daxilində informasiyaların mübadiləsi prosesində ötürülən informasiyalara kənar müdaxilələrin olması da mümkündür.

Deməli informasiyaların mübadiləsində həm serverin, həm də müştərinin qarşısında üç əsas prinsip dayanır:

1. Qarşılıqlı ötürülən informasiyalar çoxluğunu - əmr və fayla bölmək ;

2. Serverdən ötürülən informasiyalar çoxluğunun tamlığını müəyyənləşdirmək;

3. Qarşılıqlı informasiyalar mübadiləsində kənar müdaxilə olduqda dərhal serveri (informasiya ötürən mənbə) məlumatlandırmaq.

Belə ki, verilənlərin mübadiləsi proseslərində həm informasiyaların ötürülməsi, həm də qəbulu başa düşülür ki, bu da iki və daha çox obyektdən bir obyektə, yaxud çoxsaylı obyektlərə və əksinə icra oluna bilər.

Semantik şəbəkədə sənədlərin ötürülməsində üçlükdən ibarət olan çox sadə model (F) reallaşdırılır:

F={ server, ötürmə üsulu, müştəri }

Ötürmə üsulu kimi lokal şəbəkələrdə soket prinsipini qəbul edək.

Bunun üçün DELPHİ alqoritmik dilinin İNTERNET səhifəsində yerləşən ***TServerSocket*** və ***TClientSocket*** komponentlərindən istifadə edilir.

Soket hər hansı informasiyaların göndərilməsi üçün aktiv olmalıdır. Server soketin aktivləşdirilməsi iki formada icra oluna bilər: Server soketi dərhal aktivləşdirmək üçün

ServerSocket1.Open; və ya ***ServerSocket1.Active : =true;***

əmrlərindən ixtiyari birini icra etmək kifayətdir. Bunun üçün bu əmrlərdən ixtiyari birini

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
```

koduna daxil etmək lazımdır.

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
```

ServerSocket1.Active:=true; // və ya ServerSocket1.Active : =true;
end;

Server soketin bağlanması da iki formada icra oluna bilər:

ServerSocket1.Active:=false; və ya ServerSocket1.Close;

Server soket hər hansı fayl informasiyalarını öz müştərisinə (yaxud müştərilərinə) göndərdikdən sonra əmin olmalıdır ki, göndərilən fayl informasiyaları heç bir itgi olmadan müştəriyə çatdırılıb. Ona görə də server soket ilk öncə öz müştərisinə mətn şəklində faylın adını və onun ölçüsünü göndərir:

@ faylın_adi@ölcü@ müştərisinin_nömrəsi@

@- işarəsi mətn ayrıcısıdır.

Zəruriyyət olarsa server soket aktiv müştərilərinin sayını

ServerSocket1.Socket.ActiveConnections;

əmri ilə də müəyyənləşdirə bilər. Əgər aktiv müştərilərinin sayı 0 (sıfır) olarsa, onda hər hansı "Müştəri Soket"-lə əlaqə dayandırılıb. Ümumi halda isə aktiv olan N-ci müştəriyə mətn informasiya

ServerSocket1.Socket.Connections[N – 1].SendText(' @ faylın_adi@ ölcü @ N @ ');

əmrindən sonra göndəriləcək.

Göndərilən faylın həcmini əvvəlcədən təyin etmək üçün bufer yaradılır və fayl buferə yüklənir. Bufer dəyişəni qlobal dəyişən kimi verilməlidir.

```
var
 Form1: TForm1;
SRV_BFR:TMemoryStream; // Server fayli üçün bufer
```

Bufer yaradıldıqdan sonra serverin "Müştəri Soket"-ə göndərəcəyi fayl buferə yüklənir.

```
SRV_BFR : = TMemoryStream.Create;
SRV_BFR.LoadFromFile(Edit1.Text );
```

Fayl SRV_BFR adlı buferə yükləndikdən sonra *SRV_BFR.Size* əmri ilə göndərilən faylın həcmi təyin edilir.

Serverdən müştəriyə (yaxud müştərilərə) semantik strukturlu faylın göndərilməsini təmin edəcək proqram təminatı ilə bircə, əks prosesi icra edəcək müştəri proqram təminatı da olmalıdır. Belə ki, müştəri proqram təminatı semantik strukturlu faylı qəbul etməli və serverə tam qəbula görə düzgün məlumat verməlidir. Bu isə əks əlaqənin olmasını da aktivləşdirir.

Serverdən göndərilən informasiyaların qəbulunu icra edən proseduranın qlobal dəyişənləri isə ***private*** bölməsində xarakterizə olunmalıdırlar.

```
Procedure KLY_İNF( INF : string); //
  private
  { Private declarations }
 KL_AD  : string;
 KL_Olcu :  integer;
 KL_rejim :  boolean;
 KL_BFR  : TMemoryStream;
```

Serverdən gələn informasiyaları qəbul edən və buferdə saxlayan proseduranı KLY_İNF(INF : string); adlandırsaq, onda proseduranın proqram mətnini:

```
procedure TForm1. KLY_İNF( INF : string);
begin
// Serverdən qəbul olunan informasiya faylın ölçüsündən azdırsa,
// onda toplanan informasiyalar çoxluğu buferə yazılır.
if KL_Olcu < Olcu then MS.WRITE (TEXT[1], Length(Text));
// Serverdən qəbul olunan fayl informasiya tamdırsa
if KL_Olcu = Olcu then
begin
// Kliyent (müştəri) normal vəziyyətə gətirilir
Qabul_kl:=false;
// Fayl informasiyaların qəbulu üçün qəbul mövqeyi faylın əvvəlinə gətirilir.
MS.Position:=0;
// Qəbul olunan fayl informasiyaların saxlanması icra olunur
MS.SaveToFile(KL_AD);
// Kliyent (müştəri) serverə faylın tam qəbul olunduğunu bildirir
ClientSocket1.Socket.Send('son');
end;
```

şəklində ifadə edə bilərik.

Müştəri serverə faylın tam qəbul olunduğunu bildirdikdən sonra server informasiya göndərilməsini dayandırır. Tərtib olunan prosedura yalnız fayl informasiyaların qəbulunu təmin edir. Lakin ilkin olaraq müştəri serverdən faylın adını və onun ölçüsünü bildirən kodlaşdırılmış informasiya qəbul etməlidir.

Qurulan proqram təminatı lokal strukturlu şəbəkələrdə informasiyalar mübadiləsini sürətləndirməklə yanaşı, informasiyalar mübadiləsi prosesini şəbəkə üzrə kənar müdaxilələrdən də mühafizə edir. Əks halda əgər informasiyalar prosesinə kənar müdaxilə olarsa, onda həm server, həm də müştəri tez bir zamanda məlumatlandırılır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Принципы сокетов
2. Soket prinsipli şəbəkələrdə informasiyalar mübadiləsinin proqram təminatının işlənməsi, SDU-nun elmi xəbərləri, № 2, texniki bölməsi, cild 17, Sumqayıt, 2017, səh. 60-66.

МЕТОД ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Айдарбекова Д. Р., Сулейманов И. Н.
Уфимский государственный нефтяной технический университет

В настоящее время автоматические системы управления (АСУ), стали более связанными и, следовательно, более доступными. В результате этого стало легче производить атаку на АСУ удаленно.

Применение большого количества последовательных интерфейсов при передаче данных накладывает ограничения на объем передаваемых данных, скорость передачи данных и количество одновременно включенных в информационную сеть устройств. Минимизировать потери от вышеописанных недостатков возможно в случае реализации протоколов МЭК, т.к. эти стандарты подразумевают большую свободу реализации.

Большинство протоколов, используемых в АСУ, не содержат каких-либо форм криптографической защиты. Кроме того, большинство протоколов АСУ используют слабые проверки подлинности и целостности. Актуальной проблемой является проверка конкретной реализации на обеспечиваемый ею уровень безопасности.

Существует три типа моделей для формального описания протоколов: модель переходного состояния, модель языка программирования и гибридная модель. Модели перехода состояния являются простейшими моделями, поэтому в этом исследовании подробно рассматривается модель переходного состояния: FSM, которая также известна как конечный автомат – некоторая абстрактная модель, содержащая конечное число состояний чего-либо, модель вычислений, основанная на гипотетической машине состояний. В один момент времени только одно состояние может быть активным. Следовательно, для выполнения каких-либо действий машина должна менять свое состояние.

На рисунке 1 показана диаграмма перехода состояния для контролируемых станций, в си со стандартом МЭК-104 [1].

Эта диаграмма показывает, что в исходном состоянии (STOPPED) устройство должно отвечать только на управляющие сигналы и прекращать соединение, если принимается какой-либо другой тип сообщения. Кроме того, педставлено, что существует состояние UNCONFIRMED STOPPED, которое достигается, когда отправляется команда STOPDT, но не все I-кадры подтверждены S-кадром. Если же все информационные сигналы подтверждены, STOPDT должен сразу получить подтверждение и войти в состояние STOPPED.

Автомат может быть выведен из реализации с использованием алгоритма обучения. Эти автоматы могут использоваться для сравнения реализаций, чтобы исследовать безопасность реализаций.

Предлагаемый метод сравнения автомата конкретной реализации с автоматом спецификации произведен при помощи двух симуляторов протокола и одной реальной установки.

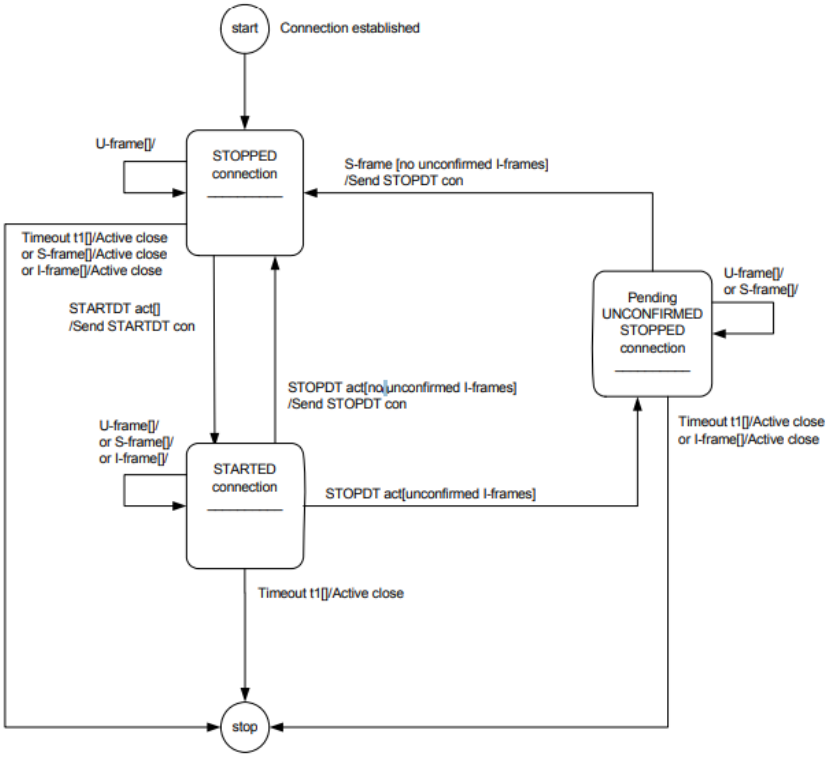


Рисунок 1 – Переход состояний

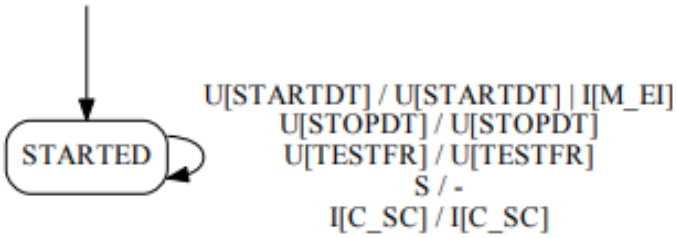


Рисунок 2 – Машинное обучение на симуляторе Axon

Имитатор Axon Test (рисунок 2) не отвечает на какие-либо сообщения после завершения соединения и уставновки нового соединения. Из-за этого симулятор необходимо перезапускать перед каждым прогоном.

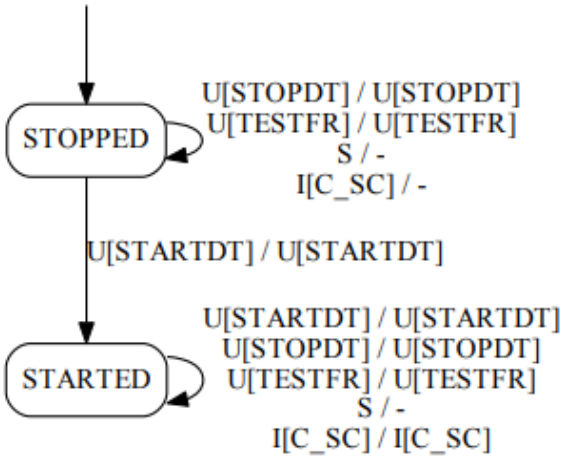


Рисунок 3 – Машинное обучение на симуляторе Mitra Software

Процесс остановки IEC-104 не реализован в симуляторе Mitra Software (рисунок 3). Рисунок 4 показывает, что автомат RTU Datawatt очень похож на выведенный автомат на рисунке 1. Это не только

внешний вид, поскольку проверщик действительно указывает, что этот автомат эквивалентен спецификации стандарта МЭК-104. Что особенно заметно, так это

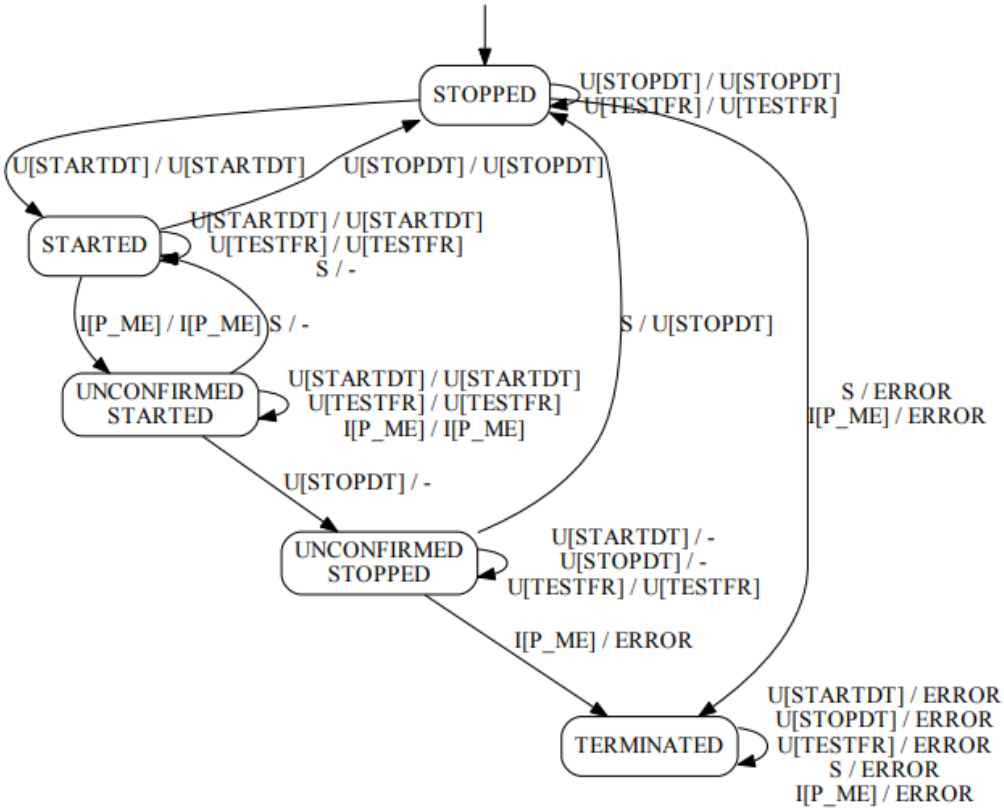


Рисунок 4 – Машинное обучение на установке Datawatt

то, что в состоянии UNCONFIRMED STOPPED единственными сообщениями, на которые реагирует RTU, является сообщение TESTFR и S-формата. Кроме того, состояние TERMINATED достигается, когда конкретные сообщения отправляются в состоянии, что также следует из стандарта.

При просмотре более разных типов ASDU был обнаружен автомат, который не соответствует стандарту при отправке редко используемого сообщения I-формата для File Select. Затем появляется новое странное состояние, как показано на рисунке 3.5. Поскольку отправленное сообщение File Select не содержит действительного адреса файла, RTU выглядит более строгим, чем стандарт, завершая соединение в следующем полученном сообщении I-формата.

Только устройство от Datawatt корректно реализует протокол, в соответствии со спецификацией почти для всех сообщений. Другие реальные устройства не полностью соответствует спецификации, поскольку не прекращают соединение, и имеют странное поведение при отправке сообщения STARTDT на закрываемое соединение.

В соответствии со стандартом при получении неразрешенного в данном состоянии сообщения должно произойти прекращение связи. Передача по Datawatt RTU в таких случаях завершается, в то время как имитаторы игнорируют сообщение. Второе отличие - это поведение, когда STARTDT получен в состоянии UNCONFIRMED STOPPED. В стандарте указано, что этот STARTDT не должен вызывать изменение состояния. Однако стандарт не однозначно указывает, должно ли устройство отвечать на это сообщение STARTDT. Datawatt RTU правильно реагирует на STARTDT, игнорируя его.

Произведенный анализ переходов состояний для разных реализаций протокола МЭК 60870-5-104 позволяет сделать вывод о том, что реализация на Datawatt приближена к спецификации стандарта, и, следовательно, наиболее безопасна для использования в реальных АСУ.

Список литературы

1. ГОСТ Р МЭК 870-5-1-95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 104. Доступ к сети для ГОСТ Р МЭК 870-5-101 с использованием стандартных транспортных профилей.

ЧАСТОТНЫЙ ДАТЧИК НА БАЗЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Ахмедова Т.А.

Сумгаитский государственный универсистет

В последние годы нашли широкое применение интегральные микросхемы для создания малогабаритных радиоэлектронных аппаратур, а также датчики неэлектрических величин.

Среди таких датчиков особое место занимают датчики с частотными выходами, построенные на основе LC – автогенераторов. Существует многое методов построения LC – генераторов, которые применяются в генераторах с параллельными и последовательными LC – контурами.

В данной работе рассматривается построение LC – автогенераторов на базе микросхем с операционными усилителями (ОУ) для преобразования механических перемещений в частоту электрического сигнала [1,2].

Принципиальная электрическая схема разработанного LC – автогенератора приведена на рис. 1

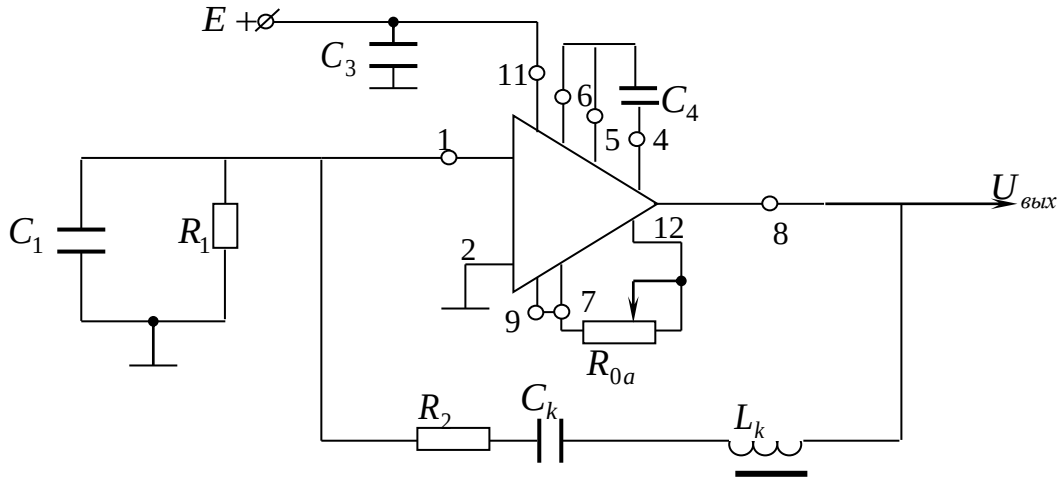


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема датчика

Генераторную систему для исследования можно представить в виде двух соответствующим образом соединенных интегральных схем активного и пассивного (цепь обратной связи) четырехполюсников. ОУ входящей в состав автогенератора приближенно работает в линейной области. При таком обстоятельстве работу автогенераторной системы можно исследовать с помощью матричных методов.

В рассматриваемом случае пассивные и активные четырехполюсники соединены между собой параллельно. Такая связь требует увеличения входного сопротивления усилителя и уменьшения выходного сопротивления.

Представление параллельного соединения четырехполюсников приведено на рис. 2 .

Теперь синтезируем полную генерирующую систему. По проводимым исследованиям

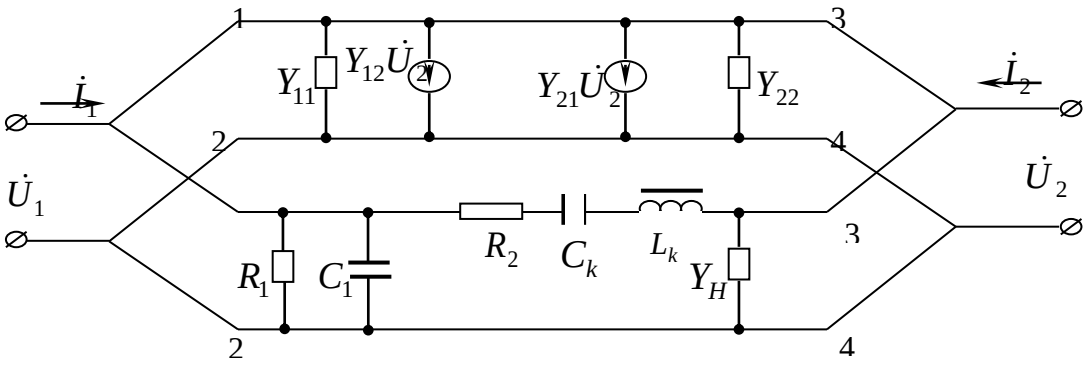


Рис. 2. Модель перестраиваемого генератора

определено, что модель представляется в виде суммы двух матриц проводимостей, которая записывается в виде:

$$\begin{Bmatrix} Y_{11} + j\omega C_1 + g_2 + \dfrac{1}{R_{11} + jX_{11}} & Y_{22} - \dfrac{1}{R_{11} + jX_{11}} \\ Y_{21} - \dfrac{1}{R_{11} + jX_{11}} & Y_{22} + Y_H + \dfrac{1}{R_{11} + jX_{11}} \end{Bmatrix}, \quad (1)$$

где

$$g_2 = \frac{1}{R_2};\ R_{11} = R_2 + \omega L_{kp},\ X_{11} = \omega L_{ka} - \frac{1}{\omega C_k}; \quad (2)$$

Y_{11}, Y_{21}, Y_{22} – проводимости активного четырехполюсника; Y_H – проводимость нагрузочного сопротивления; L_{ka}, L_{kp} – соответственно, активная и реактивная составляющие индуктивности. Условия самовозбуждения системы требуют, чтобы определитель матрицы (1) был равен нулю [3].

Раскрывая определитель матрицы (1) и после сокращений подобных членов, проводя обозначения получим:

$$A_{11}R_{11} + jA_{11}X_{11} + j\omega C_1\left(A_{12}R_{11} + jA_{12}X_{11} + 1\right) + A_{22} = 0, \quad (3)$$

где

$$A_{11} = Y_{11}Y_{22} + g_2Y_{22} + Y_{11}Y_H + g_2Y_H - Y_{22}Y_{22},$$
$$A_{12} = Y_{22} + Y_H,$$
$$A_{22} = 2Y_{22} + Y_H + Y_{11} + g_2 + Y_{21}. \quad (4)$$

Из мнимой части уравнения (3) определяются частоты колебаний автогенератора, т.е.

$$A_{11}X_{11} + A_{12}C_kR_{11}C_1 + \omega C_1 = 0. \quad (5)$$

Учитывая (2) в (5), после некоторых преобразований получим:

$$\omega^3 + \omega^2\,\frac{A_{11}L_{ka}C_k + A_{12}C_kC_1R_k + C_1C_k}{A_{12}CL_{kp}C_k} - \frac{A_{11}}{A_{12}C_1L_{kp}C_k} = 0. \quad (6)$$

Проводя анализ по заданным параметрам ИС и электромагнитным параметрам магнитной системы датчика определено, что выполняется следующее неравенство

$$\left[\omega^2\,\frac{A_{11}L_{ka}C_k + A_{12}C_kC_1R_k + C_1C_k}{A_{12}CL_{kp}C_k} - \frac{A_{11}}{A_{12}C_1L_{kp}C_k}\right] >> \omega^3. \quad (7)$$

Применением такого неравенства находим резонансную частоту автогенератора, которая записывается в виде:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L_{ka}C_k}}\sqrt{\frac{1}{1 + \dfrac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{A_{11}L_{ka}}}}. \quad (8)$$

Принимая во внимание, что выполняется неравенство

$$\frac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{A_{11}L_{ka}} << 1, \quad (9)$$

учитывая (9) в (8), применяя приближенную формулу для подкоренного выражения, имеем:

$$\sqrt{\frac{1}{1 + \dfrac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{A_{11}L_{ka}}}} \approx \left[1 - \frac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{2A_{11}L_{ka}}\right]. \quad (10)$$

Подставляя (10) в (8) получим

$$\omega = \omega_0\left[1 - \frac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{2A_{11}L_{ka}}\right], \quad (11)$$

где

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C_k L_{ka}}}.$$

Учитывая (9) в (11) можно заметить, что изменение L_{ka} от измеряемой неэлектрической величины мало влияет на изменение выражения в квадратной скобке (11), поэтому

$$\left[1 - \frac{C_1\left(A_{12}R_k + 1\right)}{2A_{11}L_{ka}}\right] = const, \tag{12}$$

т.е. независящей от измеряемой неэлектрической величины. Однако от измеряемой неэлектрической величины зависит только ω_0. Поэтому (12) принимаем постоянной величиной и обозначим через k. Предположим, что от измеряемой величины меняется только L_{ka} и соответственно, выражения (11) напишем в виде

$$\omega = k\sqrt{\frac{1}{C_k L_{ka}\left(1 + \frac{\Delta L}{L_{ka}^0}\right)}} \tag{13}$$

Принимая во внимание, что выполняется неравенство $1 > \frac{\Delta L}{L_{ka}^0}$ и это позволяет принимать приближенную формулу для дроби и квадратного корня, т.е. равенство (13) сможем представить в виде:

$$\omega = \omega_0'\left(1 - \frac{\Delta L}{2L_{ka}^0}\right), \tag{14}$$

где $\omega_0' = k\sqrt{\frac{1}{C_k L_{ka}^0}}$; L_{ka}^0–начальное значение индуктивности и колебательного контура, соответствующее нулевому значению измеряемой величины.

Таким образом, изменение частоты колебания запишется в виде:

$$\Delta\omega = \omega_0' - \omega = \omega_0' \frac{\Delta L}{2L_{ka}^0}, \tag{15}$$

где ΔL – изменение индуктивности колебательного контура от изменения измеряемой величины.

Полученная формула для $\Delta\omega$ позволяет анализировать соотношения (15) в зависимости от параметров интегральных схем и параметров колебательного контура с точностью (5-7)%.

Полученная формула (15) позволяет определить рабочие характеристики датчика с частотным выходом. Магнитная система датчика выполнена из сплошной конструкционной стали, которая обладает низкой магнитной проницаемостью колебательного контура. Такое свойство колебательного контура позволяет сохранить стабильность в зажимах колебательного контура в широком диапазоне изменения частоты.

Полученное аналитическое выражение (15) также позволяет подобрать элемент с таким температурным коэффициентом, который скорректирует температурный коэффициент всего датчика в целом.

Список литературы

1. Новицкий П.В., Кнорринг В.Г., Гутников В.С. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л.Энергия, 1970, 423с.
2. Ломекин В.Ф. Широкополосные интегральные усилители. М.: Советское радио, 1980, 224с.
3. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б., Аскерова А.О. Анализ некоторых схем частотных датчиков с задающей индуктивностью. Приборы и системы. Управления, контроль, диагностика. Москва, №11, 2005, с.43-45.

УСТРОЙСТВО БОЛЬШИХ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ахмедова Т.А., Дадашева Р.Б., Гаджиева К.Р.
Сумгаитский государственный университет
Konul.haciyeva1974@mail.ru

Общим звеном для большинства устройств автоматики и телемеханики, информационно-измерительной и вычислительной техникиявляются преобразователи информации, т.е. элементы, преобразующие одни физические величины в другие с определенной функциональной зависимостью между значениями этих величин.

Магнитные системы таких преобразователей представляются с распределенными электромагнитными параметрами (ПРП). Исследование и расчеты измерительных устройств с подвижными электромагнитными элементамипроводились лишь для отдельных конструкций, вдоль пути перемещений которых распределены электрические или магнитные параметры.

Многими авторами предложены систематизации расчета ПРП с учетом распространения магнитного поля в сплошном магнитопроводе, потока рассеяния, а также проведены анализ и исследование различных характеристик преобразователей с ПРП[1,2].

Существующие ПРП позволяют выразить измерение перемещений в диапазоне более 1м, в которых могут быть с успехом использованы датчики с постоянной магнитной цепью. Неподвижная часть магнитопровода датчика представляет собой длинный ферромагнитный цилиндрический стержень, на который намотаны обмотки возбуждения и измерительные обмотки с линейно-изменяющим удельным числом витков, измерительная обмотка намотана неравномерно по всей длине магнитопровода. Указанная конструкция является весьмасложной, имеет сложную технологию изготовления, что приводит к снижению технико-экономических показателей.

Учитывая вышеуказанные недостатки существующих датчиков, нами разработано устройство больших линейных перемещений, имеющее более простую конструкцию. На рис.1 изображена конструкция устройства больших линейных перемещений. Устройство состоит из двух сплошных магнитопроводов 1 и 2, обмотки 3, намотанной на неметаллический стержень 5, который помещен под магнитопроводом 1. Эта обмотка разделена на равномерные секции, а секции соединены через сопротивление 8 соединяющейся в общей точке. Внутри этого соленоида вдоль измеряемого диапазона перемещается короткий соленоид 4, длина которого берется равной длине одной секции. Этот короткий соленоид намотан на сплошной магнитопровод 2, имеющий П-образную форму, подключен к колебательному контуруLC-автогенератора 6. Обмотка намотанного на сплошной магнитопровод 2 с проводами 7 соединена к LC автогенератора 6. Этот магнитопровод имеет крайнийвыступ 10. Общая длина магнитопровода – 1, берется равной длине, одной секции. Магнитопроводы 1 и 2, изготовлены в виде цилиндрической формы. Поэтому, для исследования магнитного поля принимаем цилиндрическую координатную систему. Для этого рассмотрим магнитное поле исходного положения (рис.2) подвижного элемента. Как видно из рис.2 поле имеют напряженности магнитного $\dot{H}_x$ и $\dot{H}'_x$, эти напряженности параллельны оси соленоида. Напряженности являющиеся параллельны оси z будем обозначать $\dot{H}_{23}$ и $\dot{H}_{61}$.

Запишем уравнение напряженности $\dot{H}_x$ в цилиндрической координатной системе:

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \dot{H}_x}{\partial r} + \frac{\partial^2 \dot{H}_x}{\partial r^2} = k^2 \dot{H}_x, \qquad (1)$$

где $k^2 = -j\omega\gamma\gamma\mu\mu_0$

Как видно из рис.2 напряженность $\dot{H}_x$ не зависит от координата z.

; . (2)

Учитывая (2) в(1) получим:

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial \dot{H}_x}{\partial r^2} - k^2 \dot{H}_x = 0. \qquad (3)$$

Так как $\dot{H}_x$ зависит только от переменного z, то частный дифференциал легко можем заменить полным дифференциалом т.е.

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \dot{H}_x}{\partial r^2} - k^2 \dot{H}_x = 0 . \quad (4)$$

Учитывая, что радиус соленоида имеет весьма большую величину, т.е. $z \approx \infty$, тогда цилиндрическую координату можем заменить декартовой координатой:

$$\frac{d^2 \dot{H}_x}{dr^2} = k^2 \dot{H}_x . \quad (5)$$

Решением последнего уравнения имеем:

$$\dot{H}_x = A_1 e^{kr} + A_2 e^{-kr} . \quad (6)$$

Так как в толщинемагнитопровода 2 напряженность магнитного поля не может бесконечно возрастать, то принимаем, что A_1=0. Тогда

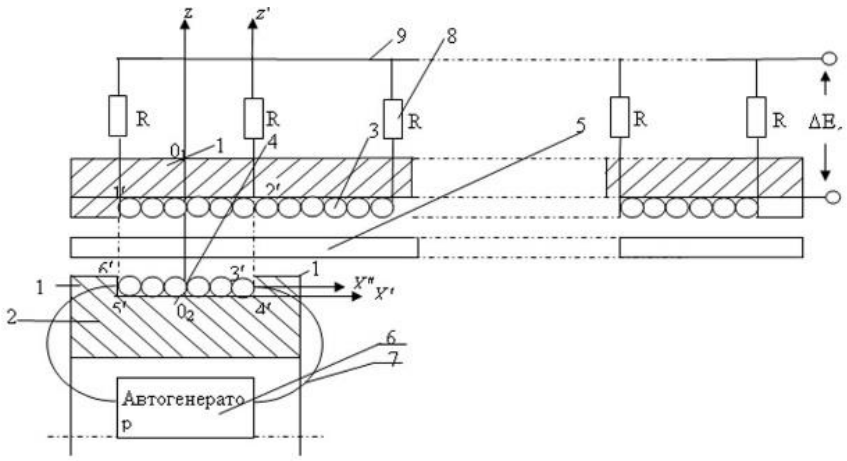


Рис.1. Устройства больших линейных перемещений.

$$\dot{H}_x = A_2 e^{-kr} \quad (7)$$

В плоскости r_{0_1}, при $r = 0$, тогда $A_2 = \dot{H}_{xm}$. При этом

$$\dot{H}_x = \dot{H}_{xm} e^{-kr} \quad (8)$$

Аналогичным образом находим напряженность $\dot{H}'_x$ на наружной поверхности магнитопровода 2, которая записывается в виде:

$$\dot{H}'_x = \dot{H}'_{xm} e^{-kr} \quad (9)$$

Зная напряженности $\dot{H}_x$ и $\dot{H}'_x$ находим магнитные потоки, пронизывающие поперечное сечение магнитопроводов 1 и 2. Эти магнитные потоки с учетом (8) и (9) имеют следующие формулы :

$$\dot{\Phi}_x = 2\pi\mu\mu_0 \dot{H}_{mx} \int_0^{\Delta_1} r e^{-kr} dr , \quad (10)$$

$$\dot{\Phi}'_x = 2\pi\mu\mu_0 \dot{H}'_{mx} \int_0^{\Delta_2} r e^{-kr} dr , \quad (11)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость, μ_0 – магнитная проницаемость воздуха.

Раскрывая интегралы (10),(11) получим:

$$\dot{\Phi}_x = \frac{2\pi\mu\mu_0 \dot{H}_{xm} (\Delta_1 + \frac{1}{k})}{k} \left(1 - e^{-k\Delta_1}\right), \quad (12)$$

$$\dot{\Phi}'_x = \frac{2\pi\mu\mu_0\dot{H}'_{xm}\left(\Delta_2+\frac{1}{k}\right)}{k}\left(1-e^{-k\Delta_2}\right). \quad (13)$$

При заданных геометрических данных выполняются следующие неравенства:

$$\Delta_1 \rangle\rangle \frac{1}{k_1}, \qquad \Delta_2 \rangle\rangle \frac{1}{k_2}, \qquad 1 \rangle\rangle e^{-k\Delta_3},$$

$$1 \rangle\rangle e^{-k\Delta_1}, \qquad 1 \rangle\rangle e^{-k\Delta_2}, \Delta_3 \rangle\rangle \frac{1}{k}. \quad (14)$$

Учитывая (14) в (12) и (13) для магнитных потоков, будем иметь:

$$\dot{\Phi}_x = \frac{2\pi\mu\mu_0\dot{H}_{xm}\Delta_1}{k}, \quad (15)$$

$$\dot{\Phi}'_x = \frac{2\pi\mu\mu_0\dot{H}'_{xm}\Delta_2}{k}. \quad (16)$$

Из равенств (15) и (16) получим:

$$\dot{H}'_{xm} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}\dot{H}'_{xm}. \quad (17)$$

Записывая закон полного тока для контура $1'-2'-3'-4'-5'-6'-1'$, будем иметь :

$$\dot{H}_{12m}l_{12} + \dot{H}_{23m}l_{23} + \dot{H}_{34m}l_{34} + \dot{H}_{45m}l_{45} + \dot{H}_{56m}l_{56} + \dot{H}_{61m}l_{61} = \dot{I}_1W_1, \quad (18)$$

где $\dot{I}_1$ - ток возбуждения, W_1 - число витков обмотки возбуждения. Обращая внимание на то, что $l_{12} = l_{45} = l,\ \dot{H}_{12} = \dot{H}_{xm},\quad \dot{H}_{45} = H'_{xm},\quad l_{34} = l_{56} = h_1;\quad l_{61} = l_{23} = \delta$, формула (18) с учетом (17) получается в виде:

$$\dot{H}_{xm}\left(l_{12}+\frac{\Delta_1}{\Delta_2}l_{45}\right) + \dot{H}_{23m}2\delta + \dot{H}_{34m}2h_1 = \dot{I}_1W_1. \quad (19)$$

Используя принцип непрерывности магнитного потока получим:

$$\dot{H}_{23} = \mu\dot{H}_{34m} = \mu\dot{H}_{56m}. \quad (20)$$

Подставляя (20) в (19), после некоторых преобразований будем иметь:

$$\dot{H}_{xm}\left(l_{12}+\frac{\Delta_1}{\Delta_2}l\right) + 2\dot{H}_{34m}\left(h_1+\mu\delta\right) = \dot{I}_1W_1. \quad (21)$$

Рассмотрим определение поля в крайних выступах подвижного магнитопровода 1. В указанных выступах напряженность магнитного поля имеет составляющее $\dot{H}_r$ зависящее от координата X, т.е.

$$\frac{d^2\dot{H}_r}{dX^2} = k^2\dot{H}_r. \quad (22)$$

Решение этого уравнения представляется в виде:

$$\dot{H}_r = B_1e^{kx} + B_re^{-kx}. \quad (23)$$

В крайних выступах напряженность магнитного поля не может быть бесконечно большой, что требует $B_1 = 0$. При этом уравнение (23) имеет вид:

$$\dot{H}_r = B_2e^{-k_x}. \quad (24)$$

Зная напряженность $\dot{H}_r$, найдем магнитный поток, который с учетом (14) записывается в виде

$$\dot{\Phi}_s = \frac{2\pi\mu\mu_0\dot{H}_{34m}R_{cp}}{k}. \quad (25)$$

Используя принцип непрерывности магнитного потока определяющихся по (16) и (25) получим:

$$\dot{H}_{34} = \frac{\Delta_2}{R_{cp}}H'_m. \quad (26)$$

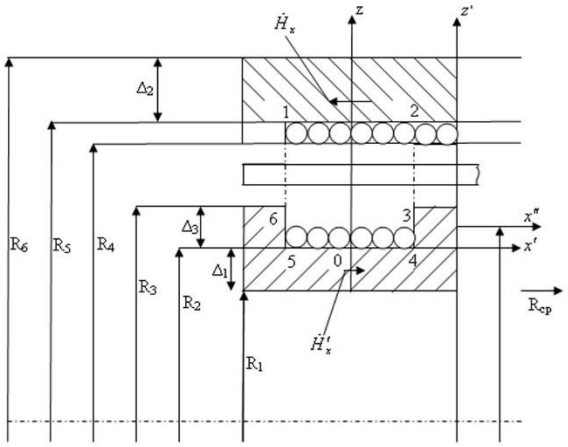


Рис.2 Магнитное поле устройства

Подставляя (26) в (21), и с учетом (17), будем иметь:

$$\dot{H}_{xv} = \frac{\dot{I}_1 W_1}{R_{12} + \frac{\Delta_1}{\Delta_2} R_{45} + \frac{\Delta_1}{R_{cp}} \left(h_2 + \mu\delta \right)}. \tag{27}$$

С учетом (27) в (19), после не которых преобразований для выходного напряжения, получим:

$$\Delta\dot{E}_c = -jW_2\dot{\Phi}_x\omega = \frac{-j\omega \cdot \dot{I}W_1W_2 \cdot \Phi_2\mu\mu_0\Delta_2}{k\left[l_{12} + \frac{\Delta_1}{\Delta_2} l_{45} + \frac{\Delta_1}{R_{cp}} h_2 + \mu\delta \right]}, \tag{28}$$

где ω - угловая частота колебательного контура автогенератора $\Delta_1 = \Delta_2$. Принимая во внимание, что $l_{12} = l_{35} = l_1$, учитывая это в (28) будем иметь:

$$\Delta\dot{E}_c = -j\frac{\omega\pi\mu\mu_0\Delta_1\dot{I}W_1W_2}{k\left[l_1 + \frac{\Delta_2}{R_{cp}} \left(h_1 + \mu\delta \right) \right]}, \tag{29}$$

где h_1 - высота крайних выступов, δ - длина воздушного зазора на пути магнитного потока. Полученное выражение позволяет определить рабочую характеристику устройства в зависимости от геометрических и электромагнитных параметров подвижногои неподвижного магнитной системы.

Очень важным обстоятельством для устройств перемещений, контролирующего положение подвижной части объекта в очень широком диапазоне перемещения, является возможность регулировки исходного положения.

С помощью рассмотренного устройствоможно измерить десятки метров линейных перемещений, причем устройства во всем диапазоне измерения сохраняет линейность рабочей характеристики.

Список литературы

1. Зарипов М.Ф. Преобразователи с распределенными параметрами для автоматики и информационно – измерительной техники. М.: Энергия, 1969, 176с.
2. Канюхов Н.Е., Медников Ф.М., М.Л. Нечаевский.- Электромагнитные датчики механических величин. М.: Машиностроение,1987. - 256с.
3. Датчик реле уровня РОС-301."fier:// C:\Documentaandsettings \ Администратор \ Рабочий …\000 Тепло Энерго Комплект, Датчики, 16.09.2003.
4. Солдатов В.П. Коллимационный способ измерения линейных величин. Измерительная техника, №10, 2008, с.23-26

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Быткин С. В., Критская Т. В.

Запорожская государственная инженерная академия

Приборы силовой электроники широко используются практически во всех отраслях промышленности: для передачи электроэнергии на большие расстояния, в энергоемких химических и металлургических производствах, на транспорте, в системах электропривода, в военной, аэрокосмической технике, в современных автомобилях и бытовой технике. По мнениюаналитиков IMS Research, в 2017 г. мировой рынок дискретных силовых компонентов достиг $ 15 млрд. Среднегодовые темпы роста изделий электроники составляют ~ 14 %, однако доля энергозатрат в себестоимости продукции на постсоветском пространстве в 5 раз выше, чем в Японии или США. Оптимальное насыщение энергетики средствами силовой электроники позволило бы сэкономить не менее 10…15 % производимой энергии, что примерно равно вкладу всей атомной энергетики [1,2]. Конец XX в. ознаменовался расширением проникновения микроэлектроники в силовое приборостроение. Классический биполярный транзистор практически вытеснен биполярным транзистором с изолированным затвором (IGBT). Всё шире используются и постоянно усовершенствуются конструкции мощных полевых транзисторов (MOSFET, FET, SIT, HEXFET), «интеллектуальных» силовых интегральных схем (SMARTPOWERIC), которые отличаются малой энергоемкостью и высоким быстродействием. Использование гибридных и монолитных силовых интегральных схем в современных преобразователях малой и средней мощности (1…30 кВт) в одном кристалле, либо в одном корпусе с силовым прибором в схемах управления, защиты и диагностикипозволяет резко уменьшить габариты и стоимость, а также увеличить надежность преобразователей [2]. Доминирующими приборами для диапазонов больших мощностей и низких частот являются IGCT.

Основным материалом для СПП в настоящее время являетсямонокристаллический кремний, мировое производство которого составляет 10…16% от общего производства монокристаллов [2-6], и альтернативы его использованию не предвидится (табл. 1).

Материалом для изготовления мощных СПП служат однородные монокристаллы высокочистого кремния диаметром 76…150 мм, получаемые методом бестигельной зонной плавки (FZ), а также монокристаллы, подвергнутые нейтронному трансмутационному легированию. Для дискретных приборов средних классов (токи до 80А, обратные пробивные напряжения – менее 2 кВ) используются как FZ, так и полученные методом Чохральского (CZ) монокристаллы, диаметром 76…150 мм и величиной удельного электрического сопротивления (УЭС) 40…90 Ом.см. При использовании монокристаллов CZ-Si важно не допустить образования крупных преципитатов кислорода и окислительных дефектов упаковки на стадиях изготовления прибора, так как это приводит к увеличению токов утечки и повышает вероятность пробоя структуры.

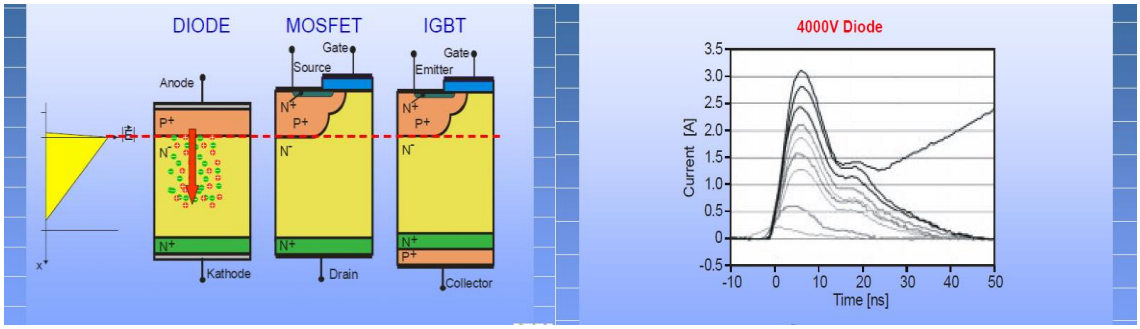
Таблица 1.5 – Рынок силовой электроники по используемым материалам [6].

Материал	*2010 г., млн $ (%)*	*2014 г., млн $ (%)*	*2020 г., млрд $ (%)*
Si	$\geq 29{,}6\cdot10^3$ (99,68)	30 (97,9)	33,0 (92)
SiC	≥ 52…56 (0,2)	0,3 (1,0)	1,8 (5)
GaAs	≥ 25 (0,1)	0,15 (0,5)	2,0 (5,5)
GaN	≥ 0,1 (0)	~ 0,02 (0,06)	0,3 (0,84)
Алмаз			0,01 ($< 3\cdot10^4$)

В связи с кризисным состоянием экономики после распада СССР, предприятия-производители СПП: ЗАО «ВЗП-Микрон» (г. Воронеж), АО БЗПП (г. Брянск), завод «Электровыпрямитель» (г.Саранск), ЗАО «Протон-Электротекс» (г. Орёл), ОАО «Электромодуль» (г. Чебоксары) в России, ПО «Преобразователь» (г.Запорожье. Украина), завод «Транзистор» (г.Минск, Беларусь) переориентировались на импортируемый монокристаллический кремний, в основном, производимый в Германии. Параметры СПП, выпускаемых отечественными производителями, близки к зарубежным аналогам, однако стоимость их существенно ниже. В частности, стоимость закупаемых в настоящее время Украиной силовых тиристоров составляет ~ 1000 долл. США за один кА, стоимость импортируемых монокристаллов FZ-Si для производства собственных приборов ~ 400…450, а нейтронно-легированных FZ-Si – 1000…1100 долл. США за один кг.В настоящее время IGBT стали основными приборами силовой электроники в области преобразуемых мощностей от долей кВт до десятков МВт, где потребляется основное количество электроэнергии. Рынок СПП на постсоветском пространстве достаточно велик ($170…190 млн/год), однако его рост идет, в основном, за счет импорта как преобразовательного оборудования, базирующегося на IGBT, так и самих IGBT. Конструкция и

технология изготовления IGBT-чипов непрерывно усложняются. Промышленный выпуск этих чипов возможен только на базе микроэлектронных технологий высокого уровня. Ориентировочная стоимость такого производства превышает $2млрд, а рентабельным оно становится при годовом выпуске в несколько млн. чипов.Основной тенденцией рынка СПП является создание мощного высоконадёжного электропривода, включающего высоковольтные СПП. Например, для цехов горячей прокатки тонкого листа требуются электроприводы с мощностью не менее 7 Мвт.

В то же время высоковольтные СПП гибридной конструкции оказались более чувствительными к радиации, в том числе к космическим излучениям: надёжность их работы при облучениимуменьшается практически на порядок [7].Поскольку эти приборы достаточно длительное время находятся в открытом состоянии под высоким напряжением, попадание высокоэнергетической частицы в кремниевый кристалл порождает большое количество электронов и дырок. Вследствие большой напряжённости поля в приборе, количество возникающих носителей заряда возрастает лавинообразно. Это приводит к пробою, сосредоточенному в очень малой области, и может вызвать разрушение прибора (рис 1а).Например, у силового диода (рис. 1б) при высоком приложенном обратном напряжении наблюдается импульс ионизационного тока с последующим пробоем структуры [8].



а б

(а) воздействие высокоэнергетических частиц на различные типы СПП
(б) процесс пробоя высоковольтного диода ионизационным током

Рисунок 1. Воздействия высокоэнергетических частиц на силовые полупроводниковые приборы [8]

Для уменьшения накопления заряда в кристалле и снижения вероятности лавинного пробоя необходимо уменьшение длины трека частицы, т.е. уменьшение толщины полупроводникового компонента, чтобы происходило не более 1…3 пробоев на 1 см^2 поверхности прибора за один миллиард часов его работы (соответствует величине 1…3 FIT - Failures in time). Высоковольтные полупроводниковые компоненты по толщине уже приблизились к критическому пределу и дальнейшее уменьшение толщины кристалла вызовет рост потерь запирания.

Второй проблемой является необходимость использования высокоомного и радиационностойкго полупроводникового материала. Технология СПП с использованием полуизолирующего карбида кремния (SiC) в настоящее время уже выходит за рамки лабораторных исследований. Примером тому служит 1200-В силовой 4H-SiC MOSFET.Благодаря широкой запрещенной зоне SiC, напряженность электрического поля, при которой происходит пробой прибора возросла в 10 раз, улучшилась теплопроводность, возросли рабочие температуры [9]. Выходят на рынок диоды Шоттки на SiC, максимально допустимое рабочее напряжение которых 600 В, 1200-В и выше позволяет увеличить энергетическую эффективность преобразователя. Например, такие диоды нашли применение в преобразователях солнечной энергии, т.к. имеют более низкие потери на переключение, нежели кремниевые PiN-диоды, также используемые в этих узлах. Прогнозируется начало серийного производства 10-кВ прибора [9].

В то же время, проблема предотвращения отказов и обеспечения возможности работы СПП при высоких постоянных напряжениях в условиях действия космических частиц всё ещё не решена. Особенно актуально обеспечение радиационной стойкости многослойных структур для специальной (военной и аэрокосмической) техники. По мнению авторов [10,11], использование тиристоров в бортовых системах энергоснабжения оборудования невозможно по причине низких экономичности и радиационной стойкости многослойных биполярных приборов, вызванных падением напряжения на p-n переходах. С аналогичными проблемами сталкиваются разработчики наземных систем питания, работающих при действии гамма-излучения, в частности, систем энергоснабжения ускорителей [12].

Таким образом, по мере усложнения конструкции и условий эксплуатации (повышение напряженности электрического поля, температуры, снижения топологических размеров), приборы как

гражданского, так и военного назначения должны изготавливаться по технологии, предусматривающей радиационную стойкость изделий. Решить проблему устойчивой работы СПП под действием космических частиц представляется возможным за счёт использования радиационно стойкого полупроводникового материала - монокристаллов CZ-Si, легированных германием (Si<Ge>), поскольку технологии производства и использования в приборах широкозонных полупроводниковых материалов, например SiC,GaN,пока что уступают «кремниевым технологиям», в том числе и по экономическим причинам.

Кремний, легированный изовалентной примесью германия (CZ-Si<Ge>) обладает рядом физико-технологических преимуществ с точки зрения обеспечения радиационной стойкости npn- и npnp-структур [13,14]. Применение именно такого кремния весьма перспективно для силовой электроники, поскольку он способен вытеснить используемый в настоящее время кремний традиционного качества, легированный фосфором (Si<P>),за счёт своей большей термостабильности и радиационной стойкости, что положительно влияет на качество изготавливаемых на его основе приборов [15]. На Украине разработана промышленная технология выращивания монокристалловSi<P,Ge> [16], что позволяет говорить о существовании потенциальной возможности его производства и экспорта.

В настоящей работе проведено моделирование в среде STATISTICA и MathCAD,анализ специфики накопления радиационных дефектов в Si<Ge> и Si<P,Ge>и влияние этого процесса на время жизни неосновных носителей, с точки зрения технологического применения изовалентно легированного кремния. Использовалась методика расчета, приведенная в работе [17].

Исследовались бездислокационные монокристаллы CZ-Si<P,Ge> ориентации <111>, с концентрациями фосфора, кислорода, углерода и германия соответственно: $1{,}2\cdot10^{14}$, $7\cdot10^{17}$, $5\cdot10^{16}$, $5\cdot10^{19}$ $см^{-3}$. Монокристаллы резали на пластины, производили их шлифовку, химико-механическую полировку и формирование p+-n-структур. В процессах одновременно были задействованы пластины из монокристаллов, не легированных германием CZ-Si<P>. Формирование p+-n-структур производили двухстадийной диффузией при температурах 940ºС и 1250ºС. Глубина залегания p-n-перехода ~ 0,5 мм. Полученные образцы p+-n-структур облучали α-частиыами с энергией 4 МэВ от радиоизотопного источника интегральным потоком $6{,}9\cdot10^{9}\ldots2{,}7\cdot10^{12}$ $см^{-2}$. Количество радиационных дефектов определяли методом DLTS, тип дефектов - методом сравнения энергии наблюдаемых рекомбинационных центров с энергиями уровней дефектов, время жизни неосновных носителей заряда τ_p – по переходным характеристикам сформированных тестовых p+-n-переходов.

При $\Phi_\alpha \le 10^{10}см^{-2}$ скорость генерации A- и E-центров в CZ-Si<P,Ge> на несколько порядков ниже, чем в контрольных образцах, при $10^{10}см^{-2} \le \Phi_\alpha \le 2\cdot10^{11}см^{-2}$ в CZ-Si<P,Ge> наблюдается активное накопление этих центров со скоростью, равной (E-центры) или большей (A-центры), чем в CZ-Si<P>. При $\Phi_\alpha \ge 2\cdot10^{11}см^{-2}$ эти дефекты практически не образуются, что определяется, скорее всего, стоками вакансий, связанными с изовалентной примесью. При больших дозах облучения происходит выравнивание (A-центры) концентраций дефектов (табл. 2, рис. 2).

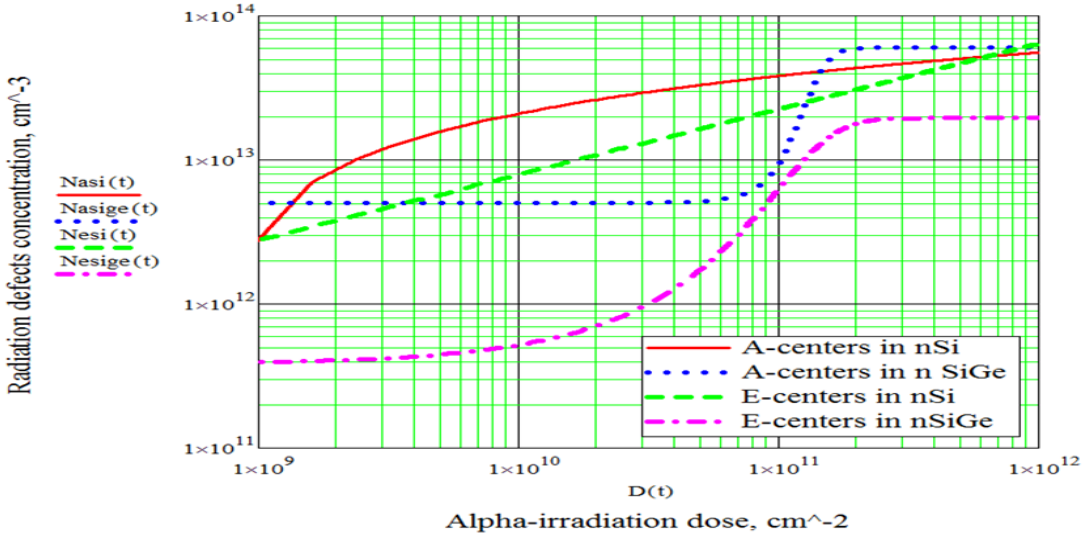


Рисунок 2. Дозовая зависимость образования A- и E-центров в CZ-Si<P>, и CZ-Si<P,Ge> (аппроксимирующие зависимости для модели расчёта вероятности образования радиационных дефектов, здесь и далее $\Phi_\alpha \equiv D(t)$)

Таблица 2 -Влияние дозы α-облучения Φ_α на накопление радиационных дефектов CZ-Si<P> и CZ-Si<P,Ge>

Φ_α, см$^{-2}$	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}
Относительное превышение концентрации A-центров в Si над этой величиной в SiGe	$3{,}527 \cdot 10^{3}$	7,963	0,948	1,264	1,58
То же для E-центров	40,703	3,377	3,218	9,444	27,191

Полученные зависимости качественно могут быть объяснены схемой [18]. При облучении Si<P,Ge> образуется устойчивый кластер GeVO, уменьшающий концентрацию вакансий в облучаемом материале и, как следствие, концентрацию радиационных дефектов на начальном этапе облучения. Эффективность процесса формирования стока для вакансий достигается за счёт коррелированного распределения германия и кислорода, приводящегок более полной компенсации внутренних упругих напряжений в кремнии [19,20,21]. Сток вакансий, образующих кластер, при $\Phi_\alpha \leq 1 \cdot 10^{11}$см$^{-2}$ уменьшает вероятность образования A- и E-центров в Si<P,Ge> по сравнению с контрольным Si<P>. После насыщения комплекса Ge-O вакансиями активизируется процесс образования A-центров, достигая максимума при $\Phi_\alpha \approx 1 \cdot 10^{11}$см$^{-2}$. Фактически, увеличение вероятности образования A-центров связано с взаимодействием междоузельного кислорода O_i, окружающего атомы Ge, с вакансиями, вводимыми в материал облучением. После исчерпания O_i в ходе квазихимической реакции вероятность образования комплексов V-O в Si<P,Ge>существенно ниже, чем в контрольном материале. Это и определяет замедление деградации τ_p в Si<P,Ge>(рис.3,4) при больших дозах облучения. Эффективность введения, или, иными словами, количество образовавшихся A- и E-центров в Si<P,Ge> на начальном этапе облучения, т.е. при ещё не насыщенных стоках для вакансий Ge-O_i существенно ниже, чем в контрольных образцах.

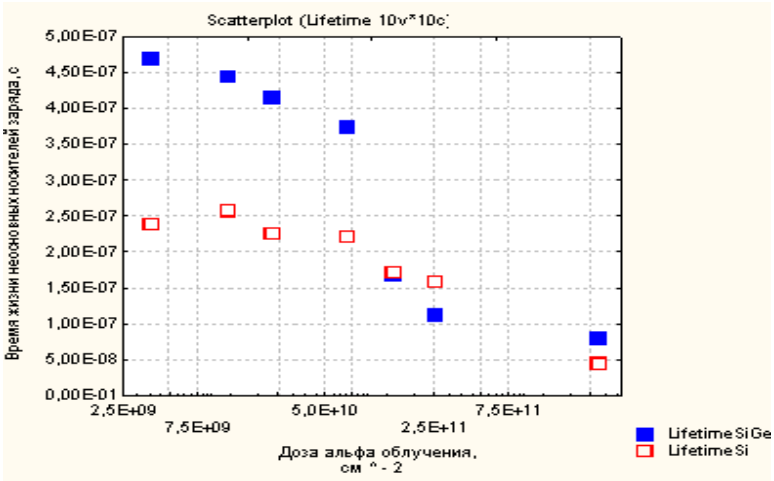


Рисунок 3. Экспериментальные значения времени жизни неосновных носителей заряда в базе p^+-n структуры, изготовленной на CZ-Si<P>и CZ-Si<P,Ge>

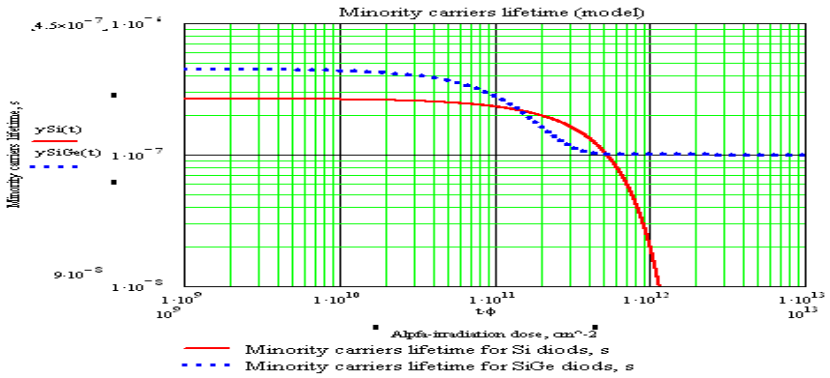


Рисунок 4 . Расчетная зависимость деградации τ_pпри действии α-облучения

Выводы

1. Совершенствование и развитие технологии СПП должно происходить с учетомвозможного воздействия высокоэнергетических частиц космического излучения, приводящего к эффекту «закорачивания» и пробою p-n-переходов
2. Целесообразно использование термически и радиационно стабильных полупроводниковых материалов (SiC, GaN, GaAs, изовалентно легированный кремний), что позволит улучшить рабочие характеристики приборов, а также уменьшить их деградацию в процессе эксплуатации.
3. Время жизниτ_p , а следовательно, и радиационная стойкость при больших дозах α-облучения существенно выше у CZ-Si<P,Ge>, по сравнению с CZ-Si<P>, и зависит от дозы облучения, однако существует критическая доза облучения Фα =$7\cdot10^{10}$…$1,1\cdot10^{11}$ $см^{-2}$, при которой наблюдается резкое снижение радиационной стойкости изовалентно легированного кремния, связанное с особенностями накопления радиационных дефектов.
4. Стабилизация τ_p при больших дозах ($\geq 2\cdot10^{11}см^{-2}$) свидетельствует о возможности применения CZ-Si<P,Ge>в технологии приборов, устойчивых к воздействию неблагоприятных внешних факторов (повышенная температура, радиация).

Список литературы

1. *Мильвидский, М.Г.* Полупроводниковый кремний на пороге XXI века [Текст] / М. Г. Мильвидский // Известия Вузов. Материалы электронной техники. – 2000. – №1. – С. 4-14.

2. *Грехов, И.В.* Кремниевая силовая электроника: состояние и перспективы развития [Текст] / И. В. Грехов // Известия вузов. Материалы электронной техники. – 2000. – №3. – С. 9-15.

3. Современные силовые полупроводниковые приборы для энергоэффективных технологий [Текст] / *А. Бормотов,* А. Гришанин, В. Мартыненко, В. Мускатиньев, В. Чибиркин // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. – 2010. – №4. – С. 36-44.

4. Проблемы кремния в силовой электронике: монокристаллы, пластины, структуры [Текст] / *К. Л. Енишерлова,* Ю. А. Концевой // Известия вузов. Материалы электронной техники. – 2000. – №4. – С. 4-9.

5. Флоренцев, С.Н. Современное состояние и прогноз развития приборов силовой электроники [Текст] / С. Н. Флоренцев // Электротехника. – 2004. – № 4. – С. 20-30 Режим доступа: http://www.cta.ru/cms/f/342550.pdf

6. Войтович, *В.*Si, CaAs, SiC, CaN — Силовая электроника. Сравнение, новые возможности / В. Войтович, А. Гордеев, А. Думаневич // Силовая электроника. – 2010. – №5. – С. 4-10.

7. Камински, Н. Воздействие космического излучения на интенсивность отказов IGBT[Текст] / Н.Камински, Т.Стясни //Силовая электроника. – 2008. - №1. – С. 30-32.

8. Busatto G. Cosmic Rays induced Single Event Effects in Power Semiconductor Devices / G. Busatto //Naples, June, 4th 2006. [Электронныйресурс] Режимдоступаhttp:// g.eng.cam.ac.uk/robuspic/pub_present/ISPSD06/02_Busatto.pdf

9. Карбид-кремниевый MOSFET бросает вызов IGBT[Электронный ресурс] . – Режим доступа http://www.russianelectronics.ru/leader-r/news/9318/doc/65041/ 1/2

10. Bruemmer J. E. Schmitz Efficient Design in a DC to DC Converter Unit. NASA Technical Memorandum / J. E. Bruemmer, F. R. Williams G. V. E–13499 prepared for the 37th Intersociety Energy

Conversion Engineering Conference, Washington, DC, July 28–August 2, 2002. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2002/TM-2002-211804.pdf

11. J. Keller Power electronics designers look to the future. Military & Aerospace Electronics November, 2002. [Электронныйресурс] / Режимдоступа: // http://mae.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=161973&KEYWORDS=Schottky%20QPL&p=32

12. R. Rausch Electronic Components & Systems and their RadiationQualification for Use in the LHC Machine.EUROPEAN LABORATORY FOR PARTICLE PHYSICS, CERN-SL DIVISIONCERN SL 99-004 (CO).Invited Paper presented at LHC Electronic Board WorkshopSnowmass, Colorado, USA, 20-25 September 1999. [Электронныйресурс] / Режимдоступа: \www/ //http:// project.slac.stanford.edu/lc/local/Radphysics/European_Lab.pdf- Загл. сэкрана.

13. Munaf Rahimo. Power Semiconductors for Power Electronics Applications ABB Switzerland Ltd, Semiconductors. CAS-PSI Special course Power Converters, Baden Switzerland, 8th May 2014, slides 43, 46.

14. Bytkin S.V. Silicon Doped with Germanium (n-Si<Ge>) Usage For Manufacturing Of Radiation Hardened Devices And Integrated Circuits. Fourth European Conference on Radiation and Its Effects on Components and Systems Proceedings, 1997. Cannes, France, pp. 141-146.

15. S. V. Bytkin, T. V. Kritskaya, S. P. Kobeleva. Statistical analysis of germanium influence on radiation and thermal stability of the n-p-n-p device structures based on CZ-Si⟨P, Ge⟩ electrophysical properties. RussianMicroelectronics, December 2014, Volume 43, Issue 8, pp 546–551

16. Критская Т. В. Современные тенденции получения кремния для устройств электроники: монография / Т. В. Критская; Запорож. гос. инженер. акад. - Запорожье: ЗГИА, 2013. - 353 с.

17. А.М. Иванов, Н.Б.Строкан, В.Б. Шуман Свойства p^+-n – структур с заглублённым слоем радиационных дефектов. Физика и техника полупроводников,1998,т.32, №3, с. 359-365. [Электронный ресурс] / Режим доступа: // http://journals.ioffe.ru/ftp/1998/03/p359-365.pdf

18. C.A. Londos, E. N. Sgourou, A. Chroneos, V. V. Emtsev. Carbon, oxygen and intrinsic defect interactions in germanium-doped silicon. Semicond. Sci. Technol. 26(2011) 105024 (7pp) [Электронныйресурс] Режимдоступа / Online at stacks.iop.org/SST/26/105024

19. Критская Т.В. Упругие напряжения в кремнии с внутренними геттерами / Т.В. Критская, В.Е. Кустов, Н.А. Трипачко, В.И. Шаховцов // Электронная техника. Сер. Материалы. -1989. -вып. 4. (241). - С.41-43.

20. Кустов В.Е. Влияние германия на внутренние упругие напряжения в кислородосодержащем кремнии / В.Е. Кустов, Т.В. Критская, Н.А. Трипачко, В.И. Шаховцов // ФТП. - 1988. -т.22.- вып. 2. - С.313-315.

21. Кустов В.Е. Внутренние упругие деформации в кремнии / В.Е. Кустов, Т.В. Критская, Н.А. Трипачко, Л.И. Хируненко, В.И. Шаховцов, В.И. Яшник // Неорганические материалы. - 1991. - т.27, №6. - С. 1116-1118.

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Григорьев О.И., Какурин А.С.

Псковский государственный университет

Системы управления автономными инверторами напряжения (АИН), реализующие импульсно – волновой способ формирования управляющих сигналов, обладающих периодичностью и бисимметрией, могут быть выполнены как системы аналогового или цифрового типа. Аналоговые системы управления, как правило, строятся по вертикальному принципу. В таких системах используется эталонное напряжение, имеющее синусоидальную форму функции построения. Это напряжение сравнивается с опорным треугольным напряжением повышенной частоты и в моменты равенства эталонного и опорного напряжений формируется сигнал на переключение соответствующих управляемых силовых вентелей, входящих в схему АИН.

Системы управления цифрового типа осуществляют формирование управляющих сигналов по программе, воспроизводящей функцию построения. Цифровое управление позволяет получить высокую точность, стабильность работы АИН. Структурная схема предназначаемого устройства и временные диаграммы, поясняющие его работу, приведены на рис.1, рис.2.

В состав инвертора входят: мостовой транзисторный усилитель мощности (УМ), устройства формирования базовых токов (УФБТ), формирователь широтно-импульсной модуляции по синусоидальному закону (ШИМ), LC – фильтры и устройство стабилизации выходного напряжения (УСН).

Работа АИН и ШИМ основана на преобразовании напряжения постоянного тока $E_П = 60B$ в аккумуляторной батареи синусоидальное выходное напряжение $U = 220B \pm 2,5\%$ методом многократной (N = 64), однополярной, симметричной четвертьволной, широтно – импульсной модуляции по синусоидальному закону. Усилитель мощности выполнен на составных транзисторах ТКДИ65-40/ТКДИ65-200 и имеет защиту от перегрузок по напряжению насыщения $U_{кэн}$ каждого силового ключа. Устройство формирования базовых токов обеспечивает усиление по току сигналов управления, поступающих с блока ШИМ. В цифровой памяти блока формирования ШИМ (556 РТБ) хранятся 16 матриц двоичных чисел, соответствующих 16-ти значениям коэффициентов регулирования выходного напряжения АИН. Каждая матрица содержит координаты 64-х импульсов управления. Длительность импульса управления на каждом интервале пропорциональна действующему значению синусоидального напряжения на этом интервале. Стабилизация выходного напряжения АИН осуществляется путём переключения матриц чисел, соответствующих дискретным значениям коэффициентов регулирования выходного напряжения ШИМ. Реализуемое при этом регулирование выходного напряжения действует таким образом, что напряжение остается синусоидальным даже при резком изменении нагрузки. Точность стабилизации напряжения составляет $\pm 2,5\% U_{вых}$ при глубине его регулирования $\pm 20\% U_{вых}$. Стабилизация напряжения осуществляется следующим образом. Выходное напряжение детектируется прецизионным выпрямителем, интегрируется и с помощью компараторов сравнивается с опорным напряжением верхнего и нижнего порогов, определяющих верхнюю и нижнего порогов, определяющих зону допустимых значений выходного напряжения ($U_{вых.в}$; $U_{вых.н}$). При выходе напряжения из зоны допустимых значений обеспечивается автоматическое переключение матрицы дискретных значений коэффициентов компенсирующее вызвавшее отклонение выходного напряжения. Синхронизация выходного напряжения АИН с напряжением промышленной сети осуществляется по сигналу, вырабатываемому синхронизируемым генератором, в момент перехода напряжения сети нулевого уровня. Устройство и принцип действия синхронизируемого генератора подробно описаны в [2]. Выходная мощность экспериментального образца АИН составила $2кВА$.

Список литературы

1. А.Ю. Воробьёв. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем// М.: Экотрендз, 2002.- 407с.

2. О.И. Григорьев, С.Н. Лёхин, В.А. Лондиков. Устройство синхронизации автономного инвертора напряжения с сетью переменного тока // Журнал «Научная перспектива». 2015 - №8

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ НИЗКОЧАСТОТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Гулиев З.А., Саттаров В. Г., Байрамалиева Э.Н.

Сумгаитский государственный университет

В современном машиностроении существует устойчивая тенденция применять возбудители механических колебаний разных типов для интенсификации технологических процессов. При этом частотность применяемых механических колебаний в ряде случаев оказывается в дозвуковом диапазоне (0÷20) Гц.

Существующие электромагнитные возбудители механических колебаний не обеспечивают указанный частотный диапазон, поскольку их частота механических колебаний жестко связана с частотой питающей сети.

Учитывая, что при нормальном функционировании всего устройства процесс движения якоря должен быть стационарным, т.е. периодическим, представим его в форме ряда Фурье через магнитный параметр-воздушный зазор между сердечником и якорем

$$\delta = \delta_0 - x(t)$$

где δ_0 - среднее значение воздушного зазора при стационарном движении якоря;

x(t) - перемещение якоря относительно среднего значения воздушного зазора в функции времени t,причем

$$x(t) = x_{1\sin}(\upsilon_1 t + \theta_1) + x_2 \sin(\upsilon_2 t + \theta_2) \qquad (1)$$

Известно, что магнитный поток в электромагнитном возбудителе механических колебаний определяет величину тягового усилия магнита, т.е. фактора, определяющего функционирование этого возбудителя. Исходя из соображений,изложенных в [1] , в основу суждений можно принимать формулу Максвелла

$$F = \frac{1}{2\mu_0 S_\mu} \cdot \Phi_\Sigma^2 = h\Phi_\Sigma^2$$

или $F(t) = h \cdot \Phi_\Sigma^2(t)$ (2)

где F(t) и $\Phi(t)$ - гармонические представления во времени с помощью рядов Фурье тягового усилия и магнитного потока.

Учтем так же суждения из [2] относительно того, что любой из вариантов формирования низкочастотной знакопеременной составляющей тягового усилия в электромагнитном возбудителе с обычными схемами питания требует наличия не менее двух гармонических составляющих магнитного потока, отличающихся друг от друга по частоте. Тогда выражение (2) будет иметь вид:

$$F(t) = h[\Phi_{(1)m} \sin(\omega_{(1)} t + \alpha_{(1)}) + \Phi_{(2)m} \sin(\omega_{(2)} t + \alpha_{(2)})]^2 \qquad (3)$$

где $\omega_{(1)} \neq \omega_{(2)}$ - циклические частоты гармоник магнитного потока;

$\alpha_{(1)}, \alpha_{(2)}$ - начальные фазы указанных гармоник.

После некоторых математических преобразований в правой части (3) получим сумму членов, из которых выделим компоненту разностной комбинационной частотой

$$\upsilon_1 = \omega_{(1)} - \omega_{(2)} \qquad (4)$$

Наличие именно этой гармоники в спектре тягового усилия определяет движение якоря электромагнитного возбудителя относительно его среднего положения δ_0 .Гармоническая составляющая в (1) с частотой υ_1 порождается вышеуказанной гармоникой тягового усилия, а фаза θ_1 определяет сдвиг относительно этой гармоники. Таким образом, комбинационная гармоника тягового усилия

$$F_{пер} = h\Phi_{(1)m} \cdot \Phi_{(2)m} \cos\upsilon_1 t \qquad (5)$$

определяет рабочий процесс в электромагнитном возбудителе.

Учитывая(5), определим спектральный состав намагничивающего тока электромагнитного возбудителя. Этот ток определяется соотношением магнитного потока $\Phi(t)$ и зазора δ (t):

$$i(t) = k\Phi(t) \cdot \delta(t) \qquad (6)$$

где $k = \frac{1}{\mu_0 S_\mu W}$ - конструкционная постоянная.

Рассмотрим случай (который, в принципе является наилучшим),когда в гармоническом составе перемещения содержится только один знакопеременный компонент, т.е.

$$\delta(t) = \delta_0 - x_1 \sin(\upsilon_1 t + \theta_1) \qquad (7)$$

Тогда выражение для намагничивающего тока будет:

$$i(t) = k[\Phi_{(1)m} \sin(\omega_{(1)} t + \alpha_{(1)}) + \Phi_{(2)m} \sin(\omega_{(2)} t + \alpha_{(2)})] \cdot [\delta_0 - x_1 \sin(\upsilon_1 t + \theta_1)] \qquad (8)$$

Обозначив

$$\gamma_{(1)} = \frac{\Phi_{(1)m}}{\Phi_m}; \quad \gamma_{(1)} = \frac{\Phi_{(2)m}}{\Phi_m}; \; \beta_1 = \frac{x_1}{\delta_0}; \; (\text{где } \Phi_m^2 = \Phi_{(1)m}^2 + \Phi_{(2)m}^2)$$

перепишем (8) в следующем виде:

$$i(t) = k\delta_0 \Phi_m [\gamma_{(1)} \sin(\omega_{(1)} t + x_{(1)}) + \gamma_{(2)} \sin(\omega_{(2)} t + x_{(2)})] \cdot [1 - \beta_1 \sin(\upsilon_1 t + \theta_1)] \qquad (9)$$

Введя $I_0 = k\delta_0 \Phi_m$ в (9) и осуществляя преобразования получаем в общем случае [2] для произвольного числа**k** гармоник магнитного потока Φ (t)

$$i(t) = I_0[\Sigma A_{(k)m} \sin(\omega_{(k)} t + \xi_{(k)})] \qquad (10)$$

где $A_{(k)m} = \sqrt{\gamma_{(k)}^2 + \frac{\beta_1^2}{4}(\gamma_{(k+1)} - \gamma_{(k-1)})^2}$ - коэффициенты **k** –ых гармоник тока, учиты -вающие влияние соседних комбинационных гармоник;

$\xi_{(k)} = \alpha_{(k)} + \rho_{(k)}$ - фаза **k**– той гармоники тока, причем

$$tg\rho_{(k)} = \frac{\beta_1}{2} \cdot \frac{\gamma_{(k+1)} - \gamma_{(k-1)}}{\gamma_{(k)}}$$

Для рассматриваемого выше случая двух гармоник магнитного потока можно конкретизировать в соответствии с (10) гармоники порождающего их тока i(t). Результаты этой конкретизации при условиях $\beta_1 = 0{,}8$ и $\gamma_{(1)} = \gamma_{(2)}$ приведены на рис.1.

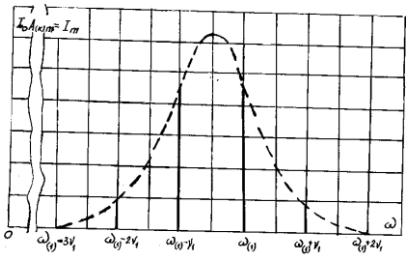


Рис.1.

Из графика видно, что для случая двух гармоник магнитного потока ток должен содержать четыре гармоники, распределение амплитуд которых, по частотам напоминает распределение амплитуд в амплитудно-частотных характеристиках для резонансного контура. Разность между частотами указанных гармоник тока определена оговоренным выше условием (4),т.е.

$$\upsilon_1 = \omega_{(k)} - \omega_{(k-1)}$$

Используя все сказанное для сравнительного анализа, рассмотрим конкретные схемы возбуждения электромагнитных возбудителей для получения низкочастотных механических колебаний.

Наибольшая часть применяемых электромагнитных возбудителей работает или на частоте вдвое большей, чем частота источника питания (прямое включение обмотки электромагнита в сеть), или же на частоте источника питания(включение обмотки последовательным диодом).Отсюда следует, что получение механических колебаний дозвукового частотного диапазона указанными схемами представляется невозможным. Однако необходимо отметить, что если питание обмотки электромагнита с последовательным диодом осуществляется от специализированных источников с низкой частотой, то возбуждаемые механические колебания находятся в указанном диапазоне.

Известно,что ток в цепи с последовательным диодом при питании ее от переменного напряжения может быть представлен следующим выражением [3]:

$$i(t) = I_m\left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2}\cos\omega t + \frac{2}{3\pi}\cos\omega t + \frac{2}{8\pi}\cos 4\omega t.....\right)$$

Представив его в виде некоторой амплитудно-частотной характеристики(рис.2) для случая, когда частота колебаний якоря равна $\upsilon = 2\pi \cdot 10$(при $f(\upsilon) = 10$Гц.) и сопоставив с этим кривую, взятую для случая $\Phi_{(1)m} = \Phi_{(2)m}$ с рис.1. (при $\omega_{(k)} = \omega_{50} = 5\omega$)отметим их несовпадение.

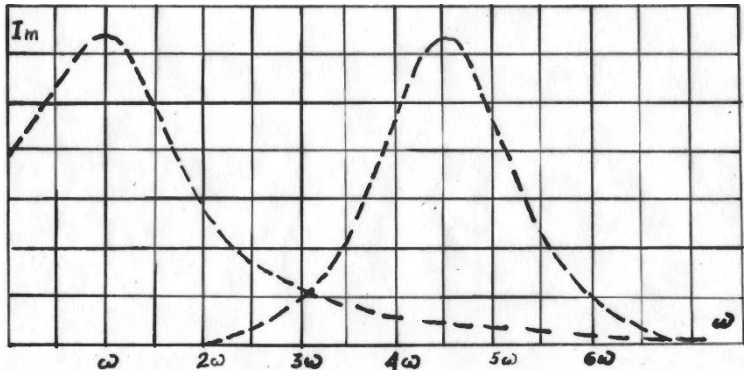


Рис.2.

Следует заметить, что в этом случае требуется питающее напряжение с частотой 10 Гц, т.е. нестандартное питание. Следовательно, недостатком этой схемы возбуждения является необходимость создания специализированных низкочастотных источников питания, что в свою очередь, представляет собой сложную техническую задачу. Кроме того наличие постоянной составляющей в гармоническом составе тока при таком питании ухудшает работу питающей аппаратуры, вызывая увеличенные электрические потери.

Более эффективной является схема возбуждения электромагнитного возбудителя, позволяющая получить низкочастотные механические колебания якоря за счет параметрических эффектов при последовательном включении конденсатора в цепь катушки электромагнита. Емкость конденсатора выбирается так,что в получающейся цепи периодически возникает и расстраивается последовательный резонанс,что связано с изменением индуктивности обмотки электромагнита при возвратно-поступательном перемещении его якоря. Следовательно,состав тока,протекающего по обмотке электромагнита, будет полностью совпадать с выражением вида (10), а его амплитудно-частотная характеристика - с указанной на рис.1. При таком варианте питания отсутствуют перечисленные выше недостатки, относящиеся к схеме возбуждения с последовательным диодом, так как он осуществляется от сети с частотой 50 Гц. Именно этими факторами определяется преимущество схемы возбуждения с последовательным конденсатором. Единственным требованием является выполнение условия (4) для всех четырех гармоник тока с амплитудой отличной от нуля. При этом, гармоники магнитного потока с частотой $\omega_{(2)} = \omega_{(1)} - \upsilon_1$ порождаются изменением магнитного параметра.

Список литературы

1. Комаров А.А.,Нитусов Ю.Е. О составляющих тягового усилия и тока в обмотке электромагнитного вибратора с конденсатором. Труды МВТУ им.Н.Э.Баумана.1972, №154
2. Кулиев З.А.,Аскеров, Д.С.,ГамидовМ.Г.Формирование низкочастотного составляющего тягового усилия электромагнитного вибратора.Изв.втузов Азерб.,№1-2, г.Баку, 2000, стр.90-96
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.М.Высшая школа, 1964, 750 с.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ДВУХФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Саттаров В.Г., Дадашева Р.Б., Джамалханова И.С.

Сумгаитский государственный университет

Создание двухфункционального индуктивного преобразователя, предназначенного для одновременного измерения двух технологических параметров, имеет важное значение для повышения экономической эффективности в различных отраслях промышленности.

С целью рационального проектирования таких преобразователей возникает необходимость оптимального выбора конструкций преобразователя, который обеспечивают высокие энергетические и динамические показатели при малых габаритах, массы и высокой надежности.

Конструкции созданного двухфункционального индуктивного преобразователя (ДФИП) сложны и имеют сплошной магнитопровод из конструкционной стали, поэтому возникает необходимость выбрать подходящие конструкции и геометрические размеры [1]. Двухфункциональный индуктивный преобразовательсодержит совокупность большого количества данных: конструктивные размеры, большинство из которых определяются по требованиям места их применения, обмоточные данные, активные, изоляционные и конструктивныематериалы, напряжениепитания, токи возбуждения, частоту питающего напряжения, потребляемую мощностью, информационные характеристики, метрологические характеристики и др., характеризирующие физическое состояние преобразователей в различных режимах и другие технико- экономическиепоказатели качества проекта и т.д.

Полученный оптимальный вариант конструкции ДФИГ должен обеспечивать следующие требования:

1) линейные рабочие характеристики; 2) минимальную погрешность, высокую точность преобразования и высокую чувствительность; 3) простую технологию изготовления; 4) потребление от источника минимальной мощности; 5) стабильную информационную характеристику от колебания параметров окружающей среды.

Для решения задачи оптимального проектирования применяются следующие методы [2]:

а)Классический метод решения – В этом методе задача определяется аналитически и опирается на возможности дифференциального и вариационного исчисления для отыскания максимума или минимума целевой функции. Анализ разновидностей максимумов и минимумов показывает,что во всех случаях для решения задачи оптимального выбора симметрических размеров, требуется найти глобальный или абсолютный максимум или минимум. Однако классические методы для этого не дают конкретных способов непосредственного определения абсолютного максимума или минимума. Они ограничиваются лишь тем, что указывают признаки относительного максимума или минимума и используют при этом частные производные функции цели и ограничения. Поэтому для применения классических методов приходится дополнительно выявлять формулы дифференцируемые по всем параметрам. Если параметры ДФИП обозначим через $a_1, a_2 ..... a_n$ тогда, исходя из определения экстремумов имеем $\frac{\partial F}{\partial a_n} = 0 \ \{n = 1,2,3,....n\}$, где F - целевая функция. Из этого видно, что в точке экстремума все частные производные целевой функции обращаются в нуль. Указанные условия являются необходимыми, но недостаточными для определения экстремума. Для определения абсолютного экстремума с помощью указанного условия необходимо сначала найти все стационарные точки, выделить среди них каким-либо путем точки экстремума, определить соответствующие значения целевой функции и затем посредством сравнения выбрать абсолютной экстремум.

После определения стационарных точек следует для каждой из них проверить достаточные условия максимума и минимума. Достаточные условия оцениваются с помощью знаков второго или более высокого порядка частных производных функции F вычисляемых в исследуемой стационарной точке. Следовательно, целевая функция должна быть не только дифференцируемой, но и иметь производные высших порядков.

б)Метод нелинейного программирования. Методы математического программирования в отличие от аналитических, являются численными методами выбора оптимальной конструкции. Сущность их заключается в организации процесса поиска, т.е. определенного движения в пространстве параметров $a_1, a_2 ..... a_n$, в результате которого с той или иной точностью достигается решение задачи.

Несмотря на бурное развитие, аппарат математического программирования, в особенности нелинейного, нельзя считать окончательно сформированным. В этом методе процесс поиска усложняется, когда увеличивается размерность пространства поиска на отдельных этапах. Тогда на каждом этапе выбирается оптимальная группа параметров при «замороженных» значениях всех остальных. При этом на каждом этапе могут быть использованы разные одноэтапные методы направленного поиска в зависимости от физического содержания задач и способа разделения параметров на группы. Для улучшения многоэтапных процессов поиска необходима взаимосвязь между этапами, позволяющая учитывать влияние отдельных этапов на процесс поиска в целом.

В этом смысле более универсальной является группа многоэтапных методов, получаемая с помощью динамического программирования.

в) Динамическое программирование-представляет собой математический аппарат решения широкого круга задач, в которых время играет существенную роль. Однако понятие времени употребляется в более широком смысле и присуще любой конечной и бесконечной последовательности дискретного и непрерывного характера. В этом методе оптимальные параметры представляются в виде суммы двух составляющих.

$$a_j = a_1 + \Delta a_{10} \quad (1 = 1,....,n)$$

где $a_{1(0)}$-координата начальной точки с которой начинается поиск;

Δa_1-приращение параметра в процессе поиска.

Задачи проектирования, требующие применения методов оптимизации можно разделить на основные группы:

а) задачи поиска оптимальных параметров схем и конструкции ДФИП, обеспечивающих экстремальное значение целевой функции; б) задачи приближения расчетных характеристик и характеристик, заданным по точкам.

Решение задачи оптимального выбора конструкции ДФИП начинается с выбора и построения критерия оптимальности целевой функции и формулировки систем ограничений, в рамках которых отыскивается оптимальное решение.

При расчете оптимального варианта сначала определяются исходные данные для расчета. К ним можно отнести параметры датчика, геометрические размеры. Выходными параметрами являются:

выходное напряжение, соответственно чувствительность датчика, линейность и крутизна выходной характеристики.

Для определения оптимальной конструкциисамым лучшим вариантом может быть использование компьютерной техники.Принимая ограничения указанных параметров, составлена на языке программаMATLAB и получены некоторые возможные вариантыконструкцийпреобразователя.

Список литературы

1. Səttarov V.Q., Hüseynov R.A. İkifunksiyalı induktiv vericinin optimal parametirlərinin seçilməsinə dair. Elmi xəbərlər. №1. cild 5. Sumqayıt 2005.
2. Аббасов М.Э. Методы оптимизации. СПБ, Издательство «ВВМ», 2014.

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕГО ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ПОВЕРКЕ ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА KROHNE OPTISWIRL 4070

Шулаева Е.А., Исмоилов Т. Н.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» филиал в г. Стерлитамак

Разработка и применение виртуальных лабораторных стендов по поверке приборов, является одной из основных задач инженерного образования [1-14]. Каждый датчик, перед началом эксплуатации, проходит периодическую поверку [15]. Это связано с пригодностью датчиков в дальнейшей работе. Но не каждый ВУЗ может позволить себе новые приборы. Также любой пользователь, не ознакомившийся с последовательностью выполнения лабораторной работы, может повредить датчик. Это приведет его в непригодное состояние. Для решения этой проблемы создаются виртуальные лабораторные стенды, разработка которых была основана на реальных стендах [1-14].

На сегодняшний день существуют малое количество программ по поверке приборов. Авторами была разработана моделирующая программа, позволяющая пользователю ознакомиться с вихревым расходомером Krohne OPTISWIRL 4070 и принципом его действия.

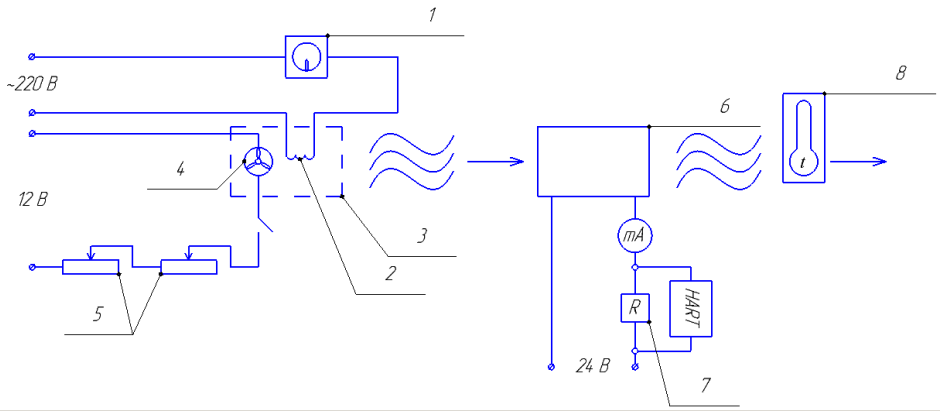
Вихревой расходомер Krohne OPTISWIRL 4070 измеряет температуру, давление, расход, легко справляется с колебаниями температуры и давления, так как имеется встроенная функция компенсации.

Схема разработанного лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

Расходомером *6* измеряется расход и температура воздуха, выходящего из фена *3*. Скорость потока воздуха, выходящего из вентилятора *4*, регулируется магазином сопротивлений *5*, а температура нагревательной спирали фена – диммером *1*. Измеренные расходомером значения отображаются на его экране.

Контрольная поверка происходит с помощью миллиамперметра и термометра. Также предусмотрена возможность использования подключения вихревого расходомера к HART-коммуникатору и вывода с его помощью настроек и результатов измерения на удаленное устройство.

Для правильной работы с лабораторным стендом была разработана программа «Виртуальный лабораторный стенд по поверке вихревого расходомера Krohne OPTISWIRL 4070», в которой есть два режима: «Обучение» и «Контроль». В первом режиме программа выводит последовательность действий для работы с вихревым расходомером Krohne OPTISWIRL 4070. После прохождения режима «Обучение» программа предлагает перейти в режим «Контроль», в котором она не дает пользователю выполнять какое-либо действие, пока он не выберет правильный ответ из 4-х предложенных вариантов и не выполнит соответствующее действие. При завершении режима «Контроль» выводится документ, в котором отображается данные пользователя, полученные измерения и количество ошибок, которые он допустил при работе в программе. После работы с программой каждый пользователь сможет эксплуатировать реальный разработанный лабораторный стенд по поверке вихревого расходомера Krohne OPTISWIRL 4070 без каких-либо последствий.



1 – диммер для регулировки температуры; 2 – нагревательная спираль внутри фена; 3 – фен; 4 – вентилятор фена; 5 – магазин сопротивления;
6 – вихревой расходомер KROHNE OPTISWIRL 4070;
7 – добавочное сопротивление; 8 – электронный термометр
Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда

Список литературы

1 Шулаева, Е.А. Компьютерно-моделирующий комплекс технологического процесса полимеризации винилхлорида / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Ю.Ф. Коваленко // В сборнике: Современные информационные технологии в науке, образовании и практике Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. – 2014. – С. 281-284.

2 Шулаева, Е.А. Особенности создания имитационно-моделирующих комплексов распространенных нефтехимических процессов на примере процесса синтеза винилацетата / Е.А. Шулаева, Р.Р. Даминев, А.А. Исламутдинова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. № 4. – С. 127-134.

3 Шулаева, Е.А. Расчет и моделирование температурных режимов электродинамических химических реакторов / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2016. – № 1. – С. 3-7.

4 Шулаева, Е.А. Имитационно-моделирующий комплекс «Производство поливинилхлорида суспензионным способом. стадия сушки и рассева ПВХ» / Е.А. Шулаева, Ю.Ф. Коваленко, Н.С. Шулаев, А.В. Шарко // В сборнике: Научные исследования: от теории к практике Сборник материалов Внутривузовской научно-практической конференции. – 2015. – С. 28-30.

5 Шулаева, Е.А. Моделирование технологических процессов в электродинамическом каталитическом реакторе / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Л.Р. Феоктистов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. № 2. – С. 111-115.

6 Shulaeva, E.A. Using simulation and modeling software of chemical technology in education / E.A. Shulaeva, Yu.F. Kovalenko, N.S. Shulaev // Всборнике: CSIT* 2014. Computer Science and Information Technologies Proceedings. – 2014. – С. 175-179.

7 Шулаева, Е.А. Имитационно-моделирующий комплекс «Производство поливинилхлорида суспензионным способом. Стадия выделения ПВХ из суспензии» / Е.А. Шулаева, Ю.Ф. Коваленко, Н.С. Шулаев, Л.Р. Махмудова // В сборнике: Научные исследования: от теории к практике Сборник материалов Внутривузовской научно-практической конференции. – 2015. – С. 36-38.

8 Шулаева, Е.А. Моделирование процесса дегидрирования бутенов в СВЧ поле / Е.А. Шулаева, С.Н. Шулаев // Башкирский химический журнал. – 2006. – Т. 13. № 3. – С. 86-89.

9 Шулаева Е.А. Моделирование процессов дегидрирования бутенов и гидрирования пиперилена в электродинамических каталитических реакторах / Е.А. Шулаева / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Уфимский государственный нефтяной технический университет. Стерлитамак, 2012.

10 Шулаева, Е.А. Моделирование параметров электролизера в производстве едкого натра, хлора и водорода / Е.А. Шулаева, Ю.Ф. Коваленко, Н.С. Шулаев // В сборнике: Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве Сборник материалов I Международной научно-технической конференции. – 2016. – С. 435-437.

11 Коваленко, Ю.Ф. Моделирование молекулярно-массового распределения при получении поливинилхлорида суспензионным способом / Ю.Ф. Коваленко, Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2016. – № 1. – С. 128-131.

12 Шулаева, Е.А. Моделирование параметров электролизера в производстве едкого натра, хлора и водорода / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Ю.Ф. Коваленко // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т. 14. № 4. – С. 103-107.

13 Успенская Н.Н. Математическое описание и программная реализация расчёта разделения водонефтяной эмульсии в аппарате флорентина / Н.Н. Успенская, Т.Н. Исмоилов, Е.А. Шулаева // Молодежный научный вестник. – 2017. – № S6 (19). – С. 207-213.

14 Шулаева, Е.А. Моделирование и расчет аппарата непрерывного действия для разделения нефтяных эмульсий (флорентины) / Е.А. Шулаева, А.Н. Иванов, Н.Н. Успенская, Е.Р. Ишкинина, Т.Н. Исмоилов // Вестник технологического университета. – 2018. – Т.21, №2. – С 120-123.

15 Шулаева, Е.А. Исследования преимуществ интеллектуальных датчиков уровня над пневматическими на установке для поверки уровнемеров и сигнализаторов / Е.А. Шулаева, Н.Н. Успенская, И.А. Алмакаев, Т.Н. Исмоилов, Е.Р. Ишкинина // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 9. – С. 77 – 81.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЕРКИ УРОВНЕМЕРОВ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ LAZARUS

Шулаева Е. А., Алмакаев И. А.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
филиал в г. Стерлитамак

Введение

Создание и разработка имитационных моделей и обучающих комплексов является развивающейся отраслью в сфере образования [1-8]. Такие программы могут стать отличным дополнением к реальным установкам или приборам, позволяющим провести обучение пользователей на виртуальном стенде прежде, чем приступить к работе на дорогостоящем оборудовании [9, 10].

В данной работе был разработан стенд для поверки уровнемеров, на котором установлены пневматический буйковый уровнемер УБ-ПВ и волноводный радарный уровнемер Rosemount 5300. Также здесь размещён сигнализатор OPTISWITCH 5200C для сигнализации верхнего уровня измерений. Общий вид стенда представлен на рисунке 1.

Рисунок 1. Общий вид стенда

Принцип работы установки заключается в следующем: из канистры при включении насоса для набора воды жидкость перекачивается в прозрачную ёмкость, на которую приклеена поверочная линейка. На данном этапе у датчиков в контрольных точках снимаются значения уровня при прямом

ходе. При достижении уровня воды лопаток сигнализатора насос блокируется, а при его повторном запуске подача воды продолжается. По окончании прямого хода включается насос на слив, и вода обратно сливается в канистру, по ходу записывая значения уровня при обратном ходе.

Обучающая модель стенда

Чтобы избежать непредвиденных ситуаций при поверке уровнемеров на реальном стенде, была разработана его обучающая модель в интегрированной среде Lazarus.

В этой программе имитируются процесс перекачивания воды в ёмкость, все показания, индикаторы приборов, а также строятся графики аналогового выхода уровнемера Rosemount 5300 и среднеквадратического отклонения полученных значений. Полученные данные переносятся в таблицу, которые затем используются для расчёта погрешностей и последующего получения вывода о пригодности прибора к эксплуатации на производстве (рисунок 2).

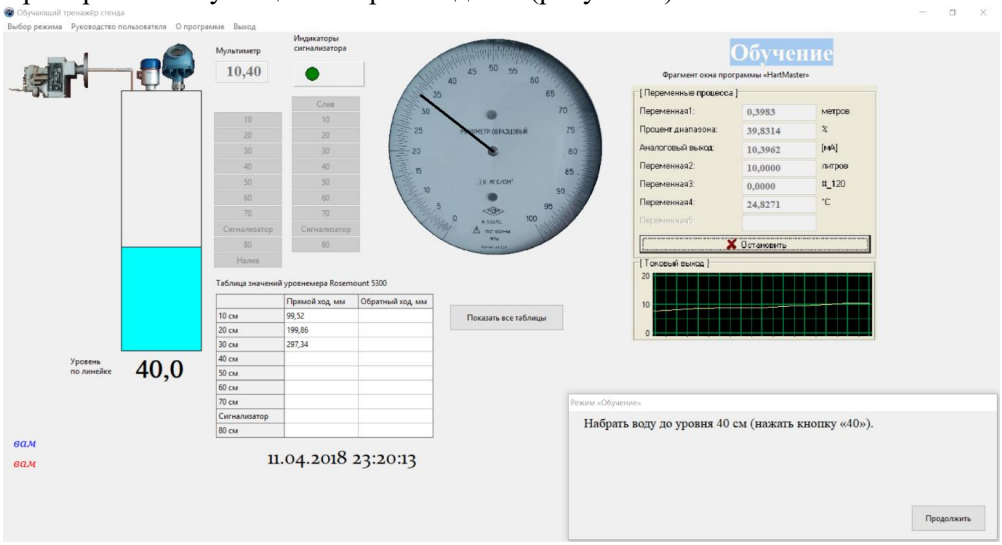


Рисунок 2. Скриншот программы

В программе имеется возможность проводить поверку приборов в 2 режимах: обучение и контроль.

Режим обучения предназначен для ознакомления и изучения алгоритма работы со стендом, а также для закрепления полученных навыков. В данном режиме программа в отдельном окне выдаёт пошаговые инструкции правильного проведения поверки уровнемеров. Обучающийся выполняет действия один за другим так, как он выполнял бы данную процедуру в той лаборатории, где расположен и подготовлен к работе реальный стенд.

Режим контроля предназначен для проверки испытуемого на правильность проведения поверки уровнемеров. Для оценки выполнения поверки выступает счётчик ошибок, который фиксирует неправильные ответы, сделанные испытуемым.

Заключение

Разработка аналогичных программ и обучающих моделей стендов позволит обучающимся технических вузов лучше закрепить теоретические знания о поверке приборов, осваивать приобретённые навыки и применять их на реальных приборах. А внедрение имитационных обучающих комплексов даёт возможность усовершенствовать учебный процесс в высших учебных заведениях.

Список литературы

1. Шулаева Е.А. Компьютерно-моделирующий комплекс технологического процесса полимеризации винилхлорида / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Ю.Ф. Коваленко // В сборнике: Современные информационные технологии в науке, образовании и практике Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. – 2014. – С. 281-284.
2. Шулаева Е.А. Моделирование технологических процессов в электродинамическом каталитическом реакторе / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Л.Р. Феоктистов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. № 2. – С. 111-115.
3. Шулаева Е.А. Моделирование процесса дегидрирования бутенов в СВЧ поле / Е.А. Шулаева, С.Н. Шулаев // Башкирский химический журнал. – 2006. – Т. 13. № 3. – С. 86-89.

4. Шулаева Е.А. Особенности расчета систем управления электродинамическими реакторами при проведении реакций дегидрирования / Е.А. Шулаева, С.Н. Шулаев // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2008. – № 7. – С. 24-28.

5. Коваленко Ю.Ф. Моделирование молекулярно-массового распределения при получении поливинилхлорида суспензионным способом / Ю.Ф. Коваленко, Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2016. – № 1. – С. 128-131.

6. Шулаева Е.А. Моделирование параметров электролизера в производстве едкого натра, хлора и водорода / Е.А. Шулаева, Н.С. Шулаев, Ю.Ф. Коваленко // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т. 14. № 4. – С. 103-107.

7. Успенская Н.Н. Математическое описание и программная реализация расчёта разделения водонефтяной эмульсии в аппарате флорентина / Н.Н. Успенская, Т.Н. Исмоилов, Е.А. Шулаева // Молодежный научный вестник. – 2017. – № S6 (19). – С. 207-213.

8. Шулаева Е.А. Моделирование и расчет аппарата непрерывного действия для разделения нефтяных эмульсий (флорентины) / Е.А. Шулаева, А.Н. Иванов, Н.Н. Успенская, Е.Р. Ишкинина, Т.Н. Исмоилов // Вестник технологического университета. – 2018. – Т.21, №2. – С 120-123.

9. Шулаева Е.А. Исследования преимуществ интеллектуальных датчиков уровня над пневматическими на установке для поверки уровнемеров и сигнализаторов / Е.А. Шулаева, Н.Н. Успенская, И.А. Алмакаев, Т.Н. Исмоилов, Е.Р. Ишкинина // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 9. – С. 77 – 81.

10. Ишкинина Е.Р. Моделирование процесса разделения водонефтяных эмульсий в отстойнике непрерывного действия (флорентине) / Е.Р. Ишкинина, Н.Н. Успенская, Т.Н. Исмоилов // Современные технологии в образовании и промышленности: от теории к практике: сб. материалов Внутривуз. науч.-практ. конф., 27 июня 2017 г. / фил. УГНТУ в г. Стерлитамаке. – Стерлитамак, 2017. – С. 99-101.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ДИХЛОРЭТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА STATISTICA И МЕТОДОВ БЕЗУСЛОВНОЙ МИНИМИЗАЦИИ

Шулаева Е. А., Иванов А. Н., Успенская Н. Н.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
филиал в г. Стерлитамак

Введение

В настоящее время все чаще проводят многокритериальную оптимизацию технологических процессов для уменьшения затрат и повышения производительности процесса и качества продукции. Известны различные подходы для оптимизации распределения ресурсов в технологических и производственных системах. Однако не все методы обеспечивают в полной мере решение задачи многокритериальной оптимизации производственных ресурсов, что делает их применение недостаточно эффективным в современных системах управления технологическими процессами и производствами.

В связи с этим авторами статьи была поставлена задача произвести многокритериальную оптимизацию технологического процесса обезвоживания дихлорэтана с использованием нейронной сети, построенной в программе Statistica, и методов безусловной минимизации: по правильному симплексу и методом Нелдера-Мида.

Многокритериальная оптимизация обезвоживания дихлорэтана

Дихлорэтан является промежуточным продуктом при производстве винилхлорида из этилена и хлора жидкофазным хлорированием этилена в присутствии хлоридов меди, железа или сурьмы. Исходным сырьем для обезвоживания дихлорэтана является дихлорэтан-сырец, содержащий инерты, легкокипящие продукты, воду и примеси. Продуктом обезвоживания дихлорэтана является очищенный от примесей, инертов и легкокипящих продуктов дихлорэтан с массовой концентрацией воды не более 0,001%.

При проведении технологического процесса обезвоживания дихлорэтана в течение месяца было получено множество экспериментальных данных. Для многокритериальной оптимизации процесса были выбраны два основных входных параметра, которые оказывают значительное влияние на данный процесс: температура в кубе колонны и расход подаваемого сырья. В качестве выходного параметра выступает влагосодержание дихлорэтана.

На основе исходных данных в программном пакете Statistica были созданы и обучены нейронные сети, представляющие собой многослойные персептроны с различным числом нейронов на скрытом

слое. Результаты обучения нейронных сетей показаны на рисунке 1. По полученным результатам была выбрана нейросеть с 6 нейронами на скрытом слое, которая показала наименьшую ошибку на обучающем, тестовом и контрольном множествах.

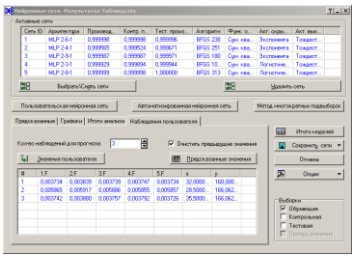


Рисунок 1. Результат обучения искусственных нейронных сетей

Используя полученную искусственную нейронную сеть в качестве математической модели данного процесса, можно проводить оптимизацию любыми доступным методами, не требующими значений производной функции оптимизации. В ходе оптимизации точки пространства параметров, для которых необходимо значение исследуемой функции, подаются на вход нейронной сети. В результате на её выходном слое получаем спрогнозированное значение критерия оптимизации.

Также была разработана программа [1-3] для проведения численной оптимизации технологического процесса методами безусловной минимизации [4]: по правильному симплексу и методом Нелдера-Мида. Метод Нелдера-Мида, известный как метод деформируемого многогранника или симплекс-метод, – метод безусловной оптимизации функции нескольких переменных, не использующий производную функции. Данная программа (рисунок 2) была нами разработана в среде программирования Visual Basic 6 [1-3].

В результате минимизации технологического процесса обезвоживания дихлорэтана, используя метод правильного симплекса, совмещенного с нейронной сетью, были получены следующие координаты треугольника: x^0=34,625; y^0=109,9885; F^0=0,001145; x^1=35,5; y^1=111,504; F^1=0,001184; x^2=33,75; y^2=111,504; F^2=0,001242 (рис. 2); т.е. оптимальными параметрами являются: расход подаваемого сырья, равный 34,625 м^3/час; температура в кубе колонны, равная 109,9885 °С; влагосодержание дихлорэтана, равное 0,001145%.

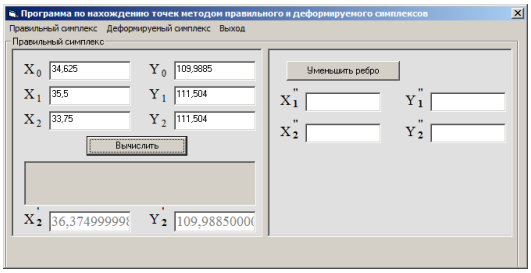


Рисунок 2. Координаты полученного треугольника метод правильного симплекса

Аналогично были произведены расчеты по методу Нелдера-Мида.

- по методу минимизации Нелдера-Мида равносторонним треугольником оптимальные параметры: расход подаваемого сырья равен 35,1004 м^3/час; температура в кубе колонны равна 92,619 °С; влагосодержание дихлорэтана равно 0,000981 %.

- по методу минимизации Нелдера-Мида по базисным векторам оптимальные параметры: расход подаваемого сырья равен 35,9375 м^3/час; температура в кубе колонны равна 156,0625 °С; влагосодержание дихлорэтана равно 0,003082 %.

Заключение

В данной работе была произведена многокритериальная оптимизация технологического процесса обезвоживания дихлорэтана с применением программы Statistica, в которой были созданы и обучены нейронные сети, также была разработана программа по нахождению точек методом правильного и деформируемого симплексов в Visual Basic по методам минимизации правильного симплекса и Нелдера-Мида для облегчения и ускорения расчета. Точность вычисления значения целевой функции в программе Statistica равна 10^{-6}, точность вычисления координат точек равна 10^{-4}.

Данный расчет впоследствии может применяться для многокритериальной оптимизации аналогичных химико-технологических процессов, а также для обучения студентов в вузах и колледжах.

Список литературы

1. Успенская Н. Н., Исмоилов Т. Н., Шулаева Е. А. Математическое описание и программная реализация расчёта разделения водонефтяной эмульсии в аппарате флорентина //Молодежный научный вестник. – 2017. – №. 6. – С. 207-213.
2. Шулаева Е. А., Иванов А. Н., Успенская Н. Н., Ишкинина Е. Р., Исмоилов Т. Н. Моделирование и расчет аппарата непрерывного действия для разделения нефтяных эмульсий (флорентины) // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 120-123.
3. Шулаева Е. А., Иванов А. Н., Успенская Н. Н., Исмоилов Т. Н., Ишкинина Е. Р. Применение отстойников непрерывного действия (флорентин) для разделения водонефтяных эмульсий // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – №. 5. – С. 31-31.
4. Шулаева Е.А. Методы безусловной минимизации функций многих переменных: учеб. пособие. – Стерлитамак: Изд-во «Фобос», 2015. – 123с.

USING STOCHASTIC APPROXIMATION METHOD TO SOLVE OPTIMIZATION TASKS

Tinatin Mshvidobadze
Gori State Teaching University

The article discusses the optimization of power system development tasks. The optimal decision for development of power system on the model it is necessary to provide the accidental character of initial information, for this purpose there is used the method of stochastic approximation.

It is shown to use stochastic approximation convergence for purpose function.

Electrical network optimal configurations determining problem is reduced to minimize the costs of the function.

In the process of projecting electrical network during the optimizing configuration of electrical network it is supposed, capital investments are simultaneous, and production expenses are constant in time.

It is given network configuration of optimizing task, the initial information for nature of probabilistic-defining.

ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMİ İDARƏETMƏ SİSTEMİ ÜÇÜN BİLİKLƏR BAZASININ TƏŞKİLİ

Hüseynov A.H., Manafova X. İ.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

ÇİS-lərin və onun idarə sisteminin arxitekturasinin analizi və tədqiqi göstərir ki, çis-lər mürəkkəb quruluşa malik texniki sistem olub, bir sira çevik istehsal modullarindan və onlar arasindaki əlaqəni təşkil edən avtomatlaşdirilmiş nəqliyyat sistemlərindən ibarətdir. çis-lərin idarə sistemi dedikdə, onun tərkib hissəsi olan çevik istehsal modullarini ardicil və ya ayriliqda idarə edən sistem başa düşülür. çevik istehsal modulunun arxitekturasinin əsasini üç əsas funksional blok təşkil edir: idarə bloku, obyektlə əlaqə interfeysi, aktiv elementlərdən ibarət idarə obyektləri.

Idarə sisteminin əsas məqsədi çevik istehsal modullarinin idarə obyektlərinin real şəraitini, sensor qurğulardan qəbul edilmiş informasiyalarin köməyi ilə analiz edib öyrənmək və real şəraitə uyğun həll qəbul edib, ona uyğun informasiyani idarə obyektinə göndərilməsini təmin etməkdən ibarətdir [1].

Idarə həllinin müəyyənləşdirilməsi və ya həll qəbulu prosesi biliklər bazasindan mövcud şəraiti idarə edə biləcək produksiyalar ardicilliğinin seçilməsi qaydalarinin işlənməsini tələb edir [2].

Produksiyalar ardicilliğinin seçilməsi prosesi həm produksiyalarin seçilməsi ALQORİTMİNİN mükəmməlliyindən, həm də, biliklər bazasinin strukturundan çox asilidir. qeyd etmək lazimdir ki, biliklər bazasinin strukturu avtomatlaşdirilmiş proqramlaşdirma sistemi layihələndirilərkən təyin edilməlidir. baxilan halda biliklər bazasinin quruluşu çis-in arxitekturasinin ierarxik quruluşuna uyğun təşkil edilməlidir.

Qeyd olunan produksiyalar çoxluğundan əlavə, çis-in idarəsinin səmərəli təşkili üçün, müxtəlif araliq vəziyyətlərin təşkili üçün, çis-in ayri-ayri element və qovşaqlarinin yoxlanilmasi üçün, çis-in real şəraitinin

ekranda simulyasiyasi üçün, qeyri-müəyyən şəraitdə çis-in özünü aparmasini təyin etmək və s. üçün, ekspertlərin imkanlari daxilində əlavə produksiyalar tərtib etmək olar. qeyd olunan produksiyalar qrupunun sistemlə əlaqələndirilməsi təmin edilməli və biliklər bazasinda yerləşdirilməlidir.

Produksiya sistemi idarə sisteminin quruluşuna uyğun olaraq ierarxik səviyyələrə bölünürlər və onlarin bu ierarxik quruluşlu produksiyalar biliklər bazasinda yerləşdirilərkən nəzərə alinmalidir. produksiya sisteminin səviyyələr üzrə strukturlaşmasi və bu prinsiplə biliklər bazasinda yerləşdirilməsi idarəetmə zamani bazadan real şəraitə uyğun produksiyalarin seçilməsini və idarəetmənin avtomatlaşdirilmiş proqramlaşdirilmasi probleminin həllini asanlaşdirir.

Həmçinin, biliklər bazasindan idarəetmə məqsədi ilə istifadə olunmasini, real şəraitə uyğun produksiyalarin asanliqla bazadan seçilməsini təmin etmək üçün produksiyalar işlənərkən, onlarin klassifikasiya edilməsi həlli vacib olan məsələlərdəndir. biliklər bazasinin qurulmasi üçün ekspert klassifikasiyasi [3] adlanan yanaşmadan istifadə etmək məqsədəuyğundur. ekspert klassifikasiyasi məsələləri çərçivəsində $k=\{k_1, k_2, \ldots, k_n\}$ kriteriyalar çoxluğunun təyin edilməsi təklif olunur ki, onlarin köməyilə tədqiq olunan obyektin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi yerinə yetirilir. kriteriyalarin asili olmamasi fərz edilir. hər bir k_q kriteriyasi üçün hər hansi $S_q = \{r_1^q, r_2^q, ..., r_{wq}^q\}$ mümkün qiymətlər çoxluğunun təyin olunduğu hesab olunur. əgər, hər hansi məsələdə qiymətlər çoxluğu bir və ya çox kriteriyalara görə sonsuzdursa, onda uyğun şkala sonlu intervallar toplusuna bölünməklə çevrilir.

Təsvir olunan yanaşmanin tətbiqi nəticəsində verilən oblast üçün tam və bir-birinni inkar etməyən ekspert biliyi bazasi alinir. göründüyü kimi, idarəetmənin avtomatlaşdirilmiş proqramlaşdirma sistemi müxtəlif şəraitdə müxtəlif funksiyalarin yerinə yetirilməsi üçün nəzərdə tutulur. bu sistemin işi aşağidaki sadalanan rejimlərdə yerinə yetirilir:

- biliklər bazasina produksiyalarin doldurulmasi prosesinin təşkili;
- biliklər bazasindaki mənəvi köhnəlmiş produksiyalarin silinməsi;
- biliklər bazasindaki hər hansi produksiyanin və ya produksiya qrupunun dəyişdirilməsi;
- çevik istehsal sisteminin, o cümlədən çevik istehsal modulunun, aktiv elementləri idarəsinin təşkili və bu məqsədlə uyğun idarə üçün produksiyalarin biliklər bazasindan seçilməsi;
- çevik istehsal sisteminin və onun ayri-ayri elementlərinin sazlanmasi (yoxlanmasi) məqsədilə biliklər bazasindan produksiyalarin seçilməsi;
- kompyuterin monitorunun ekraninda idarə obyektlərin qrafik modelləşdirilməsi və simulyasiyasinin təşkili;
- biliklər bazasina yerləşdirilən və ya bazadan hər hansi məqsəd üçün seçilən produksiyalarin bir-birini inkar etməməsinin yoxlanmasi;
- texnoloji prosesin real şəraitə uyğun informasiyalarin qəbul edilməsi və analizi;
- həll qəbulu prosesi rejimi və onun nəticəsi olan idarə həllinin texnoloji prosesin idarə olunmasi üçün idarə obyektlərinə göndərilməsi.

Produksiya qaydasi biliklər bazasina daxil edilərkən produksiya qaydasinin "əgər.....onda....." əsas hissəsindən başqa produksiyanin sira nömrəsi, produksiyanin yerləşdiyi ierarxik səviyyənin nömrəsi produksiyanin tətbiq fəzasini xarakterizə edən kəmiyyət, produksiyanin identifikatoru, produksiya reallaşdiqdan sonra yerinə yetirilməsi zəruri olan prosedura və təsirləri təsvir edən produksiya şərti və s. məlumatlar biliklər bazasina daxil edilir. sadalanan informasiyalarin bazaya daxil edilməsi bazadan produksiya qaydalarinin seçilmə prosesinin təşkil olunmasina köməklik göstərir. yuxarida təsvir olumam yanaşma ilə təşkil olunan produksiya sistemi aşağida verilən şərtlərin (tələblərin) yerinə yetirilməsini təmin edir:

- lazim gəldikdə hər hansi aktiv elementə, çevik istehsal moduluna, onlarin müxtəlif kombinasiyalarina aid produksiyalarin bazadan çixarilaraq ekranda verilməsini;
- aktiv elementlərin, çevik istehsal modullarinin və ümumilikdə çis-in idarə olunmasini;
- onlarin idarəsinin ekranda qrafik elementlərlə modelləşdirilməsini (simulyasiyasinin);
- idarə obyektlərinin sazlanmasinin təşkil edilməsini və s.

Qeyd etmək lazimdir ki, bu sistem ancaq idarəetməni deyil, onunla əlaqəli digər məsələlərin və problemlərin həllini də təmin etməlidir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Подминский О.К. ОБ одной гипотезе организации экспертного знания. //современные проблемы фундаментальной и прикрадной математики. сборник научных трудов - м. 2008. – с. 140-155

2. Ларичев О.И., Могикович Е.М. Качественное методы принятия решений. – м.: наука. 1996.

3. Щербатов И.А. Интеллектуальное управление робототехническими системами в условиях неопределенности// вестник агту. сер. управление, вычислительная техника и информатика. 2010, №1, СТ. 74-77.

LAYİHƏ HƏLLİ QƏBULUNUN DƏSTƏKLƏNMƏSİ SİSTEMİNİN QURULMASININ METODOLOJİ AMİLLƏRİ

Hüseynov A.H., Talıbov N.H.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Layihə həlli qəbulunun dəstəklənməsi sistemi dedikdə, planlaşdırılan, proqnozlaşdırılan, layihələndirilən və idarə edilən zərif strukturlaşan və strukturlaşmayan məsələlərin formallaşdırılması və aktuallaşdırılması üçün nəzərdə tutulan informasiya sistemi başa düşülür.

Formal olaraq həll qəbulunu dəstəkləyən sistem sistemli analiz nöqteyi-nəzərdən aşağıdakı şəkildə təsvir oluna bilər [1]:

<P, S, Z, K, SH, D, M, F, G, U>,

burada: P – riyazi problem, S – sistemin təyini, Z – sistemin məqsədinin təyini, K – sistemin səmərəlilik kriteriyası çoxluğu, SH – kriteriyaların ölçü şkalasının çoxluğu, D – sistemin tədqiqat qaydası, M – sistemin modelləşdirmə üsulu, A – alternativlər çoxluğu, F – alternativlər çoxluğunun kriteriyalar çoxluğuna inikası, G – həll qəbul edən şəxsin fərziyyələr çoxluğu, U – məqsəd funksiyasının növü.

İşdə müxtəlif mərhələlərdən ibarət həll qəbulunun dəstəklənməsinin ümumi alqoritmi işlənmişdir. Həll qəbulu alqoritminə uyğun olaraq göstərilən mərhələlərin hər birinə ayrı-ayrılıqda baxaq.

I.Problemin formallaşdırılması və analizi olan birinci mərhələnin reallaşdırılması üçün aşağıdakı addımların yerinə yetirilməsi zəruridir [2]:

- xarici mühitin və idarə obyektlərinin monitorinqi;
- problemin meydana çıxması və formallaşdırılması;
-onun yenilik nöqteyi-nəzərdən qiymətləndiriməsi;
- başqa problemlərlə qarşılıqlı əlaqənin təyini;
- verilən problem üzrə informasiyanın dolğunluğunun və tamlığının qiymətləndirilməsi;
- problemə görə informasiya ehtiyatlarının verilənlər bazasına daxil edilməsi.

Mövcud problem haqqında alınmış məlumatlar, sistemin özü haqqında alınmış məlumatlar sistemin özü haqqında dəqiq verilənlərin alınması məqsədilə analiz edilir, problemin ümumi qoyuluşunun, məsələnin məqsədinin və formalaşmasının təyini üçün istifadənin mümkünlüyü öyrənilir.

P_t problemini riyazi olaraq aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$P_t=\left|A_t - A_t^0\right|$$

burada A_t – t zaman anındakı həqiqi vəziyyət; A_t^0 - t zaman anında arzu olunan vəziyyətdir.

II mərhələ məqsəd və məsələnin formallaşdırılmasından ibarətdir.

Bu mərhələdə sistemin (Z) məqsədi təyin edilir, qlobal məqsəd formalaşdırılır və məqsədə nail olmaq üçün məsələlər ardıcıllığı işlənir [3]:

- problemin həll olunma qabiliyyətinin təyini;
- problemin həll variantlarının konseptual modelinin işlənməsi;
- problemin həll variantlarının qiymətləndirilməsi;
- meydana çıxan problemlərin ayrı-ayrı məsələlərə dekompozisiyası;
- verbal səviyyədə məsələnin qoyuluşu;
- verbal səviyyədə şərtlərin, məqsədin və məsələlərin məntiqi analizi;
- istifadəçilər üçün məsələnin qoyuluşu.

Məqsədin formallaşdırılmasının sistemli analizi nöqteyi-nəzərdən qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsindən və ekspert üsullarından istifadə nisbətən səmərəlidir. Məqsəd və məsələlərin təyini üçün qeyri-səlis çoxluqda hər hansı alternativ məqsədlər $A_z=\{\alpha_i\}$ çoxluğunun mövcud olması zəruridir.

Bu mərhələdə zəif formallaşdırılan üsulların istifadəsi də mümkündür. Məsələn, tərkib hissələri şəklində hər bir variantın təsvirinin ifadəsi məqsədilə morfoloji analiz. Sonra məqsədlər çoxluğu formallaşdırılır:

$$A=\{x\in A_B|\ Q(x)=0\}$$

Məqsədlər formallaşdırılan zaman, sistemli analizin bəzi prinsipləri, o cümlədən son məqsəd prinsipi, vahidlik və əlaqəlilik prinsipləri nəzərə alınmalıdır.

III mərhələ. Kriteriyaların seçilməsi və onların səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi. Kriteriyalar sistemi təşkil olunduğu zaman aşağıda sadalanan təsvirlər ardıcıllığı reallaşdırılır: məqsədə nail olunmaq üçün kriteriyalar sisteminin təyini, alt məqsədlərə görə kriteriyaların dekompozisiyası, kriteriyaların səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi.

Səmərəli kriteriyalar sisteminin təşkili prosesi yaradıcı, çətin formalizə olunan və hər halda fərdi yanaşma tələb edən subyektivlərdən ibarətdir. O, giriş verilənlərin qeyri-müəyyənliyindən asılıdır. Ona görə, kriteriyalar çoxluğunun təyini üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunması zəruridir.

IV mərhələdə alternativ çoxluğunun təşkili məsələsinə baxılır. Həll qəbulu məsələlərində alternativlər konkret sistemləri özündə ifadə edir. Həll qəbul edən şəxsin evristik düşüncələrinə əsaslanan sistemi üç ardıcıl mərhələyə bölmək olar [4]: alternativlər çoxluğunun generasiyası, alternativlərin strukturlaşdırılması, generasiya olunmuş alternativlər altçoxluğunun təyini. Alternativlərin qeyri-səlis çoxluğunun generasiyası üçün hər hansı (SV) xassələri təşkil edilir ki, ona linqvistik term kimi baxılır:

$$SV = \frac{M_s(V_1)}{V_1}, \frac{M_s(V_2)}{V_{21}}, ..., \frac{M_s(V_n)}{V_n},$$

burada $V=\{V_1, V_2, ...,V_n\}$ üzərində A qeyri-səlis çoxluğu verilən universal çoxluqdur; $M_s(V_i)$ – V_i elementinin A qeyri-səlis çoxluğuna mənsubiyyət dərəcəsidir.

Mərhələ V- alternativlərin analizi. Həll variantlarının analizi nisbətən vacib mərhələ hesab olunur. Bu zaman alternativlərin optimallaşdırılmasının yerinə yetirilməsi və təklif olunan çoxluqlardan ən yaxşısının seçilməsi zəruridir. Sistemli analiz nöqteyi-nəzərdən alternativ həllərin analizi mərhələsinə aşağıdakılar daxildir: həllərin qeyri-müəyyənliyinin analizi, optimallaşdırma üsulları və həlledici funksiyanın təyini, mümkün həllərin qiymətləndirilməsi, optimal həllin seçilməsi.

VI. İdarəedici təsvirlərin təşkili. Bu mərhələ, həll qəbulunun dəstəklənməsi mərhələlərinin sonuncusu hesab olunur və bu mərhələdə həll qəbul edən şəxs, həll qəbulunu dəstəkləyən sistemin təklif etdiyi variantların reallaşdırılmasına istiqamətlənmiş bir sıra işləri yerinə yetirir.

Layihə həllini dəstəkləyən sistemin reallaşdırılması üçün həll qəbulu nəzəriyyəsinin klassik sxemlərinin analizi mövcud alqoritm və üsulların strukturlaşdırılmasının, optimallaşdırılmasının və aktuallaşdırılmasının zəruriliyini meydana çıxarır. Həll qəbulunun dəstəklənməsinin klassik sxemlərində böyük həcmdə informasiyalardan istifadənin zəruriliyi verilənlər bazasından və biliklər bazasından istifadəni zəruri edir, üsulların optimal tətbiqi, alternativlərin generasiyası, alternativlərin seçilməsi və analizi həll qəbulu prosesinin intellektuallaşdırılmasına imkan verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Ларичев О.И., Могикович Е.М. Качественное методы принятия решений. – М.: Наука. 1996., 217 стр.
2. Евгений Г.В. Системология инженерных знаний, М.:Издательство им. Н.Э.Баумана, 2001, 376 с.
3. Лазарсон Э.В. Формализация знаний и интеллектуальная поддержка принятия решений в задачах выбора // Интеллектуальные системы в производстве. 2006, №2, с. 4-14.
4. Овсянников Е.К., Мезгиров Б.Т. К вопросу о выборе математических моделей для систем поддержки принятия принятия решений // Труды СПИИРАН, 2004, Вып.2., т.1.,стр. 36-40.

АЛГОРИТМ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ

Гашимов А. М., Гулиев Г. Б., Бабаева А.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики

Введение. На современном этапе требования, предъявляемые к линиям электропередачи (ЛЭП), как строящимся, так и реконструируемых, связывающим электроэнергетические системы (ЭЭС) и осуществляющим передачу больших мощностей на дальние расстояния, сильно ужесточены. За счет компенсации зарядной мощности Q_p передача натуральной мощности $P_{нат}$ осуществляется при равенстве магнитной и электрической энергии. В этом случае распределение напряжения вдоль линии будет равномерным. Нарушение этого равенства приводит к неравномерному распределению

напряжения вдоль линии. В особом случае, малонагруженность линии и недокомпенсация зарядной мощности способствуют его генерации, что вызовет увеличение напряжения на шинах подстанции, а в некоторых случаях его превышение от нормированного уровня [1].

На ЛЭП 330кВ и выше, для компенсации зарядной мощности самым эффективным способом считается применение управляемых шунтирующих реакторов (УШР) [1,2]. Анализ характеристик ЛЭП высокого напряжения показывает, что применение УШР приводит к уменьшению потерь, стабилизации напряжения и соответственно увеличивается эффективность передачи активной мощности. Способы управления УШР на основе точных математических моделей не полностью описывают возможность осуществления принципов управления с учетом вероятностного и нечеткого изменения характеристик схемных и режимных параметров электрической сети. Так, изменение параметров электрических сетей в зависимости от природных условий, изменения режима нагрузки, и одновременно очень высокая стоимость используемой аппаратуры автоматического управления на основе тиристорных преобразователей, сложность их эксплуатации и т.д., создают большие трудности, а в некоторых случаях, становятся невозможными при формировании законов управления с применением традиционного математического аппарата [3-5]. В этом случае, эффективность управления УШР на базе традиционных моделей снижается, и при скачкообразном изменении режимных параметров происходят необоснованные действия коммутационной аппаратуры. Учитывая вышеизложенные и появление новых математических технологий, позволяющих учитывать неопределенности исходных параметров, применение УШР, управляемых на основе новых принципов является актуальной задачей. С целью разработки схем и алгоритма управления шунтирующих реакторов в высоковольтной электрической сети энергосистемы рассматривается возможность использования теории нечетких множеств и нечеткой логики .

Основы применения теории нечеткой логики при управлении УШР. При поиске решений традиционными способами в условиях неопределенности входной информации значение погрешности управления необоснованно повышается [2]. Управляющие устройства, разработанные на основе теории нечеткой логики (ТНЛ), исключают такие недостатки, требуют малые затраты и несложны в применении [4-6]. Поэтому, с целью компенсации зарядной мощности высоковольтных ЛЭП электрической сети, поставлена задача использования ТНЛ для управления рабочим режимом УШР.

Известно, что зависимость мощности реактора Q_p от нагрузки P согласно [2], выражается следующим образом:

$$Q_p = P_{нат} \cdot \lambda \cdot \left[1 - \left(\frac{P}{P_{нат}}\right)\right] \cdot l \qquad (1)$$

где l – длина линии; λ – длина волны; $P_{нат}$ – натуральная мощность ЛЭП.

Традиционные алгоритмы, реализующие (1) из-за указанных выше причин, создают большие погрешности в управлении. Поэтому необходимо использовать эту зависимость при управлении УШР на основе ТНЛ, т.е. реализовать $\tilde{Q}_p = f(\tilde{Z})$. Таким образом, в зависимости от перетока мощности в линии, описывая лингвистическую модель, аппроксимирующую нечеткую зависимость $\tilde{Q}_p = f(\tilde{Z})$, возможно составление управляющего алгоритма УШР.

Известно, что любой контроллер нечеткой логики (КНЛ) состоит их фаззификатора, механизма нечеткого вывода и дефаззификатора [2, 4-6]. Для управления УШР можно синтезировать нечеткий контроллер с двумя входами и одним выходом:

$$\text{ЕСЛИ } X_1 \quad A_i \text{ и } X_2 \quad B_i \text{ ТОГДА } Y \quad C_i,\ i = \overline{1, n} \qquad (2)$$

Здесь X_1, X_2 - лингвистические переменные входного состояния управляемого объекта; *A, B* и *C* – нечеткие подмножества лингвистических переменных, состоящие из термов X_1, X_2 и Y в универсальных множествах E_1, E_2 и E_3, т.е. $\forall x \ A \in E_1,\ B \in E_2$ и $\forall y \ C \in E_3$.

Для терм-множеств входных лингвистических переменных X_1 и X_2 принята гауссовская функция принадлежности [2,5,6]:

$$\mu_i(x) = \exp\left(\frac{-(x_i - c_i)}{2\sigma_i^2}\right), \quad i = \overline{1, n} \qquad (3)$$

где c - координата максимума; σ – коэффициент концентрации, $\mu_A(x): X_1 \to [0,1]; \ \mu_B(x): X_2 \to [0,1].$ После определения формы нечеткой импликации и типа функции принадлежности термов лингвистических переменных, на основе нечеткой аппроксимации между вектором параметра состояния и управляющим воздействием формируется выходной сигнал.

Алгоритм управления УШР на базе ТНЛ. В составлении алгоритма КНЛ был использован алгоритм Мамдани. При программировании по алгоритму Мамдани (зависимость потребляемой мощности реактора от нагрузки линии) для входных (сопротивление нагрузки и ее скорость изменения) и выходных (реактивная мощность реактора) параметров приняты следующие нечеткие терм-подмножества. Для входного параметра Z : ОБ (очень большое), Б-(большое),С (среднее), М (малое), Н (натуральное); для параметра dZ/dt : Max (максимум), Б (большое), С (среднее), М (малое), Н (нуль); для выходного параметра Q_p: Max (максимум), Б (большое), С (среднее), М (малое), Н (ноль).

Значения $T_j(dZ/dt)$ терм-подмножества приняты в интервале (-10÷+10), а лингвистическая переменная «Реактивная мощность» определены в интервале $P = (870 \div 0)MBm$. КНЛ приводит в действие регулирование мощности УШР в зависимости от входных сигналов Z , dZ/dt и реализует 25 нечетких правил типа (2), составленных на основе алгоритма Мамдани.

В табл.1 приведена управляющая матрица-алгоритм мощности УШР в формате нечеткой лингвистической модели «Если – тогда». Антецедентная часть каждой правилы отражает в себе две, а консеквентная часть – одну импликацию.

Таблица 1. Алгоритм-матрица нечеткого управления

dZ/dt / Z	**Н**	**М**	**С**	**Б**	**Max**
Н	М	Н	Н	Н	Н
М	М	М	М	М	С
С	С	С	С	С	Б
Б	С	Б	Б	Б	Max
ОБ	Б	Max	Max	Max	Max

Для дефаззификации, т.е. для перехода из фазы нечетких управляющих сигналов на четкое управляющее воздействие используется центроидный метод [2-5].

Результаты имитационного моделирования. Реализация предложенного алгоритма управления УШР проведена на основе имитационного моделирования, в которой выполнены практические расчеты режима работы УШР мощностью 280 МВА, напряжением 500 кВ, включенных по обеим концам линии протяженностью *L*=300 км. Алгоритм протестирован для электрической сети 500/330 кВ, являющейся частью системы Азерэнержи.

На основе имитационного моделирования нечеткого алгоритма проведены расчетные эксперименты для различных режимов перетока мощности по линии Самух-Гардабани 500 кВ системы Азерэнержи. Полученные профили напряжения для отдельных узлов сети показаны на рис.1, а изменения напряжения в узле Самух на рис.2.

Как видно из рисунков при нечетком управлении УШР в зависимости от перетока, значение напряжения на шинах 500 кВ и 300 кВ обеспечивается в установленных пределах [7]. На рис.3 показаны кривые изменения потерь мощности при управлении в зависимости от передаваемой мощности по линии и от мощности УШР. Как видно из рисунков, при нечетком управлении потоком реактивной мощности потери активной мощности в рассматриваемой сети уменьшаются в пределах от 0,26 до 0,178, т.е. до 31,5%.

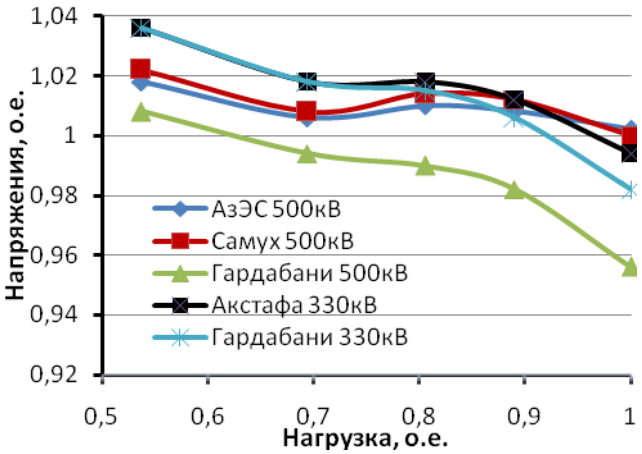


Рис.1. Профиль напряжения для отдельных узлов сети

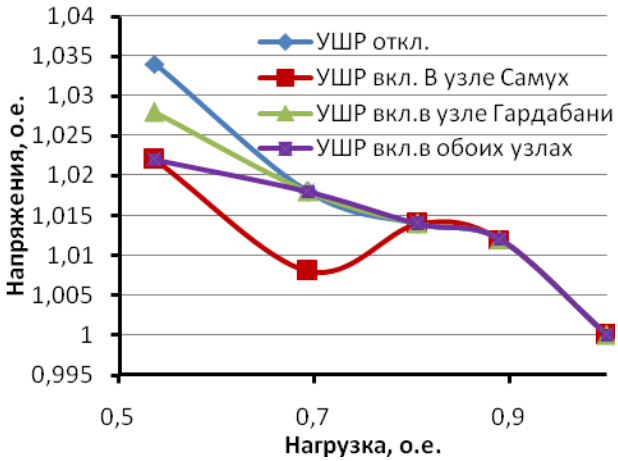
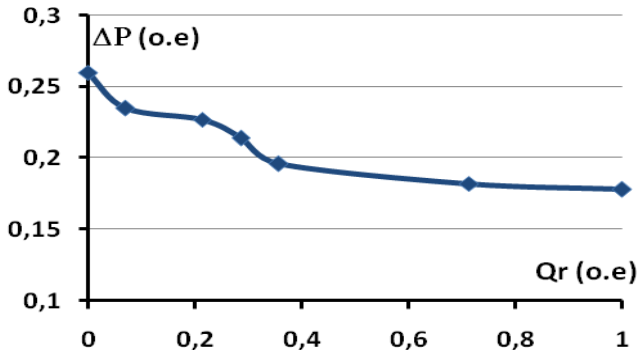
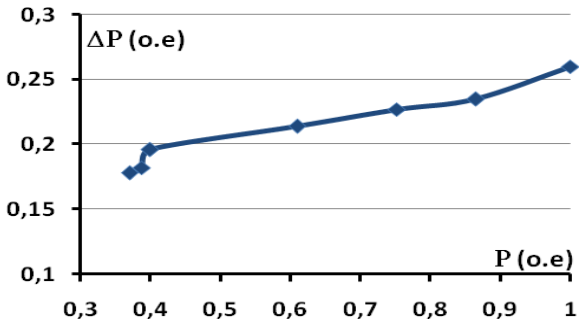


Рис.2. Кривые изменения напряжения в узле Самух



а)



б)

Рис.3. Изменение потерь мощности в зависимости от мощности УШР (а) и от перетока мощности (б)

Выводы. На основе ТНЛ предложен алгоритм управления мощностью УШР, установленных на концах высоковольтной линии в зависимости от значения сопротивления нагрузки. Результаты имитационного моделирования, в виде профиля напряжения и потери мощности, реализующие предложенный нечеткий алгоритм управления УШР, подтверждают эффективность ее применения. При этом напряжения на шинах высоковольтной сети находились в допустимых пределах, а потери мощности от перетока значительно уменьшаются.

Список литературы

1. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий.- М., Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.- 248 с.

2. A.M.Hashimov, H.B.Guliyev, A.R.Babayeva. IJTPE Journal International Journal on Technical and physical problems of engineering (IJTPE), Issue 30, Vol. 9, No. 1, 2017.-pp. 18-22.

3. Bansal R.C. Bibliography on the fuzzy set theory applications in power systems [1994-2001]. //IEEE transactions on Power systems, Volume 18.- November 2003.- pp. 1291-1299.

4. Гулиев Г.Б., Рахманов Н.Р. Регулятор нечеткой логики для управления реактивной мощностью и напряжением в сетях с распределенной генерацией // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, научно-технический журнал. - Москва, №2, 2014.-с.47-52.

5. Zadeh L.A. Fuzzy Sets. Inform. and Control.- 1965, vol. 8, pp.338-353.

6. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М., Мир.- 1976, 178с.

7. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 32144-2013. - М.: Стандартинформ, 2014. - 18 с.

VIII BÖLMƏ
ENERGETIKA MENECMENTİ VƏ MARKETINQ

VIII СЕКЦИЯ
ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ И МАРКЕТИНГ

VIII PART
ENERGY MANAGEMENT AND MARKETING

XİDMƏT SAHƏSİNDƏ İKT-NİN TƏTBİQİ İSTİQAMƏTLƏRİ

Ağayarova A. A.
AMEA İqtisadiyyat İnstitutu

Giriş

Ölkənin sosial-iqtisadi həyatında mühüm rol oynayan informasiya və rabitə sahəsindəki inkişaf, səviyyəsinə görə iqtisadiyyatın digər sahələri ilə müqayisədə daha qabarıq şəkildə nəzərə çarpır. Mövcud informasiya və rabitə sahələrinin intensiv və yüksək səviyyədə inkişafını, yeni xidmət növlərinin, o cümlədən mobil telefon rabitəsinin, internetin ölkəmizdə təşəkkül tapması və genişlənməsi ilə səciyyələndirmək olar.

Bu gün Azərbaycan Respublikasında informasiya-kommunikasiya texnologiyaları (İKT) sahəsindəki fəaliyyət ümummilli lider Heydər Əliyevin müəyyənləşdirdiyi strateji xətt üzrə uğurla davam etdirilir. Onun 2003-cü ildə təsdiq etdiyi "Azərbaycan Respublikasının inkişafı naminə informasiya-kommunikasiya texnologiyaları üzrə Milli Strategiya (2003-2012-ci illər)" bu istiqamətin ölkəmiz üçün vacibliyini və əhəmiyyətini vurğulayan ilk rəsmi sənəd olmuşdur.

Son illər ərzində respublikada rabitə və informasiya texnologiyaları sahəsinin inkişafının sürətləndirilməsi, bu sahə üzrə normativ-hüquqi bazanın təkmilləşdirilərək Azərbaycan Respublikasının tərəfdar çıxdığı beynəlxalq müqavilələrə uyğunlaşdırılması, telekommunikasiya və poçt xidmətləri bazarının daha da liberallaşdırılması və özəl sektorun inkişafı məqsədilə mühüm işlər görülmüşdür. 2004-cü ildə «Poçt rabitəsi haqqında», «Elektron imza və elektron sənəd haqqında», 2005-ci ildə «Telekommunikasiya haqqında», «Elektron ticarət haqqında» Azərbaycan Respublikasının Qanunları qəbul olunmuşdur. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 21 oktyabr 2005-ci il tarixli Sərəncamı ilə «Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnologiyalarının inkişafı üzrə 2005-2008-ci illər üçün Dövlət Proqramı» («Elektron Azərbaycan») təsdiq edilmişdir. Gənclərin yüksək intellektə sahib olması, dünyada baş verən yeniliklərə və elmə malik olması üçün ümumtəhsil məktəblərinin kompyuterləşməsi layihəsi həyata keçirilməkdədir.[1]

Son illər iformasiya-kommunikasiya texnalogiyaları (İKT) ölkənin sosial-iqtisadi inkişafının bütün istiqamətlərində kütləvi şəkildə tətbiq və istifadə olunur. Belə ki, "Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnalogiyalarının inkişafı üzrə 2005-2008-ci illər üçün Dövlət Proqramı"na (Elektron Azərbaycan) uyğun olaraq, dövlət orqanlarının vətəndaşlara və təşkilatlara təqdim etdiyi xidmətlərin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması və onların təqdim olunma müddətlərinin azaldılması, dövlət orqanlarının işinin səmərəliliyinin artırılması məqsədilə müxtəlif məzmunlu layihələr həyata keçirilir. Əhalinin dövlət reyestrinin formalaşdırılması, vergi ödəyicilərinə E-xidmətlərin göstərilməsi, sahibkarlıq subyektlərinin qeydiyyata alınmasının həyata keçirilməsi tələb edilir. "Vahid Pəncərə", elektron sağlamlıq kartı xidməti, gömrük rəsmiləşdirilməsi və nəzarətinin avtomatlaşdırılmış sistemlərinin tətbiqi, daşınmaz əmlakın milli kadastrı və qeydiyyatının şəbəkə informasiya sisteminin, təhsilin idarəolunmasının məlumat sisteminin, internet vasitəsilə ali məktəblərə tələbə qəbulu üzrə xidmət sisteminin yaradılması deyilənlərə əyani misal ola bilər.

Bu nəticələr bilavasitə dövlətin mövcud siyasəti və səmərəli hökumət, biznes, ictimai, beynəlxalq tərəfdaşlıq sayəsində əldə olunmuşdur. BMT-nin İnkişaf Proqramı ilə birgə "E-idarəçilik təşəbbüsü" layihəsi çərçivəsində yaradılan "AzDATACOM" şəbəkəsi ölkənin bütün bölgələrini əhatə edərək idarəetmə, təhsil, biznes və digər sahələrdəki tətbiqlərdə məlumatların yüksək sürətlə

ötürülməsinə imkan verir. Dünya Bankının dəstəyi ilə həyata keçirilən "Maliyyə xidmətlərinin inkişafı" layihəsi poçt sistemində İKT-dən geniş istifadəni, müasir idarəetmə və xidmət üsullarını tətbiqini və vətəndaşlara maliyyə, bank xidmətləri göstərməsini təmin edir.

Azərbaycanda yüksək texnoloji tutumlu və rəqabətqabliyyətli iqtisadiyyatın qurulmasında İKT-nin rolunu gücləndirmək, infrastrukturun modernləşdirilməsi, sahə üzrə iqtisadi-təşkilati islahatların aparılması, mühüm əhəmiyyət kəsb edir.E-imzanın tətbiqi üçün Milli Sertifikat Xidmət Mərkəzinin və Milli

Superkompyuter Mərkəzinin yaradılması, e-hökumətin formalaşdırılması üçün müxtəlif layihələrin həyata keçirilməsi məsələləri artıq reallığa çevrilmişdir. Azərbaycan Qafqazın ilk peyk operatorudur və "Azerspace-1 telekommunikasiya-peyki vasitəsi ilə" teleradio yayım və telekommunikasiya xidmətlərinin göstərilməsi, hökumət və korperativ müştərilərin tələblərinə cavab verən yüksək etibarlı rabitə şəbəkələrinin təmin edilməsi istiqamətində fəaliyyət göstərməkdədir. "Azerspace-1"peykinin əlverişli orbital mövqedə (46^0 Şərq uzunluğu) yerləşməsi, "Azərkosmos" ASC-nin operativliyi buna zəmin yaradır. Mərkəzi Asiya, Avropa, Afrika və Yaxın Şərqdə yerləşən 50-dən artıq ölkəni birləşdirən kosmik məkanda "Azerspace-1"peykının rolu əvəzedilmədir.

Hazırda, Azərbaycan, türk, ingilis, gürcü, fars, əfqan və digər dillərdə 121 televiziya kanalı yayımlanır ki, bunun da 108-i əcnəbi, 13-ü yerli kanal, eləcə də 20 radio kanalın yayımlandığı "Azerspace-1" peyki regionda kifayət qədər tanınıb. Qonşu dövlət olanTürkiyə kanallarının bu peyk vasitəsi ilə keçidi buna sübütdur. 2014-cü ilin dekabr ayından etibarən "Azərkosmos" sayca ikinci, təyinatına görə yüksək ayırdetməli Yer səthinin məsafədən müşahidə peyki olan "Azersky"-ın idarəçiliyini təhvil almışdır. Bununla da Geo-İnformasiya xidmətləri daxil olmaqla Yer səthinin məsafədən müşahidəsinin kommersiya fəaliyyətinə başlanmışdır.

Bütün dünyada olduğu kimi, Azərbaycanda da "İnternet" iqtisadiyyatının inkişafı mühüm rol oynayır. Belə ki, məhz internet iqtisadiyyatı yeni istifadə və iştirak mühitlərinin yaradılmasına, məhsuldarlığın artırılmasına, rəqiblər üzərində strateji üstünlüyün əldə olunmasına, tərəfdaşlarla münasibətlərin möhkəmləndirilməsinə, informasiya resurslarından optimal istifadəyə və bütövlükdə cəmiyyətin rifahının yaxşılaşdırılmasına şərait yaradır.

Bütün bu məqsədlərə çatmaq və nəzərdə tutulan işləri sistemli şəkildə həyata keçirmək üçün "Azırbaycan Respublikasında informasiya cəmiyyətinin inkişafına dair 2014-2020-ci illər üçün Milli Strategiya" hazırlanmışdır. Ölkədə rəqabətədavamlı və yükəsk ixrac potensiallı, innovativ İKT sənayesinin inkişaf etdirilməsi məqsədi ilə Azərbaycan Prezidentinin müvafiq sərəncamı ilə Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin tabeliyində "İnformasiya Texnologiyalarının İnkişafı Dövlət Fondu" və"Yüksək Texnologiyalar Parkı"yaradılmışdır. Bu yeni qurumlar ölkə iqtisadiyyatının güclənməsinə, xarici investisiyaların cəlb edilməsinə, İKT məhsullarının, xidmətlərinin və formalarının genişlənməsinə, innovativ təşəbbüslərə maliyyə dəstəyi vermək istiqamətində mühüm rol oynayırlar. [2]

İT vasitələrindən istifadə etməklə "Elektron Hökumət"in formalaşdırılmasınaölkədə ciddi diqqət yetirilir.Ölkədə "elektron hökumət"in zəruri infrastrukturları yaradılmışdır. "Elektron hökumət" portalı artıq fəaliyyət göstərir, dövlət orqanlarının informasiya sistemləri arasında xüsusi infrastruktur vasitəsilə informasiya mübadiləsi aparılır, elektron imzanın istifadəsi üçün infrastruktur və sertifikat xidmətləri mərkəzləri yaradılmışdır. Nəticədə e-imzanın tətbiqi genişlənir. Hazırda "Elektron hökumət" portalına qoşulmuş dövlət qurumlarının elektron xidmətləri "bir pəncərə" prinsipi əsasında əhaliyə təqdim edilir. "Elektron hökumət" portalı haqqında "Əsasnamə"inin təsdiq edilməsi və elektorn xidmətlərin genişləndirilməsi ilə bağlı tədbirlər barədə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 5 fevral 2013-cü ildəki Fərmanı bu sahədə aparılan işlərə xüsusi təkan vermişdir.

Qeyd edilənlərlə yanaşı, vətəndaşlara xidmətlərin daha keyfiyyətli, rahat, vahid məkandan və müasir innovasiyaları tətbiq etməklə həyata keçirilir. Dövlət orqanlarının informasiya bazalarının qarşılıqlı inteqrasiyası, elektron xidmətlərin təşkili prosesini sürətləndirir.Bu sahədə idarəetmə sisteminin təkmilləşdirilməsi məqsdəi ilə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2012-ci ildəki Fərmanı Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Vətəndaşlara Xidmət və Sosial İnnovasiyalar üzrə Dövlət Agentliyi və onun tabeliyində "ASAN xidmət" mərkəzləri yaradılmışdır. Həmin mərkəz dövlət orqanları tərəfindən göstərilən xidmətlərin vahid və əlaqələndirilmiş formada həyata keçirilməsini təmin edən qurumdur.[3]

Asan xidmət mərkəzlərinin fəaliyyəti operativlik, şəffaflıq, nəzakətlilik, məsuliyyət və rahatlıq prinsipləri əsasında məqsədlərə çatmaq üçün yaradılmışdır.

Beləliklə "Elektron Hökumət" portalının tətbiqinin genişləndirilməsi üzrə aparılan intensiv fəaliyyətə görə hazırda BMT-nin "Elektron Hökumət"ininkişaf səviyyəsinə görə reytinqində Azərbaycanın 193 ölkə arasında 28 pillə irəliləyərək, 68-ci yerdə bərqərar olub. Hazırda "Elektron Hökumət" portalına ölkənin 46 mərkəzi icra hakimiyyəti orqanı qoşulub, portalda təqdim edilən xidmətlərin sayı 405-ə çatıb.

İnformasiya və rabitə sahəsində həyata keçirilən sistemli tədbirlər nəticəsində son 10 ildə göstərilən xidmətlərin həcmi də əsaslı şəkildə artmışdır. Belə ki, 2005-2015-ci illərdə əhaliyə, fiziki
və hüquqi şəxslərə göstərilən rabitə və informasiya xidmətlərinin həcmi 3,4 dəfə; o cümlədən rabitə xidməti-3,1 dəfə; informasiya xidmətləri isə-6,9 dəfə artmışdır [4].

Rabitə xidmətlərinin təsnifatı üzrə artmasına nəzər yetidikdə aydın olur ki, qeyd edilən illər ərzində internet xidməti 14,2 dəfə; DATA xidməti-11 dəfə; şəhər-kənd telefon və mobil telefon rabitəsi xidmətlərinin hər birinin həcmi 2,9 dəfə; sənədli elektron rabitəsi-2,3 dəfə; şəhərlərarası telefon rabitəsi 106,1%, digər xidmətlər isə -31 dəfə artmışdır.

İnformasiyya və rabitə xidmətləri, faktiki qiymətlərlə, min manat

Cədvəl 1.

Göstəricilər	İllər						2005-2015-ci illərdə artım tempi
	2005	2010	2012	2013	2014	2015	
Cəmi	480812	1179641	1439714	1528062	1623550	1641222	3,4 dəfə
Ondan: Rabitə xidmətləri	443168	1087780	1283358	1341800	1389262	1379407	3,1 dəfə
O cümlədən: Sənədli elektirik rabitəsi	267	636	610	611	544	617	2,3 dəfə
Şəhərlərarası telefon rabitəsi	108774	170407	231194	195769	152478	115359	106,1%
Şəhər-kənd telefon rabitəsi	22658	53044	54890	56823	62015	67341	2,9 dəfə
Mobil telefon rabitəsi	295518	785413	872828	908262	915249	873396	2,9 dəfə
Internet (genişzolzqlı daxil olmaqla)	8636	42322	86326	98431	110884	122018	14,2 dəfə
DATA xidməti	1419	8482	11687	17018	18308	15602	11 dəfə
Digər xidmətlər	5896	27476	25823	64886	129784	185074	31,4 dəfə
Informasiya xidmətləri	**37644**	**91861**	**156356**	**186262**	**234288**	**261815**	**6,9 dəfə**
O cümlədən nəşriyyat fəaliyyəti	14257	15958	18448	21696	29164	25900	181,1%
Proqramın tərtib edilməsi,radio və televerlişlərin translyasiya edilməsi	8074	27530	44621	56041	60497	57319	7,1 dəfə
Proqram təminatının işlənməsi, bu sahədə məsləhətlər	9856	19238	35275	47722	69497	91345	9,3 dəfə
Digər xidmətlər	5457	29135	58012	60803	75130	87251	15,9 dəfə

Azərbaycanın Statistik Göstəriciləri. Bakı "DSK", 2016, s596

İnformasiya xidmətlərinin tərkibində proqram təminatının işlənməsi-9,3 dəfə; proqramların tərtib edilməsi, radio və televerlişlərin translyasiya edilməsi-7,1 dəfə; nəşriyyat fəaliyyəti-181,1% digər informasiya xidmətlərinin həcmi isə-15,9 dəfə çoxalmışdır.

Aparılan təhlil və araşdırmalardan göründüyü kimi, rabitə xidmətlərinin yaxşılaşdırılması, insanların rabitə xidmətlərinə çıxışının süətləndirilməsi, asanlaşdırılması istiqamətində ardıcıl addımlar atılmaqdadır. Artıq bir sıra xidmətlər birbaşa təmas olmadan, virtual şəkildə göstərilir. Bu isə sahənin inkişafını ifadə edir. Bununla belə, rabitə xidmətləri və İKT təminatında problemlərdə mövcuddur. Xüsusi ilə regionlarda internetə çıxış imkanlarının aşağı olması İKT avadanlıqları ilə təminatda çatışmazlıqlar və s. problemlərdə mövcuddur.

Beləliklə, son 10 ildə rabitə və informasiya sferasında yeni xidmət növləri və formalarının geniş tətbiqi ölkənin sosial-iqtisadi inkişafına öz tövhələrini vermişdir. Bununla belə, qloballaşma prosesinin geniş vüsət aldığı şəraitdə daha mütərəqqi xidmət növlərinin və formalarının tətbiqinə nail olmaq lazımdır.

Rabitə və informasiya sahəsində əldə edilən yüksək naliyyətlərə baxmayaraq, "Azərbaycan 2020: gələcəyə baxış" inkişafKonsepsiyasında da qeyd edildiyi kimi, qarşıdakı illərdə də informasiya və rabitənin infrastrukturunun inkişafı, ölkə əhalisinin bütün təbəqələrinin müasir elektron xidmət imkanlarının genişləndirilməsi, bölgələrdə İKT-nin tətbiqinin genişləndirilməsi zəruridir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. I. Məmmədov. İnformasiya texnologiyaları qeyri-neft sektorunda ən prioritet sahəyə çevrilmişdir. / Xalq qəzeti, 26 sentyabr, 2014, səh 5.
2. V. Zeynalov . Rabitə və yüksək texnologiyalar sahəsində doqquz ayın nəticələri ugurludur. // Xalq qəzeti, 7 noyab, 2014, səh. 4.
3. Vəliyev Y.A. İnformasiya və rabitə xidmətlərinin genişləndirilməsi məsələləri // Azərbaycan qəzeti, 5 aprel, 2016, səh.3
4. www.stat.gov.az
5. A.M.Əsədov, Ə.M.Əsədov. "Elektron xidmətlərin təşkili:reallıqlar və perspektivlər". Dərs vəsaiti, Bakı, "Avropa" nəşriyyatı, 2017,192 səh

NEFT SƏNAYESİNDƏ SƏMƏRƏLİ İDARƏETMƏ SİSTEMİ KİMİ İNTEQRASİYA OLUNMUŞ İNFORMASİYA SİSTEMİNİN (BPM) TƏTBİQİ

Eminbəyli I.
Iqtisadiyyat institutu AMEA

Bu gün qeyri-neft sektorunun inkişaf etdirilməsi Azərbaycan iqtisadi siyasətinin prioritet istiqaməti seçilməsinə baxmayaraq, neft sənayesi hələ də Azərbaycan iqtisadiyyatının aparıcı qüvvəsi olaraq qalır və müasir idarəetmə texnologiyalarını aktiv tədbiq edir.

Dünya böhranı və enerji daşıyıcılarının, əsasən də neftin qiymətinin aşağı düşməsi neft sənayesinin "savadlı" idarəedilməsini tələb edir. Bu isə müasir informasiya texnologiyalarının tədbiqi olmadan mümkün deyil.

Neft sənayesi köklü dəyişikliklər dövründədir. Ona görə də bir çox neft şirkətləri öz investisiya cəlb ediciliyini artırmağa, xərclərin azaldılmasına və biznesin şəffaflığına çalışırlar. Bunun üçün isə informasiya texnologiyalarının köməyindən istifadə edirlər və şirkətlər informasiya dalğasını keçirlər. Bu keçid zamanı Neft şirkətlərinin çoxu SAP şirkətinin proqram təminatlarından istifadə edirlər və ERP-sisteminin tədbiqinə diqqət edirlər. SOCAR da bu proqramlardan istifadə edir. Lakin bu proqram təminatı bütün sahələri (biznes-prosesləri) əhatə edə bilmir.

Azərbaycanın neft sənayesində SAP HANA (High-Perfomance Analytic Appliance) platformasını tətbiqi

SOCAR Orta Asiya regionunda SAP ERP tətbiq edən ilk şirkətlərdəndir. SOCAR ilk olaraq SAP HANA (High-Perfomance Analytic Appliance) platformasını həyata keçirdi (məlumatların saxlanılması və emalının yüksək istehsalı Nevv SQL platformasıdır).

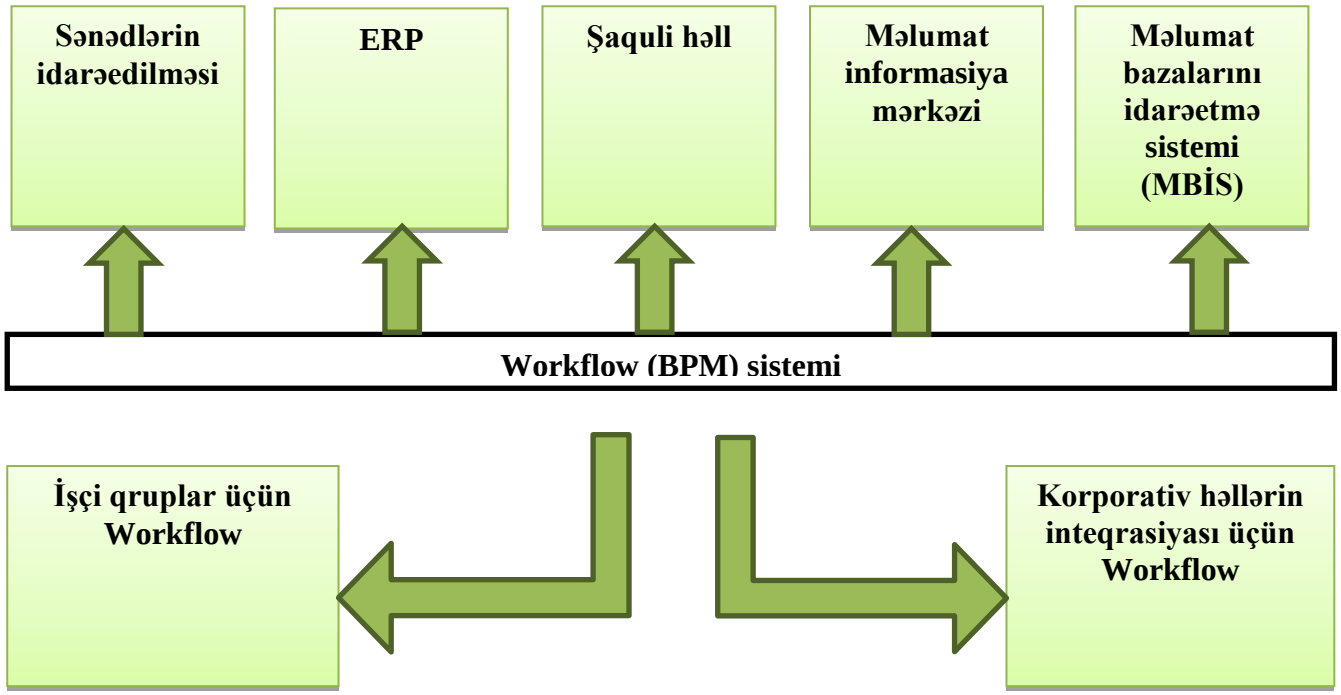
SOCAR şirkəti 2010-cu ildən avtomatlaşdırılmış mühasibat sistemini (SAP ERP) tam tətbiq etmişdir. Bu muhasibatın avtomatlaşdırılmasından sonra SAP ERP şirkətinin struktur bölmələrinə tətbiq edilməyə başlanmışdır. Bu qlobal layihə daxilində "Azərikimya" istehsal birliyinin və digər müəssisələrin mütəxəssisləri xüsusi kurslara cəlb edilmişlər.

Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti (SOCAR) Azərbaycan iqtisadiyyatında böyük paya malikdir. Şirkətin iş keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün hesabatların hazırlanması vaxtının azaldılması, maliyyə nəzarətinin güçləndirilməsi və şəffaflığın təmin edilməsi, biznes-proseslərin standartlaşması və avtomatlaşdırılması lazımdır. Digər tərəfdən real vaxt rejimində düzgün qərar vermək üçün etibarlı informasiya alınmalı, təchizatçılar və müştərilərin nəzarəti həyata keçirilməli, insan resursları prosesləri nizamlanmalı, təhlükəsizlik, proqnozlaşdırma və pul axınlarının idarə edilməsi, ödənişlərin nəzarəti, bank sistemləri ilə qarşılıqlı fəaliyyət və s. idarəetmə məsələləri həyata keçirilməlidir.

Bu məsələlərin həlli üçün SOCAR-da ilkin mərhələdə SAP şirkətinin digər proqramları planlaşdırılmış və tətbiq edilmişdir: SAP Fİ (maliyyə ucotu), SAP HR (insan resurslarının idarə edilməsi), SAP MM (maddi ehtiyatların idarə edilməsi), SAP SD (satışın idarə edilməsi), SAP FSCM (maliyyə axınlarının idarə edilməsi), SAP GRC (risklərin və xariçi tənzimləyiçı normativ tələblərə uyğunlaşmanın idarə edilməsi). [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

SAP modullarının tətbiqi ilə hesabatların hazırlanması müddəti 20 gün azaldılmışdır, hazırlanan hesabatlar lazımı səviyyəni əldə etməyə və məhsul ehtiyatları dövriyyəsini optimallaşdırmağa imkan verir. Əməkhaqqının hesablanması 5 günə kimi azaldılmış, əməkhaqqının hesablanmasının standartlaşma prosesi vəsaitlərinin qənaətinə gətirilmiş, sistemdə risklərin təhlili və ləgv edilməsi aparılmışdır. Bütün əməliyyatlar şəffaf və nəzarət ediləcək oldu.

"SAP Business Objects Risk Management və SAP Business Objects Access Control" – risklərin idarə



Şək. 1. Workflow (BPM) sistemi vasitəsi ilə biznes-proseslərin sərhədləri daxilində inteqrasiya
Mənbə: [1]

edilməsi və xarici tələblərə uyğunlaşma üzrə proqram təminatıdır. Bu modullar səlahiyyətlərin idarə edilməsinə xərclərin azaldılmasına, şirkətin strategı planlaşdırılması zamanı xarici və daxili mühitin təsirinin və şirkətin stabilliyi problemlərinin vaçibliyi məsələlərinin başa düşülməsinə gətirdi.

Sonra SOCAR "SAP Business Objects planninq and Consolidation" modullarını tətbiq edib. Bu modullar birləşmiş hesabatların proqnozlaşdırılmasına hazırlıq, planlaşdırma və büdcə məqsədi üçün tətbiq edilən funksiyaların inkişafını təmin edir. Bu modulların tətbiqi ilə SOCAR MDB ərazisində ən böyük proqram istifadəçisi olmuşdur. Verilən modulların tətbiqi biznes-həllərin qəbulu üçün xarici və idarəetmə hesabatlarının hazırlanma vaxtını azaltmışdır.

SOCAR digər mərhələdə SAP əsasında inkişaf proqramının həyata keçirilməsini davam etdirir. Şirkətin səmərəliliyini artırmağa imkan verən modullara aiddir: SAP ECM (korporativ informasiyanın idarə edilməsi), SAP APO (təchizat zənçirinin idarə edilməsi), SAP İS OİL Donnst ream və s.

2012-ci ildə SOCAR, şirkətin korporativ funksiyalarının avtomatlaşdırılmasından istehsal proseslərinin səmərəliliyinin artırılmasına başladı və digər modulları tətbiq etdi:

- istehsalın planlaşdırılması və qeydiyyatı (SAP PP);
- xam neftin ilkin emalı və ona nəzarətin idarə edilməsi (SAP PM);
- avadanlığın texniki xidməti və təmiri proseslərinin və investisiyanın idarə edilməsi (TOPO);
- layihələrin idarə edilməsi (SAP PS);
- keyfiyyət (SAP QM);
- materiallara tələbatın planlaşdırılması (SAP MM).

2013-cü ildə əvvəl tətbiq edilən SAP Fİ, SAP CO və SAP BPC modullarını inkişaf etdirdi. SOCAR və PWC (konsaltinq-audit şirkəti) şirkətlərinin ekspertləri SAP-ın dəstəyi ilə əməli qərar vermə üçün verilənlərin dəqiqliyini artırma sisteminin işə salınmasını hazırladılar.

SOCAR, Azərbaycan dövlətinin onun qarşısında qoyduğu məsələlərə uyğun olaraq SAP ERP bazası əsasında strategı artım məqsədinə çatmağa əsas yaratmışdır.

SAP ERP – real vaxt rejimində səmərəli idarəetmə proqramıdır. SAP ERP tətbiqinin əsas məqsədi cox funksiyalı avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemidir. SAP proqram təminatı SOCAR-ın biznes prosesinin şəffaflığının və səmərəliliyinin yeni səviyyəsinə keçməyin əsasını qoydu. Bu biznesin inkişaf etdirilməsinə, xarici investorların cəlb edilməsinə, ölkə üçün strateji əhəmiyyəti olan böyük layihələrin həyata keçməsinə əlverişli şərait yaradılmasına əsas oldu.

SAP proqramının tətbiqinin nəticəsi əsasında SOCAR maliyyə hesabatlarına beynəlxalq standartları

tətbiq etdi, əsas biznes-proseslərin qurulması üzrə öz sinfində sahə standartlarını mənimsədi.

Hələ 2007–2008-ci illərdə SOCAR əsas biznes-proseslərin avtomatlaşdırılması layihəsinə başlamışdır. Bu gün SOCAR, kompleks informasiya sisteminin inkişafının yeni mərhələsindədir: tətbiq edilən modulların funksianallığını genişləndirir, şirkətin bütün filiallarını vahid İT-platformasına keçirir. İstehsalın planlaşdırılması (PP), təmirin planlaşdırılması (PM), investisiya layihələrinin planlaşdırılması və nəzarəti (PS) və keyfiyyətin idarə edilməsi (QM) modulları tam gücü ilə işə salınıb. Əsas olaraq istehsal proseslərinin idarə edilməsi sahəsində innovativ addım atılmışdır. Bu addımı dünyada bir neçə şirkət atıb.

SAP UOM sahə həlli əsasında neft istehsalının avtomatlaşdırılması sisteminin yaradılması üzərində işə başlamışdır. SAP Service and Support mütəxəssisləri SOCAR mərkəzi aparatında və 9 neft istehsalı idarəsində tətbiq edirlər. SAP UOM həlli ERP sistemi və SOCAR sahə məlumat bazası ilə birləşdiriləcək. SOCAR sahə məlumat bazasında 40-cı ildən başlayaraq fəaliyyət göstərən guyular haqqında informasiya yerləşir.

SAP UOM tətbiqi ilə neft və qaz hasilatı daha proqnozlaşdırılan olacaq, neft hasilatı və istehsalı prosesində itkilər və bu itkilərin riski 80% azalacaq. SAP UOM tətbiqinə qədər 50%-dən çox informasiya telefonla ötürülür, ölçmələr və hasilatın praktiki həcmi haqqında məlumat kağız üzərində qeyd edilirdi. Hesabatların hazırlanmasına 10-30 gün vaxt sərf edilirdi. Hasilat prosesi və təmir qrafikinin vahid şəklini almaq, hər quyunun fəaliyyət tarixini əldə etmək mümkün deyildi.

SAP UOM – güclü texnoloji platformadır. Onun tətbiqi ilə quyularda ölçmələrin qeydiyyatı bir neçə üsulla mümkün olacaq: mobil qurğularda, informasiya sisteminin məlumatları əsasında avtomatik və ya əl ilə məlumatların daxil edilməsi. Bu modul quyu fondunun əməli idarə edilməsinə, materiallara tələbatın formalaşmasına, istehsalın nəzarətinə imkan verəcək. Rəhbərlik istənilən anda mobil qurğular vasitəsilə hasilat haqqında hesabat ala bilər, bu da qərar qəbulunun operativliyini və dəqiqliyini artırır. Bu sistem əsas proseslərin monitorinqini aparmağa imkan verəcək. Dünya neft şirkətləri arasında SOCAR innovativ texnologiya olan SAP UOM modulunu tətbiq edəcək ilk şirkətlərdəndir.

Bu gün mobil platformaya keçid SOCAR-ın innovativ texnoloji uzunmüddətli strategiyasının əsasını təşkil edir. SAP proqram təminatını dünyanın qabaqcıl neft şirkətləri istifadə edir. Bunlardan TOTAL, BP, STAT OİL misal gətirə bilərik. Bunlar SAP üçün strateji vaçib müştəri, SOCAR üçün isə biznes-tərəfdaşıdır.

SOCAR öz fəaliyyətində "bulud" texnologiyasına keçir. "Bulud" texnologiyası biznesin səmərəliliyini artırmaq üçün müasir informasiya texnologiyalarının istifadəsidir. Bu texnologiya hamının ümümi resurlardan istifadə etməsinə yönəlir. Gartner şirkətinin hesabatına görə "bulud" texnologiyası ERP bazasında yaxın 5 il ərzində əsas istiqamət olacaq.

Gartner analitikləri gəlirin 10 milyon dollardan 10 milyard dollara qədər olan Şimali və Latın Amerikası, Avropa ölkələri, Yaxın Şərq və Afrika, Sakit okean regionları ölkələri şirkətləri arasında sorğu aparmışdır. Sorğunun nəticələri cədvəl 1-da verilib.

Cədvəl 2

"Bulud" texnologiyasına keçid üzrə sorğunun nəticələri

	%	Şirkətin növü
Yaxın 5 il ərzində keçir	47	adminstrativ funksiyalı (HR, maliyyə, təchizat)
Keçmir	30	istehsalat

Sorğuda iştirak edən 85% şirkət "bulud" texnologiyasından istifadə etmir. İstifadə etməyən şirkətlərin 45%-nin bu texnologiyadan heç xəbəri yoxdur, 30%-i isə informasiya təhlükəsizliyi riski olduğundan narahatdır. Olan məlumatlara görə "bulud" texnologiyası tətbiqindən 54% şirkət 0-40% qənaət, 2% şirkət 80% qənaət əldə etmişdir. [5]

İlkin olaraq SOCAR korporativ "bulud" yaradılır. Əsas informasiya sistemi əsas ofisdə, SOCAR informasiya texnologiyaları departametində yerləşdirilir və 130 idarəyə korporativ "bulud" təqdim edilir. "Bulud" texnologiyasının çatışmazlığı məlumatın saxlanılmasının etibarsızlığı və İnternetdən asılılıqdır.

SOCAR böyük şirkət olaraq 15 ölkədə fəaliyyət göstərir. Adətən tətbiq prosesi bir neçə mərhələdən ibarətdir: metodologiyanın auditi və işlənməsi, sistemin yaradılması və qurulması, test buraxılışı, işə düşmə, çoxaldılma.

Bu gün SAP ilə SOCAR–ın 2,5 min mütəxəssisi işləyir və əl əməliyyatları azaldılıb. SAP təmini ilə səhv etmə riski azaldılıb, müasir sahə standartlarına keçilib.

Aparılan işlərə görə SOCAR Fitch Ratings, Moody's və "Standard and Poor's" dünya reytinq şirkətlərində "BBB - / Stabil", " Ba1 / Stabil" reytinqinə malik olub.

Neft-qaz sektorunun və neft-kimya sənayesinin modernləşdirilməsi sərhədlərində ARDNŞ-ın 2025-ci ilədək kompleks perspektiv inkişaf planı yaradılmışdır. SOCAR formalaşması və inkişafının informasiya texnologiyaları strategiyasını dövlətin enerji səmərəlilik siyasətinə istiqamətlərini və muasir İT- idarəetmə

alətlərinin istifadəsini genişləndirməyə yönəldib.

SOCAR SAP S/4 HANA platformasına keçidi planlaşdırır. Müasir dövrdə məlumat həcmi artır, İT məlumatın alınması, emalı və təhlilini maksimum sürətləndirməyə yönəldir. Memory SAP HANA platforması buna imkan verir. SAP S/4 HANA biznesi idarəetmə prosesini inkişaf etdirərək onu sadələşdirir. SOCAR-da SAP həllinin funksianallığının 20-30%-i təhlükəsizlik sisteminə düşür.

Texnoloji birləşmənin avtomatlaşdırılması prosesi

Müasir dövrdə neft şirkətlərinin əksəriyyətində uçot məsələləri həll edilib və ya da həll edilmə ərəfəsindədilər. Lakin biznes-proseslərin idarəetmə sisteminin qurulması məsələləri hələ həll edilməlidir. Biznes-proseslərin idarəedilməsi üçün Business Process Management (BPM) sinfinə aid ixtisaslaşdırılmış sistemlər var. Ümumi halda BPM sinifli sistemini iş (workftow) axının idarəetmə sistemi kimi müəyyən etmək olar. BPM sistemi sərhədlərində biznes-prosesin məqsədinə əsasən müxtəlif məsələlər ciddi müəyyən edilmiş anda (zamana və ya vəziyyətə görə) həll üçün insanlara və ya proqram əlavələrinə yönəldilir.

Bir tərəfdən BPM-sistemi tez bir zamanda avtomatlaşdırılmış prosesləri yaratmağa və tədbiq etməyə imkan verən quruluşdur. Bu əsasən restrukturizasiya şəraitində vacibdir. Bu dövrdə yeni reqlamentlərin yerinə yetməsinin dəqiqliyinə və dürüstlüyünə təminat verən informasiya mühitinin yaradılması üçün çevik alət lazım olur. Digər tərəfdən BPM sinif sistemləri qeydiyyat və ERP-həll imkanlarını tamamlayır, şirkətin keçid proseslərinin dəqiq və vaxtında yerinə yetirilməsinə təminat verir. Bir çox şirkətlər üçün belə proseslər çox mürəkkəb və müxtəlifdir.

Neft sənayesində belə prosesə misal texniki birləşmə, avtomatlaşdırma prosesini göstərə bilərik. Bu prosesləri BPM (workflow) sinif sistem platformasında yerinə yetirmək daha səmərəlidir.

Workflow-iş axınlarının və onun vasitəsi ilə biznes-prosesləri idarəetmə kimi qəbul edilib. Workflow Management Coalition (WfMC) beynəlxalq təşkilatı bu prosesi belə açıqlayır: ”Workflow-lazımi fəaliyyəti yerinə yetirmək üçün prosedur qaydalara uyğun olaraq sənəd, informasiya və ya məsələ bir iştirakçıdan digərinə ötürən biznes-prosesin tam və ya hissəvi avtomatlaşdırılmasıdır”[2]. Bu prosesin əsas xüsusiyyətlərinə aiddir: yerinə yetirmənin yuxarı tezliyi (qoşulma ya sorgu çoxluğu), müxtəlif İT-həlli olan bir neçə funksional bölmənin prosesində iştirak, yerinə yetmə alqoritminin mürəkkəbliyi, razılaşmaların sayının çoxluğu və s. Bu xüsusiyyətlərdən irəli gələrək deyə bilərik ki, bu prosesin idarəedilməsi üçün BPM-sistemindən istifadə etmək lazımdır.

Texniki birləşmə prosesini açıqlasaq, görərik ki, bu aşağıda verilən funksiyaları yerinə yetirən mürəkkəb məntiqə malik prosesdir:

-birləşməyə sorğuların ilkin emalı;
-birləşməyə sorğuların qeydiyyatı;
-məlumatın tamlığının təhlili;
-texniki imkanların müəyyən edilməsi;
-müqavilə layihəsinin hazırlanması;
-müqavilənin yoxlanılması və göndərilməsi; müqavilənin razılaşdırılması;
-müqavilənin imzalanması; müqavilənin qeydiyyatı;
-pul vasitələrinin çatmasının yoxlanılması;
-enerji qənaəti layihəsinin müəllifi ilə razılaşma;
-mütəxəssislər tərəfindən texniki şərtlərin yoxlanılması;
-birləşmə qurğularının texniki baxışında iştirak;
-texniki birləşmə üzrə aktın təşkili;
-təhvil-təslim aktının təşkili.

Funksiyaların tərkibindən göründüyü kimi BPM–sistemi bu prosesin idarəedilməsi üçün səmərəli alət ola bilər. Bu prosesin yerinə yetməsi üçün çoxlu informasiya sistemləri istifadə edilir. Burada həm CRM-sistemi (Customer Relationship Management-müştərilər haqqında məlumat saxlayan), uçot sistemi (maliyyə hərəkətliyini təmin edən), müqavilələrlə iş var. Təcrübədə az hallarda bir-biri ilə inteqrasiya edilir. Bu inteqrasiya prosesdə çoxlu sayda informasiya kəsiyi əmələ gətirir. Bu da vaxt və xərc tələb edir. BPM-sistemini istifadə etməklə biznes-prosesin avtomatlaşdırılması sərhədlərində bütün istifadə edilən sistemlərin inteqrasiya məsələlərinin həlli kompleks İT-həll yaratmağa imkan verir.

Texniki birləşməyə oxşar biznes-proses telekommunikasiya sahəsində də var və müştərilərlə birləşmə prosesi adlanır. Neft şirkətlərindən fərqli olaraq telekommunikasiya şirkətlərində avtomatlaşdırmada BPM-sistemlərindən istifadə edillər. Bu onunla əlaqədardır ki, telekommunikasiya şirkətləri çoxdan yüksək-rəqabətli mühitdə işləyirlər və orada birləşmə sürəti çox vacibdir. Neft sənayesində vəziyyət fərqlidir. Daha yumşaq rəqabət mühitinə baxmayaraq neft sənayəsi BPM-sistemini istifadə edərək verilən prosesin avtomatlaşdırılması işini aparır.

Əsas məqsəd - əməli xərclərin azaldılması və icra intizamının qaldırmasıdır. BPM –sisteminin müsbət xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onun köməyi ilə müxtəlif proseslərin avtomatlaşdırılmasını yerinə yetirmək mümkündür. Neft sənayesində BPM-sistemi vasitəsi ilə avtomatlaşdırılan proseslərdən biri də kodlaşdırma və hesab-fakturanın təsdiq edilməsidir.

Bu prosesə BPM-sisteminin tədbiq edilməsinin vacibliyi və səmərəsi, onun yüksək tezlikli və "ciddı" alqoritmli olmasındadır.

Kanadanın Kalqarı şəhərində yerləşən, ABŞ-ın 29 ştatında, 3 Kanada əyalətində Böyük Britaniyada qurğuları olan "Calpina Canada" şirkətinin biznes-sistemlərin inteqrasiya meneceri Steve Oracheskinin sözlərinə görə: "Calpina Canada texnologiyanın nəticələrinin istifadəsi və istehsal proseslərinin artırılmasına innovativ yanaşma, administrativ xərclərin azaldılması və informasiyanın sistemləşdirilməsi sahəsində boyük təcrübəyə malikdir. BMP-sistemi bizə məqsədlərimizə çatmaqda böyük dəstək idi"

Bu keyfiyyət menecmenti sisteminin tədbiqi (məsələn, İSO9000 standartı əsasında) - keyfiyyət menecment sisteminin dəstəklənməsi, əməli səmərənin artırılması xidmətinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üsullarından biridir. Bu yolla iqtisadiyyatın müxtəlif sahələri üzrə bir çox şirkətlər hərəkət edirlər. Neft sənayesi də bunlardan biridir. Neft sənayesinin prioritet məsələlərindən biri - keyfiyyət standartlarının tədbiqidir. Azərbaycanda elektron sənəd dövriyyəsinin olmasına baxmayaraq, hələ də bəzi sahələrdə işlər kağız üzərində aparılır, bu isə məlumat itkisinə və səhvlərin olmasına gətirir. Keyfiyyət menecmenti sisteminin dəstəklənməsi üçün BPM-sisteminin istifadəsi bu problemlərdən qaçmağa imkan verir. Buna misal BPM-sistemini xarici neft şirkətində realizə edilən məhsulun keyfiyyətinə nəzarət üçün istifadə etmək olmasıdır. İşçi keyfiyyətsiz nəticəli iş gördükdə proses BPM-sistemində qeydə alınır. Sonra işçi lazımı keyfiyyətsiz məhsul üzrə məlumatı BPM-sisteminə daxil edir. Bu anda məlumat avtomatik yoxlanılır. Digər mərhələdə keyfiyyətə cavab verən şöbə baş verən halı qəbul edir və alınan məlumata riayyət edir.Bu halda keyfiyyət şöbəsinin nümayəndəsi keçmişdə bu halla əlaqəli baş verən halları axtarır. Alınan məlumatdan istifadə edərək o işin qiymətləndirilməsi barədə qərar qəbul edir. İşin "mənfi" olması qəbul edilirsə, keyfiyyətə cavab verən şöbə nümayəndəsi bu halı nəzərdən keçirəcək şöbəni müəyyən edir, məsələn, istehsalat,mühəndis və ya satış şöbəsini. Ondan sonra Ultimus sistemi məsələləri yalniz seçilən şöbələrə göndərir. Bu şöbələr öz məsələlərini qəbul etdikdən sonra problemin gələcəkdə aradan qaldırılmasına qənaət vermək üçün biznes-prosesdə lazımı düzəlişlər haqqında təkliflərini əlavə edirlər. Şöbələrdən gələn təkliflər keyfiyyət şöbəsinin nümayəndəsi bütün şöbələrdən gələn məlumatı nəzərdən keçirərək toplayır və məsələni bağlayır. BPM-sistemi problemi həll edərək bağladıqda avtomatik hesabat sənədi formalaşdırır və gələcəkdə axtarışlar üçün istifadə edilən bilik bazasını təzələyir.Əslində BPM-sistemi bu misalda təsvir edilən məsələdən də geniş məsələlər həll edir. BPM-sistemi biznes-prosesin standartlaşdırılması, məlumat toplanması, nəzarətin formalaşması kimi məsələləri həll edir. Bu da yüksək-səmərəli keyfiyyət menecmenti alətini tədbiq etməyə imkan verir.

Kolumbiyanın iri neft şirkəti olan Ecopetrol (Empresa Colombiana de Petroleos) BPM-sistemini tədbiq edir. Bu şirkətin sənəd dövriyyəsinin avtomatlaşdırılması üzrə layihə meneceri Deyaniza Gomer fikrincə: "BPMS proqramını tədbiq etdiyinə görə Ecopetrol şirkəti sənəd mübadiləsinin tamlığını təmin edə bilir. BPMS köməyi ilə biz əsas məhsul xətlərinə gorə İSO sertifikatı ala bilirik. BPMS Ecopetrol şirkətinin İSO9000 standartının saxlanmasına kömək edir."

BPMS çevikliyi və açıq arxitekturası Ecopetrol məlumat bazaları ilə sənəd mübadiləsinin idarəetmə sistemləri, MSoffise proqramları ilə sürətli inteqrasiyanı təmin edir. Bu ana kimi Ecopetrol şirkəti BPMS-köməyi ilə 10 məhsula İSO9000 sertifikatı alıb.

İstənilən şirkətin İT-mühiti ilə inteqrasi üçün BPM-sisteminin istifadəsi bir neçə informasiya sistemi tələb edir. Avtomatlaşdırma məsələlərinin həlli zamanı müxtəlif bölmələrin informasiya sistemini vahid İT-həllinə birləşdirilməsi lazımdır. Bu məsələ əsasən keçid proseslərində çox aktualdır. Ona gorə də biznes-proseslərin idarəedilməsinin tam həlli üçün müxtəlif sinif əlavələr və onların inteqrasiyası tələb oluna bilər.

İstənilən mütəxəssis inteqrasiyanın səmərəliliyinə şübhə edə bilər. Lakin BPM biznes-prosesin avtomatlaşdırılmasını tez təşkil edə bilərək geniş imkanlara malikdir. O müxtəlif informasiya sistemləri arasında məlumat mübadiləsini təmin edir. Nəzərə alsaq ki, bir çox neft şirkətlərində, SOCAR-da da SAP sistemi quraşdırılıb, onda BPM sistemində SAP-in ERP-sistemi ilə inteqrasiya edən hazır interfeysin olması lazımdır. SAP sistemi olan yerlərdə biznes-proseslərin avtomatlaşdırılması üçün BPM-sistemindən istifadə edildiyindən bu sistemlər arasında standart inteqrasiya adaptoru hazırlanmışdır.

SAP və BPM sistemlərinin inteqrasiyası zamanı bəzi prosedurlar SAP əhatəsinin daxilində yerləşə bilər, onda digər sistemlərlə inteqrasiya lazım gəlmir. Lakin bir çox hallarda proseslər SAP-əhatəsindən kənarda yerləşə bilər və digər əlavə və istifadəçilər arasında qarşılıqlı fəalliyyət göstərə bilər. Bu halda BPM –sistemi informasiya ötürülməsi səviyyəsində inteqrasiyanı təmin edir.

"Keçid" biznes-prosesinin avtomatlaşdırılması ücun BPMS-sistemində digər sistemlərlə inteqrasiya adaptorı hazırlanıb: MSoffice,Microsoft Biz Talk Server, Microsoft Share Point Portal,SAP və s.

BPM-sistemi inteqrasiya məsələlərini asanlaşdırmaq üçün SERVİS – istiqamətlənmiş arxitektura (Service Oriented Architecture – SOA) təmin edir. Bu İT-həllin yaradılmasında "mərkəzi əsəb sistemi"olur, çünki müxtəlif əlavələr tərəfindən təqdim edilən xidmətləri idarə edir. Burdan belə nəticəyə gələ bilərik ki, neft sənayesində BPM- sistemindən aktiv istifadə gözlənilir.

Bu sistemi tədbiq edən bir çox xarici şirkətlərin təcrübəsi göstərir ki, BPM-sisteminin tədbiqi yüksək səmərə verir (Public Gas Corporation of Greece (DEPA), Empresa colombiana de Petroleos (Ecopetrol), Canadian oil and natural gas company, CEP (French Atomic Energy Commission),Sierra Pacific və s.). Dünya təcrübəsində on minlərlə layihənin tətbiqinə əsasən BPM texnologiyalarının səmərəliliyinin orta göstəriciləri yuxarıdır [3]: neft hasilatında xərclər 30% , sona çatmayan istehsal 50%, əmək sərfi 25% azalır.

BPM-sisteminin tədbiqi aşağıdakı üstünlüklər verə bilər[1]:

-biznes – prosesin 3 dəfədən çox sürətlənməsi;
-biznes-prosesin qiymətinin 20-30% azalması
-informasiya sisteminin dəyişiklik edilməsi vaxtının 1 günə kimi azadılması
-prosesin təkminləşdirilməsi üçün statistikanın toplanması imkanı;
-texniki dəstək xidmətinə zənglərin sayını azadılması;
-kağız sənəd mübadiləsinin aradan qalxması.

Nəticə

Beynəlxalq miqyasdya biznes proseslərin idarəetmə sisteminin gurulmasında BPM (Business Process Managment) sinifinə aid olan ixtisaslaşmış sistemlərdən geniş istifadə olunur.

Bu sistemin istifadəsi neft sektorunun inkişafının müasir mərhələsində yeni reqlamentlərin icrasının dəqiqliyinə təminat verən çevik informasiya mühitinin yaradılmasını təmin edir. Həmçinin BPM sinif sistemləri qeydiyyat və ERP-həll imkanlarını artırır, vaxtında yerinə yetirilməsinə təminat verir.

Ona görə də neft sektorunda idarəetmədə, quruluş dəyişiklikləri ilə əlaqədar proseslərdə BPM (workflow) sinif sistemindən istifadə edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Neft sənayesində keyfiyyət idarəetmədə sisteminin tətbiqi, strukturlararası informasiya təminatı və görülən işlərin beynəlxalq keyfiyyət standartlarına uyğun BPM (workflow) sistemindən istifadə etməklə, biznes-proseslərin sərhədləri daxilində inteqrasiya olunmuş fəaliyyəti və onun səmərəliliyini həyata keçirir.

Dünya təçrübəsi üzərində qurulan vahid ekosistemin işi əməkdaşlıgın səmərəsini artırır və birgə layihələrin aparılmasını sadələşdirir. Bundan başqa şəffaflığın və əməli səmərəliliyin beynəlxalq standartları əsasında biznesin aparılması Azərbaycanın digər dövlətlərlə qlobal əməkdaşlığına, investisiya axınına əlverişli şərait yaradır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Коптелов А.К. Внедрение систем workflow/BPM (Business Process Management) на предприятиях ТЭК., http://www.koptelov.net/bpms-1074-1101108510771088107510771090107710901080108210 77.html
2. Коптелов А.К.,. Шматалюк А.Е. Технологии управления бизнес- процессами//Управление корпоративными финансами №5/2004, http://businessprocess.narod.ru/index2.htm
3. Российский опыт внедрения Бережливого производства, © 2010-2016 Деловой портал «Управление производством», http://www.up-pro.ru/print/library/production_management/lean/otsech-lyshnee.html
4. Линник Ю.Н. Нефтегазовый комплекс: производство, экономика, управление: Учебник для вузов / Москва: Экономика, 2014, 717 с.
5. Hüseynov T.H. Azərbaycanda investisiyalar: gəlirlər, investisiyalar, sənayeləşmə, məşğulluq. Bakı: Elm, 2009, 380 s.

ŞƏKİ-ZAQATALA REGİONUNDA ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİ

Əliyeva Ş. İ.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Şəki-Zaqatala regionu ölkəmizin zəngin təbii-iqtisadi sərvətlərə malik olan regionlarından biridir. Regionun iqtisadiyyatı əsasən kənd təsərrüfatı məhsulları istehsalına əsaslanır. İqtisadi rayonun sənayesini isə kənd təsərrüfatı məhsullarının emalı təşkil edir. Regionun iqtisadi inkişafında turizm müəssisələrinin xüsusi rolu vardır. Müəssisələrinin davamlı olaraq yanacaq-enerji ilə təchizatı enerji istehsalını artırmağı, qeyri-ənənəvi enerji mənbələrindən istifadə etməyi, enerjinin səmərəli istehlakını tələb kimi qarşıya qoyur. 2012-

2016-cı illərin statistik göstəricilərinə əsasən Şəki-Zaqatala iqtisadi rayonu üzrə enerji istehsalı aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir.

Şəki-Zaqatala iqtisadi rayonu üzrə enerjinin natura ifadəsində istehsalı

Məhsulun adı	İllər üzrə				
	2012	2013	2014	2015	2016
Elektrik enerjisi, milyon kVt-saat*)					
Şəkirayonu	306.5	310.2	267.3	264.5	226.7
İstilik enerjisi, minQkalori*					
Şəkirayonu	-	0.3	0.3	0.5	0.6
Balakənrayonu	1.8	0.2	1.1	2.3	1.3
Qaxrayonu	0.6	0.7	0.7	1.4	0.9
Zaqatalarayonu	1.2	0.9	1.2	2.8	2.8
Oğuzrayonu	0.3	0.2	0.5	0.3	0.4
Qəbələrayonu	-	2	5.7	8.4	5.8

*)səyyar generator qurğularının işi region bölgüsündə nəzərə alınmamışdır.

Cədvəl Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsinin müvafiq materialları əsasında tərtib olunmuşdur.

Göründüyü kimi elektrik enerjisinin istehsal həcmi getdikcə əksər rayonlarda azalmış, 2015-ci ildə Qax, Balakən və Qəbələdə istehsal digər illərə nisbətdə artmış, Şəki və Zaqatalada isə 2016-cı ildə istehsal nisbətən çox olmuşdur.

2004-cü ildə qəbul olunmuş "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması" üzrə Dövlət Proqramının strategiyası enerji təminatı sahəsində resurs əvəzləyici potensial əldə etməkdir.

Regionda sənaye, kənd təsərrüfatı və sosial xidmət sahələrinin sürətli inkişafı biokütlədən istifadə etməklə enerji istehsalı üçün yeni imkanlar açır. Regionda biomaddələrin aşağıdakı mənbələri mövcuddur:

-yanma qabiliyyəti olan sənaye tullantıları;

-meşə təsərrüfatı və ağac emalı sahələrinin tullantıları;

-kənd təsərrüfatı məhsulları və üzvi birləşmə tullantıları;

-məişət və kommunal sahələrinin tullantıları.

Regionun iqtisadiyyatı kənd təsərrüfatına əsaslandığına görə bu sahədə kifayət qədər tullantılar əmələ gəlir.Ona görə bu sahədə böyük potensial vardır. Baramadan qalan tullantılarla kifayət qədər enerji almaq mümkündür. Regionda konserv zavodlarından əmələ gələn kütlələr, o cümlədən tarlalarda qalan samanlar enerji almaq üçün əlverişli potensialdır. Heyvandarlıq tullantılarının qaza çevrilib enerji əldə olunması da biokütlə enerjisinə aiddir.

Alternativ enerji mənbələrindən səmərəli istifadə üçün region yerləşdiyi məkana görə əlverişli hesab edilir. Regionda kiçik çaylar çox olduğuna görə sel və daşqın gücündən istifadə etməyə əsaslanmış kiçik su elektrik stansiyaları(KSES) ilə suyun sürətini enerjiyə çevirmək üçün geniş şərait vardır.BMT-nin İnkişaf proqramının dəstəyi ilə Şəki şəhərində fəaliyyət göstərən kiçik su elektrik stansiyasında 580 kVt gücə malik enerji blokunun quraşdırılması başa çatdırılmış və şəbəkəyə qoşulmuşdur.[3,s.18] Şəkidə su elektrik stansiyasının ikinci qurğusu quraşdırılmışdır. Qurğunun quraşdırılması Azərbaycan Respublikası Alternativ və Bərpaolunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi (AREA) və BMT-nin İnkişaf Proqramının (BMTİP) "Azərbaycanda Dayanıqlı Enerjinin İnkişafı" adlı birgə layihəsi çərçivəsində həyata keçirilmişdir. Şəkinin enerji təchizatının yaxşılaşdırması ilə yanaşı, bu qurğu vasitəsi ilə daha kiçik, ekoloji təmiz elektrik enerji istehsalı işini nəzərdən keçirmək və bunun əsasında, ölkənin digər kiçik çay və sularında layihənin tətbiqini qiymətləndirmək mümkündür.[4]

Şəki kiçik su elektrik stasiyası Kiş çayının yüksək su debeti hesabına il boyu elektrik enerjisi hasil etmək qabiliyyətinə malikdir. Stansiyada hər birinin gücü 1,25 mvt olan iki ədəd güc aqreqatı (turbin – generator) quraşdırılmışdır. İndi stansiyanın gücü 1,3 mvt-dır. Yeni güc avadanlıqları istismara verildikdən sonra stansiyada elektrik enerjisi istehsalı 3 dəfə artmışdır. Hər ay orta hesabla 600-700 min kVt.saat elektrik enerjisi istehsal edilir.Yeni avadanlıqlar istifadəyə verildikdən sonra stansiyada 2008-ci ildə 5096640 kVt.saat, 2009-cu ildə 6520800 kVt.saat, 2010-cu ildə 6384000 kVt.saat, 2011-ci ildə 5044536 kVt.saat, 2012-ci ildə 5162328 kVt.saat, 2013-cü ildə 6409608 kVt.saat elektrik enerjisi istehsal edilmişdir. Stansiyada aparılan işlər eyni zamanda şəhərinin su ilə təminatının etibarlılığını xeyli yüksəltmişdir.[1]

2016-cı ildə Azalternativenerji MMC-nin obyektlərində istehsal olunmuş elektrik və istilik enerjisinin həcmi Şəki KSES 411,4 min kVt.st,ondan enerjisistemə 409,7 minkV.tst ötürülmüşdür.

Şəki rayonunda ilk dəfə alternativ enerji ilə işləyən çoxfunksiyalı idman zalının elektrik enerjisi ilə təminatı günəşdən alınan enerji hesabına nəzərdə tutulmuşdur.

Ölkənin yanacaq-enerji kompleksi sahəsində görüləcək işlər iqtisadiyyatın və əhalinin enerji resurslarına olan tələbatının daha dolğun ödənilməsini təmin etməkdən, energetika sənayesinin inkişafı, o cümlədən onun səmərəliliyini artırmaqdan ibarətdir. Bu sahədə dövlət siyasətinin əsas istiqamətləri aşağıdakılardan ibarət olacaqdır:

-alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin genişləndirilməsi;

-regionda yeni istilik və su elektrik stansiyalarının tikintisi,mövcud enerji bloklarının modernizasiyası işlərinin davam etdirilməsi;

-regionda qaz təchizatının daha da yaxşılaşdırılması tədbirlərinin davam etdirilməsi;

-regionda müasir istilik sistemlərinin qurulması,mövcud istilik sistemlərinin bərpası,modernləşdirilməsi və yenidən qurulması işlərinin davam etdirilməsi.[2,s.12]

Azərbaycan Respublikasının Şəki şəhərinin, Balakən, Qax, Zaqatala rayonlarının sosial-iqtisadi inkişafının sürətləndirilməsinə dair tədbirlər planına əsasən Şəki rayonu üzrə 33 ədəd, o cümlədən 630 KVA-lıq 6 ədəd, 400 KVA-lıq 10 ədəd, 250 KVA-lıq 6 ədəd, 160 KVA-lıq 6 ədəd və 100 KVA-lıq 5 ədəd transformatorun quraşdırılması, Şəki rayonu üzrə ümumi uzunluğu 135 km, o cümlədən 25 km 35 KV-luq, 50 km 10 KV-luq, 60 km 0,4 KV-luq elektrik veriliş xətlərinin yenidən qurulması həyata keçirilmişdir. [1,s. 289]

Region daglıq ərazidə yerləşdiyindən atmosfer kifayət qədər təmiz, şəffaf və əksər hallarda buludsuzdur. Ona görə də yer səthinə düşən günəş enerjisinin miqdarı da yüksəkdir. Lakin bu enerjinin hamısını elektrik enerjisinə çevirmək mümkün deyil. Çevrilmə və ötürülmə zamanı digər labüd itkiləri nəzərə alsaq düşən günəş enerjisindən yalnız 11-15 faizini real elektrik enerjisi almaq olur. Günəş panellərini müəyyən bucaq altında optimal meylləndirməklə alınan enerjinin miqdarını artırmaq bir qədər artırmaq olar.

Şəkidə kiçik su elektrik stansiyalarının tikilməsini dəstəkləmək, Bərpa olunan enerji üçün milli səviyyəli potensialı qiymətləndirmək, bərpa olunan enerjinin hansı növünün ən sərfəli olub ən az xərc tələb etdiyini müəyyən etmək və dayanıqlı enerji hasilatı üçün müvafiq optimal potensiallı əraziləri müəyyən etmək əsas vəzifələrdən biridir. Region mineral sərvətlərlə zəngin olmasına baxmayaraq, təbiətə təzyiqin azaldılması fəaliyyəti üzrə qlobal çağırışa əməl edilməsi və alternativ enerji mənbələrindən istifadə vacib şərtlərdən biri hesab olunur. Quşçuluq və mal-qara sənayelərindən bioqaz istehsalı, eləcə də günəş enerjisinin cari istehsalı işinin artırılması və inkişaf etdirilməsi də daxil olmaqla, alternativ enerji mənbələri inkişaf etdirilməlidir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Regionların sosial-iqtisadi inkişaf problemləri (Şəki-Zaqatala regionu timsalında), “Bakı İqtisad Universiteti” nəşriyyatı, 2006, 304 səh.
2. Azərbaycan Respublikası regionlarının 2014-2018-ci illərdə sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət Proqramı
3. “Alternativ və Bərpa olunan Enerji mənbələrindən istifadə üzrə 2015-2020 “Strategiyası
4. https//www.unece.org
5.https//sheki-ses-1936.io.ua

SƏNAYE MÜƏSSİSƏLƏRİNİN MATERİAL RESURSLARI İLƏ TƏMİNATINDA MÜTƏRƏQQİ LOGİSTİKA SİSTEMİNDƏN İSTİFADƏNİN ZƏRURİLİYİ

Həmidova A. M.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Bazar iqtisadiyyatı və onun genetik əsasları bir daha sübut edir ki, bu iqtisadi sistemdə mühüm rol oynayan və onun əsas həlqələrindən biri olan sahibkarlıq firmaları özlərinin korporativ missiyalarının həyata keçirilməsi və qarşılarına qoyduqları məqsədlərə nail olması üçün marketinq və menecment bazası əsasında güclü təsərrüfat mexanizminə malik olmalıdır. Bundan başqa, bazar uğurunda rəqabət mübarizəsinin getdikcə kəskinləşdiyi bir mərhələdə - resurs mərhələsində hər bir təsərrüfat subyekti material, maliyyə, informasiya, kadr və digər resursların həm istehsal, həm də tədavül sferasında səmərəli idarəedilməsini həyata keçirmək üçün elm və praktiki fəaliyyət sferası hesab edilən logistikaya böyük ehtiyac duyur.

Axın proseslərinin idarə edilməsini yüksək səmərəliliyi metod və üsullarla təşkil edən, marketinqlə qarşılıqlı əlaqədə olan logistika bu gün iqtisadiyyatda idarəetmə sistemlərinin ən ideal variantı hesab edilir. İstehsalın logistik təşkili və idarə edilməsi bilvasitə marketinq və logistik strategiyaların uyğunlaşdırmasından

asılıdır. Nəticə etibarı ilə qeyd olunan strategiyaların istehsalla əlaqələndirilməsi və müvafiq müqayisələrin aparılması yolu ilə logistik idarəetmə tədbirləri hazırlanır və həyata keçirilir.

Sənaye müəssisələrinin material resursları ilə fasiləsiz təminatının təşkili məqsədi ilə logistika sisteminin fəaliyyətinin modelləşdirilməsi və adekvat mexanizmlərlə təmin edilməsi vacib şərtlərdəndir. Bu məqsədlə, bir qrup mühüm işlərin və tədbirlərin kompleks və ardıcıl olaraq həlli lazım gəlir. Şübhəsiz, əsas məsələ bu tip müəssisələrin xammal və materiallara olan tələbatının təchizat-alış komponentlərinin adekvat planlaşdırlması və optimal olaraq proqnozlaşdırlmasıdır. Müəssisənin həmin materiallara olan tələbinin mövcud bazarları, istehsalçılar və malgöndərənlər kompleks şəkildə öyrənilməli və təhlil olunmalıdır, satınalma danışıqları aparılmalı və əməkdaşlıq prinsipləri müəyyənləşdirilməlidir. Digər mühüm məsələ mövcud qanunvericiliyə uyğun olaraq tenderlər və müqavilələrin idarə edilməsi ilə bağlı problemlərin həll olunması və logistika sisteminin bütün mexanizmlərinin işləkliliyinin təmin edilməsidir. Bu məqsədlə, logistika sistemində baza xarakterli informasiyalar, keçirilən tender növləri və prosesdurları ilə bağlı zəruri materiallar, qanunvericilik aktları, prinsip və meyarlar, qaydalar ciddi şəkildə öyrənilməli və müəssisənin adekvat satınalma konsepsiyası formalaşdırılmalıdır[2].

Ümumiyyətlə, sənaye müəssisələrinin xammal və materiallara olan tələbatının fasiləsiz təminatında mütərəqqi logistika sisteminin formalaşdırılması üçün təchizat zənciri üzrə mühüm hesab olunan proseslərin və praktiki fəaliyyət həlqələrinin reallaşdırlmasının, məsələn təchizat komponentinin və satınalma konsepsiyasının, tender və müqavilələrlə bağlı prosedurların, logistika sisteminin əsas logistik əməliyyatlarının, həm də anbar ehtiyatlarının idarə edilməsi mexnizmlərinin hazırlanması və həyata keçirilməsi məsələləri vacib şərtlərdəndir. Logistika elə bir vacib sahədir ki, hər bir şirkət logistika funksiyalarına daha çox diqqət yetirməli və rəqiblərindən fərqlənməlidirlər.

Son illər respublikamızda sənaye müəssisələrində marketinq və logistika strategiyalarına diqqət artırılmalıdır. Bu istiqamətdə fəaliyyət mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi və inkişafının intensivləşdirilməsi prosesləri xüsusilə zəruridir. Qeyd edək ki, ölkəmizdə də sənaye müəssisələrində logistika sisteminin iqtisadi-təşkilati problemlərinə və onların həll edilməsinə diqqət artırılmalıdır. Bu ilk növbədə, Azərbaycanda sənaye müəssisələrinin inkişafının sürətləndirilməsi ilə bağlı iri layihələrin reallaşdırılması və bu sektorda xammal və material axınlarının iri həcmi, geniş coğrafiyası ilə izah olunur [1].

Qeyd edək ki, sənaye müəssisələrinin material resurslarının fasiləsiz təminatında mütərəqqi logistika sistemlərinin yaradılması və inkişaf etdirilməsi imkanları hər bir müəssisənin potensialına adekvat olaraq öyrənilməli və nəzərə alınmalıdır.Bazar iqtisadiyyatı şəraitində sənaye müəssisəsinin rəqabət qabiliyyətliliyinin gücləndirilməsi və müəssisənin istifadə olunmayan ehtiyatlarının aşkarlanaraq istehsal və kommersiya dövriyyəsinə cəlb olunması vacib şərtlərdəndir. Logistika sistemi mütərəqqi mexanizmlərlə silahlandırılmalı və müəssisənin mühüm fəaliyyət sahələrindən birinə çevrilməlidir. Bu prinsipdən çıxış etməklə logistika sisteminin inkişafı ən yüksək səviyyədə diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır **[**3].Digər tərəfdən logistika sisteminin fəaliyyətinin daha uğurlutəşkil edilməsi məsələlərinə müəssisənin biznes və inkişaf strategiyasının tərkib hissəsi kimi də baxılmalıdır. Belə ki, biznesin uğurlu olması müəssisənin inkişaf hədəflərinə çatmaq üçün qarşıda duran vəzifələrin öhdəsindən gəlmək üçün güclü istehsal şəbəkəsi və məhsuldar istehsal qurğularının səmərəli işlədilməsi, layihə gücünə uyğun xammal resursları ilə təmin edilməsi, xammal və resurs axınlarının hərəkətinin sənaye məhsulları istehsalının diversifikasiyası baxımından tənzimlənməsi və təmin edilməsi vacib şərtlərdəndir. Logistika sistemi bu problemlərin həllində bir tərəfdən etibarlı, digər tərəfdən isə müasir dövrdə mütərəqqi yanaşmaları ilə fərqlənən fəaliyyət mexanizmlərinin məcmusu kimi qiymətləndirilə bilər.

Müasir dövrdə mütərəqqi logistika sisteminə və logistika mexanzimlərinə artan əhəmiyyətli tələbin və zərurətin nədən və haradan qaynaqlandığı maraq doğurur. Belə ki, sənaye müəssisələrinin davamlı və sürətli inkişafı baxımından mühüm məsələlərdən biri nəqliyyat və digər xərclərin optimallaşdırılması, əsas məhsulların maya dəyərində bu xərclərin ümumi çəkisinin azaldılması ilə bağlıdır və bu proseslərdə logistika xidmətinin, logistika sisteminin rolu böyükdür.

Digər tərəfdən, son onilliklərdə dünyanın əksər ölkələrində fəaliyyət göstərən elektroenergetika müəssisələrində, o cümlədən ölkəmizin dövlət və özəl statuslu müəssisələrində və kompaniyalarında material və xammal resurslarının fasiləsiz təminatı problemlərinin həlli istiqamətində daha mütərəqqi və məhsuldar logistika sisteminin formalaşdırılması və inkişaf etdirilməsi meyilləri güclənməkdədir. Mütərəqqi logistika sisteminin təşkili və inkişaf etdirilməsi problemlərini həll etmədən elektroenergetika məhsulları istehsalının strukturunun genişləndirilməsi vəzifəsinin öhdəsindən gəlmək mürəkkəb məsələdir. Əsas xammal və material axınlarının fasiləsiz təminatının idarə edilməsi və bu tsikl üzrə logistik əməliyyatların səmərəliliyinə nail olunması bütövlükdə hər bir müəssisənin qarşısında duran vacib məsələlərdəndir. Yuxarıda qeyd edilən fikir və mülahizələrə rəğmən, logistika sisteminin sənaye müəssisələrinin material resurslarının sabit, səmərəli və fasiləsiz təminatında mütərəqqi logistika sistemindən istifadə imkanlarının müasir dövrün adekvatlığı konteksində baxılmasının və modelləşdirilməsinin, bunlarla əlaqədər olaraq praktiki fəaliyyət mexanizmlərinin

və alətlərinin təşkili problemlərinə diqqətin artırılmasının, kompleks və sistemli yanaşmanın təmin edilməsi vacibdir.

Bununla belə, ölkəmizdə bir sıra müəssisələrdə logistika sistemin inkişafına və mütərəqqi logistika mexanizmlərinin tətbiqinə maraq formalaşdırılmaqdadır. Holcim Azərbaycan kompaniyasının mütəxəssisələri belə hesab edirlər ki, logistika istənilən şirkətin Dəyər Formalaşması Zəncirində mühüm rol oynayır və məhsulun istehsalı, realizə olnuması prosesinə birbaşa təsir edir. İstehsalatın kifayət qədər və vaxtında xammalla təmin olunması, həmçinin hazır məhsulun müştərilərə vaxtında və keyfiyyətlə çatdırılması şirkətin logistika prosesinin hansı dərəcədə səmərəli təşkil edilməsindən asılıdır [4]. Digər tərəfdən, mütərəqqi logistika sistemi sənaye müəssisələrinin anbarlarında lüzumsuz yerə xammal ehtiyatlarının saxlanılmaması, onların bir hissəsinin itkisinə səbəb olan hallara yol verilməsinin qarşısının alınması baxımından mühüm funksiyaları yerinə yetirir. Dinamik inkişaf edən bazar şəraitində şirkətlər logistika sahəsində, xüsusilə tədarükün idarə olunmasındakı bütün yeniliklərdən xəbərdar olmalıdırlar. Təchizatın düzgün təşkili əsasən istehsalatın fasiləsizliyini təmin etmək üçün daim ehtiyat xammalın olması ilə bağlı məsələnin həllinə söykənir. Şirkətin fasiləsiz işləməsi üçün tələb olunan xammal, ehtiyat hissələri və xidmətlərin təqdim edilməsini kompleks əhatə edən logistika strategiyası olmalı və logistika sistemi yaradılmalıdır.

Bu qeyd olunanlara əsasən, bizdə belə bir fikir formalaşır ki, hər bir elektroenergetika müəssisəsinin material resursları və xammal axınları ilə fasiləsiz təminatı, hazır məhsulların axınının səmərəli idarə edilməsi məqsədilə optimallaşdırılmış və mütərəqqi, eyni zamanda işlək xüsusiyyətlərə malik logistika sistemi olmalıdır. Sənaye müəssisələrinin bu cür yanaşma ilə fasiləsiz olaraq xammal resurslarına olan tələbatının ödənilməsi və hazır məhsulların alıcılara çatdırılması proseslərinin optimal təşkilini təmin edən logistika sistemi müəssisənin uğurlu fəaliyyətində əhəmiyyətli mövqeyə malik struktur bölməsi kimi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əliyev Ş.T. Azərbaycanda neft-kimya kompleksinin inkişafının müasir aspektləri və istiqamətləri// "Audit" Jurnalı, 2016, №3, s. 41-45.
2. İmanov T.İ. Logistikanın əsasları. Bakı, Təhsil NPM, 2005, 474 s.
3. Алексеева Л.Д. Обеспечение устойчивого функционирования и развития логистической системы. Дисс. канд. экон. наук. С- Петербург, 2008.-155 с.
4. http://www.holcim.az. Logistika. Holcim Azerbaijan.

AZƏRBAYCANDA NEFT- QAZ SƏNAYESİNİN FƏALİYYƏT İSTİQAMƏTLƏRİ VƏ ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİ

Həmzəyeva İ. R.
Sumqayıt Dövlət Universiteti,

Neft sənayesinin Azərbaycanın əsas sənaye sahələrindən biri olmaqla, həm də onun fəaliyyəti digər sahələrin inkişafını şərtləndirir. Ölkə büdcəsinin mədaxil hissəsinin yarıya qədəri məhz bu sənaye sahəsinin fəaliyyəti nəticəsində formalaşır, respublikanın ixrac-idxal balansında da bu sənaye sahəsinin fəaliyyəti danılmazdır. Neft sənayesi həm keçmiş ittifaq dövründə, həm də müstəqillik dövründə ölkə iqtisadiyyatının formalaşmasında mühüm rol oynamışdır. Azərbaycanda reallaşan, «Əsrin müqavıiləsi» ilə başlanan neft strategiyası ölkəmizi bütün dünyada tanıtdı. Hazırda Qafqaz və Xəzər regionunun geosiyasətində Azərbaycan mühüm rol oynayır və ölkəmiz təkcə neft-qaz resurslarına görə deyil, Qara dəniz-Xəzər hövzəsi və həm də Avrasiya nəqliyyat dəhlizindəki mühüm vəziyyətinə görə, ABŞ, Avropa və Asiya ölkələrinin strateji maraq mərkəzinə çevrilmişdir. Dünya iqtisadiyyatına inteqrasiya şəraitində səmərəli və yüksək rəqabətqabilliyyətli iqtisadiyyatın qurulması Azərbaycanın sosial-iqtisadi inkişafının əsas məsələlərindəndir. Bazar münasibətlərinin ölkəmizdə uğurla inkişafı sənaye, o cümlədən neft-qaz sənayesində istehsal səmərəliliyinin yüksəldilməsini, məhsul və xidmətin rəqabətqabilliyyətinin artırılmasını və bu məqsədlə innovasiya-texnoloji inkişafın tətbiqini, istehsalın səmərəli təsərrüfat forması və sahibkarlığın, o cümlədən innovasiya sahibkarlığının inkişafını şərtləndirmişdir[1].Dünyada neft sənayesi bir sıra səciyyəvi xüsusiyyətlərə malikdir: risklə əlaqədardır; kapital tutumludur, rentabellidir, işlənmə müddətləri daim azalır, beynəlxalq səciyyə daşıyır, fəaliyyətində daim siyasi səbəb iştirak edir və s.

Neft sənayesi kapital tutumlu sənaye sahəsidir və əsas fondların (indiki iqtisadi terminologiyada «əsas kapital», «investisiya kapitalı») tərkibində quyular böyük xüsusi çəkiyə malikdirlər. Neft- qaz sənayesi öz istehsal potensialının tükənməsi şəraitində fəaliyyət göstərir ki, fəaliyyətini fiziki və mənəvi cəhətdən

köhnəlmiş əsas fondlar üzərində qurur. Bunları aradan qaldırmaq üçün neft- qaz sənayesinin fəaliyyəti aşağıdakıların həllini şərtləndirir:

- sahədə təkrar istehsal prosesini şərtləndirən innovasiyalı -texnoloji tədbirlərin həyata keçirilməsi;
- investisiya defisitini (daxili) aradan qaldırmaq və ümumiyyətlə innovasiya- texnoloji yeniliklərin tətbiqi üçün investisiya cəlbediciliyi mühitinin təkmilləşdirilməsi;
- səmərəli qiymət siyasətinin formalaşdırılması;
- vergi siyasətinin təkmilləşdirilməsi;
-idarəetmə quruluşunun təkmilləşdirilməsi və bu sahədə dünya təcrübəsindən bəhrələnmək;
-fəaliyyətin səmərəliliyinin yüksəldilməsinin dövlət tənzimlənməsi;

Qeyd edək ki, neft-qaz sənayesində investisiyanın əsas məqsədi müxtəlif qruplar üçün fərqlidir: səhmdarlar üçün-qoyulan kapitaldan daha çox «verim» almaq; dövlət üçün-ölkə əhalisinin rifah halının yaxşılaşdırılması, iqtisadi artım və xarici iqtisadi əlaqələrin möhkəmləndirilməsi; yerin təkində istifadə edənlər üçün- pul axını sabitliyi və mənfəətin maksimumlaşdırılmasını təmin etmək. Neft-qaz sənayesinin fəaliyyətinə təsir edən amilləri təbii, texnoloji, dövlət və bazar amillərinə bölürlər. Tədqiqat üçün ən çox maraq doğuranı texnoloji amildir və bura aşağıdakılar aiddir: hasilat texnolojiyasında radikal dəyişikliklərin olmaması; karbohidrogen resurslarının tam çıxarıla bilməməsi; müxtəlif texnologiyaların tətbiq edilməsinin çox variantlılığı; işin yerinə yetirilməsi ilə işlənmə obyektləri haqqında məlumatın yığılması; alternativ enerjinin inkişaf səviyyəsi. Məhz aşağıda alternativ enerjinin- külək enerjisinin neft sənayesində tətbiqi ilə bağlı tədqiqatı davam etdirəcəyik.

Innovasiyalı-texnoloji inkişafla əlaqədar neft-qaz sənayesinin potensialı haqqında danışanda qeyd etməliyik ki, bu işlər üç: geoloji-kəşfiyyat işləri; quyuların qazılması; neft yataqlarının işlənməsi və istismar istiqamətdə həyata keçirilir. Neft sənayesinin təşəkkülü və inkişafı ölkəmizdə uzun bir dövrü əhatə edir [2].

Azərbaycan Respublikasında həm tükənən, həm də tükənməyən enerji mənbələri mövcuddur. Məlumdur ki, tükənən enerji mənbəyi kimi neft- qaz resursları, tükənməyən enerji mənbəyi kimi isə külək, günəş, hidrotermal və axar sular, dəniz dalğaları və s. aid edilir. Son zamanlar müxtəlif ölkələrin enerji balansında tükənməyən enerji mənbələrinin xüsusi çəkisi artır ki, bu da lokal müvəqqəti və qlobal səbəblərlə bağlıdır. Müvəqqəti səbəblər enerji bazarlarında enerji daşıyıcılarının qiymətinin durmadan artması, həmçinin onun tranziti ilə bağlı tənzimlənməmiş problemlərin mütəmadi xarakter alması ilə bağlıdır. Qlobal səbəblər isə texniki tərəqqinin təbii axarı ilə əlaqədardır ki, bu da alternativ enerji mənbələrinin axtarışı, enerji mənbələrinin diversifikasiyası, yanacaq enerji balansının optimallaşdırılması, ekoloji poblemlərin həllini vacib edir.

Alternativ enerjiyə maraq 1970- ci ildə dünya enerji böhranından sonra yarandı, son vaxtlar isə Avropa İttifaqı və ABŞ-da çox sürətlə artmağa başladı. Dünyada alternativ enerjiyə kapital qoyuluşu 20 mlrd ABŞ dollarından 120 mlrd ABŞ dollarına qədər artmışdır. Dünya iqtisadiyyatının sonrakı iyirmi ildə inkişafı üçün enerji istehlakı səmərəsini (müxtəlif enerji mənbələrdən istifadənin səmərəliliyi) artırmaq lazım gələcəkdir, bütün mövcud iqtisadi və ekoloji təmiz enerji mənbələrindən istifadə olunacaqdır.

Dünyanın təqribən bütün inkişaf etmiş ölkələrinin alternativ enerji mənbələrindən istifadə üzrə milli proqramları vardır. Bu proqramlar külək enerqetikası sahəsində külək enerji stansiyalarının (KES) gücü 2Mvt və yüksək olan küləkenerjisi qurğuları (KEQ) bazasında yaradılmasını nəzərdə tuturlar. Azərbaycan Respublikasında təbii resuslardan səmərəli istifadə, ətraf mühitin qorunması, həmcinin yerli resuslardan layiqincə yararlanmaq istiqamətində xeyli işlər görulmüşdür. Azərbaycan yüksək templərlə iqtisadi inkişafa malik ölkə kimi ümumdünya proseslərinə qoşulmağa can atir və ekoloji təmiz mühit çərçivəsində bir sıra dövlət proqramları işləyib hazırlamız və təsdiq edilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əliyev H.Ə. Azərbaycan nefti dünya siyasətində. Bakı, "Azərbaycan" nəşriyyatı, 1997
2. Əliyev İ.Ə. Azərbaycan nefti dünya siyasətində, IV cilddə, Bakı, 1997-1998.

AZƏRBAYCANDA NEFT-QAZ GƏLİRLƏRİNİN İNNOVASİYA YÖNÜMLÜ İSTİFADƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Mahmudova L.F., Osmanov İ. O.
Sumqayıt Dövlət Universiteti

Milli iqtisadi inkişafın dayanıqlılığının təmin olunması respublikamızda həyata keçirilən uğurlu iqtisadi siyasətin məntiqi nəticəsidir. "Azərbaycan Respublikasında yanacaq-enerji kompleksinin inkişafı üzrə (2005-2015-ci illər) Dövlət Proqramı" və "Azərbaycan-2020: gələcəyə baxış" İnkişaf Konsepsiyası çərçivəsində həyata keçirilən məqsədyönlü tədbirlər nəticəsində ölkədə ümumi daxili məhsul istehsalının əhəmiyyətli dərəcədə artması təmin olunmuşdur. Azərbaycan nəinki özünün enerji təhlükəsizliyini təmin etməklə yanaşı, regionun və Avropanın enerji təhlükəsizliyinin təminatında əsas tərəfdaşlardan biri olmuşdur. Bütün bunlar respublikamızın böyük nüfuz sahibinə və lider dövlətə çevrilməsinə gətirib çıxarmışdır. Ölkə iqtisadiyyatının bütün sahələrində olduğu kimi, yanacaq-enerji kompleksi sahəsində həyata keçirilən məqsədyönlü tədbirlər nəticəsində respublika iqtisadiyyatının, o cümlədən yanacaq-energetika kompleksi sahələrinin davamlı inkişafı son illərdə də təmin edilmişdir.

İnkişaf edən Azərbaycanın iqtisadi gücünün və beynəlxalq nüfuzunun artmasında ölkəmizin yanacaq-energetika kompleksi mühüm və həlledici rola malikdir.Ölkə üzrə yanacaq-energetika kompleksinə qoyulmuş böyük həcmli investisiyaların və innovasiya texnologiyalarının tətbiqi neft və qaz hasilatında artımın yaranmasına, ümumilikdə respublikamızda müvafiq sahədə böyük nailiyyətlərin əldə olunmasınagətirib çıxarmışdır.Əldə olunan neft gəlirlərinin innovasiya yönümlülüyü də artmışdır.

Ümummilli liderimiz Heydər Əliyev artan neft gəlirlərini ölkə iqtisadiyyatına düzgün istiqamətləndirmək məqsədilə uzunmüddətli neft strategiyası proqramını hazırlamışdır. Uzunmüddətli inkişaf proqramı olaraq həyata keçirilən neft strategiyasının əsas məqsədini ölkənin daxili imkanlarının səfərbər olunması və zəngin neft ehtiyatlarından Azərbaycan xalqının rifahı naminə səmərəli istifadə edilməsi təşkil edirdi. Bu məqsədlə Ümummilli liderimiz Heydər Əliyevin 29 dekabr 1999-cu il tarixli 240 nömrəli Fərmanı ilə Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Fondu təsis edilmişdir. Dövlət Neft Fondunun Əsasnaməsi isə 29 dekabr 2000-ci il tarixli 434 nömrəli Fərmanla təsdiq edilmişdir. Hazırda Dövlət Neft Fondu çox yüksək formalaşmaqla bərabər, ölkə daxilində və eləcə də beynəlxalq səviyyədə tanınmış və vəsaitlərin idarə edilməsi, şəffaflığın təmin edilməsi baxımından güclü bir quruma çevrilmişdir. Dövlət Neft Fondunun əsas məqsədləri əldə edilmiş gəlirləri ölkənin sosial-iqtisadi inkişafına yönəltmək və gələcək nəsillər üçün toplanmasını təmin etməkdir [1].

Neft gəlirlərinin qeyri-neft sektoruna yönəldilməsi ilə bu sahənin inkişafında da ciddi nailiyyətlər qazanılmış, son on ildə qeyri-neft sektorunun orta illik artım tempi yüksəlmişdir. Qeyri-neft sektorunda yeni istehsal sahələrinin açılması və yeni iş yerlərinin yaradılması, istehsal, nəqliyyat və kommunal infrastrukturun misli görünməmiş miqyasda inkişaf etdirilməsi, müasir sosial infrastruktur müəssisələrinin yaradılması, innovasiya yönümlü layihələrin maliyyələşdirilməsi, bütövlükdə ölkəmizin dinamik və dayanıqlı yüksəlişinin əsasını təşkil etmişdir.

Neft və qaz gəlirlərinin idarə olunması üzrə strategiya Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 27 sentyabr 2004-cü il tarixli 128 nömrəli Fərmanı ilə təsdiq edilmişdir. Neft və qaz gəlirlərinin idarə olunması üzrə uzunmüddətli strategiya 2005-2025- ci illəri əhatə edir və bu müddət ərzində həmin gəlirlərdən istifadənin əsas prinsiplərini və ortamüddətli xərclər siyasətini müəyyənləşdirir. Neft və qaz gəlirlərinin istifadə strategiyası makroiqtisadi sabitliyin qorunub saxlanılması əsasında aşağıdakı əsas istiqamətləri əhatə edir:

- iqtisadiyyatın qeyri-neft sektorunun, regionların, kiçik və orta sahibkarlığın inkişafı; infrastruktur sahələrin genişmiqyaslı inkişafı:
- yoxsulluğun azaldılması üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsi və digər sosial problemlərin həlli;
- iqtisadiyyatın intellektual və texnologiya bazasının səviyyəsinin yüksəldilməsinin stimullaşdırılması;
- "insan kapitalı"nın inkişafı;
- ölkənin müdafiə qabiliyyətinin gücləndirilməsi;
- azad edilmiş ərazilərin yenidən qurulması və məcburi köçkünlərin doğma yurdlarına qaytarılması ilə bağlı tədbirlərin həyata keçirilməsi.

Neft və qaz gəlirlərinin istifadə strategiyası əsas istiqamətlərinə diqqət yetirsək görərik ki, gəlirlərin bir qismi innovasiyalı iqtisadiyyatın inkişafına yönəldilmişdir. Ölkəmizdə Prezident İlham Əliyevin rəhbərliyi ilə neft gəlirlərinin uğurla modern, innovasiyalara əsaslanan, elmtutumlu sənaye quruculuğuna yönəldilməsi siyasəti həyata keçirilir. Möhtərəm Prezident cənab İlham Əliyevin həyata keçirdiyi iqtisadi kursun prioritet istiqaməti olaraq Azərbaycanda neft sektoru ilə bərabər qeyri-neft sektorunun inkişaf etdirilməsinə bu gün xüsusi diqqət yetirilir. Bu məqsədlə artan neft gəlirləri hesabına ölkədə mühüm innovasiya yönümlü layihələrin maliyyələşdirilməsi həyata keçirilir və ölkənin iqtisadi inkişafının stimullaşdırılmasında, strateji əhəmiyyətli dövlət proqramları və layihələrin maliyyələşdirilməsində, eləcə də regional investisiya qoyuluşunun təmin

edilməsində mühüm rol oynayır. Son illərdə bu sahənin intensiv inkişafının təmin edilməsi məqsədilə mükəmməl infrastruktur yaradılıb, ayrı-ayrı mövcud müəssisələr müasir texnologiyalar əsasında yenidən qurulub, yerli xammalla işləyən, eyni zamanda, ixrac potensialına malik olan yeni istehsalatlar yaradılması məqsədilə əməli tədbirlər həyata keçirilib. İnnovasiya layihələrinin və regional inkişaf proqramlarının uğurla həyata keçirilməsi sayəsində ölkəmizin iqtisadi inkişafı üçün güclü baza formalaşdırılır. Azərbaycanda müasir tələblərə cavab verən innovasiya infrastrukturu yaradılır. İnnovasiya infrastrukturun yaradılması və inkişaf etdirilməsi istiqamətində həyata keçirilən məqsədyönlü tədbirlər eyni zamanda insanların rahatlığı, firavan yaşayışı üçün həyata keçirilən tədbirlərin mühüm tərkib hissəsidir [2].

Karbohidrogen potensialının artması, bu istiqamətdə baş verən inkişaf prosesləri nəzərə almaqla konkret sahələrin inkişaf etdirilməsi məqsədilə sənaye şəhərciyinin yaradılması, xüsusilə Azad İqtisadi Zonaların təsis edilməsi istiqamətində fəaliyyəti sürətləndirmək lazımdır. Təsərrüfat sahələrinin inkişaf etdirilməsi, onların sahə strukturunun təkmilləşdirilməsi üçün regionlarda kənd təsərrüfatı məhsullarının emalına əsaslanan yeni sənaye mərkəzlərinin yaradılması tələb olunur. Yeni istehsal sahələrinin yaradılması və sənaye sektorunda yeni texnologiyaların tətbiqinin sürətləndirilməsini də nəzərdən qaçırmaq olmaz [3].

Müasir yeni iqtisadiyyatda ümumi daxili məhsul artımının daha böyük payı innovasiya texnologiyalarında, avadanlıqlarında insan kapitalının keyfiyyətində, istehsalın və idarəetmənin təşkilində ifadə olunmuş yeni biliklər hesabına təmin edilir. Müasir cəmiyyətdə iqtisadi effektivliyin yalnız elm və real istehsalın inkişafı hesabına deyil, həm də innovasiya tsiklinin bütün fazalarının - yeni biliklərin alınması, bazar vasitəsilə onların iqtisadiyyatın istehsal sektoruna ötürülməsi və istehsal istifadəsi fazalarının effektiv fəaliyyətini təmin etmək əsasında əldə edilir. Bu cür istifadə bir qayda olaraq, son məhsul bazarında iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli rəqabət üstünlükləri almaq məqsədilə həyat keçirildikdə, onda innovasiya tsiklinin bütün mərhələləri müxtəlif dərəcələrdə olsa da, güclü informasiya, təşkilati, maliyyə və digər bazar amillərinin təsiri altında yerləşəcəklər. Məhz innovasiyanı mənimsəyənin iqtisadi marağı son nəticədə innovasiya fəaliyyətinin həyata keçirilməsinin məqsədəuyğunluğunu, yönümlülüyünü, miqyasını, tempini və formasını müəyyən edir. Ölkənin iqtisadi inkişaf səviyyəsinin yüksəlməsi resursların və istehlakın nisbətlərində əhəmiyyətli dəyişikliklər yaradır. İqtisadi inkişafın yüksək səviyyəsinə nail olmuş dövlətlər qaçılmaz surətdə resursların qıtlığı ilə qarşılaşır. Eyni zamanda, ölkənin iqtisadi inkişaf səviyyəsinin yüksəlməsi bütün təsərrüfat subyektlərinin iqtisadi tələbatlar sistemində, hər şeydən əvvəl isə, əhalinin şəxsi tələbat sistemində tezliklə kəmiyyət artımına və keyfiyyət yeniləşməsinə gətirib çıxarır. Beləliklə, iqtisadi inkişaf səviyyəsi yüksəldikcə, resursların məhdudluğu və əhalinin tələbatının məhdudiyyətsiz genişlənməsi arasında ziddiyyət daha da artır. İnkişaf etmiş bazar iqtisadiyyatlı ölkələrin təcrübəsi göstərdiyi kimi, bu ziddiyyət istehsalın genişləndirilməsinin üstün ekstensiv metodlarından innovasiya məhsulları və texnologiyasının tətbiqinə əsaslanan üstün intensiv metodlarına keçilməsi yolu ilə həll edilir. Odur ki, neft-qaz gəlirlərinin istifadəsinin innovasiya yönümlülüyünün artırılmasının mühüm vəzifə olduğunu görə bilərik. Yalnız innovasiyalı inkişaf modeli xammalın ixracında ixtisaslaşdırılmış iqtisadiyyatdan postindustrial iqtisadiyyata, elm tutumlu sahələrin inkişafına keçidi təmin edə bilər və ölkə qloballaşan dünyada özünə daha layiqli yer tuta bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Yüzbaşova Ç.R., Abdullayev Z.S. Azərbaycanın neft-qaz strategiyası: problemlər və proqnozlar. Bakı, Nurlan, 2006. 755 s.

2. Musayev. A.F.İnnovasiya iqtisadiyyatı və vergi stimullaşdırması. Bakı, Azərbaycan Universiteti nəşriyyatı, 2014, 184 s.

3. Səfərov Q.Ə., Dadasova K.S. Neft-qaz kompleksində məhsulun keyfiyyəti və rəqabətqabiliyyətliliyi. Bakı, Elm, 2011, 224 s.

İNSAN KAPİTALINA İNVESTİSİYANIN İDARƏ EDİLMƏSİ

Məmmədova S.T., Mirzəyeva S. T.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

İnsan kapitalımüəssisənin əsas hərəkətverici qüvvəsidir. Ona görə də müəssisə tərəfindən daim işçilərin təhsilinə və inkişafına investisiya qoyulmalı, insan kapitalının saxlanmasına, əmək qabiliyyətinin artırılmasına yönəldilən strategiyalar hazırlanmalıdır. Təqdim olunan məqalədə insan kapitalına investisya qoyuluşunun əsas istiqamətləri və onun səmərəlilik metodlarının təyini təhlil edilmişdir.

İnsan kapitalından səmərəli istifadə edilməsindəmüəssisə maraqlı olmalıdır, çünki insan kapitalı güclü olan müəssisnin rəqabət qabiliyyəti də güclü olur. Yüksək kadr axıcılığı, kadr catışmazlığı və kadr ehtiyatının

olmaması kimi problemlərə respublikamızın bütün müəssisələrində rast gəlmək mümkündür. Təhsil və yenidən təhsil, ixtisasın artırılması üzrə planauyğun proqramlara cox az müəssisələrdə rast gəlinir. Fikrimizcə, müəssisələrdə insan kapitalına investisya qoyuluşu bu problemlərin aradan qaldırılmasına kömək edə bilər. Çünki, ən aparıcı şirkətlər, kompaniyalar və müəssisələr insan kapitalına cox böyük önəm verməyə başlamışlar və insan kapitalını bütün kapital növləri arasında ən dəyərli kapital kimi qiymətləndirirlər. Fiziki kapitalı insan kapitalı əvəz etməyə başlayir[1].

Bu gün doğrudan da insan kapitalı anlayışı bütün cəmiyyəti düşündürən əsas məsələlərdən birinə çevrilmişdir. İnsan kapitalı inkişaf etmiş ölkələrin milli gəlirinin 70-80 %-ni təşkil edir, dünyada insan kapitalı əsasən inkişaf etmiş ölkələrin payına düşür [2].

Bu onunla əlaqədardır ki, axırıncı yarım əsrdə bu ölkələrdə fiziki kapitaldan daha cox insan kapitalına investisiyalar qoyulmuşdur.

Tədqiqatlar göstərir ki, insan kapitalına investisyadan gələn gəlir texnikaya qoyulan investisyadan gələn gəlirdən iki dəfə coxdur. Təbii resurslar və sərvət yığımı ilə müqayisədə insan kapitalı müasir cəmiyyətin ən qiymətli resursudur [3].

İnsan kapitalına investisya müəssisənin uğurlu inkişafının ayrılmaz elementidir. Mühüm sosial-iqtisadi, mənəvi və hətta siyasi əhəmiyyəti olan insan kapitalının normal olaraq reallaşdırılması və gerçəkləşməsi aşağıdakı istiqamətlər vasitəsilə təmin olunur:

- təhsilə kapital qoyuluşu vasitəsilə;
- ixtisaslı hazırlığa kapital qoyuluşu vasitəsilə;
- nəhayət, elmə kapital qoyuluşu vasitəsilə.

İnsan kapitalına investisiyanın verdiyi səmərəni araşdırmaq üçün ilk növbədə onun təsnifləşdirilməsini aparmağı məqsədə uyğun bilirik.

Fərd üçün insana qoyulan investisiyanın səmərəsi gəlir səviyyəsinin artımı, əmək bazarında rəqabət qabiliyyətinin yüksəlməsi ilə ölçülür. Dövlət iqtisadi artıma nail olur.Müəssisədə insan kapitalına investisiyanın səmərəsi işçilərin əmək məhsuldarlığının yüksəldilməsi, mənfəətin artımı və bazarda rəqabətqabiliyyətinin səviyyəsi ilə ölçülür. [4].

İnsan kapitalına investisiyanın daxili və xarici səmərəsini fərqləndirirlər. Daxili səmərəni bir tərəfdən fərd, digər tərəfdən isə investor əldə edir[5].

İnsan kapitalına investisiyanin mənfi müsbət səmərəsini fərqləndirirlər. Mənfi effektli investisiya heç bir iqtisadi səviyyədə müsbət nəticə verməyən insan kapitalında özünü biruzə verir. Bu insan kapitalına işsizlərə, cinayətkarlara, rüşvətxorlara vaxtıilə xərclənmiş investisiyalar aid edilir. Cəmiyyətə və iqtisadiyyata mənfi effektilə yanaşı eyni zamanda bu insanların istiqamətləndirilməsi üçün əlavə xərc tələb olunur. Mənfi effekt eyni zamanda insan kapitalına səmərəsiz investisya ilə,yəni səmərəsiz layihələrə qoyulan investisiya ilə də sıx bağlıdır.Məsələn, təhsil bacarığı olmayan insanlara, keyfiyətsiz dərman istehsalına,aşağı effektli layihələrə investisiyalar.

İnsan kapitalına innvestisiyanın Müsbət effekti ondan gələn gəlirin artmasıilə özünü biruzə verir.müsbət effektli insan kapitalına mənsub olan insanlara öz işlərinin peşəkarı olanları, müxtəlif fəalyyət sahələrindəki istedadlıları aid etmək olar. [6].

İnsan kapitalına investisiyanın istehlakçı və investisiya səmərəsini fərqləndirirlər.İstehlakçı effekti investisiya prosesində əldə olunan fadalılıqla bağlıdır.məsələn təlim zamanı həmyaşıdlarla ünsiyyət, yeni biliklərin əldə edilməsi, idan oyunlarında insanlar komanda oyunundan müsbət emosiya alırlar, rəsm sərgilərindən fərdin estetik zovq alması

İnvestisiya effekti investisiya prosesi başa çatdıqdan sonra fərdin, müəssisənin və ümumi sahənin əldə etdiyi gəlirlə bağlıdır. Məsələn, universiteti bitirdikdən sonra diplomun alınması, müalicədən sonra sağlamlığın yüksəldilməsi [7].

Beləliklə insan kapitalına investisiyanı digər investisiyalardan fərqləndirən spesfik xüsusiyyətlərini aıağıdakı kimi fərqləndirmək olar.

-təhsilə yönəldilən investisiyalar uzunmüddətli xarakter daşıyır və15-20 illik bir dövrü əhatə edir,sağlamlığa investisiya isə bir ömür boyu davam edir.

-insan kapitalına investisiyadan gəlir insanın ömür uzunluğundan, xüsusilə keyfiyyətli və mütamadi investisiya nətcəsində gələcəkdə çox yüksək və uzun müddətli səmərə verən əməkqabiliyyətlilik müddətindən asılıdır

-insan kapitalı bir ömürboyu toplanır və eyni zamanda fiziki və mənəvi köhnəlməyə məruz qalır. Fiziki köhnəlmə insanın orqanizminin qocalması ilə, mənəvi köhnəlmə isə biliklərinköhnəlməsi və işçinin aldığı təhsilinin dəyərdən düşməsi ilə əlaqədardır. İnsan kapitalının toplanması işçinin mütəmadi təlimi və onların istehsal təcrübəsinin saxlanılması nəticəsində baş verir.

İnsan kapitalına investisiya digər kapital qoyuluşlarına nisbətən daha gəlirli hesab edilir, çünki,iqtisadiyyatın hər bir subyektinə fayda gətirir: işçilərin gəlirlərini, müəssisənin rəqabətqabiliyyətlilik səviyyəsiniartırır ,və cəmiyyətin rifahını yüksəldir.

İnsan kapitalına investisiya etməzdən əvvəl müəssisə ilk növbədə gözlənilən iqtisadi səmərəni qiymətləndirməlidir. Bu qiymətlədirmənin aparılması üçün müxtəlif metodlardan istifadə edilir ki, onlardan da biri SWOT təhlillir. SWOT təhlil strateji planlaşdırmanın metodu olaraq müəssisənin fəaliyyətinə təsir edən amil və hadisələrin qiymətləndirilməsində istifadə olunur. Bu baxımdan da bu amillər 4 yerə bölünür: Strengths (güclü tərəflər), Weaknesses (zəif tərəflər), Opportunities (imkanlar) и Threats (təhlükəlr).

İnsan kapitalının səmərəli idarə edilməsinin təhlilində onun zəif və güclü tərəflərinin aşkara cıxarılmasına ehtiyac vardır. Fikrimizcə bu baxımdan SWOT təhlilin aparılmasını məqsədəuyğun hesab etmək olar. SWOT təhlilin ozünə məxsus xüsusiyyətləri mövcuddur və bunları aşağıdakı kimi təsnifləşdirmək olar. [8,9,10]

1.SWOT t əhlilin başlıca istiqamətlərinin müəyyən olunması

2.SWOT təhlilin mahiyyətindən irəli gələn məqamları düzgün qiymətləndirməyi bacarmaq lazımdır.

3.SWOT təhlil obyektiv aparılmalı və faktiki məlumatlara əsaslanmalıdır.

Cədvəl 1.

Müəssisədə insan kapitalına investisiyanın SWOT tənlili

Güclü cəhətlər	Zəif cəhətlər
1.Müəssisənin aktivlərinin payında insan kapitalının yüksək olması onun iqtisadi artımının əsas amilidir. 2.İnsan kapitalı yüksək ixtisaslı əməkdaşların qismində müəssisənin rəqabət üstünlüyüdür. 3.Müəssisə üçün uzun müddətli iqtisadi və sosial səmərədir.	1.Əməkdaşların təlimi, ixtisasının artırılması və yenidən hazırlanması müəssisəyə yüksək xərslər tələb edir. 2.İşçilərin insankapitalına və biliklərinə, bacarıqlarına mütəmadi investisiya edilməsinə baxmayaraq va keçidikcə onlar köhnəlir. 3.İşçi qüvvəsi hərəkətində müstəqillik müəssisə rəhbərininonların inkişafına investisiya cəhdini aşağı salır. 4. İnsan kapitalına investisiyanın səmərəsinin uzun müddətə əldə edilməsi
İmkanlar	Təhlükələr
1.Yeni satış bazarlarına çıxış 2.Yüksək keyfiyyətli məhsul istehsal etmək, bazarda rəqabətqabiliyyətini yüksəltmək 3.İnnovativ məhsulların buraxılışına nail olmaq	1. Əsaslı investisiya qoyuluşu edilmiş insan kapitalının işdən çıması və ya başqa müəssisəyə getməsi 2.Zaman keçdikcə insan kapitalının aşınması

SWOT təhlil onu göstərir ki, insan kapitalına investisiya qoyuluşu müəssisə rəhbərinin ən əsas vəzifələrindən birinə çevrilməlidir. Texnika və texnologiyanın daim inkişafı, innovasiya fəliyyətinin geniş vüsət alması müəssisələrin səmərəli fəaliyyətində insan kapitalının mütamadi olaraq inkişaını tələb edir.Bu baxımda hər bir müəssisə rəhbəri insan kapitalına investisiya qoymaqla yanaşı, onu qoruyub saxlamağı bacarmalıdır. Bunun üçün motivləşdirici və stimullaşdırıcı amillərdən istifadə etməlidir.

Ədəbiyyat siyahısı

1.Туроу Л. «Будущее капитализма», 1996.

2.Щетинин В. Человеческий капитал и неоднозначность его трактовки//Мироваяэкономика и международные отношения.- М., 2001.- №12. С.167

3. Долинца Д.М. Инвестиции в человеческий капитал // Сборник материалов Второймеждународной научно-практической конференции "Проблемы развития инновационно-креативной экономики" – С. 320.

4 Савченко В.В. Виды инвестиций в человеческий капитал и их эффективность // Вопросы структуризации экономики. 2010. № 2. С. 414–419.

5. Коркина Т.А. Сущность и классификация инвестиций в человеческий капитал предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 16. С. 101–108.

6. Васильев И.В. Классификация человеческого капитала и инвестиций в него // Балтийский экономический журнал. 2010. № 2. С. 8–18.

7. Биксина Н.А. Инвестиции в человеческий капитал как важнейший фактор экономического роста // Академия управления. 2014. № 4. С. 76–78.

8.Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного экономического развития. М.: Вла Дар, 1993, 310 с,
9.Albertmüəlliminkitabları
10. Дудин М.И., Лясников Н.В., Широковских С.А. Стратегический менеджмент: учеб. пособ. 2-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2014. 256 с.

ENERJİDAŞIYICILARININ DÜNYA BAZARINDA ROLUNUN GÜCLƏNDİRİLMƏSİ MƏSƏLƏLƏRİ

Mikaylova S.M .
AMEA İqtisadiyyat İnstitutu

GİRİŞ

Son 15 ildə dünya təsərrüfatı sistemində iki dəfə baş vermiş beynəlxalq maliyyə böhranları dünya bazarında əksər məhsulların, xüsusilə, enerji daşıyıcılarının satışına böyük təsir göstərmişdir. Bu səbəbdən də neft amilinə köklənmiş ölkələrin milli iqtisadiyyatları enerji daşıyıcılarının qiymətinin aşağı düşməsi nəticəsində böhranlı vəziyyətlə qarşılaşmışdır. Dünya bazarında bu strateji məhsulun satışından valyuta daxil olmaları azaldığı üçün ölkələrin büdcə daxilolmaları azalır, investisiyaya olan tələbatının ödənilməsində çətinliklər ortaya çıxır, bir çox sosial iqtisadi proqramların həyata keçirilməsi isə təxirə salınır.

Lakin bütün bunlar heç də əsas vermir ki, neft hasilatı sahəsində dünyada tanınan ölkələr beynəlxalq səviyyədə neftin qiymətləri ilə əlaqədar inkişafın sonrakı mərhələlərində bu sahədə istehsalı artırmasınlar və dünya bazarında bu istiqamətdə mövcud imkanlardan istifadə etməsinlər.

Azərbaycan Respublikasında neft-qaz sahəsi üzrə mövcud vəziyyətin dəyərləndirilməsi

Statistik məlumatların təhlili göstərir ki, Azərbaycanda istehsal olunan bir barreli (159 litr) neftin maya dəyəri 12 dollara bərabərdir. Bu isə onu göstərir ki, respublikamızda istehsal olunan neftin dünya bazarında qiymətlərin 25 dollara düşməsi şəraitində belə ölkəmizin dünya bazarında satılan neftin bir barrelinə görə 13 dollar gəlir əldə etmək imkanları vardır.

Deməli, dünya bazarında neftin konyunktura vəziyyətindən asılı olmayaraq respublikamız bu məhsulun istehsalının və dünya bazarına ixracının artırılmasına diqqəti azaltmamalıdır [1].

Azərbaycanın neft və neft kimyası sahəsində güclü elmi-texniki potensiala malik olması əsas verir ki, neft hasilatında və emalında mütərəqqi texnologiyaların tətbiqi, istehsal olunmuş xam neftin hər tonundan daha çox son məhsul istehsal edilməsi yolu ilə ölkəmiz dünya enerji daşıyıcıları bazarından istənilən səviyyədə faydalana biləcəkdir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, respublikamızda dünya bazarına ixrac edilən xam neftdən başqa digər məhsullar və xidmətlər ixracı sahəsində də böyük imkanları vardır. Hazırda bunlara neft kimyası, neft maşınqayırması və digər sahələri aid etmək olar.

Digər neft ölkələrində olduğu kimi respublikamız da neft sənayesi ilə bağlı xidmətlər üzrə dünya bazarında aşağıdakı istiqamətlərdə iştirak edə bilər:

- neft yataqlarının kəşfi, yataqların iqtisadi cəhətdən qiymətləndirilməsi;
- neftin hsilatı layihəsinin işlənib-hazırlanması;
- neft kəmərlərinin çəkilməsi layihələrinin tərtibi;
- neft emalı zavodlarının tikilməsi layihələrinin tərtibi;
- yeni neft hasilatı və emalı maşınlarının, avadanlıqlarının işlənib hazırlanması üzrə konsultativ xidmətlər;
- maşın və avadanlıqların buruqlarda quraşdırılması, işə salınması və idarə edilməsi;
- mövcud maşın və avadanlıqların, emal xətlərinin modernizasiyası proyektlərinin tərtibi;
- neft buruqlarına servis xidməti;
- ali məktəblərdə neft-qaz sahəsində təhsil xidmətləri;
- neft-qaz sahəsində çalışan aşağı və orta ixtisas dərəcəli işçilərin ixtisasartırma kurslarının təşkili;
- professional neft mütəxəsislərin və eımi kadrların əməyindən səmərəli istifadə edilməsi;
- neft sahəsi alimlərinin tədqiqatlarından alınan yeniliklərin istifadəsi və ixracı mexanizminin işlənib hazırlanması.

Dünya bazarına çıxarılan enerji daşıyıcılarının tərkibinə daxil olan struktur elementlərinin ixracına yuxarıda qeyd etdiyimiz qaydada yanaşılması respublikamızın BƏB-də mövqeyini möhkəmləndirməklə bərabər ölkədən qeyri leqal "beyin axını"nın dayandırılmasına kömək edər. Lakin göstərdiyimiz bütün perspektiv istiqamətlərə baxmayaraq, Azərbaycan hələ də vertikal BƏB modelinin cənub elementi olaraq qalır. Əlbəttə aydındır ki, yuxarıda qeyd etdiyimiz istiqamətlərdə ixtisaslaşmanın səmərəsini reallaşdırmaq üçün külli məbləğdə investisiya tələb olunur. Ancaq bununla yanaşı təəssüf ki, müasir dövrdə respublikamızda elə qanunvericilik aktlarına da rast gəlmək mümkündür ki, onlar hələ də Azərbaycanın hazır məhsullar üzrə deyil,

məhz xammal ixracçısı kimi istisaslaşmasını "stimullaşdırır".Məhz buna görə də beynəlxalq təcrübə nəzərə alınmaqla təkmilləşmə işləri aparılmalıdır [2].

Fikrimizcə neft və digər ilkin xammalın daşınmasını məhdudlaşdır]maq üçün aşağıdakı tədbirlər həyata keçirilməlidir:

- xammalın respublikadan ixracı maksimum məhdudlaşdırılmalıdır;
- xam neftin emal dərinliyinin yüksədilməsi (85-87%) və beynəlxalq standartlara çatdırılması ölkəmizin daxili imkanları səviyyəsində həll edilməlidir;
- xammala ixrac rüsumları sərtləşdirilmiş qaydada deyil, xammalın dünya qiymətlərinə nisbətən faizlə təyin edilməlidir. Bu rüsumlar xammalın dünya qiymətlərinin ən azı 80%-i həcmində olmalıdır.

Dünya bazarında strateji məhsulların yerinin gücləndirilməsinə kömək edən tədbirlər yalnız neftin deyil, qazın da verə biləcəyi səmərədən milli iqtisadiyyatımızın inkişafında faydalanmağa imkan verməlidir.

Beynəlxalq və respublikanın neft-qaz sahəsi üzrə müvafiq ekspertlərinin verdiyi məlumatlara əsasən Azərbaycanda 2,7-6,0 trln. m^3 qaz ehtiyatı vardır. Avropa dövlətlərinin mavi yanacağa artan tələbatını və bu sahədə Rusiyadan asılılığın azaldılmasında Azərbaycanın qaz ehtiyatlarında istifadə edilməsinin əhəmiyyəti getdikcə artır.

Cədvəl 1. Azərbaycanın enerji balansı (neft ekvivalenti tonu (NET)

İllər	2010	2012	2013	2014	2015
Ilkin enerji məhsullarının istehsalı	68254,6	60973,9	61699,5	61132,0	61084,2
Ümumi enerji təchizatı	12566,5	14390,0	14630,6	15085,5	15569,4

Qeyd: cədvəl www.stat.gov.az saytının materialları əsasında müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Əgər statistik göstəriciləri təhlil etsək görərik ki, Azərbaycan Respublikasının enerji balansı üzrə ilkin enerji məhsullarının istehsalı 2010-cu ildə 68254,6 min NET (nefft ekvivalenti tonu ilə) olmuşdursa , 2010-cu illə müqayisədə 2013-cü ildə bu göstərici 10 faiz azalaraq 61699,5 min NET, 2015-ci ildə isə müvafiq göstərici 10,6 faiz azalaraq 61084,2 min NET olmuşdur. 2014-cü illə müqayisədə 2015-ci ildə ümumi enerji təchizatı üzrə göstəricilər 1,2 dəfə artaraq 15569,4 min NET olmuşdur (Cədvəl 1).

Cədvəl 2. Ölkə üzrə ümumi xam neft balansı, min ton

İllər	2010	2012	2013	2014	2015
İstehsal	50838,2	43374,8	43457,4	42075,7	41628,3

Qeyd: cədvəl www.stat.gov.az saytının materialları əsasında müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Son illər istehsal olunmuş xam neftin həcmi 2010-cu ildə 50838,2 min ton olmuşdursa, 2010-cu illə müqayisədə 2013-cü ildə bu göstərici 14,6 faiz azalaraq 43457,4 min ton 2015-ci ildə isə 18,2 faiz azalaraq 41628,3 min ton olmuşdur (Cədvəl 2).

Cədvəl 2 Azərbaycan Respublikası üzrə son illər qeydə alınmış neft və qaz hasilatı (mln.ton)

İllər	2011	2012	2013	2014	2015
Dənizdə neft hasilatı (mln. ton)	43,8	41,7	41,7	40,4	40,0
Quruda neft hasilatı (mln. ton)	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6
Qaz hasilatı mln. kub metr	16361	17242	17895	18827	19236

Qeyd: cədvəl www.stat.gov.az saytının materialları əsasında müəllif tərəfindən hazırlanmışdır

Azərbaycan Respublikası üzrə əgər 2011-ci ildə 13,8 mln. ton dənizdə neft hasil olunmuşdursa, 2011-ci illə müqayisədə 2015-ci ildə bu göstərici 8,7 faiz azalaraq 40 mln. tona çatmışdısa, 2015-ci ildə isə 11,2 faiz

azalaraq 1,6 mln. ton olmuşdur. 2014-cü illə müqayisədə 2015-ci ildə respublikamız üzrə qaz hasilatı 2 faiz artaraq 19236 mln. kub metrə çatmışdır (Cədvəl 3).

Aparılmış təhlillərdən də göründüyü kimi, son illər dünya bazarında neft məhsullarının dəyərinin aşağı düşməsi ölkəmizdə də neft məhsullarının həm dənizdə , həm quruda istehsal həcminin azalmasına səbəb olmuşdur. Bunun da əsas səbəbi dünya bazarında neft məhsullarına olan tələbatın azalması ilə bağlıdır. Yaxın dövrlərdə neftin qiymətinin artması yerli istehsalın da həcminin artmasınba səbəb ola bilər [3].

Neft hasilatının və ixracının artırılması istiqamətləri

Məhz bu zərurətlə beynəlxalq TAP və TANAP qaz kəmərlərinin çəkiliş layihələrinin Azərbaycanın iştirakı ilə həyata keçirilməsinə başlanılmışdır. Digər tərəfdən Orta Asiya dövlətlərində Qazaxıstan, Türkmənistan və digər ölkələrdə istehsal olunan neftin və qazın Azərbaycan ərazisindən keçərək dünya bazarına ixrac edilməsi Azərbaycanın tranzit dövlər kimi gəlir əldə etməsinə imkan verəcəkdir. Bu yolla da respublikanızın üzv olduğu İƏT (İqtisadi Əməkdaşlıq Təşkilatı) ölkələrinin mövcud olduğu dünya bazarına neft və qaz ixracı sahəsində mövqeyini xeyli gücləndirmək imkanı əldə etməklə yanaşı , əlverişli tranzit ölkəyə çevriləcəkdir.

Azərbaycanda yaxın perspektivdə dünya bazarına enerji daşıyıcılarının ixracının artırılması istiqamətində İƏT çərçivəsində prioritet istiqamətlərdən biri də neft emalı sahəsidir. Çünki, birincisi, Türkiyədən başqa bütün İƏT ölkələri böyük neft, yaxud qaz yataqlarına malikdirlər, ikincisi 2015-2016 –cı illərdə neftin qiymətinin xeyli aşağı düşməsinə baxmayaraq yaxın gələcəkdə region üzrə neft hasilatının xeyli artacağı gözlənilir. Odur ki, neft emalı İƏT çərçivəsində birgə müəssisələrin yaradılması üçün olduqca etibarlı sahə ola bilər. Hazırki vəziyyətdə, yəni istehsal avadanlığının keçmiş ittifaq dövründən qalması, texnologiyaların köhnəliyi, fiziki və mənəvi aşınmaya uğraması nəzərə alınmaqla respublikamızda bu sənaye sahəsinin illik gücü 20 mln. ton təşkil edir. Mövcud istehsal sahələrində modernizasiya aparmaqla bu potensialdan daha səmərəli istifadə olunmalıdır.

Aydındır ki, neftin emalı üzrə İƏT ölkələri ilə birgə müəssisələrin yaradılması əlavə maliyyə vəsaitinin cəlb edilməsi nəticəsində onların gücü və səmərəliliyi qısa müddət ərzində dəfələrlə artacaqdır və Qazaxıstan, Türkmənistankimi dövlətlərin istehsal etdikləri neftin bir hissəsi də həmin müəssisələrdə emal oluna bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycanda həm də bunun üçün lazımı infrastruktura (elmi-texniki kadr potensialı, yüksək ixtisaslı mütəxəsislər, terminallar, boru kəmərləri) vardır [4].

Azərbaycan Respublikası dünya bazarına xam neft və digər sahə üzrə məhsullar ilə çıxmaqla fəaliyyət dairəsini məhdudlaşdırmamalıdır. Əgər respublikamız dünya enerji daşıyıcıları bazarından bir ildə inkişaf etmiş dövlətlər üzrə orta hesabla 200 mln. dollardan (ABŞ) çox xidmət idxal edirsə, bəs nə üçün dünyada neft sahəsində tanınan Azərbaycandan digər ölkələrə, xüsusilə üçüncü dünya dövlətlərinə bu qəbildən olan xidmətlər ixrac olunmasın?. Ona görə də bu sahədə də davamlı tədbirlər reallaşdırılmalıdır.

Məlum həqiqətdir ki, strateji məhsul olan neft istehsalı zamanı bir qrup mühəndis, menecment, marketoloq və s. mütəxəsislərin məsləhətlərindən istifadə olunur. Yalnız bundan sonra xam neft çıxarılaraq dünya bazarına ixrac edilir. Fikrimizcə, xam neftin ixracından əldə edilən gəlirlərin artırılması üçün sahəyə uyğun xidmətlərin (işin təşkili və idarə edilməsi metodları, qiymətləndirimə, bazarda rəqabətin öyrənilməsi, bazarın konyunktura vəziyyəti, qiymətlərin proqnozlaşdırılması, təhlükəsiz hasilatın və daşınmanın qiymətləndirilməsi, risklər və s.) ixracından da faydalanmaq məqsədəuyğun olardı. Bu istiqamətdə Norveç, Böyük Britaniya, ABŞ və başqa dövlətlərin təcrübəsindən faydalanmaq lazımdır. Əgər Azərbaycan dövləti nefti istehsal edərkən Norveçin bu sahədəki faydalı xidmətlərin ixracına yüz minlərlə dollar sərf edirsə eyni qaydada respublikamız neft hasil edən üçüncü dünya dövlətlərinə müvafiq xidmətlərin ixracından da əlavə valyuta əldə etmək imkanı vardır.

Qeyd etmək lazımdır neft məhsulları Azərbaycan iqtisadiyyatında üstün rol oynayan strateji məhsuldur. Bütün hallarda dünya bazarında neftin qiymətinin aşağı düşməsi şəraitində belə onun iqtisadiyyatımızda ən səmərəli sahə olması və cəmiyyət üçün xeyirli olması faktı danılmaz olaraq qalmaqdadır. Fikrimizi aydınlaşdırmaq üçün faktlara müraciət edək.

Hər il Azərbaycanda daxili yanma mühərriklərinin bə digər təsərrüfat subyektlərinin yanacağa olan ehtiyacını ödəmək üçün təxminən 14 mln. ton yanacaq sərf olunur. Bunun 1,6 mln. tonu Sumqayıtın, 12,4 mln. tonu Bakı şəhəri və digər bölgələrin payına düşür. Hazırda isə Azərbaycanda (Beynəlxalq Əməliyyat şirkəti ilə birlikdə) 32 mln. ton neft istehsal olunur. Neft istehsalının ildə 20 mln. tona düşməsi şəraitində belə respublikamız bir ildə dünya enerji daşıyıcıları bazarına 5-6 mln. ton neft ixrac edə biləcəkdir.

Istehsal olunmuş neftin bir barelinin maya dəyərinin 12 dollar olması şəraitində dünya bazarına çıxarılan 6,0 mln. ton neftin reaıllaşması hesabına respublikamız təxminən 10,7 mlrd. dollar gəlir əldə edə bilər. Bu da 2015-ci ildə bütövlükdə respublika üzrə kənd təsərrüfatında istehsal olunmuş ümumi məhsulun həcmindən 2 dəfədən də çoxdur. Indiki şəraitdə iqtisadiyyatımızın strukturunda heç bir sahə təsərrüfat ilində bu qədər gəlir əldə etmək imkanına malik deyil.

Bütün bunlar əsas verir ki, perspektivdə Azərbaycandan neft məhsullarının həm dünya bazarına çıxarılması, həm də daxili tələbatı ödəmək baxımından indiki səviyyədə saxlanılması məqsədəuyğundur.

Problemin həllinə bu yanaşma "Azərbaycan - 2020 gələcəyə baxış inkişaf konsepsiyası"nın və 2016-cı ildə qəbul olunmuş "İstehsalın və emalın inkişafının strateji yol xəritəsinin" tələbləri baxımından məqbul hesab edilə bilər.

Enerji daşıyıcılarının dünya bazarında və beynəlxalq əmək bölgüsündə yerinin gücləndirilməsi ilk növbədə Azərbaycanda iqtisadiyyatın diversifikasiyası və valyuta gəlirlərinin cəlbinə yaradılmasına şərait yaradacaq, respublikada alternativ ixrac sektorunun yaradılması prosesində ortaya çıxan təşkilatı-iqtisadi məsələlərin həllinin maliyyə təminatı yaxşılaşacaq, həyata keçirilən ixrac siyasətinin səmərəli olması praktikada öz təsdiqini tapacaq, Azərbaycanın İqtisadi Əməkdaşlıq Təşkilatı, Qara Dəniz Ölkələrinin İqtisadi Birliyi və digər regional iqtisadi birliklərlə inteqrasiya əlaqələrinin genişlənməsinə şərait yaranacaq, respublikamızın beynəlxalq və regional layihələrdə iştirakı üçün investisiya imkanları genişlənəcəkdir [5].

Nəticə

Respublikamızın dünya bazarında ixracyönümlü hazır məhsullar üzrə yerini orta müddətli perspektivdə təmin etmək məqsədilə ümumilikdə aşağıdakı tədbirlərin reallaşdırılması məqsədəuyğundur:

- dünya bazarında likvidli tələbə malik və ilk növbədə neft və digər yerli ehtiyatların aktiv istifadə edildiyi emal sənayesi sahələrinin prioritet inkişafı təmin olunmalıdır [6];
- rəqabət mübarizəsinin kəskinləşdiyi dünya bazarında öz seqmentinin yaradılması ixtisaslaşma istiqamətlərini formalaşdıran amillərdən biri kimi qəbul edilməlidir;
- neft çıxarma sənayesində istehsal ehtiyatlarından istifadənin intensivliyini artırmaqla ÜDM-də və ixracda bu tip sahələrin xüsusi çəkisinin 50-70%-ə çatdırılması strateji hədəfə çevrilməlidir;
- ÜDM-in strukturunda bütövlükdə emal sənayesinin payının 20%-ə çatdırılması üçün praktiki tədbirlər görülməlidir;
- keyfiyyətdə total nəzarətin qabaqcıl texnologiyaları yaradılmalıdır;
- hasil edici sənaye sahələrində, o cümlədən neft çıxarmada dünya standartlarına cavab verən infrastruktur sahələrinin yeni inkişaf səviyyəsi müəyyənləşdirilməlidir [7];
- neft çıxarmada, emalında və satışında özəlləşdirmə prosesinin sürətləndirilməli və burada mənəvi köhnəlmə amili mütləq nəzərə alınmalıdır.

Araşdırmalar nəticəsində belə bir qənaətə gəlmək mümkün olmuşdur ki, Azərbaycandan dünya bazarına yalnız xam neft deyil, digər ölkələrdə olduğu kimi ixrac potensialının tərkibinə daxil olan digər struktur elementləri və xidmətlərin ixracının təşkili məqsədəuyğundur [8].

Təhlil nəticəsində [9] respublikadan müxtəlif adda xammalın ixracının məhdudlaşdırılması yolları əsaslandırılmış, gələcəkdə neft ixracının prioritet ixrac sektoru kimi inkişafının səmərəli olması üçün stimullaşdırıcı mexanizmlərdən istifadə edilməsi təklif olunmuşdur [10] .

Ədəbiyyat siyahısı

1.Abbasov Ç.M. Azərbaycanın dünya iqtisadiyyatına inteqrasiya yolları. Bakı, "Elm", 2005, s.252

2.Əli Həsənov. "Müasir beynəlxalq münasibətlər və Azərbaycanın xarici siyasəti". Bakı, "Azərbaycan" nəşriyyatı 2005. s.752

3.Qafarov Ş.S. Müasir iqtisadi sistem və qloballaşma. Bakı, "SBŞ" 2005, s.632

4. Dünyamalı Vəliyev. Azərbaycanın qlobal iqtisadiyyata inteqrasiyası. Bakı:"Adiloğlu", 2008, 428 s.

5. Əhmədov N.H. Azərbaycanda xarici iqtisadi əlaqələrin inkişafı və istehlak bazarının formalaşması. Bakı, 2005, 81 s.

6. Əliyev A.Ə. Şəkərəliyev A.Ş. Bazar iqtisadiyyatına keçid: dövlətin iqtisadi siyasəti. Bakı, 2002. 761 s.

7. Həsənov R.T. İqtisadi inkişaf və makroiqtisadiyyat. Bakı, 2001, 604 s.

8. Nadirov A.A., Muradov Ş.M., Hüseynov T. və b. Azərbaycan iqtisadiyyatı. Bakı: Elm. 2003. 341 s.

9. Gənciyev G.Ə. Beynəlxalq iqtisadi münasibətlər. Bakı, 2012. 396 s.

10. Gənciyev G.Ə. İxrac ehtiyatlarından səmərəli istifadə edilməsi istiqamətləri. Bakı, 2001, 197 s.

MARKETİNQDƏ MƏHSULUN KEYFİYYƏTİ

Pənahəliyeva M. Ö.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Marketinqin əsas anlayışlarından biri məhsul və xidmət anlayışlarıdır. Məhsul bazar təklifinin birinci əhəmiyyətli elementidir. O , müştərilərin istəyini və ehtiyacını ödəmək qabiliyyətində olan və bazarın diqqətinə,

istifadəsinə, istehlakına təklif olunan hər şeydir. Bazar təklifinin ikinci əhəmiyyətli elementi xidmətlərdir. Məhsul maddi, xidmət isə qeyri maddidir [1].

Məhsullar onları istifadə edən istehlakçıların növlərindən asılı olaraq istehlak məhsulları və sənaye məhsulları kimi 2 böyük qrupa bölünür.

İstehlak məhsulları məhsulun elə bir növüdür ki, son istehlakçı tərəfindən şəxsi istifadə üçün alınır. İstehlak məhsulları belə təsnifləşdirilir: rahatlıq üçün məhsullar; ticarət məhsulları; xüsusi məhsullar; axtarılmayan məhsullar.

Bu məhsullar istifadə və satılma yollarına görə bir-birindən fərqlənirlər.

Rahatlıq üçün məhsullar- istehlakçı tərəfindən tez-tez, dərhal və minimal müqayisə və alıcı zəmanəti ilə alınan məhsullardır. Burada müştəri onu tez-tez tələsmədən və minimal əmək sərf edərək alır.Belə məhsullar ucuz qiymətləndirilir və satıcılar məhsulları bazarin müxtəlif yerlərdə yerləşdirirlər ki, müştəriyə daha yaxın və əlçatan olsun. Bu kateqoriya məhsullara sabun, yuyucu maddələr, qəzet və jurnallar, yarımfabrikatlar aid edilir.Ticarət məhsulları elə məhsullardır ki, burada müştəri məhsulu seçərkən onun qiymətinə, keyfiyyətinə dizaynına çox vaxt və əmək sərf edir. Bu məhsullara mebel, geyim, avtomabil, avia və otel xidmətlərini aid etmək olar. Belə məhsulların satış nöqtələri məhduddur. Məhsulların seçimində müştəriyə müqayisə etmək üçün daha güclü satış dəstəyi göstərilir.

Xüsusi məhsullar unikal xüsusiyyətlərə və brendə malik olan istehlak məhsullarıdır. Bu məhsulları almaq üçün alıcılar xüsusi cəhd göstərirlər. Belə məhsullar hər bir bazar məkanında yerləşən dükanlarda ekzklüziv paylanır, istehsalçılar və satıcılar tərəfindən daha dəqiq hədəfləndirilmiş təşviqat işləri aparılır. Bu məhsullara müəyyən formalı və markalı avtomobilləri, bahalı saat, fotoaparat, geyim, informasiya texnologiyaları, tibbi və hüquqi xidmətləri aid etmək olar. Adətən, belə məhsulları alıcılar müqayisə etmirlər, onlar yalnız arzuladıqları məhsulları çatdıran dilerləri tapmaq üçün müəyyən vaxt sərf edirlər.

Axtarılmayan məhsullar haqqında alıcının məlumatı olmur, məlum olduqda isə belə onu almağı haqqında düşünmür. Axtarılmayan məhsullar o vaxta qədər axtarılmayan olurlar ki, yenilikləri istehlakçı reklam vasitəsilə məlumat verir. Bu məhsul və xidmətlər həyat sığortası, müxtəlif məqsədlər üçün qan vermə aksiyaları və s. aid edilir. Öz təbiətinə görə axtarılmayan məhsullar böyük reklam, fərdi satış və s. marketinq xidmətləri tələb edirlər [2].

İstehlak məhsullarından fərqli olaraq sənaye məhsulları biznes sahəsində istifadə olunmaq üçün alınan məhsullardır. Bunlar arasındakı fərq, edilən alışın məqsədidir. Əgər istehlakçı tikiş maşının paltar tikməq məqsədi ilə alırsa bu tikiş maşını istehlak məhsuludur. Lakin həmin alıcı bu maşını öz biznesi üçün alirsa onda tikiş maşını sənaye məhsuluna çevrilir.

Sənaye məhsulları öz təyinatına görə 3 qrupa bölünür: Xammal və ehtiyat hissələri; İstehsal vasitələri ; ehtiyatlar və xidmətlər.

Xammallar fermer məhsullarını (taxıl, pambıq, meyvə, tərəvəz, maldarlıq) və təbii məhsulları (balıq, xam neft, dəmir filizi) özündə əks etdirir.İstehsal olunmuş materiallar və hissələr, komplektləşdirici məmulatların böyük hissəsi birbaşa sənaye istifadəçilərinə satılır. Burada qiymət və xidmət marketinq amilləridir, brənd və reklam isə daha az əhəmiyyət kəsb edir.

İstehsal vasitələri alıcının istehsal prosesinə və ya əməliyyatlarına, (əsaslı daşınmaz əmlak və köməkçi avadanlıq daxil olmaqla) yardım edən sənaye məhsullarıdır. Daşınmaz əmlak dedikdə binalar,genetorlar, qurğular, iri kompüter sistemləri, lift və s. başa düşülür. Köməkçi avadanlıqlar isə fabrik avadanlığı və alətləri (əl alətləri, yük qaldırıcı), eləcə də ofis avadanlığı (kompüterlər, faks maşınları, masa) kimi vacib elementləri özündə birləşdirir. Bunlar daşınmazdır, az ömürlüdür və istehsal prosesində köməkçi vasitə kimi istifadə olunurlar.

Sənaye məhsullarının sonuncu qrupu- ehtiyatlar və xidmətlərdir. Ehtiyatlara, əməliyyat ehtiyatları (yağ, daş kömür, kağız, karandaş) və təmir-xidmət məhsulları (boya, mismar, taxta) aiddir. Ehtiyatlar sənaye sahəsinin rahatlıq məhsullarıdır ki, onlar minimal sərflə və ya müqayisə ilə alınır. Biznes xidmətləri quraşdırma, təmir (pəncərələrin təmizlənməsi, kompüterlərin təmiri) və biznes məsləhət xidmətlərini (hüquqi məsləhət, menecment, konsaltinq reklam işləri) əhatə edir [3].

Müasir dövrdə marketoloqlar maddi məhsul və xidmətlərdən əlavə məhsul anlayışını daha da genişləndirərək onlara dair qərarların verilməsi işlərini də görürlər. Bu qərarlar 3 səviyyədə verilir: Məhsul üzrə fərdi qərarlar;məhsul xətti üzrə qərarlar; məhsul kompleksi üzrə qərarlar.

Məhsul üzrə fərdi qərarlar məhsulunəlamətləri, brendləşdirməsi, qablaşdırılması, nişanlanması, məhsulun dəstəklənməsi xidmətləri kimi əlamətləri özündə birləşdirir. Məhsulun və xidmətin layihələndirilməsi onun verə biləcəyi dəyərlərin müəyyən edilməsindən ibarət olur. Bu dəyərlər məhsulun əlamətləri olan keyfiyyət, xüsusiyyətlər, üslub və dizayn vasitəsi ilə əlaqələndirilir və çatdırılır. Keyfiyyət göstəricilərinə məhsulun davamlılığı, dəqiqliyi, asan istifadəsi, təmiri və digər göstəricilər daxildir. Keyfiyyət məhsulun və ya xidmətin aqibətinə birbaşa təsir edir. Marketoloqlar keyfiyyəti müştəri məmnunluğu kimi qəbul edirlər.

Amerikanın Keyfiyyət Cəmiyyəti keyfiyyətli xidmətvə məhsulun müştərinin real və ya potensial ehtiyaclarını ödəyən qabiliyyəti kimi təyin edir. Eynilə "Simens" şirkəti öz keyfiyyətini "əgər satdığımız məhsullar deyil, xidmət etdiyimiz müştərilərimizin yenidən bizə müraciət edirlərsə bu keyfiyyətdir". Bütün bu deyimlər keyfiyyətin müştəri ehtiyacları ilə başlanmasını və müştəri məmnunluğu ilə bitməsini bildirir. Məhsulun keyfiyyəti səviyyə və davamlılıq kimi əlamətlərlə ölçülür. Keyfiyyət səviyyəsi məhsulun bazarda mövqeyini qoruya bilməsidir. Burada məhsulun keyfiyyəti əməli keyfiyyətini-yəni məhsulun öz funksiyalarını yerinə yetirmə qabiliyyətini nəzərdə tutur. Məsələn, "Roleks" saatı əməli keyfiyyətinə görə digər firmaların saatlarından qat-qat üstündür. Şrkətlər çox az hallarda öz müştərilərinə belə yüksək keyfiyyətli məhsullar təklif edirlər. Çünki çox az sayda müştərilərin belə saatdan almaq imkanı vardır. Ona görə şirkətlər hədəf bazarının ehtiyacını ödəyə bilən və rəqib məhsulların keyfiyyətinə müvafiq olan keyfiyyət səviyyəsini seçirlər.

Xüsusiyyətlərbir şirkətin məhsulunun rəqib şirkətin məhsulundan fərqləndirilməsi kimi qəbul olunur. Belə ki, qarşılıqlı ehtiyac və dəyərə olan yeni bir xüsusiyyəti həmişə birinci yaratmaq istəyi ən səmərəli rəqabət növü və üsulu ola bilər. Bunun üçün şirkət daima marketinq tədqiqatları apararaq , onun məhsullarından istifadə edən müştərilərlə əlaqə saxlamalı və öz məhsullarının təkmilləşməyə ehtiyacını öyrənməlidirlər. Yalnız belə tədqiqatın koməyi ilə şirkət üçün xüsusiyyətlər haqqında ideyalar yarana bilər.Müştərilər tərəfindən az dəyərləndirilən və yüksək xərc tələb edən xüsusiyyətlər kənara atılmalı, xərclərə nisbətdə yüksək dəyərləndirilən xüsusiyyətlər isə əlavə edilməlidir.

Müştəri dəyərini yaratmaq üçün məhsulun fərqli üslubu və dizaynı da mühüm rol oynayır. Üslub məhsulun yalnız xarici görnüşünü təsvir etdiyi halda, dizayn isə məhsulun birbaşa ürəyidir. Yaxşı dizayn məhsulun xarici görünüşünə və lazımlılığına təsir göstərmək imkanına malikdir. Gözəl üslüb və dizayn məhsula olan diqqəti artırıronun işinin təkmilləşməsini, istehsal xərclərinin azalmasını və bazarlarda yüksək rəqabət üstünlüyünü təmin edir.

Hər bir müəssisənin və şirkətin ən başlıca vəzifəsi xidmət və məhsulların brendlərini yaratmaq, saxlamaq, müdafiə etmək və daha da artırmaqdan ibarətdir.

Brend-bir və ya bir qrup satıcıların məhsul və xidmətlərini müəyyən etmək və rəqiblərdən özlərini fərqləndirmək məqsədi ilə istifadə olunan ad, rəmz, simvol və ya dizayn və ya bunların hamısının birlikdə kombinasiyasıdır. Istehlakçılar brendə məhsulun bir hissəsi, brendləşməyə isə məhsula dəyər əlavə edən bir məfhum kimi baxırlar. Müasir zamanda brendin əhəmiyyəti o qədər qalxıb ki, onsuz məhsullar satışa buraxılmır. Məsələn, adi düz brend qablarında satılır, adi bolt və qayqa birləşdirilərək distribyuterik nişanı vurulmaqla qablaşdırılır, hətta meyvələr və tərəvəzlər də öz brendlərinə malikdirlər. Brend həmçinin məhsulun keyfiyyəti haqqında da məlumat verir. Bu isə istehsalçıya bazarları seqmentlərə bölməkdə kömək edir və geniş alıcı kütləsini cəlb edir. Buna görə də brendlərin yaradılması və idarə edilməsi marketoloqun ən başlıca vəzifəsi hesab olunur.Bəzi analitiklər brendlərə müəssisənin məhsullarına və xidmətlərinə davamlılıq gətirən ən başlıca aktivləri kimi baxırlar."Quaker Oats" şirkətinin təsisçilərindən olan Con Stüart demişdir: " Əgər bu biznes aramızda bölünsəydi mən sizə bu biznesin yerləşdiyi torpaq sahəsini və onun binasının kərpic və əhəngini verərdim.Özümə isə brend və ticarət nışanı saxlayardım. Mən əminəm ki, sizdən yaxşı yaşayan da elə mən olardım"[4]. McDonalds-ın menecerlərindən biri bu fikirlə razılaşaraq aşağıdakı misalı nümunə gətirir. "Əgər bizə məxsus hansısa bina, hansısa qurğu, cihaz təbii fəlakət zamanı məhv olarsa, biz asanlıqla öz brendimizin gücü ilə kredit alıb bütün bunları bərpa edə bilərik.Əslində bu düzgün fikirdir.Brend bütün bu aktivlərin məcmusundan çox-çox qiymətlədir"[3].

Dünyanın məhşur iç adamlarının brendi belə qiymətləndirmələri onun müəssisənin istehsal və sarış fəaliyyətində necə böyük rola malik olduğuna əyani sübutdur.

Məhsulun keyfiyyətini xarakterizə edən göstəricilərdən biri də qablaşdırma və nişanlamadır. Qablaşdırma məhsul üçün qabların və paketlərin dizaynı və istehsalıdır. Qablaşdırmanın əsas funksiyası məhsulu saxlamaq və mühafizə etməkdir. O, diqqətin cəlb edilməsindən, məhsulun təsvir olunmasına və satışına qədər mühüm rol oynayır. Belə ki, qablaşdırmanın gücü ilə istehlakçıda şirkət haqqında tam təsəvvür yaratmaq olur. Yüksək rəqabət şəraitində qablaşdırma satıcının alıcıya təsir edə biləcəyi sonuncu vasitə ola bilər. Son aparılan araşdırmalar göstərir ki, istehlakçının diqqətini cəlb etmək üçün və onu daimi müştəriyə çevirmək üçün qablaşdırma çox zəruri amildir. Bunlardan əlavə qablaşdırma məhsulun təhlükəsizliyini də təmin edir.

Nişanlama qabın əsas hissəsinə vurulmuş sadə etiketlərdən tutmuş mürəkkəb qrafiklərə qədər bütün işləri özündə birləşdirir. Etiket məhsulu və ya brendi aşkar edir, məhsulun vacib alıcı üçün maraqlı olan tərəflərini təsvir edir -kim hazırlayıb? harada hazırlanıb? onun məzmunu, tərkibi, düzgün istifadəsi və s. Bunlardan əlavə etiket vahid qiymətqoyma, istifadə müddətinin açıqlanması və qida tərkibinin göstərilməsi kimi tələbləri də yerinə yetirir [5].

Ədəbiyyat siyahısı

1. Hacıyeva L.A. Sənaye marketinqi. Bakı, Təhsil işçisi mətbəsi, MMC, 2012,324 s.
2. Huley Q., Sondres C., Pirsi N., Marketinq strategiyası və rəqabətlimövqeləşdirmə, Bakı, İqtisad Universiteti nəşri, 2008, 598 s.
3. Kotler F. Marketinq menecmenti. Bakı, İqtisad Universiteti nəşriyyatı, 2008, 179 s.
4. "McAtlas Shrugged", Foreign Police, May-June 2001, pp. 26-37
5. Q.Armstronq, F.Kotler, Marketinq: İlk addım, 7-ci nəşr, 2005, 600 s.

NEFTQAZ SAHƏSİNDƏ AMORTİZASİYA SİYASƏTİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

Rzayeva Ü. C.
AMEA.İqtisadiyyat İnstitutu

Giriş

Bazar münasibətləri şəraitində elmi-texniki tərəqqinin nailiyyətlərinin istehsalata tətbiqinin sürətləndirilməsinə kəskin zərurət yaranır. Respublikanın Neftqaz sənayesinin bir sıra qüsur və həll olunmamış problemləri olub və olmaqdadır. Onlara, ilk növbədə, istehsalın texniki səviyyəsinin lazımi dərəcədə yüksək olmaması, onun iqtisadi mexanizminin təkmil olmaması, yeni texnikaya çəkilən məsrəflərin özünü bağlama (doğrultma) qabiliyyətinin aşağı olması və digərləri aiddir. Bundan başqa məsrəflərin strukturunda mühüm irəliləyiş yoxdur, avtomatlaşdırma və modernləşdirmə xərclərinin xüsusi çəkisi aşağıdır, mütərəqqi texnologiyaların tətbiqinə yönəldilən vəsaitlərin məbləği get-gedə azalır. Bu mənfi halların aradan qaldırılmasına hər şeydən öncə istehsalın, həmçinin elm və texnika nailiyyətlərinin tətbiqinin nəticələrinin proqnozlaşdırılmasına və qiymətləndirilməsinə inteqrasiyalı yanaşma kömək edə bilər. Məlumdur ki, hazırki şəraitdə yeni texnikanın müəssisələrdə tətbiqi proqnozlaşdırıldığı zaman əsasən istehsalın formalaşmış strukturu ilə, istehsalat bazasının maddi-texniki təminat imkanları ilə bağlı cari məsələlərin həll olunması nəzərdə tutulur. Eyni zamanda demək olar ki, istehsalın texniki inkişafının nəticələri ilə bağlı perspektiv maraqlara diqqət yetirilmir.

Azərbaycanda Neftqaz quyuların müasir vəziyyətinin təhlili

Qeyd etmək lazımdır ki, bazar münasibətləri şəraitində bütün istehsal sahələrinin, o cümlədən Neftqazçıxarma müəssisələrinin imkanları xeyli genişlənir. Lakin buna baxmayaraq bu müəssisələr istehsalın dəqiq müəyyən edilmiş inkişaf perspektivlərinə, sabit istehsal proqramına və strateji planlara malik olmalıdır. İnnovasiya siyasətinin iqtisadi mexanizminin prinsip etibarı ilə yeni inkişaf konsepsiyasının hazırlanması tələb olunacaq. Bu konsepsiya keyfiyyətcə yeni texnika və texnologiyaların bütün təkrar istehsal sahələrində müəssisələrin səciyyəvi xüsusiyyətlərini və bazar münasibətlərinin spesifikasının prioritetli maraqlarını nəzərə almaqla tətbiqi üzərində qurulub.

Əsas məsələyə keçməzdən öncə, respublikanın Neftqaz sənayesində əsas kapitaldan istifadənin bugünki vəziyyəti barədə qısaca danışaq. Respublikada Neftqaz çıxarmanın səmərəliliyini artırma işində başlıca vəzifələrdən biri sənaye istehsalının texniki bazasını təşkil edən əsas kapitalların maksimum istifadə olunmasıdır. Xeyli sulanmış quyu fondu köhnə, tükənməkdə olan Neftqaz yataqlarının işlənməsini həyata keçirən Azərbaycan şəraitində əsas kapitaln səmərəliliyini artırma məsələsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Məlumdur ki, mövcud əsas kapitaldan istifadə yaxşılaşdıqda əlavə kapital qoyuluşları etmədən istehsal həcmi artır və fondtutumluğu azalır. Əsas kapitalın düzgün və səmərəli istismarı istehsal xərclərinin azaldılması üçün mühüm amildir. Əsas kapitaldan istifadə daha səmərəli olduğu zaman amortizasiya, inzibati-idarəetmə xərcləri, işıqlandırma və isitmə xəcləri kimi məsrəf elementləri Amortizasiya, inzibati-idarəetmə xərcləri, işıqlandırma və isitmə xəcləri kimi məsrəf elementləri istehsal edilən məhsulun həcminə nisbətən ya heç artmır ya da çox az artır. Respublikanın quru hissəsindəki yataqları istismar edən müəssisələr əsas kapitalın dəyəri bir milyard manatdan çox təşkil edir. Fəaliyyətini dənizdə aparan Neftqazçıxarma müəssisələrinin əsas kapitallarını nəzərə alaraq bu məbləğ bir az da artır, çünki müxtəlif estakadalar, flotiliyalar və s. var. Qeyd edək ki, əsas kapitalların 95%-i Neftqaz sənayesinin əsas fəaliyyət sahəsinə məxsusdur. Bütün əsas kapitalların mühüm hissəsini və onların fəal hissəsini, yəni 75%-dən çoxunu quyular təşkil edir. Əsas kapitalların strukturunda ölçmə və tənzimləmə cihazlarının dəyəri təxminən 1,2% təşkil edir, bu isə texniki tərəqqinin qabaqcıl nailiyyətlərinin – istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmasının və telemexanizasiyasının çox az istifadə olunmasını göstərir. Əsas kapitalların strukturunda maşın və avadanlıqlar 20-22% təşkil edir. Əsas kapitaldan istifadənin nəticələri onun vəziyyətinin nəticəsidir. Müəyyən edilib ki, Neftqazçıxarma müəssisələrinin əsas kapitalı xeyli köhnəlib. Quruda fəaliyyət göstərən müəssisələr üzrə köhnəlmə əmsalı 75% təşkil edir. Əsas kapitalların qalıq dəyəri,

yəni renovasiyalara görə hesablanmış amortizasiya şəklində köhnəlmə çıxılmaqla dəyəri ilkin dəyərin dörddə bir hisəsini, yararlılıq əmsalı isə 25% təşkil edir. Müəyyən edilib ki, quyu fondu xeyli köhnələndə onun köhnəldiyi üçün ləğv edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb etmir [1] .

Hər il əsas kapitalların orta illik dəyəri təxminən 7%-i azalır. Bu ona dəlalət edir ki, əsas kapitalların xeyli hissəsi istehsal prosesindən çıxmaq həddindədir və onların yenisi ilə əvəz olunması və ya texniki cəhətdən yenidən təchiz edilməsi üzrə tədbirlərin reallaşdırılması tələb olunur. Əsas kapitalların qismən yeniləşdirilməsi onların hər il istismara verilməsi hesabına həyata keçirilir və orta hesabla il ərzində 6-8%, o cümlədən yeni əsas kapitalların istismara verilməsi 4-7% təşkil edir, yəni əsas kapitalların işə salınmasının intensivliyini xarakterizə edən yeniləşdirmə əmsalı təxminən 5%-ə bərabərdir, bu isə köhnə quyu fondu olduğu halda az effektlidir. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, quyular əsas kapitalın fəal hissələridir. Istismar quyu fondunun təhlilinə əsasən quyular xeyli yaşa malikdir. Bu günə quyulaın 80%-nin yaşı 20-dən yuxarıdır, istismar quyu fondunun 65%-i və hazırda fəaliyyət göstərən quyu fondunun 69,4% -i 25 ildən artıq istismar edilir. Quyuların köhnəlmə əmsalı 0,7-0,8 bərabərdir, yəni quyu fondunun köhnəlməsi 70-80% təşkil edir. Təhlillə müəyyən edilib ki, əsas kapitalların strukturunda digər fondlar 3,1% təşkil edir və onlar həddindən artıq köhnəlmiş vəziyyətdədir. Belə şəraitdə əsaslı təmir vasitəsi ilə əsas kapitalların işlək vəziyyətdə saxlanılması üzrə işlər mühüm əhəmiyyət kəsb edr. Bu işlərin görülməsi üçün xeyli pul vəsaiti tələb olunur. Qeyd edək ki, bütün əsas kapitalların işlək vəziyyətdə saxlanılması üçün tələb olunan vəsait əsaslı təmirə ayırmaların məbləğini aşır. Azərbaycanın Neftqaz sənayesindəki əsas kapitalların köhnəliyi və az yenilənməsi ona gətirib çıxarıb ki, onların təmirinə demək olar ki yeni istismara verilən fondların dəyərindən çox vəsait xərclənilir.

Onu da qeyd etməliyik ki, əsas kapitaldan istifadə göstəricisinə mühüm təsir göstərən amillərin mühüm hissəsi əsaslı tikinti sahəsində formalaşır. Bunlara ilk növbədə istismara verilən yeni quyuların dəyərinin artırılması aiddir. Əsasən bu işlənilmə üçün işə salınan Neftqaz yataqlarının dərinliyinin artması, ayrı-ayrı və çətin yerlərdə yerləşən yataqların mənimsəmə şəraitinin çətinləşməsi ilə bağlıdır.

Məlumdur ki, dəfələrlə təmirə məruz qalan köhnə avadanlığın məhsuldarlığı yenisindən xeyli aşağıdır. Buna baxmayaraq, Neftqaz çıxarma prosesinin fasiləsizliyi ilk növbədə Neftqaz quyularının düzgün istismarından, ona göstərilən xidmətdən və təmirdən asılıdır. Respublikanın Neftqazçıxarma üzrə yeni obyektlərin istismara verilməsi ilə bağlı işlərin artması bu sahədə təmir işlərinin aparılmasının təkmilləşdirilməsinin əhəmiyyətini artırır. Onu da qeyd edək, ki quyuların normal işi müxtəlif səbəblərdən pozulur, nəticədə Neftqazçıxarma azaldılır ya ümumiyyətlə dayandırılır.Neftqazçıxarmanın azaldılmasına və ya dayandırılmasına səbəb yeraltı və ya yerüstü avadanlığın detalların sıradan çıxması, elektrik enerjisi və ya işlək agenti (maddə) təchizatının müvəqqəti dayandırılması, həmçinin parafin çökmələri və ya quyuların dibinə qumun və suyun daxil olması ilə bağlı qüsurlar ola bilər. Quyulara xidmət və təmirin təşkil edilməsi zərurəti istismar edilən avadanlığın köhnəlməsi ilə, həmçinin yeraltı sərvətlərin mühafizəsi üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsi ilə bağlıdır. Əsas kapitalların təmir və istismarının səmərəli təşkili onların vaxtından əvvəl köhnəlməsinin qarşısın alır, istismara hazır vəziyyətdə saxlayır, əmək vasitilərindən istifadəni yaxşılaşdırır, bu isə istehsalın həcminə, gəlirliliyinə, məhsulların rəqabət qabiliyyətinə və müəssisənin fəaliyyətinin digər keyfiyyət göstəricilərinə müsbət təsir göstərir [2.3.4].

Qeyd etmək lazımdır ki, qəzaların aradan qaldırılması, suların təcrid edilməsi, əzilmiş sütunların düzəldilməsi, tıxacların qazılması, layların hidavlik partladılması və s. kimi mürəkkəb işlər əsaslı təmir kateqoriyasına aiddir. Cari yeraltı təmirə aid olan işlər: dərinlik nasosunun və detallarının dəyişdirilməsi; qırılmanın aradan qaldırılması və ya nasos ştanqlarının açılması; nasosun yuyulması; nasos-kompressor boru və ştanqlarının dəyişdirilməsi, əlavə edilməsi və ya sayının azaldılması; qum tıxaclarının təmizlənməsi və yuyulması və bəzi digər işlər.

Məsələ ondadır ki, bəzi digər sənaye sahələrində, məsələn, maşınqayırmada, emal sahələrində, eyni şəraitdə rəqabət qabiliyyətli məhsulların istehsalına nail olmaq üçün dəzgahlar, maşınlar və avadanlıqlar yenisi ilə əvəzlənir. Lakin Neftqaz sənayesinin xüsusiyyətlərini (misal üçün, bu sahədə fəaliyyətin təbii amillərdən asılı olması) nəzərər alaraq əsas kapitalın kütləvi şəkildə dəyişilməsinə zərurət yaranmır. Onların işlək vəziyyətdə saxlanılması üçün təmir işləri aparılır. Respublikada Neftqazçıxarmanın intensivləşməsi şəraitində quyuların və Neftqaz-mədən avadanlığının təmirinin səmərəliliyinin artırılması, onların təmirarası müddətinin uzadılması kimi məsələlər xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu məsələlər mühəndis-iqtisadi əsaslandırmaları müəyyən edən təsiredici istehsal ehtiyatları aşkar edə biləcək təhlil aparıldıqda həll oluna bilər. Vaxtı-vaxtında və keyfiyyətli aparılan əsaslı təmir quyu fondundan səmərəli istifadənin mühüm ehtiyatıdır. əsas kapitalların əsaslı təmirinin ümumi xüsusiyyətləri və qanunauyğunluqları var və bunlar Neftqazçıxarma sahəsində bir mühüm əsas kapital növü kimi çıxış edən Neftqaz quyularının əsaslı təmirinə də aiddir. Bu xüsusiyyətlər ondan irəli gəlir ki, Neftqaz quyuları, digər əsas fond növləri kimi, özünə məxsus konstruksiya və elementlərə malikdir və təbii ki, istismar zamanı fiziki köhnəlməyə məruz qalırlar, köhnəlirlər və zaman keçdikcə işləmə qabiliyyətini itirərək tamamilə sıradan çıxırlar. Neftqaz quyularının digər ümumi xüsusiyyəti odur ki, tərkib hissələri, elementlər

köhnəlir. Bu zaman fiziki köhnəlmənin dərəcəsindən asılı olaraq, dəyər qismən çıxarılan məhsulun – neftin və qazın dəyərinə keçir. Neftqaz quyularının tərkib elementlərinin qeyri-bərabər köhnəlməsi və bu səbəbdən yaranan qismən təmir zərurəti əsaslı təmirin spesifik xüsusiyyətlərini yaradır. Məlum olduğu kimi, Neftqaz quyularının xidmət müddəti, fiziki baxımdan köhnəlməyə başladığı vaxt daima Neftqaz və qaz çıxarma prosesinin davamlılığından azdır, çünki Neftqazçıxarmada istehsal prosesi yataqların işlənilmə müddəti və layın məhsuldarlığı ilə müəyyən edilir. İstehsal prosesini davam etdirmək üçün, təbii ki, Neftqaz quyularını bərpa etmək tələb olunur. Neftqaz quyularının əsaslı təmirinin iqtisadi məzmunu və mahiyyəti quyuların konstruksiyaları ilə bağlıdır, çünki məhz quyuların konstruksiyaları, quyunun yerləşdiyi layın geoloji-fiziki xüsusiyyətləri təmir işlərinin növünü, məzmununu, mahiyyətini və xərclərin səviyyəsini müyyən edir, bunlar isə amortizasiya siyasəti ilə sıx bağlıdır. Qeyd edək ki, Neftqaz quyularının əvvəlki istismar keyfiyyətlərini bərpa edən əsaslı təmirin dəyəri, bu tipli yeni quyunun tikilmə dəyərindən xeyli aşağıdır. Quyuların əsaslı təmirinin vaxtında və yüksək keyfiyyətlə aparılması Neftqaz yataqlarının son işlənmə mərhələsində köhnə Neftqaz rayonlarında neftqazçıxarma səviyyəsini sabitləşdirmək üçün mühüm ehtiyatdır.

Təsərrüfat mexanizminin yenidən qurulması, bazar münasibətlərinə keçid üzrə tədbirlər kompleksi istehsal xərclərinin azalmasına və müəssisələrin və iqtisadiyyat sahələrinin fəaliyyətinin artmasına yönəldilib. Bu tədbirlər məsrəflərin qarşısını alacaq vasitə və stimulların təsirinin güclənməsinə səbəb olmalıdır. Çünki bazar münasibətləri zamanı istehsalçı müəssisə digər bərabər şəraitdə məhsul vahidinin istehsal xərcini azalda bilir, bu da məhsulların rəqabət qabiliyyətinə təsir edən amillərdən biridir. Bu məsələnin həllində mühüm əhəmiyyət məhsulun maya dəyəri göstəricisi daşıyır. Bazar münasibətlərinə keçid "məsrəflərin qarşısını alacaq mexanizmin" işə salınması ilə bağlı bir sıra məsələləri ortaya çıxarır, bu isə mənfəətin bölgüsü normativi, amortizasiya normaları kimi iqtisadi normativlərin istifadəsi ilə sıx bağlıdır.

Neftqaz müəssisələrində ammortiasiya siyaətinin səmərəli təşklinin yolları

Neftqaz sahəsinin inkişaf etdirilməsi qaçılmaz olaraq daha çətin geoloji və təbii-iqlim şəraitində yerləşən yataqların istismara cəlb edilməsi ilə bağlıdır, bu isə sahəvi və iqtisadi məsrəflərin obyektiv artma meylini müəyyən edir. Buna görə qarşıda neftqaz istehsalının səmərəliliyini artırma yollarının axtarışı və ilk növbədə maya dəyəri və qiymət kimi iqtisadi vasitələrin təsirinin gücləndirilməsi problemi daha kəskin şəkildə durub. Neftqaz sənayesinin səciyyəvi xüsusiyyəti odur ki, hətta sadə təkrar istehsal üçün əlavə, get-gedə artmaqda olan vəsait qoyuluşu tələb olunur və sonuncu istehsal şəraitinin obyektiv pisləşməsini kompensasiya etməlidir. Eyni zamanda Neftqazçıxarmanın maya dəyərinin artmasına səbəb olan mənfi meyllər, bir qayda olaraq, sahənin iqtisadi göstəricilərinə daha güclü təsir göstərir, nəinki innovasiya xarakterli elmi-texniki tərəqqi tədbirləri. Bu tərəqqinin Neftqaz sahəsində biruzə vermə xüsusiyyətləri var.

Elm və texnikanın inkişafının müasir səviyyəsi, yeni neftqazçıxarma və istifadə texnoloji proseslərinin tətbiqi, geoloji kəşfiyyat işləri sahəsində nailiyyətlər öncədən azdebitli, daha dərində yerləşən, mürəkkəb quruluşa malik yeni quyuların Neftqaz yataqlarının işlənilmək üçünə get-gedə çox cəlb olunmasına imkan yaradır. Beləliklə, texniki tətəqqi "nisbətən pis təbii şərait" anlayışının dəyişilməsinə gətirib çıxarır, çünki bu yataqlardan neft və qazın çıxarılmasına çəkilən məsrəflər köhnə yataqlarda çəkilən məsrəflərdən çoxdur. Texniki tərəqqinin, Neftqazçıxarma sahəsinə innovasiyaların tətbiqinin nəticəsi məhsul vahidinə cari məsrəflərin azalması deyil (hərçənd onların tətbiqi ilə məsrəflər də azalır), əlavə neftqazçıxarmanın təmin edilməsidir. Buna görə texniki tərəqqinin iqtisadi səmərəliliyi qiymətləndirilən zamanı bütün istehsal tsikli üzrə (Neftqazin axtarışı, kəşfiyyatı, qazılması və çıxarılması) ümumi məsrəflərin qənaəti nəzərə alınmalıdır. Neftqazçıxarma məsrəflərinin yüksək olmasına baxmayaraq, belə yataqların işlənilməsi iqtisadiyyat üçün səmərəlidir, çünki o yer altından Neftqaz çıxarma əmsalını, qiymətli enerji və kimyavi xammal ehtiyatlarını artırmağa imkan verir, həmçinin bu regionun sosial məsələlərini həll edir. Elmi-texniki tərəqqi tədbirlərinin həyata keçirilməsi Neftqaz sənayesinin inkişafı ilə bağlı obyektiv bahalaşdırıcı amillərin təsirini qismən qarşısını alır. Buna Neftqaz yataqlarının işlənilməsi üzrə qabaqcıl texnika və texnologiyaların tətbiqi, qazma işlərinin səmərəliliyinin artırılması, əmək sərfiyyatının azaldılması sahəsində məqsədli kompleks proqramlarının reallaşdırılması kömək edir. Neftqaz sənayesində elmi-texniki tərəqqinin əsas istiqamətlərindən biri prinsip etibarı ilə yeni Neftqazçıxarma üsullarının tətbiqi sayəsində neftqazin yer altından daha tam çıxarılması üzrə tədbirlərin görülməsidir, bu isə yeni neftqaz rayonunun açılmasına bərabərdir və sonda ehtiyatların xeyli qənaəti ilə nəticələnir.

Qeyd edək ki, neftqazçıxarma azalmasını kompensasiya etmək üçün quyuların və digər əsas fondların istismara verilməsi, həmçinin sahədə yeni quyuların dərinliklərinin artması ilə bağlı qazma işlərinin dəyərinin yüksəlməsi Neftqazçıxarmanın fondtutumluğunun və nəticədə amortizasiya ayırmalarının artmasına səbəb olur. Amortizasiya ayırmalarının əsas hissəsi istismar, injeksiya və nəzarət quyularının payına düşür. Amortizasiya ayırmalarının mütləq artımı əsasən texnoloji avadanlığın payının çoxalması nəticəsində amortizasiya ayırmalarının orta normasının artması ilə bağlıdır.

Fiziki və mənəvi köhnəlməyə məruz qalan avadanlığın kompensasiya olunması amortizasiya ayırmaları hesabına baş verir. Amortizasiya ayırmaları əsas kapitalın dəyərinin hər il istehsal edilən məhsulun dəyərinə daxil edilən bir hissəsidir. Amortizasiya əsas fondlar köhnəldikcə onların dəyərinin istehsal edilən məhsula və ya xidmətə keçirilməsidir. Amortizasiya əsas kapitalların sonraki qismən və tam bərpası üçün pul vəsaitlərinin yığılması məqsədi ilə tətbiq edilir. Həmin vəsaitlər Neftqaz və qaz çıxarmanın maya dəyərinə daxil edilən aylıq amortizasiya ayırmaları hesabına yığılır. Məhsul realizə edildiyi zaman amortizasiya ayırmaları pul formasına keçir və amortizasiya fondu yaradır. Amortizasiya ayırmalarının məbləğinin əsas kapitalın dəyərinə faizlə ifadə olunan nisbəti amortizasiya norması adlanır. Amortizasiya ayırmaları iqtisadi baxımdan əsaslandırılmalıdır. Artırılmış amortizasiya norması məhsulun maya dəyərini bahalaşdırır və gəlirliliyi azaldır, azaldılmış norma isə əsas kapitalların köhnəlməsini kompensasiya olunmasını təmin etmir. Amortizasiya normalarının texniki-iqtisadi əsaslandırılması sənayenin fondtutumlu və məhsulun maya dəyərində amortizasiya ayırmalarının payı yüksək olduğu sahələrində (neftqazçıxarma, qazçıxarma və s.) böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Elmi-texniki tərəqqinin yüksək templəri,əsas kapitalın mənəvi köhnəlməsinin sürətlənməsi amortizasiya normalarının dövlət tərəfindən qanunvericilik qaydasında artırılmasına gətirib çıxarır. Dövlətin bu fəaliyyəti sürətləndirilmiş amortizasiya siyasəti adlanır. Bu siyasət avadanlığın dəyərini istehsal edilən məhsula daha tez silməyə, mənəvi köhnəlmiş avadanlıqdan daha tez qurtulmağa imkan verir. Elmi-texniki tərəqqi şəraitində əsas kapitalın mənəvi köhnəlməsinin kompensasiyası üçün nəzərdə tutulmuş vəsaitlərin mühüm hissəsi məhz sürətləndirilmiş amortizasiya sayəsində daxil olur. Onun təyinatı yalnız ləğv olunmuş əsas kapitalı kompensasiya etmək deyil, o həmçinin elmi-texniki tərəqqini stimullaşdırmaq üçün nəzərdə tutulub. Sürətləndirilmiş amortizasiya mənfəət kimi əldə edilən iri məbləğləri amortizasiya fonduna keçirməyə imkan verir, bu da yığımı genişləndirmək üçün əlavə imkanlar yaradır. Qeyd edək ki, neftqaz sənayesində amortizasiya hesablandığı zaman əsasən avadanlığın xidmət müddəti nəzərə alınmaqla düz xətt metodu tətbiq edilir, halbuki bağlanmış neftqaz müqavilələrində sürətləndirilmiş amortizasiya istifadə olunur. Bundan başqa neftqaz sənayesində qüvvədə olan amortizasiya normalarında mənəvi köhnəlmənin ikinci forması nəzərə alınıb, bu isə orta normativ xidmət müddətlərinin (amortizasiya dövrlərinin) xeyli azalmasına səbəb olmuşdur. Onlar əsas kapitalların bərpa dəyərinə, əsas kapitalların ayrı-ayrı növlərinin iriləşdirilmiş qruplara geniş bölgüsünə əsasən müəyyən edilib.

Qeyd edək ki, elmi-texniki tərəqqinin təsiri altında müəssisələrin maddi-texniki bazasının inkişafında daima dəyişikliklər baş verir. Müasir dövrdə sahənin iqtisadi inkişaf strategiyası məsələsi müasir texnika və texnologiyalar əsasında istehsalın yeniləndirilməsinin sürətləndirilməsidir. Neftqaz sənayesinin vaxtında və müntəzəm yeniləndirilməsi və texniki cəhətdən yenidən təchiz edilməsi innovasiya texnologiyasının tətbiqi və rəqabət qabiliyyətli məhsulun istehsalı üçün mühüm amildir. Sahədə yığılan əsas kapitalların iri miqyaslılığı onların işlək vəziyyətdə saxlanılması üçün xeyli məsrəflər tələb edir. Bununla belə köhnəlmiş əsas kapitalların yığılması ARDNŞ-nin iqtisadi göstəricilərinin pisləşməsinin səbəblərindən biridir. Onların təmirinə və onlara xidmət göstərilməsinə çoxlu əmək, maddi və pul ehtiyatları sərf olunur. Neftqazçıxarma sahəsinin istehsal-texniki bazasının yeniləndirilməsinin sürətləndirilməsi kompleks iqtisadi problemdir. Bu problemin həlli ilk növbədə vəsaitlərin əsas kapitalların təkrar istehsalının prioritetli istiqamətlərində (məsələn, onların aktiv hissəsinin yeniləndirilməsində) cəmləşdirilməsi məqsədi ilə innovasiya-investisiya siyasətinin əsaslı şəkildə dəyişdirilməsini tələb edir. Müəssisənin istehsal- texniki bazası istehsal prosesinin həyata keçirilməsi üçün zəruri olan texnoloji, enerji, nəqliyyat və digər növ avadanlıq, alət, mexanizm, tikili və qurğu kompleksidir. İnnovasiya-investisiya siyasətində təklif edilən yeni yanaşma kapital qoyuluşlarının təkrar istehsal strukturunun və əsas kapitalların təkrar istehsal formasının optimallaşdırılması, yəni əsas kapitalların əsaslı təmir və modernləşdirmə yolu ilə qismən kompensasiya olunması və əvəzləmə nəticəsində tamamilə yeniləndirməklə tam kompensasiya olunması arasındaki nisbətlərin optimallaşdırılması vəzifələrinin birgə həllindən ibarətdir. Fondların yeniləndirilməsi planlı şəkildə həyata keçirilməlidir və kapital qoyuluşlarının təkrar istehsal strukturunun müvafiq nisbətləri ilə əlaqəli olmalıdır.

Təkrar istehsal prosesində amortizasiya 3 əsas funksiya yerinə yetirir: təkrar istehsal funksiyası - amortizasiya fondunun əmək vasitələrinin köhnəlmə səviyyəsinə uyğunluğunu tənzimləyir, amortizasiyanın mahiyyət baxımından fondların dəyər hərəkəti prosesinin qanunauyğunluqları ilə müəyyən edilən tələbini əks etdirir. Hesablanmış amortizasiyanın həcmi əmək vasitələrinin fiziki və mənəvi köhnəlməsinə uyğun olmalıdır və bu durum obyektiv olaraq sözügedən və fondların dəyər hərəkətinin forması olan kateqoriyanın iqtisadi təbiətindən irəli gəlir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, əmək vasitələrinin fiziki və maddi köhnəlməsi arasındaki uyğunsuzluq istehlak dəyərindən istifadəni əks etdirir və elmi-texniki tərəqqi inkişaf etdikcə dərinləşir. Amortizasiyanın ikinci funksiyası bölüşdürmə funksiyasıdır. O amortizasiya fondunun nisbətlərini sahə və növ baxımından tənzimləyir. Bu funksiyanın vasitəsi ilə əmək vasitələrinin ayrı-ayrı növlərinin yenilənmə templəri sürətləndirilir və ya ləngidilir. Amortizasiyanın üçüncü funksiyası – stimullaşdırma funksiyasıdır. O özünü əsas kapitalların elmi-texniki tərəqqisinin templərinin sürətləndirilməsi üçün şəraitin yaradılmasında biruzə verir.

Amortizasiyanın mahiyyəti və funksiyaları obyektiv prosesləri, yəni əsas kapitalların dəyərinin istehsal məhsullarına genişləndirilmiş əsasda keçirilməsini ifadə edir. Onlar öz təsirini iqtisadi kateqoriya və vasitələrin köməyi ilə göstərir, sonuncuların isə qarşılıqlı əlaqəsi amortizasiya siyasətinin mahiyyətini təşkil edir. Belə vasitələrə amortizasiya norması, amortizasiya hesablama üsulları, amortizasiya fondundan istifadə qaydası aiddir. Normanın səviyyəsi, onun strukturu və differensiasiyası iqtisadiyyatın inkişafının obyektiv tələbləri ilə bağlıdır. Əsas vəzifə amortizasiya normalarını əsas kapitalların həcmi və azalma templəri ilə sıx uzlaşdırmaq, köhnəlmiş maşınların və avadanlıqların tezliklə yenisi, daha mütərəqqisi ilə əvəzlənməsinə kömək etməkdir. Lakin indi bazar münasibətlərinə keçidlə əlaqədar avadanlıqların əvəzlənməsi problemi, özdə ki mütərəqqisi ilə , ikinci plana keçib, müəssisələr daha çox bu günü, nəinki sabahı düşünürlər. Belə şəraitdə vəziyyətdən ən düzgün çıxış yolu əsas kapitalların yenilənmə prosesinin motivasiya mexanizminin təkmilləşdirilməsi və ondan istifadənin intensivləşdirilməsi ola bilər.

Zənnimizcə, əsas kapitalların azalmasında və yeniləndirilməsində amortizasiya ayırmalarının rolunun gücləndirilməsi istehsalın intensivləşdirilməsinə təsir etməklə, maya dəyərini azaltmaqla və müəssisənin mənfəətini artırmaqla baş verməlidir. Sonuncuya ən çox təsir göstərən əsas kapitalların aktiv hissəsindən istifadənin intensivləşdirilməsi hesabına məhsulların maya dəyərində amortizasiya ayırmalarının xüsusi çəkisinin azalmasıdır.

Nəticə

Aparılmış tədqiqatdan məlum oldu ki, Neftqazçıxarma müəssisəsinin amortizasiya fondu genişləndirilmiş təkrar istehsalla bağlı bütün problemləri həll etməyə qadir deyil. Bundan başqa, son zamanlar amortizasiya fondu yığımında və istifadəsində dəyişiklər baş verib. İş ondadır ki, neft və qazın maya dəyərində müxtəlif kompleks maddələrin tərkibində (“Laya süni təsir xərcləri”, “Neft və qazin yığılması və nəqli xərcləri”, “Neft və qazin texnoloji hazırlığı xərcləri”, “Avadanlığın saxlanma və istismar xərcləri”, “Sex xərcləri”) və “Quyuların amortizasiyası” xərcində amortizasiya ayırmaları nəzərdə tutulur. Bu da maya dəyərinin ammortizasiya xərclərin hesabına artıq dərəcədə artmasına gətirir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Hacızadə E.M. Neftqaz təsərrüfatinin iqtisadi strukturunun modernizasiyası Bakı,Elm, 2003, 512 səh.
2. Алиев Т.Н., Наджафов З.М., Бабаев М.Т. Организация управления потенциалом нефтедобывающей отрасли. Баку: Элм, 2001, 168с.
3. Сафаров Г.А. Экономические проблемы эффективности производства в нефтегазодобыче и методы их решения. Баку: Элм, 1997, 296с
4. Шахвердиев А.Х. Судьба инноваций и инноваторов в нефтяной и газовой промышленности.// Нефтяное хозяйство, 2000, №6, с.5-9

İQTİSADİ İNKİŞAFDA KİÇİK BİZNESİN ROLU

Tağıyeva A. V.
Simqayıt Dövlət Universiteti

Təsərrüfat sahəsi həmişə genişdir. O, kapital və istehsalın miqdarı üzrə müxtəlif müəssisələrdən və bu müəssisələr tərəfindən həyata keçirilən geniş miqyaslı, o cümlədən beynəlxalq biznesdən yaranır. Adətən belə hesab edirlər ki, iri istehsal və böyük biznes təsərrüfat artımının lideri olaraq hər bir milli iqtisadiyyatın və müvafiq olaraq bütövlükdə dünya iqtisadiyyatının inkişafının əsası kimi çıxış edir. Çünki sonuncu təsərrüfat proseslərinin əsas hissəsinin “daşıyıcısı”, onların maliyyələşdirilməsi mənbəyi, məhsul üzrə yeniliklərin və dünya iqtisadiyyatının yeni mexanizmlərinin təşəbbüskarı hesab olunur.

Fəaliyyəti böyük biznesə aid edilən iri korporasiyalar, o cümlədən nəhəng transmilli korporasiyalar ilə yanaşı beynəlxalq biznesin fəal operatorlarından biri fəaliyyəti kiçik beynəlxalq biznes olan kiçik biznes müəssisələridir.

Kiçik biznes ən yaxşı halda böyük biznesin “sex əlavəsi” hesab olunan qalıq, əlavə istehsal forması, ayrı-ayrı hallarda isə sahibkarlıq problemləri ilə bağlı olan qeyri-sabit sahə olaraq gözdən keçirilir. Amma problem ondan ibarətdir ki, nə statistik məlumatlar, nə də sahibkarlığın dünya iqtisadiyyatındakı təkamülü yuxarıda göstərilən konsepsiya və fərziyyələrin mövcudluğunu təsdiq etmir. Statistika sübut edir ki, iri müəssisələrə nisbətən kiçik istehsal müəssisələri ÜDM-nin istehsalında, məşğul olanların sayında və əksər ölkələrin iqtisadiyyatında fəaliyyət göstərən müəssisələrin ümumi sayında böyük xüsusi çəkiyə malikdir.

Belə ki, inkişaf etmiş ölkələrdə ÜDM-də kiçik biznes müəssisələrinin payı çox hallarda ÜDM-nin 50%-ini ötərək, bir sıra ölkələrdə isə 60-70%-inə çataraq çox yüksək səviyyə ilə xarakterizə olunur. Kiçik

biznes müəssisələri müəssisələrin ümumi sayında (bir sıra hallarda o, 95-98%-ə çatır) və məşğul olanların ümumi sayında (60-80%-ə qədər) daha böyük xüsusi çəkiyə malikdir. Göstərilən makroiqtisadi göstəricilər inkişaf etməkdə olan ölkələr üzrə daha böyük çəkiyə malikdir, burada kiçik biznes müəssisələrin ÜDM-də, məşğul olanların sayında və müəssisələrin ümumi sayında payı əksər ölkələrdə 50%-lik həddi keçir. Özü də bu cür vəziyyət uzunmüddətli dövr üçün xarakterikdir və milli iqtisadiyyatların, dünya iqtisadiyyatının keçdiyi bütün inkişaf mərhələlərində, yəni istər aqrar və sənaye, istərsə də onların fəaliyyət göstərdiyi müasir postsənaye modellərində təcrübi olaraq özünü biruzə verir [1].

Sahibkarlığın təkamülünə gəldikdə isə, bazar iqtisadiyyatı şəraitində onun dinamikası kiçik biznesdən böyük biznesə qədər hərəkəti özündə əks etdirir, ancaq təkcə onunla izah olunmur, o, təsərrüfat təcrübəsinə uyğun olaraq XX əsrin ikinci yarısını - hazırkı yüzilliyin başlanğıcını və əksinə hərəkəti: iri biznesdən kiçik biznesə qədər, qabaqlar yaranmış istehsal aqlomerat-nəhənglərin parçalanmasını və kiçik istehsal müəssisələrindən daha geniş istifadəni özündə birləşdirir. Kiçik biznesin özünəməxsus intibahı baş verir. Qeyd etmək lazımdır ki, kiçik biznesin xarici iqtisadi dövriyyədəki payı ayrı-ayrı ölkələrin milli iqtisadiyyatındakı dövriyyədən (kiçik biznes müəssisələri dünya ixracının həcminin orta hesabla 25-30%-ini verir) bir qədər aşağıdır. Ancaq bu, onu ifadə etmir ki, kiçik biznes dünya təsərrüfat əlaqəsi üçün zəif təsərrüfat axınıdır və əhəmiyyətinə görə zəif çəkilidir. Ancaq iş ondadır ki, çox vaxt "qapalı" biznesə can atan transmilli korporasiyalar (TMK) dünya təsərrüfatı dövriyyəsinin əhəmiyyətli hissəsini tutur. Onlar xarici ölkələrdə öz qız müəssisə, filial, assosiasiya edilmiş şirkətlərini və s. yaradır, firmadaxili norma və şərtlər, o cümlədən transfer qiymətləri əsasında onlar arasında və ana şirkət ilə dövriyyəni qaydaya salır. Nəticədə təsərrüfat dövriyyəsi TMK çərçivəsində müəyyən dərəcədə sanki dünya iqtisadiyyatının təcrid edilmiş "anklav"ı kimi xüsusiləşir, mahiyyətcə adi beynəlxalq iqtisadi münasibətlərdən kənar edilir, dünya iqtisadiyyatının xüsusiləşmiş sektoruna çevrilir.

Kiçik müəssisələr, əksinə, dünya iqtisadi münasibətlərinin "müstəqil" subyektidir, bir qayda olaraq, beynəlxalq ticarətin ümumqəbul olunmuş norma və qaydaları əsasında "açıq" dünya bazarı uğrunda fəaliyyət göstərir və çıxış edir.

Kiçik sahibkarlıq bazar konyunkturunun dəyişikliklərinə operativ reaksiya verərək iqtisadiyyata lazımi çeviklik verir. Kiçik şirkətlər istehlakçı tələbinin dəyişməsinə ani olaraq reaksiya vermək və bunun hesabına istehlak bazarında zəruri tarazlığı təmin etmək qabiliyyətinə malikdir. Kiçik biznes rəqabət mühitinin formalaşmasına əhəmiyyətli töhfə verir, bu isə yüksək səviyyədə inhisarlaşmış iqtisadiyyat üçün birinci dərəcəli əhəmiyyət kəsb edir [2].

Kiçik və orta biznesin inkişafı çevik qarışıq iqtisadiyyatın formalaşmasının, müxtəlif mülkiyyət formalarının və onlara tam uyğun olan təsərrüfat modellərinin ümumdünya meyillərinə cavab verir, onda isə rəqabətli bazar mexanizminin mürəkkəb sintezi, iri, orta və kiçik istehsalın dövlət tənzimlənməsi reallaşır. Əgər iri biznes müasir iqtisadiyyatın skeleti, oxudursa, orta və kiçik biznes isə bütün müxtəlifliyi ilə təsərrüfat orqanizminin əzələləri, "canlı toxumasıdır". Bu, əksər hallarda iqtisadi artım sürətini, əhalinin məşğulluq səviyyəsini, ümumi milli məhsulun strukturu və keyfiyyətini müəyyən edən əsas sektorlardan biridir.

Orta və kiçik biznesin inkişafının üstünlüklərini sadalayaq:

- mülkiyyətçilərin sayının artması – nəticə etibarilə, orta sinfin – demokratik cəmiyyətdə siyasi sabitliyin əsas qarantının formalaşması;
- iqtisadi fəal əhalinin payının artması, bu isə vətəndaşların gəlirlərini artırır və müxtəlif sosial qrupların rifahında uyğunsuzluqları aradan qaldırır;
- özünü reallaşdırmağın ilkin məktəbi kiçik biznes olan ən enerjili, iş bacarığı olan şəxslərin seçilməsi;
- xüsusilə xidmət sferasında nisbətən aşağı kapital məsrəfləri ilə yeni iş yerlərinin yaradılması;
- dövlət sektorunda işdən azad olunmuş işçilərin, eləcə də əhalinin sosial cəhətdən zəif qrupdan olan nümayəndələrinin işə düzəldilməsi;
- müəssisədə kadrların hazırlanması və işçilərin ixtisasının artırılması;
- texnoloji, texniki və təşkilati yeniliklərin işlənib hazırlanması və tətbiqi;
- istehsalçıların inhisarının aradan qaldırılması, rəqabət mühitinin yaradılması;
- maddi, maliyyə və təbii resursların mobilləşdirilməsi və onlardan daha səmərəli istifadə edilməsi, başqa cür olsaydı onlar tələb olunmamış qalardı;
- daha əməktutumlu məhsulların buraxılışı zamanı fondtutumluluğun və kapitaltutumluğun azaldılması, qoyuluşların sürətli ödənməsi;
- iqtisadiyyatın müxtəlif sahələri arasında qarşılıqlı əlaqənin yaxşılaşdırılması.

Kiçik biznes spesifik mülkiyyət formasına əsaslanan xüsusi təşkilat deyil, istehsal və yaxud göstərilən xidmətin miqyasının spesifik xüsusiyyətidir.

Azərbaycanda kiçik biznesin qarşılaşdığı çətinliklərin nəzərdən keçirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu çətinliklərin ən vaciblərinə nəzər salaq:

a) birincisi, kiçik və orta müəssisələrin inkişaf proqramının dövlət hesabına maliyyələşdirilməsi imkanın məhdud olunması;

b) ikincisi, yaradılan müəssisələrin yüksək texnoloji səviyyəsinin öz daxili qüvvələri hesabına təmin edilməsinin qeyri mümkünlüyü. Axı, onların əksəriyyəti dar ixtisaslaşdırılmış müəssisələr olacaqdır, bu isə yüksək məhsuldarlığa malik olan az əmək tutumlu texnologiya tələb edir.

c) üçüncüsü, ölkədə sənaye riskinin və kreditinin hər hansı sığorta sisteminin olmamasıdır. Bu, xüsusilə kiçik və orta müəssisələr üçün daha vacibdir. Belə ki, onların investisiya xarakterli işləri daha çoxdur, maliyyə imkanları isə aşağıdır.

ç) dördüncüsü, bazar iqtisadiyyatı şəraitində işgüzarlıq biliyinə və bacarığına malik mütəxəssislərin olmamasıdır.

Məlumdur ki, kiçik və orta müəssisələrə kredit almaq bir o qədər də asan olmur. Borcun ödənilməsi imkanını olması haqqında təminat verilməlidir. Hətta onu almaq mümkün olarsa belə, iri müəssisəyə nisbətən bu kredit baha verilir. Yaponiyada kiçik müəssisələrə verilən kredit iri müəssisələrə verilən kreditdən 1% yüksək olur. Burada biznesin maliyyələşdirilməsi üçün olan büdcə vəsaitinin xeyli hissəsi dövlət investisiya və istiqraz proqramının tərkibində xüsusi büdcə hesabına daxil olur. Proqramın gəliri – poçt əmanət kassaları, insan həyatının sığortasının poçt fondu, təqaüd fondu, təyinatlı dövlət istiqrazlarının buraxılışı hesabına formalaşır .

Kredit təminatının cavabdehliyini öz üzərinə götürən xüsusi assosiasiya yaradılır ki, bunlar da kommersiya əsasında fəaliyyət göstərən ictimai təşkilatlardır. Təminat verməyə görə, assosiasiya ssuda məbləğinin bir faizini alır. Bu vəsait və həmçinin üzv yazılmağa görə kiçik biznes tərəfindən verilən üzvlük haqqı hesabına onlar öz sığorta fondlarını yaradırlar. Eyni zamanda zəmanət məbləğinin 70-80 %-i kiçik biznes kreditinin sığortası şirkəti tərəfindən sığorta edilir. Buraya yönəldilən vəsaitin yaradılmasında büdcədən də istifadə edilir. Müəssisə öz borcunu ödəyə bilmədikdə, kredit tam həcmdə zəmanət verən tərəfindən ödənilir. Zəmanət verən isə öz növbəsində ödənilən məbləği müəssisədən tələb etmək şərtilə zəmanət məbləğini müvafiq təşkilatlardan alır. Kredit zəmanəti assosiasiyaların fonduna daxil olan vəsait yerli hakimiyyət təşkilatlarına da bildirilir ki, onlar da həmçinin bu təşkilatların işlərinə nəzarət edə bilsin.

Kredit faizinin yüksəldilməsi müəssisələri öz istehsal xərclərini aşağı salmağa vadar edir və kreditin müəyyən hissəsi kiçik müəssisələrə qoyulan vergilərin azaldılması yolu ilə müvazinətləşdirilir.

Biznes üçün qoyulan vergilər, şirkətlərin vergilərinin 1/3 – i qədər müəyyən edilir. İllik gəliri 8 milyondan aşağı olan kiçik və orta müəssisələr üçün bu, 30%, digərləri üçün isə 12% təşkil edir. Vergilər müəyyən edilərkən gəlirin məbləğinin nəzərə alınması, hər şeydən əvvəl, istehsalda inhisar əleyhinə vasitə kimi istifadə edilir. Gəlir güzəştləri fəaliyyət növlərini və istiqamətlərini həvəsləndirmək məqsədilə yerinə yetirilir. Assosiasiyanın ehtiyat fondlarının yaradılmasına yönəldilən vəsaitdən vergi güzəştləri edilir. Vergi güzəştlərinin məbləği mütərəqqi avadanlıqların müəyyən hissələrinin dəyərini ödəməyə verilir və amortizasiyanın sürətləndirilməsi tətbiq edilir. Xırda və orta müəssisələr vergi güzəştlərindən yerli vergilərin ödənilməsi zamanı istifadə edirlər.

Kiçik biznes çox müxtəlif tərkibli iqtisadi mühitdir. Kiçik biznes sənaye cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrin iqtisadi və sosial həyatında çox mühüm rol oynayır, onların payına ÜMM-nin 70%-i düşür. Kiçik firmaların əsas çoxluğunu 20-dən çox insanın işlədiyi firmalar, 80%-ini isə 10 nəfərdən çox insanın işlədiyi firmalar təşkil edir. Ticarət və xidmət sferasında kiçik biznesin sürətli inkişafı hər şeydən əvvəl onun ilkin kapital tutumunun az olması ilə əlaqədardır. Belə ki, kiçik mağaza açmağı qərara alan sahibkar üçün bir neçə min dollar start kapitalı kifayət edəcəkdir və xüsusi peşə hazırlığı tələb olunmur [3, səh.81].

İnnovasiyalar sferasında kiçik biznesin rolunu qiymətləndirmək çətindir. Resursların məhdudluğuna baxmayaraq ETT-nin bir çox nailiyyətlərinin həyata keçirilməsində innovasiya firmaları böyük rol oynayır. Məsələn, ABŞ-da son bir neçə ildə bütün sənaye nailiyyətlərinin 50%-ə qədəri kiçik firmaların üzərinə düşür. Kəskin əmtəə rəqabəti şəraitində, çeşidin yenilənməsi sürəti həlledici amil olan zaman kiçik müəssisələr xeyli mobillik və çeviklik nümayiş etdirir. Onların üstünlüyü, bir qayda olaraq, yeniliyin tətbiqinin başlanğıc mərhələsidir, istehsalın inkişafının daha çox kapital tutumlu mərhələsi isə böyük firmaların üzərinə düşür.

Ədəbiyyat siyahısı

1. İmanov Ə. Ş. Kiçik sahibkarlıq. Bakı, Elm, 2009, - 368 s.

2. Sahibkarlıq fəaliyyəti haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu. Bakı, 1996.

3. Abbasov A.B. və başqaları. Biznesin təşkili və idarə edilməsi. Bakı, İqtisad Universitetinin Nəşriyyatı, 2011, -464 s.

КАСПИЙСКИЙ РЕГИОН КАК ФЛАГМАН РАЗВИТИЯ ОФШОРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Хлюпин П.А., Хабибуллин Т.Р.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,

Актуальность тематики связана с большим потреблением электроэнергии Каспийских регионов, их электростанции не могут в полном объеме обеспечить электро-потребителей. По оперативным данным Филиала АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Астраханской области» (Астраханское РДУ), за двенадцать месяцев 2017 года сальдо-переток электроэнергии в Астраханскую энергосистему составил +255,8 млн.кВт•ч[1]. Большое потребление связанно с активным использованием систем охлаждения в продолжительный летний период.

Так большой вклад в потребление электрической энергии вносят предприятия нефтегазового комплекса. Компанией Лукойл были введены в эксплуатацию две добывающие платформы на морском шельфе Каспийского моря, на месторождениях им. В. Филановского, им. Ю.Корчагина. Появление данных объектов привело к увеличению потребления энергоресурсов. А дальнейшее освоение Каспийского шельфа лишь усугубит кризис на энергетическом рынке Каспия.

Для решения проблемы Каспийского региона в обеспечении электроэнергией, как промышленные предприятия, так и обычных потребителей, без вреда экосистемы Каспийского региона, предлагается строительство электростанции на возобновляемых источникахэнергии: ветер, солнце, энергия моря. Применение данных источников генерации позволит вырабатывать экологически чистую энергию и обеспечивать объекты шельфовых месторождений, а также населенный пункты и производственные объекты в близи береговой линии. Использование электроэнергии ВИЭ на буровых платформах позволит отказаться от генерации энергии собственными силами посредством сжигания топлива, что значительно снизит выбросы в атмосферу акватория. Это позволит также высвободить свободные зоны на самой платформе, при демонтаже части дизель-генераторов и приспособить их под полезную нагрузку.

В результате анализа существующих данный по ветровой, солнечной и волновой активности (рисунки 1, 2), а также благодаря малой глубине шельфа, диапазон которых в зоне нефтяных платформ составляет от 5 – 9 метров,был разработан и предложен энергогенерирующий комплекс для прибрежных районов и объектов шельфа [2, 3].

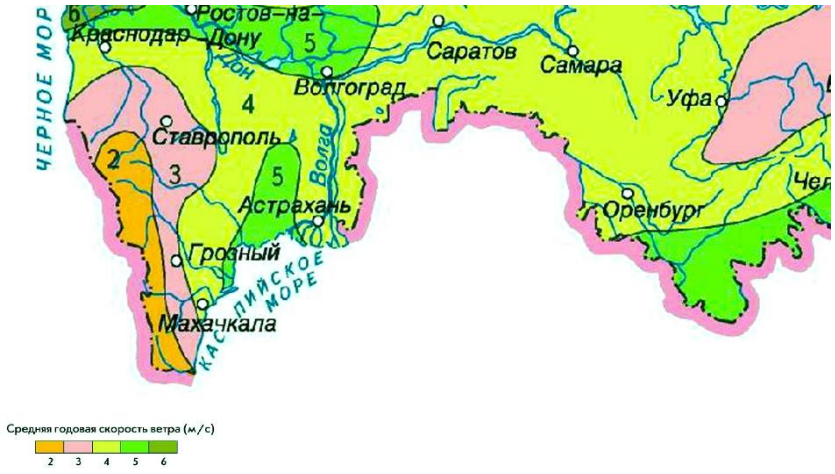


Рисунок 1. Среднегодовая скорость ветра в Каспийском регионе

Мощным ресурсом Каспийского моря по праву может считаться энергия морских волн, которые не утихают и в отдельные периоды времени эквивалент мощности может достигать 75 кВт/м[4]. Если добавить систему ветрогенераторами и солнечными генераторами, то суммарная мощность одной установки может достигать более 2 МВт.

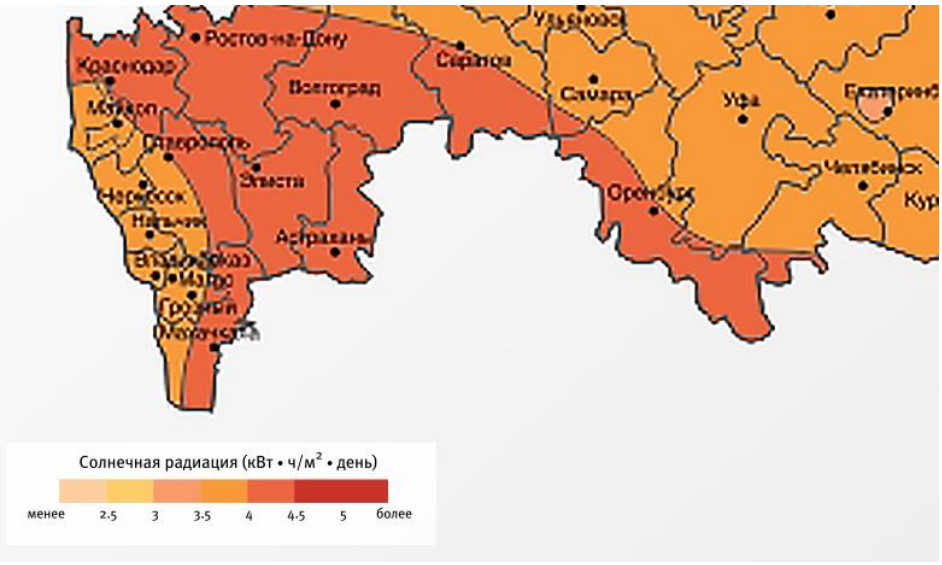


Рисунок 2 – Солнечная активность в Каспийском регионе

Появление комплексов электрогенерации на основе возобновляемых источников энергии позволит развить освоение шельфа Каспийского моря, и снизить себестоимость добываемых углеводородов. Комплексы позволят снизить энергозависимость от соседних регионов, что будет способствовать развитию промышленного сектора. Привлечение инвестиций, а также создание одной из цепочек логистики в прикаспийском регионе, так как это будет весьма оправдано.Способствует развитию промышленного сектора региона и появлению новых рабочих мест. Развитие сервисной системы, так как возрастет необходимость в обслуживание и мониторинге подобных комплексов. Появление новых специальностей в университетах региона, а также программ по переподготовке и повышению квалификации для работы на новых предприятиях.

Надо отметить, что рынок морских генераторов практически отсутствует и представляет собой широчайшее поле деятельности для освоения и реализации.

Появление источников возобновляемой энергии на шельфе Каспия позволит развивать нефтегазовую отрасль шельфа и будет способствовать разработке и исследования систем подводных насосных станций при перекачке углеводородов. Позволит эффективно разрабатывать месторождения на удалении более 100 км от береговой линии.

Снижение выбросов в атмосферу в результате перехода от дизельных электростанций к ветро-солнце-волновым генераторам в акватории моря. Со временем возможен отказ от существующих ТЭЦ в прибрежной зоне и переход потребителей не возобновляемые источники. Что способствует улучшению климата и снижению выбросов в атмосферу в прибрежном регионе, так как города являются основным источников выбросов CO_2.

С точки зрения морских обитателей существуют три значительных стадии энергогенерации в море: строительство, работа и разборка. Строительство и разборка могут явиться причиной наибольшего вреда, что необходимо учитывать при реализации данного проекта и как можно бережней подойти к процессам. Процесс строительства ориентировочно занимает 6 месяцев, а срок эксплуатации более 20 лет [5].

Многие экологические группы считают, что энергогенерирующие системы на морском шельфе обеспечивают благоприятное прибежище для нереста рыб, а также место, где рыбы могут укрыться от интенсивного рыболовства.Не существует доказательств из опыта, которые подтверждали бы, чтоэнергогенерирующие постройки на шельфе имеют негативное влияние на прибрежные процессы.

Появление офшорных установок генерации на шельфе Российской Федерации позволит соседним государствам перенять технологию и установить аналогичные установки на своих шельфах Каспийского моря.

Список литературы

1. Потребление электроэнергии в Астраханской области в 2017 году снизилось на 0,6% [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eprussia.ru/news/base/2018/5676905.htm (дата обращения: 02.02.2018).

2. География России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geographyofrussia.com/wp-content/uploads/2015/01/172_1.jpg(дата обращения: 08.02.2018).
3. Количество энергии, падающее ежегодно всего 1 м^2 поверхности земли, эквивалентно энергии, получаемой при сжигании от 100 до 230 л топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kovchegnsk.ru/wp-content/uploads/2013/02/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0-%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B0.jpg (дата обращения: 08.02.2018).
4. Найден простой способ получения электроэнергии буквально из воды [Электронный ресурс]. URL: https://novate.ru/blogs/060217/39969/
5. Говорушко С.М. Воздействие ветровых электростанций на окружающую среду [Электронный ресурс] // Альтернативная энергетика и экология, 2011. – №4(96). – Режим доступа:http://naukarus.com/vozdeystvie-vetrovyh-elektrostantsiy-na-okruzhayuschuyu-sredu (дата обращения: 07.02.2018).

ORGANIZATION OF THE SYSTEM OF ENERGY MANAGEMENT AT ENTERPRISE

Khudaverdiyeva E.M., Turabova G. S.
Ganja State University
elnura_israfilova@mail.ru

Energy management includes the organization of the optimal functioning and development of the energy part of any production. In turn, this is the systematic conduct of an energy audit of the main and auxiliary production, the development of specific recommendations and measures to save energy, the responsibility for implementing energy conservation policies at the enterprise, studying the achievements in the field of energy-saving technologies, developing programs for their implementation in production, evaluation of the achieved results. In addition to the above activities, the energy manager is developing a coherent system to stimulate energy conservation and increase the energy efficiency of production; is responsible for the planning and implementation of energy projects, the responsibility for the procurement and implementation of energy-efficient equipment.

Energy management also includes rationing of energy resources consumption; development of standards for rational fuel consumption *, rational heating, cooling, heat transfer, prevention of heat losses, use of secondary energy resources, reduced: energy losses in networks, etc.

Energy management is, firstly, not a one-time event, but a constant, painstaking multi-year (the payback of energy-saving programs is not as fast as in purely commercial projects) work on the preparation of some programs, the implementation and development of others.

Since large projects fall into a number of smaller and more specific ones, the second level of responsibilities of an energy manager is the coordination of the interests of their own production with the capabilities of partners offering energy saving measures.

Interaction with regional authorities, public organizations, departments for energy supervision is the third level of activity of the energy manager.

The fourth level is a clear knowledge of regulatory legal acts, standards, requirements, guidance documents are the field of energy conservation and efficient energy consumption.

Finally, the fifth level of activity of the energy manager is the continuous improvement of one's own qualification, the constant study of the best domestic and foreign experience in implementing energy-saving measures.

Sometimes energy management is one of the tasks of general management and is extended to the following stages: 1) design; 2) construction; 3) exploitation of industrial enterprises.

The first two have a limited area of impact due to the small number of enterprises under construction in comparison with existing ones and the effect in the long term.

The main objective of the design is to focus on efficient technologies, use of affordable energy resources and the balance of inter-technological energy cycles.

The construction, installation, adjustment of equipment require compliance with the standards with access to the nominal operating modes.

Management of energy use in operational conditions is more difficult, as it affects enterprises having different base times, equipment and operation conditions. The components of the energy management process are as follows.

1. Organizational bases:

1) combining the efforts of technological, energy and planning and financial services;

2) the introduction of a mechanism for effective economic stimulation of the activities of all interested

services (the receipt and distribution of the economic benefits of energy conservation).

2. Initial data in the task of managing energy use. We need correct characteristics of the process, we need devices and systems for recording and controlling traffic (arrival, consumption, transformation) of energy resources and energy carriers. The initial information on energy saving parameters is used to monitor the current mode, for reporting, for commercial calculations, and for analyzing the level of energy efficiency.

3. The main directions of increasing the efficiency of energy use.

1. Improving the quality of raw materials and energy resources: the composition of raw materials (drying, cleaning), its physical state (grinding, granulation, sieving), chemical composition (roasting, addition of plasticizers, catalysts), etc.

2. Maintenance and repair of process equipment: cleaning the working surfaces of heat exchangers, optimizing the hydraulic modes of heating systems, eliminating defects in thermal insulation, leaks of water, steam, compressed air, repair and replacement of worn out items, etc.

3. Rationalization and optimization of operating modes of equipment. Under such conditions, fuel and energy consumption is minimal

4. Use of secondary energy resources. High-potential (400-1000° C) is used either by regeneration (return) to the initial process for heating the colder elements or by installing additional devices - waste heat boilers.

5. Modernization and reconstruction. The most effective and most expensive direction of energy saving. The most common types of work:

* introduction of controlled electric drive systems to reduce energy consumption;

* replacement of light bulbs with more economical types;

* replacement of outdated fans with new ones, and introduction of automatic control systems to reduce energy consumption for ventilation;

* organization of recirculating water supply systems to reduce the consumption of process water;

* replacement of piston compressors with turbine to reduce energy consumption for production of compressed air;

* introduction of advanced production technologies.

The energy service of an enterprise often lacks the time and opportunity to deal with issues of economical energy expenditure. Energy management is the management of energy consumption. By implementing energy management, you can get a more detailed picture of energy consumption, which will allow you to evaluate energy saving projects planned for implementation in the enterprise.

Energy management begins with the appointment of an energy manager at the enterprise. At the same stage, the main goals and expected results for the next few years are formulated.

The main responsibilities of the energy manager are as follows [1]:

- participation in drawing up a map of energy consumption at the enterprise;
- collection of data on consumption of fuel and energy resources using meters and instrumentation;
- drawing up a plan for installing additional meters and instrumentation;
- collection of data on flows of raw materials, fuel and energy resources and finished products;
- calculation of key data to improve energy efficiency - in general and for individual industries;
- identification, localization and implementation of energy saving measures that do not require investment or with minimal investment;
- localization, evaluation and prioritization of energy saving measures that require larger investments;
- participation in drawing up a shutdown scheme for equipment and energy supply options for cases of emergency termination of power supply;
- informing the personnel of the enterprise about the activities on energy management and the measures taken to save energy;
- introduction of new technologies on existing and new energy carriers to increase the energy efficiency of production;
- participation in the development of business plans and production strategy of the enterprise on an equal basis with other managers [2].

Requirements for training an energy manager.

In order to successfully operate in the field of energy management, a specialist must possess:

- engineering education;
- experience in managing production and working groups;
- experience in project management;
- organizational abilities;
- the ability to convince and understand the motivation of people's actions [3].

In energy management, as in any other systems, top management is of great importance. These people commit themselves to implementing the provisions of existing standards and legal requirements. To successfully implement the ideas of energy management, top management must determine the main provisions of energy policy in the enterprise; determine the criteria and methods for the effective operation of energy saving processes. In addition, they must allocate the necessary resources for the implementation of energy management and conduct a timely analysis of the entire system as a whole.

Energy management becomes an integral part of the enterprise modernization system. The successful introduction of energy management largely depends on the attitude of the company's management to it. It is necessary to systematically establish a system for managing energy consumption in all its aspects: the technical equipment of enterprises, the creation of a structure and procedure for energy management, and the training of personnel.

Literature

1. Practical tips for energy saving in the rubber processing industry. - Good Practice Guide No 262, Energy Efficiency Best Practice Program, ETSU, Great Britain - Crown copyright 1999.
2. www.albest.ru
3. Довгялло, А.И. Энергоменеджмент: [Электронный ресурс] : электрон, учеб. пособие / А. И. Довгялло, Д. А. Довгялло, С. О. Некрасова; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (3,25 Мбайт). – Самара, 2011. – 1 эл. опт. диск (CD- ROM).

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ХОЗЯЙСТВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ширвани К.В.

Сумгаитский государственный университет

Организация и развитие деятельности энергетических предприятий обуславливают реализацию ряда важных факторов, одним из которых считается оптимальная организация вспомогательных и обслуживающих хозяйств. Без стабильного и продуктивного, одновременно без надежного функционирования вспомогательных и обслуживающих хозяйств невозможно обеспечить должного уровня стабильности и продуктивности энергетических хозяйств энергетических предприятий.

Среди вспомогательных хозяйств наиболее важное значение имеют ремонтные хозяйства. Исходя из вышеуказанных факторов, вопросы организации ремонтного хозяйства являются актуальными для современного предприятия, что не вызывает сомнений. Тема заслуживает внимания и представляет интерес для научного исследования. Объектом исследования является высоковольтная электрическая сеть в Сумгаите. Основной задачей функционирования ремонтного хозяйства предприятия является обеспечение бесперебойной эксплуатации оборудования.

В процессе эксплуатации оборудование подвергается физическому износу, из-за чего снижается его точность, производительность и т.д. Это становится причиной снижения качества продукции, ухудшения технико- эксплуатационных характеристик оборудования и технических экономических показателей производства.

Ремонтное хозяйство – это совокупность сетевых подразделений, осуществляющих комплекс мероприятий по ремонту, уходу и надзору за состоянием оборудования, в результате чего решаются следующие задачи:

1. Обеспечивается постоянная рабочая готовность всего оборудования;
2. Удлиняется межремонтный срок оборудования;
3. Повышается поизводтельность труда ремонтных рабочих и снижаются затраты на ремонт.

Практика показывает, что затраты на ремонт и обслуживание оборудований постоянно увеличиваются, растут мощности ремонтных служб и численность ремонтных рабочих. Эти обстоятельства выдвигают задачи организации ремонта оборудования в ряд наиболее актуальных проблем. Ремонтные хозяйства в целом обеспечивают стабильное функционирование в электрических сетях (см.рис. 1)

В практике работы предприятий чаше всего применяются три метода организации ремонта: ремонт по потребности, метод по дефектным ведомостям, система планово- предупредительного ремонта (ППР) и технического обслуживания и ремонта (ТОР)

Планово – предупредительная форма организации ремонта технологического оборудования во всем мире признана наиболее эффективной и нашла наибольшее распространение.

Система ППР включает:

1. Техническое обслуживание – текущее межремонтное обслуживание, которое заключается в повседневных наблюдениях за состоянием оборудования и соблюдении правил его эксплуатации. Эти работы выполняются основным рабочим и ремонтным персоналом.

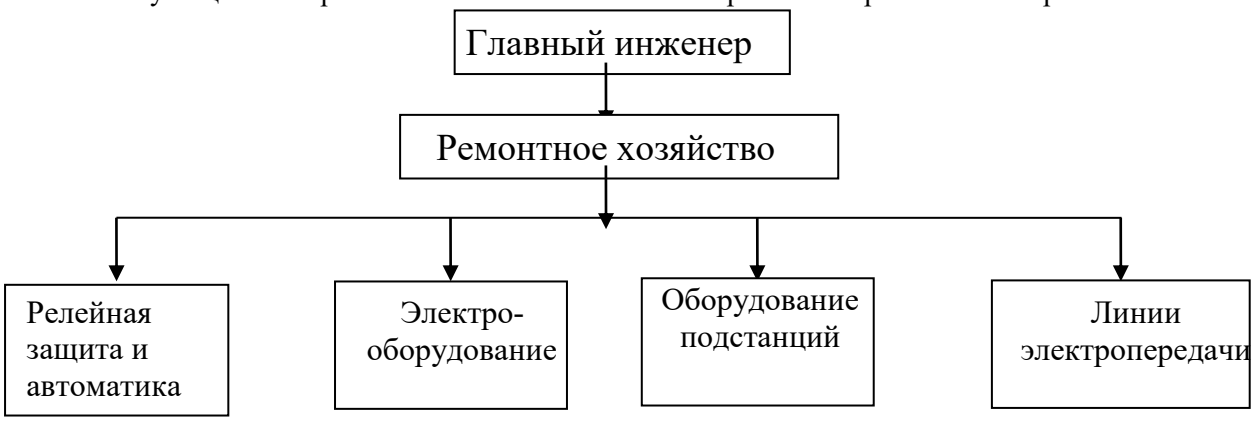


Рис. 1. Примерная схема ремонтных хозяйств в электрических сетях

2. Плановый ремонт. Он в свою очередь включает:

а) Текущий ремонт. Он производится в процессе эксплуатации оборудования с целью обеспечения его работоспособности до очередного планового ремонта.

в) Капитальный ремонт. Он проводится с целью восстановления полного или близкого к полному ресурсу оборудования. При капитальном ремонте производится полная разборка оборудования с проверкой всех его частей, заменой и восстановлением всех изношенных деталей и т.д.

Снижение расходов на выполнение ремонтных работ – одна из целей эффективного ведения хозяйства. Поэтому, выполнение ремонтных работ предшествует технической, материальной и организационной подготовке.

Организационная подготовка к проведению ремонтных работ может бть выполнена с применением одного из следующих методов: централизованного, децентрализованного и смешанного.

Анализируя формы организации установлено, что в Сумгаите высоковольтную электрическую сеть желательно принять как централизованную форму, в которой все виды ремонта и техническое обслуживание производит ремонтно – механический цех предприятия.

Для организации ремонтного хозяйства на электрических сетях назначается ответственный заместитель главного инженера. Он должен предусматривать работы, закреплять комплексные бригады слесарей ремонтников за определенным участком для выполнения всех видов ремонтных работ. Организация ремонтных работ включает в себе две фазы:

а) организацию подготовки ремонтных работ

б) выполнение ремонтных работ.

Пути сокращения простоя оборудования в ремонтах - одна из важнейших организационно экономических задач. Время простоя оборудования в ремонте сокращается при узловом и последовательно узловом методах ремонта. Применение узлового метода экономически целесообразно для ремонта одномодельного оборудования.

Учитывая вышеизложенное и проводимых научно-исследовательских работ установлено, что основными направлениями усовершенствования ремонтного хозяйства и повышения эффективности его функционирования при проведении следующих мероприятий могут быть:

- сокращение времени простоя оборудования в ремонте;
- снижение себестоимости ремонта одной ремонтной единицы;
- сокращение числа аварий, поломок и внеплановых ремонтов;
- применение современных средств технической диагностики состояния оборудования;
- совершенствование нормативной базы, планирования и учета в ремонтном хозяйстве на основе современных информационных технологий;
- применение научных подходов и методов менеджмента.

Список литературы

1. Волков О.И., Скляренко В.К. Организация производства во вспомогательных и обслуживающих подразделениях предприятия. Экономика предприятия. Москва, ИНФРА-М, 2006, -280с.

MÜNDƏRİCAT

PLENAR İCLAS

1 ***Əhmədova T.Ə.*** (SDU) Azərbaycan enerji sisteminin inkişaf perspektivləri və enerji effektivliyi…….. **5**

2 ***Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Гусейнов А.Г.*** (НАА) К использованию особенностей фотоупругого эффекта для решения некоторых радиотехнических задач……. **9**

3 ***Коровкин Н.В.*** (СПбПУ) Новые подходы к оптимизации режимов энергосистем…….. **11**

4 ***Шамсутдинов Э. В.*** (КГЭУ) Казанский государственный энергетический университет как центр технологического развития региона…… **17**

5 ***Саидов М.С., Усмонов Ш.Н.*** (ФТИ НПО Ф-С АН РУз) Выращивание твердого раствора$(Si_2)_{1-x-y}(SiC)_x(Sn_2)_y$ на Si подложках из жидкой фазы……. **20**

6 ***Seong-Cho Yu*** (DP CNU) The magnetocaloric effect on magnetic materials…….. **22**

7 ***[1]Зарбалиев М. М., [2]Годжаев Э.М., [3]Алиев Ф. Ф.*** ([1]СГУ,[2]АзТУ, [3]ИФ НАНА) Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами…… **22**

8 ***[1]Асадов М.М, [2]Зарбалиев М. М, [3]Рагимов Р.Н., [4]Янушкевич К.И.*** ([1]ИКНХ НАНА, [2]СГУ,[3]ИФ НАНА,[4]ГО НПЦ НАНБ) Магнитные полупроводники на основе халькогенидов 3d-элементов…… **27**

I BÖLMƏ

9 ***[1]Məmmədova R. L., [2]Məhərrəmov A. M., [3]Şahsuvarova Q. Ə., [4]Ayvazova Z. N.*** ([1,3,4]SDU, [2]AMEA RPİ) Polipropilen /Na^+-montmorillonit tipli nanogil əsaslı kompozitlərin dielektrik xassələri…….. **31**

10 ***Qasımov H.B., Rzayev R.M.*** (ADİU) $Cu_{1.80}Cr_xS$ sistemi monokristallarının alınması və rentgenoqrafik tədqiqi (X=O.O3, 0.O6, 0.09 at. %)……. **34**

11 ***[1]Qocayev E. M., [2]Səlimova V.V., [3]Ağaliyeva M. R*** ([1]AzTU,[2,3]SDU) Pulcuq əlavəli biokompozitlərin alınma texnologiyası və bəzi xassələrinin tədqiqi……. **36**

12 ***Qurbanov M. M., Məmmədov S. C., Məmmədov F.Ə., Rzayeva A.S.*** (SDU) $(TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ $(0 \le x \le 1)$ bərk məhlulların alınması və rentgenquruluş analizi…….. **40**

13 ***Qurbanov M.M.,Qocayev M. M.,Dəmirov A.H.*** (SDU) $TlGaS_2)_x$-$(TlGaSe_2)_{1-x}$ (x=0,1; 0,2) bərk məhlulunun istidən genişlənməsi və atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə ……. **41**

14 ***Zərbəliyev M. M., İsmayılov M. H., Məmmədov E. H., Xəlilova R. C.*** (SDU) Zəif maqnit sahələrində $TLIn_{1-X}Ce_X(Nd_X)Se_2(Te_2)$ bərk məhlullarının elektrik keçiricilərinin xüsusiyyətləri……. **43**

15 ***Абдуллаев Ф.Г.*** (АГУНП) Закономерности изменение упругости паров углеводородов ароматического ряда……. **45**

16 ***Агаева Г.А.*** (ИФП БГУ) Трехмерная и электронная структура циклических пептидов-дикетопиперазинов……. **47**

17 ***Алигулиева Х. В.*** (СГУ) Механизм переноса заряда в монокристаллах $CuGaS_2$ … **50**

18 ***Алиев Ф.Ф., Зейналов С.А., Дамирова С.З., Дамиров Г. М.*** (ИФ НАНА) Зонная структура $In_{1-x}Ga_xSb$……. **53**

19 ***Алиев В.М., Эминова В.И., Дамирова С.З., Таиров Б.А.*** (ИФ НАНА) Флуктуационная проводимость В $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_2Cu_3Oy$…… **58**

20 ***Haqverdiyeva G. Ə.*** (FPİ) Nəzəri yanaşma ilə bioloji aktiv molekulların farmakofor modellərinin qurulması ……. **62**

21 ***Lətifova S.S., Ayvazova Z.N. Qarayeva E.S.*** (SDU) Ge-Si monokristalı boyunca Ga və Sb-LA aşqarlanmış konsentrasiyasının paylanması…….. **64**

22 ***Əhmədova A. M.*** (ADİU) $TLINTE_2$ –$TLYBTE_2$ sisteminin bərk məhlullarının elektrik və istilik parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqə…….. **67**

23 ***Байрамов Д.Д., Джафаров Т.Г., Алигулиева Х.В., Талыфлы А.Ф.*** (СГУ) Термическая сжимаемость $TlGdX_2$ (X-S, Se, Te)……... **68**

24 ***Байрамов Д. Д., Мустафаева У. М., Абдулова И.Н.*** (СГУ) Фотопроводимость твердых растворов……. **71**

25 ***[1]Байрамов Р. Б., [2]Насиров Э. В., [3]Насиров В. И.*** ([1]БИУ, [2]АВВУГА, [3]АГПУ) Получение и исследования монокристаллов $K_{0,955}Cs_{0,045}NO_3$…….. **74**

26 ***Дамиров А.Г.,Дамирова З.В., Зейналов Г.И.*** (СГУ) Теоретический конформационный анализ аналоги [D-Ala²]-динорфина (1-13)…….. **77**

27 ***Демухамедова С.Д., Гаджиев З.И., Алиева И.Н.*** (ИФП БГУ) AB INITIO расчет структуры и ИК-спектра олигомера полиэтиленгликоля ПЭГ4…… **79**

28 ***Джафарова С.З.*** (АГЭУ) К вопросу о влиянии гидростатического давления на скорость распространения акустических волн в ε-GaSe…….. **82**

29 ***Зарбалиев М.М, Исмаилов М.Г., Валиева Б.А., Мамедов Э.Г. , Кулиева К.А*** (СГУ)О термоэлектрических свойствах сплавов системы $TlInTe_2 - TlCeTe_2$ ……. **84**

30 ***Зарбалиев М.М., Самедов О.А.,Сардарова Н.С.*** (СГУ) Особенности теплового расширения в твердых растворах системы $TlInSe_2$–$TlCeSe_2$…… **87**

31 ***Исмаилова Л. И., Аббаслы Р. М., Ахмедов Н.А.*** (ИФП БГУ) Структурная организация пентапептидных молекул глипролинов…… **90**

32 ***[1]Исмайылов Р.М., [1,2]Бархалов Б.Ш.,[1]Исмайылова Х.И***. ([1]СГУ, [2] ИФ НАНА) Фотопроводимость кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ при поверхностном возбуждении…….. **92**

33 ***Керимова Э.М., Гасанов Н.З., Сеидов Ф.М., Гусейнова К.М., Ализаде Ш.Д.*** (ИФ НАНА) Исследование электрических и оптических свойств системы $TlGaSe_2$ - $TlTmSe_2$…….. **96**

34 ***Козьма А.А.*** (УНУ) Прогнозирование изобарной теплоемкости $TmCl_3 \cdot 6H_2O$ при температурах 298–427 К…….. **99**

35 ***Козьма А.А., Переш Е.Ю., Барчий И.Е., Сабов М.Ю.*** (УНУ) Перспективные термоэлектрические материалы На основе некоторых сложных селенидов таллия…. **100**

36 ***Козьма А.А., Голуб Н.П., Голуб Е.О., Вашкеба Н.Б., Гомонай В.И.*** (УНУ) Температурные зависимости энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для промежуточного фосфата системы $CoO–P_2O_5$…….... **102**

37 ***[1]Мустафаева С.Н., [1]Керимова Э.М., [2]Асадов С.М.*** ([1]ИФ НАНА, [2]ИК и НХ) Комплексная диэлектрическая проницаемость и проводимость твердых растворов системы $TlGaSe_2$-$TlTmSe_2$ в переменных электрических полях ……. **105**

38 ***[1,2]Нуруллаев Ю Г., [1,3]Бархалов Б.Ш.*** ([1]СГУ, [2]БГУ,[3]ИФ НАНА) Влияние электронного облучения на электрические свойства монокристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ при слабых электрических полях…… **107**

39 ***Оруджов А.К., Рагимов Р.Ш. (***БГУ) Внедрение атомов углерода в рений и получение графитой пленки на поверхности рения……. **110**

40 ***Тагиев М.М.*** (АГУЭ) Электрические и тепловые свойства композиционных материалов на основе $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ модифицированных ZrO_2……. **112**

41 ***[1]Тагиев М.М., [2]Пириева Т.И., [3]Алигулиева Х. В.*** ([1]АГУЭ,[2]ИФ НАНА,[3]СГУ) Влияние отжига на электрические свойства экструдированных образцов твердого раствора $BI_{0,85}SB_{0,15}$…….. **116**

42 ***Умаров С.Х., Халлоков Ф.К.*** (БГМИ) Монокристаллы твердых растворов системы $TlInSe_2$ - $CuInSe_2$ - перспективные материалы для электронной техники……... **118**

43 ***Adler Gamzatov[1,2]*, A. Aliyev[1], Yen[2] and S.-C. Yu[2]*** ([1]AIP DSC RAS,[2]DP CNU) magnetocaloric properties in the first order phase transition $Pr_{0.7}Sr_{0.2}Ca_{0.1}MnO_3$ manganite: direct and indirect measurements…….. **120**

44 ***[1]Aliyev F. F., [1]Eminova V.I., [3]Hasanov H.A., [2]Aghayeva U.M., [2]Zarbaliyev M.M.*** ([1]IP ANAS, [2]SSU,[3] ANAHASSS) Temperature dependence of thermoelectric figure of merit in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ $(0 \le x \le 0.10)$…… **123**

45 ***Margiani* N. *G., Adamia Z.A., Mumladze G. A., Kvartskhava I.G.*** (ICGT) Enhancement of critical current in bismuth-based superconductor by the doping method…….. **125**

46 ***Hashimova A.I., Mammadov F.A.*** (SSU) The electrical conductivity of solid solutions $Ge_{1-x}Si_x$ (where x: 5 to 15 at.%) obtained from the new melting zone…… **127**

47 ***[1]Selami Palaz, [2]Amirullah M.Mamedov*** ([1]DP HU, [3]NRC BU) metamaterials: new trends in photonics…… **129**

48 ***[1]Tae Ho Yeom , [2]Seong Cho Yu*** ([1]DLOIE CU, [2]DP CNU) Electron magnetic resonance study of iron group and rare earth ions in $PBWO_4$ single crystals…… **132**

49 ***Джафаров М.А., Насиров Е.Ф., Джахангирова С.***А. (БГУ) Электроосажденные пленки Cu_2ZnSnS_4…… **132**

II BÖLMƏ

50 ***Asadov S.M., Mustafayeva S.N., Huseynov D.T***. (ICIC ANAS) Silver chalcogallates for x-rays detection …… **135**

51 ***Qocalı C.A., Əliyeva Ş.V.*** (AzTU) Pulcuqların sıqnal ötürmə xüsusıyyətlərı..... **137**

52 ***Qocayev E.M.,Əliyeva Ş.V.*** (AzTU) Bioloji mənşəli kompozitlərin bəzi xüsusiyyətləri və tədqiq olunma perspektivləri……. **138**

53 ***Vəzirova L.Z.,Həsənova Ü.Ə.*** (RIGPOGH) Obtaining functional materials based on magnetite nanoparticles and diazocrown ethers and studying their biochemical properties.. **142**

54 ***[1]Абдинов А .Ш ., [2]Бабаева Р . Ф .*** ([1]БГУ,[2]АГЭУ) Переключатель света с «**S**»-образной ВАХ на основе монокристаллов p- GaSe□РЗЭ> ……..... **144**

55 ***Абрамишвили Р.Л., Денисова О. А. (***УГНТУ) Ультразвуковой уровнемер жидких сред…….. **146**

56 ***Алигулиева Х.В.,Аллахвердиев Н.А.,Байрамов Д.Д.,Талыфлы А.Ф.*** (СГУ) Электрические и гальваномагнитные эффекты в гетеро эпитаксильных структурах $InAs_{0,57}Sb_{0,43}$ и $InAs_{0,62}Sb_{0,38}$……... **148**

57 ***Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Сулейманов И.И., Гусейн-Заде Б.Э.*** (НАА) Акустооптическая линия задержки для обработки радиосигналов…… **152**

58 ***[1]Гаджиев Х.Ф., [1]Исмаилов И.М.,[2]Мамедов Х.А. (***[1]ААСУ,[2]АзТУ) Структурный переход нематиков в условиях акустических волн…….. **154**

59 ***[1]Асланов М.А., [1]Мамедов Ф.Ш., [1]Исмаилов И.М., [2]Мамедов Х.А., [1]Зейниева Я.М***. ([1]ААСУ, [2]АзТУ) Ориентация ламеллярных фаз в лиотропных системах жидких кристаллов …… **156**

60 ***Ахундова Н.М.*** (АГУЭ) Механизм протекания тока в омическом контакте структур (Bi-Sn)-SnTe…….. **157**

61 ***Бабаева Р.Ф.*** (АГУЭ) Преобразователи солнечной энергии на основе p-GaSe<Gd>/n-InSe<Gd>…….. **159**

62 ***Везирова Л.З., Гасанова У.А.*** (НИИ ГПНГХ) Биологически активные свойства формированных наноструктур, включающих макроциклы краун эфира и наночастицы магнетита МЦ@Fe_3O_4 NPs…… **161**

63 ***Велиев Ф.А.*** (АГЭУ) О влиянии магнитной обработки водных систем на промывку тканей…… **163**

64 ***[1]Гасанов Э.Р., [2]Магеррамов А.Б., [2]Гасанова Р.А***. ([1]БГУ, [2]ИФ НАНА) Продольные колебания тока в полупроводниках с глубокими ловушками скрещенных электрическом и магнитном полях…….. **165**

65 ***[1]Мамедов И.Х., [1]Барайшук С.М.,[1] Араслы Д.Г., [1]Халилова А.А., Ткаченка[2], А.И.Галяс[3], Р.Н. Рагимов[1]*** ([1]ИФ НАНА,[2]БГАТУ, [3]ГО НПЦ НАНБ) Исследование поверхности тонких пленок эвтектического композита InSb-MnSb…… **169**

66 ***[1]Мехрабова М.А., [2]Нуриев И.Р., [3]Оруджев Г.С., [1] Керимова Т.И., [3]Абдуллаева А.А.*** ([1]ИРП НАНА, [1]ИФ НАНА, [3]АзТУ) ЭПР исследования твердых растворов $Cd_{1-x}mn(Fe)_xte$ …… **174**

67 ***Сементеева Л.Ш., Иванова Е.А.*** (УГНТУ) Плазмохимическое травление органических материалов в технологии изготовления микросхем ……. **176**

III BÖLMƏ

68 ***Məmmədov İ.M.*** (АзТУ) Şüanın optik lifdə yayılması…… **179**

69 ***Qocayev M.M., Zeynalov H.İ. , Quluyeva S.Ş***. (SDU) $TlGaSe_2)_{0,3}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,7}$ bərk məhlulunun alınması və fotoelektrik xassələrinin tədqiqi…….. **182**

70 ***[1]Асланов М.А. , [1]Мамедов Ф.Ш.,[1]Зейниева Я.М.,[2]Мамедов Х.А.*** ([1]ААСУ,[2]АзТУ) Фоторефрактивный эффект в планарной ячейке с фотопроводящими слоями……. **183**

71 ***Гаджиева Н.Н.*** (ИРП НАНА) Об особенностях радиотермо- и фотолюминесценции γ-Al_2O_3…… **185**

72 ***Гасанов Х.Г***.(ОАО АзКос) Акусто-термодинамическое определение температурной зависимости коэффициента поглощения акустических волн ……. **187**

73 ***[1,2]Оруджев Т.Я, [1,2]Абдуллаева С.Г.,[3]Оруджев С.К., [1,2]Джаббаров Р.Б.*** ([1] ИФ НАНА, [2]ИЦВТ, [3]СГУ) Метод «люминофор на чипе» для получения белых светодиодов с помощью центрифугирования…… **189**

74 ***Həşimov A. M., Süleymanova L.Ç., Qurbanov K.B.*** (AMEA Fİ) SF_6 qaz mühitində, elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində polietilentereftalat materialindan emissiya prosesləri…… **192**

75 ***Jafarov M.A., Nasirov E.F., Jahangirova S.A.*** (BSU) Structural and optical properties of cadmium sulfide nanoparticles……. **195**

76 ***[1]Салманов В.М., [1]Гусейнов А.Г., [1]Мамедов, Р.М. , [2]Салманова А.А., [1]Ахмедова Ф.М.*** ([1]БГУ, [2]АГУНП) ……. **198**

IV BÖLMƏ

77 ***[1]Нагиев Ш.М., [1]Тарвердиева В.А., [2]Ахмедов А.И***. (ИФП БГУ) Об эволюции нестационарных квадратичных квантовых систем…….. **200**

78 ***[1]Адыгезалзаде А.Н., [2]Баширова У.З.*** (ШАО им. Туси НАНА) Изменения в линии Hα в спектре звезды HD 179218……. **205**

79 ***[1]Гаджиева Н.Н., [2]Нурмамедова Ф.Н.*** ([1]ИРП НАНА, [2]СГУ) Радиационно-термическое окисление в системе берриллий-вода…….. **207**

80 ***[1]Гвалия Т.В., [2]Топурия Н.Д.*** ([1]ГУА, [2]ОЦ ИМ) Критичесский анализ методов выбора углов облучения bimrt технике лучевой терапии…….. **210**

81 ***Гелхвиидзе П.К.*** (КГУ) Система с виртуальным катодом на службе энергетики будущего…… **212**

82 ***Магеррамов А.М., Гаджиева Е.Г.*** (ИРП НАНА) Исследование фототермо люминесценции модифицированных γ- облучением композитов полипропилен…. **214**

83 ***Мехтиев Б.И.,Халил-Заде Ф.Т., Амирова Ш.А.*** (ИФ НАНА) Нарушение лептонной универсальности в процессах $\mu^+e^- \to \mu^+e^-$ в рамках $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$-модели **216**

84 ***Миртеймур М.М., Алиева М.Х., Тагиева С.А.*** (АГУНП) Исследование рассеяние релятивистических электронов на атомах…… **220**

85 ***Мирабуталыбов М.М.*** (АГУНП) Рассеяние электронов на ядрах с учетом распределение заряда в протонах и нейтронах……. **222**

86 ***[1]Наджафов Б.А., [2]Абдуллаев Х.Ш., [1]Абасов Ф П., [2]Исмаилова С.М.*** ([1]ИРП НАНА,[2]БГУ) Свойства тонких пленок кремния –углерода, полученных методом реактивного магнетронного распыления ……. **225**

87 ***[1]Сардарова Н.С., [2]Вердиева Н.А.,[1,3]Бархалов Б.Ш., [1,4]Нуруллаев Ю.Г.,[4]Караев Э.С.*** ([1]СГУ, [2]ГГУ, [3]ИФ НАНА, [4]БГУ) влияние γ-квантов на электрофизические свойства кристаллов $TlInSe_2$ …….. **228**

V BÖLMƏ

88 ***Balametov Ə.B.[1], Hacıyev N.İ.[2]*** ([1]AET və LAEİ, [2]SDU) gərginliyi 0.4 kv olan paylayıcı elektrik şəbəkəsində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin tədqiqi…… **232**

89 ***[1]Ələsgərov G.A., [2]Məmmədov Ş. H., [2]Şirinova A.Y., [2]Abdullayeva S.*** ([1]AZMİU, [2]SDU) İstilik şəbəkələri üçün bəsləyici suyun hazırlanma texnologiyasının səmərəliliyinin yüksəldilməsi …… **235**

90 ***Əsgərov C.S., Həmidov M.H., Qurbanov S.E.*** (ADNSU) Elektrik şəbəkələrində itkilərazaltmaq məqsədilə rəqəmsal texnologiyanın tətbiqi…….. **237**

91 ***Həmidov M.H., Əliyev A.Q.*** (ADNSU) Generatorların qarşılıqlı hərəkətini nəzərə almaqla dinamiki dayanıqlığın tədqiqi……. **239**

92 ***Həmidov M.H., Tağızadə S.M.*** (ADNSU) Paralel işləyən neft ötürücü borularının energetik göstəriciləri……. **242**

93 ***Hüseynov E.H.*** (ADNSU) Generatorunun stator dolağının yerlə qapanmasından mühafizəsinin tədqiqi……. **243**

94 ***İsmayılov M. B.*** (MDU) Mingəçevir azərbaycanın energetika-sənaye mərkəzidir……. **246**

95 ***İsgəndərov İ.Ə., Manafov E.K., Hüseynov F.H.*** (MAA) Müasir gərginlik və cərəyan vericilərinin elektrik təchizat sistemlərində tətbiqi perspektivləri …… **248**

96 ***[1]Баламетов А.Б., [2]Байрамов М.П., [3]Исламов И.З., [4]Агаханова К.А***. ([1]АзНИ и ПИИЭ, [2]АГУНП, [3]СГУ) Анализ результатов моделирования температуры проводов воздушных линий с учетом влияния солнечной радиации ……. **250**

97 ***[1]Баламетов Э.А., [2]Салимова А.К.*** ([1]АЗНИ И ПИИЭ, [2] ОАО АзИ) Регрессионные зависимости для прогнозирования температуры провода…….. **253**

98 ***Бандурин И. И., Коробов В. М., Хаймин А. Ю.*** (ПГУ) Методика выбора оптимальной схемы подключения к системе электроснабжения конечного потребителя электроэнергии…….. **255**
99 ***Зивзивадзе Л.Б., Кучава М.Ш., Силагадзе С., Зивзивадзе А.О.*** (ГУ АЦ) Электрификация Грузии: история и современное состояние **257**
100 ***Коробов В. М.*** (ПГУ) Проблемы выбора системы грозозащиты индивидуального жилого дома……. **260**
101 ***Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К.*** (АЗНИ И ПИИЭ Сравнение эффективности работы паротурбинных установок энергоблоков ТЭС …….. **262**
102 ***Фарзалиев Ю.З., Рустамова А.А.*** (АЗНИ И ПИИЭ) Метод ранжирования котельных установок ТЭС……..... **263**
103 ***Фархадзаде Э.М., Абдуллаева С.А. Гамидов Н.С.*** (АЗНИ И ПИИЭ) Повышение объективности оценок интегрального показателя эффективности работы объектов ЭЭС……. **264**
104 ***Əmirov Ə.M., Şirinov R.Ş.*** (NQA EIM). İstilik elektrik stansiyalarında enerjinin hasilatı və paylanması üçün avtomatlaşdırılmış nəzarət sisteminin yaradılması…….. **266**
105 ***Feyziyeva G. H.*** (AzMIU) İstilik təchizatı sistemlərinin tədqiqi…… **268**
106 ***İsgəndərov F.G.*** (AET və LAEİ) Elektrik enerjisinin düyünlərdə qiymətləri haqqında…… **270**
107 ***Kərimov Z.X.,Cəfərli M.K.*** (AzTU) Elektron idarəetməli yeni konstruksiyalı forsunkası olan benzin püskürmə sistemindəki hidrodinamik proseslərin kiçik yanacaq verilişlərində hesabi tədqiqinin bəzi nəticələri……. **273**
108 ***Qracova Ş.H.*** (ADNSU) Harmonik təsirlərin aradan qaldırılmasında ölçmə nəticələrinin hesablanması…….. **275**
109 ***[1]Məmmədov F.X., [2]Əliyeva S. X***. ([1]ADNSU,[2]SDU) Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə istilik mübadiləsi…….. **277**
110 ***Məmmədova C. P.*** (ADNSU) İstilik mübadilə qurğularında qaynama prosesinin tədqiqi… **278**
111 ***Orucov A.O., Əliyev H.S., Camalov M.Ə.*** (AzTU) Tikilmiş polietilen izolyasiyalı kabellərin istismar müddətinin proqnozlaşdırılması və istismar xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması üsulları…….. **281**
112 ***Амосов Н.Т., Налетов И. Д.*** (СПбПУ) Утилизация попутного нефтепереработке газа на мини-ГТЭС в рамках повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающего комплекса…… **283**
113 ***[1]Ахмедов Д. А., [2]Ахмедов А. Д.*** ([1]АзНИ и ПИИЭ, [2]СГУ) Диагностирование неисправностей асинхронных двигателей при межвитковых замыканиях в обмотке статора…….. **286**
114 ***Велиева Т.Д.*** (АГУНП) Организация учета электроэнергии для оптимизации Потерь в электрических сетях……. **288**
115 ***Верховцев Д.А., Гулай С.Л., Коровкин Н.В.*** (СПбПУ) Оптимизация формы подпазового канала в системе непосредственного газового охлаждения обмотки ротора турбогенератора…… **290**
116 ***[1]Коровкин Н.В., [1]Сахно Л.И., [1]Крылов М.С., [2]Письменный А.А.*** ([1]СПбПУ,[2]ЗАО ПЭ) Схема замещения многообмоточного трансформатора для расчета электропотребления машин контактной сварки…… **292**
117 ***Кочеткова Е. Ю.*** (СПбПУ) Расчет трехмерного магнитного поля в торцевой зоне АСГ и определение его параметров…… **294**
118 ***Мальцев А.В., Чариков П.Н.*** (УГНТУ С) Методика диагностики асинхронных электродвигателей на рабочем напряжении……. **296**
119 ***[1]Фархадзаде Э. М., [1]Мусаев З.Н., [2]Балаева А. Г.*** ([1]АГУНП, [2] СГУ) Конструктивные особенности накопителя механической энергии торможения…… **298**
120 ***Мамедзаде Р. К., Гасымов А. Г.*** (СГУ) Коррозионные процессы в подземной среде города Сумгаита…….. **300**
121 ***[1]Мамедов З.А., [2]Джафарова С.Н.*** ([1]АзНИ и ПИИЭ,[2]СГУ) Проблема гармонических искажений в системе распределенной генерации…….. **302**
122 ***Марков А.М., Витухина Н. Д.*** (ПГУ) Современные принципы построения промышленных сетей автоматизированного управления……. **305**
123 ***Марков А. М., Михайлов В. П***. (ПГУ) Автоматизированная система мониторинга основных параметров щёточно-контактного аппарата электроэнергетического

турбогенератора…… **307**

124 ***Марков А. М., Хабибуллина А. Ф***. (ПГУ) Асинхронизированные турбогенераторы: современные тенденции в энергомашиностроении…….. **309**
125 ***Муравьева Е. А., Радакина Д. С.*** (УГНТУ С) Управление котлом модели бкз с помощью адаптивного нечеткого регулятора…… **312**
126 ***Назиев Д. Я.*** (АГУНП) расчет показателя адиабаты изооктана в жидкой фазе **313**
127 ***Павлов В. Б., Шулаева Е. А.*** (УГНТУ С) Повышение активности катализаторов С помощью ионно-пучковых и плазменных технологий…… **315**
128 ***[1]Рахманов Н.Р., [1]Гулиев Г.Б., [1]Мустафаев А.А., [2]Байрамалиева Э.Н***. ([1]АзИ и ПИИЭ, [2] СГУ) Повышение эффективности оценивания потокораспределения в электрической сети при линеаризированном представлении уравнения реактивной мощности…….. **317**
129 ***[1]Столповский М. В., [2]Гималтдинов И. К., [2]Хасанов М. К***. ([1]УГНТУ, [2]БашГУС) Моделирование процесса нагнетания углекислого газа в пористый пласт, насыщенный метаном и его гидратом…… **320**
130 ***Фархадзаде Э. М., Гулиев Г. Б., Сафаралиева С.М.*** (Аз и ПИИЭ) Оценка мощности и энергии искажения в сети с несинусоидальными напряжением и током…….. **323**
131 ***Хакимьянов М.И., Павлова З.Х., Юмагужин Р.Ю.*** (БГАУ) Эффективность электротехнических комплексов нефте- и газодобывающих предприятий…… **325**
132 ***Юмагужин Р. Ю.*** Пути внедрения технологии твердофазного цинкования..... **318**
133 ***Юсупов Д.Т***. (НТЦ АОУЭ) Определение спектральных коэффициентов пропускания трансформаторного масла до и после очистки керамическим фильтром и адсорбентами……. **330**
134 ***[1]Гулиев Г.Б., [2]Фархадов З.И., [1]Ибрагимов Ф.Ю.*** ([1] АзНИ И ПИИЭ) Способ интеллектуальной защиты от несимметричных режимов в электрических сетях…….. **332**

VI BÖLMƏ

135 ***Aslanov Z.Y., Dadaşova K. S.*** (ADIU) Energetika sisteminin ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqəsi…… **336**
136 ***[1]Абдулкадыров А. И., [2]Гаджибалаев Н. М., [2]Джаббарова С. М.*** ([1]АГУНП,[2]СГУ) Анализ энергетических показателей ветроэлектрических установок и пути их улучшения……. **338**
137 ***Алексеевский Д. Г., Критская Т. В., Панкова О. О., Турышев К.О.*** (ЗГИУ) Оперативное определение характеристик ветротурбины для ветроэнергетической установки с переменной скоростью вращения……. **341**
138 ***Алексеевский Д.Г., Критская ТВ., Манаев К.В., Таранец А.В.*** (ЗГИУ) Реализация алгоритма получения матрицы переменных состояний для трехканального ветроэнергетического комплекса……. **344**
139 ***Асфандиярова Л. Р., Юнусова Г. В., Мурадымова О. И., Газиева Р.А.*** (УГНТУ С) Внедрение биогазовой установки на свиноводческом комплексе ……. **348**
140 ***ВеревкинЛ.Л.,Свитанько Н.В.,Хрипко С.Л.*** (ЗГИУ) Разработка светочувствительной матрицы как элемента следящей системы солнечной батареи **350**
141 ***[1]Казымов М.Г. [2]Исаков , Г.И.*** ([1]НО НАНА,[2] ИФ НАНА) Движение воздушных потоков близ поверхности земли…….. **352**
142 ***Марков А. М., Шишова Д. В.*** (ПГУ) проектирование, расчет и экспериментальное исследование характеристик малой ветроэнергетической установки ……. **358**
143 ***Əliyev D.Ə.*** (NQA EIM) Əyilmə sürəti simmetrik dəyişən minimal çəkili dairəvi lövhənin layihələndirilməsi……. **361**
144 ***Həmidov M.H., Mərufov İ.M.*** (ADNSU) Günəş panellərinin su ilə soyudulmasının analizi……. **364**
145 ***Həşimova A. R., Əliyeva N. O.*** (SDU) Külək energetik qurğularında (keq) iki tərəfdən qidalanan asinxron maşınlarının tətbiqinin qiymətləndirilməsi……. **367**
146 ***[1]Ахмедов Д.А., [2]Ахмедов А.Д. (***[1]АзНИ и ПИИЭ, [2]СГУ) Диагностирование неисправностей электрических машин на основе сравнения кривых распределения плотности вероятности параметров вибрационного ускорения…….. **369**

147 ***[1]Мамедов Н.Я., [2]Мамедов Н.Ш.*** ([1]АзМИУ, [2]UNDP) Энергоэффективность в зданиях: анализ мировой практики……..... **372**
148 ***Хлюпин П.А., Хабибуллин Т.Р., Ибрагимова Э.И., Валиев Р.Р., Галимов Р.А.*** (УГНТУ) Технологии возобновляемой энергии шельфа Каспийского региона……. **376**
149 ***Юсупова А. И., Зайнетдинов А. М., ИсламутдиноваА.А., Даминев Р. Р.*** (УГНТУ С) Использование энергии солнца как нетрадиционного источника энергии……..... **379**

VII BÖLMƏ

150 ***Əhmədov M.A., Əhmədova S.M.*** (SDU) Mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi……..... **381**
151 ***İsgəndərova G.A., Hüseynov K.K.*** (MAA) Informasiya təhlükəsizliyində rsa alqoritminin işlənməsi…….. **383**
152 ***İsgəndərova , G.A.Hüseynov K.K.*** (MAA) Informasiya təhlükəsizliyində Əl-Qamal alqoritminin işlənməsi……. **386**
153 ***Məhərrəmov R.N.*** (ADNSU) Elektroenergetik sistemlərin intellektual idarə edilməsi. SMART GRİD…….. **388**
154 ***Məmmədova M.R.,İbrahimova P.Ə.*** (SDU) Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərində paylanmış biliklər bazasından istifadənin tədqiqi……... **389**
155 ***Məmmədova Ş.T.***(SDU) İdarəetmə sisteminin vericilərinin seçilməsi alqoritmi **391**
156 ***[1]Mənsurov Q. M.,[2]Səlimov İ. N.*** ([1]SDU,[2]MDU) Metamaterialların optik xassələri: fenomenoloji nəzəriyyədən çıxan bəzi nəticələr……..... **394**
157 ***Zeynalova S.M., Məhəmmədli H.M.*** (SDU) Elektrotexniki qurğuların və sistemlərin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi…….. **397**
158 ***Алекперли Ф.А, Аскерова С.Ф.*** (СГУ) Исследования системы управления технологическими процессами путем симуляции …… **398**
159 ***Ахмедов Д. А.*** (АзНИ и ПИИЭ) Логическая диагностическая модель функций Неисправностей электрических машин……. **401**
160 ***Гамидова Г. М.*** (АГУНП) Исследование информационных акустических сигналов в процессе бурения…….. **402**
161 ***Гусейнов А.М., Сулейманов К.А.*** (АзНИ и ПИИЭ) Линейного программирования для оптимального размещения устройств PMU в сети 500-330 кВ в Азербайджанской ЭС……..... **404**
162 ***Гусейнов Т.К., Кязимов Н.М. , Абдулова Н.А.*** (СГУ) Легко настраиваемый в резонанс трубчатый резонатор для вибрационно-амплитудного плотномера суспензий …….... **406**
163 ***Мурадалиев А.З., Исмаилова С.М., Юсифли Р.Ф. (***АзНИ и ПИИЭ) Жизнедеятельности объектов ЭЭС…….. **409**
164 ***Муравьева Е.А., Кубряк А. И.*** (УГНТУ С) Усовершенствование многомерного четкого логического регулятора с целью повышения быстродействия и снижения погрешности……... **410**
165 ***Мусаев М.А., Гасанов Г.Т., Джафарова А.Н., Гашимова Н.Н.*** (АГУНП) Распространение оптоакустических волн в неоднородных жидкостях…….. **413**
166 ***[1]Самедов М.М., [2]Келбалиев Г.И , [3]Мамедова Г.М., [2]Самедли В.М.*** ([1]СГУ,[2] ИКНХ НАНА, [3]АГУНП) Экспериментальное исследование физических явлений процесса гранулирования порошкообразного суперфосфата с применением природного цеолита……... **418**
167 ***Markov A. M., Vasiliev L.S.*** (PSU) Use of additional lines to improve the quality of electricity and reduce losses ……... **420**
168 ***Qüdrətli İ. R.***(SDU) İntellektual rəqsi vibratorlar və ətraf mühit **423**
169 ***Məmmədova R.C., Ağayeva F.Ş., Rəsulov R. Z.*** (SDU) Yarımkeçiricilərin p-n keçidi əsasında yaradılmış temperatur sensorunun analizi…… **424**
170 ***Rəhimov Ş.R., Məmmədova G.*** A. (SDU) Şəbəkə informasiyalar mübadiləsinin semantik strukturlu proqram təminatının işlənməsi……..... **426**
171 ***Айдарбекова Д. Р., Сулейманов И. Н.*** (УГНТУ) Метод оценки безопасности протоколов передачи данных……... **428**

172 ***Ахмедова Т.А.*** (СГУ) Частотный датчик на базе операционных усилителей для систем управления робототехническими комплексами …….. **431**
173 ***Ахмедова Т.А., Дадашева Р.Б., Гаджиева К.Р.*** (СГУ) Устройство больших линейных перемещений…… **434**
174 ***Быткин С.В., Критская Т.В.*** (ЗГИА) Особенности свойств полупроводниковых материалов для использования в силовых полупроводниковых приборов……. **438**
175 ***Григорьев О.И., Какурин А.С.*** (ПГУ) Цифровая система управления автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией…… **443**
176 ***Гулиев З.А., Саттаров В. Г., Байрамалиева Э.Н.*** (СГУ) Выбор рационального питанияэлектромагнитных возбудителей низкочастотных механических колебаний.. **444**
177 ***Саттаров В.Г., Дадашева Р.Б., Джамалханова И.С***. (СГУ) Оптимальный выбор конструкции двухфункционального индуктивного преобразователя……. **447**
178 ***Шулаева Е.А., Исмоилов Т. Н.*** (УГНТУ С) разработка обучающего виртуального лабораторного стенда по поверке вихревого расходомера KROHNE OPTISWIRL 4070 ……. **449**
179 ***Шулаева Е. А., Алмакаев И. А.*** (УГНТУ С) Разработка имитационно-обучающего комплекса Для поверки уровнемеров в интегрированной среде разработки LAZARUS…….. **451**
180 ***Шулаева Е. А., Иванов А.Н., Успенская Н. Н***. (УГНТУ С) Многокритериальная оптимизация процесса обезвоживания дихлорэтана с использованием программного пакета STATISTICA и методов безусловной минимизации……..... **453**
181 ***Tinatin Mshvidobadze*** (GSTU) Using stochastic approximation method to solve optimization tasks…… **455**
182 ***Hüseynov A.H., Manafova X. İ.*** (SDU) Çevik istehsal sistemi idarəetmə sistemi üçün biliklər bazasının təşkili……... **455**
183 ***Hüseynov A.H., Talıbov N.H.*** (SDU) Layihə həlli qəbulunun dəstəklənməsi sisteminin qurulmasının metodoloji amilləri **457**
184 ***Гашимов А. М., Гулиев Г. Б., Бабаева А.*** (АзНИ и ПИИЭ) Управления шунтирующими реакторами…… **458**

VIII BÖLMƏ

185 ***Ağayarova A.A.*** (AMEA İİ) Xidmət sahəsində ikt-nin tətbiqi istiqamətləri…….. **462**
186 ***Eminbəyli I.*** (AMEA İİ) İnteqrasiya olunmuş informasiya sisteminin (BPM) tətbiqi……. **465**
187 ***Əliyeva Ş. İ. (***SDU) Şəki-Zaqatala regionunda enerji səmərəliliyi…… **470**
188 ***Həmidova A. M.*** (SDU) Sənaye müəssisələrinin material resursları ilə təminatında mütərəqqi logistika sistemindən istifadənin zəruriliyi…….. **472**
189 ***Həmzəyeva İ. R.*** (SDU) Azərbaycandaneft- qaz sənayesinin fəaliyyət istiqamətləri və alternativenerji mənbələri…….. **474**
190 ***Mahmudova L.F., Osmanov İ. O.*** (SDU) **A**zərbaycanda neft-qaz gəlirlərinin innovasiya yönümlü istifadəsinin qiymətləndirilməsi…… **476**
191 ***Məmmədova S.T., Mirzəyeva S. T.*** (SDU) İnsan kapitalına investisiyanın idarə edilməsi… **477**
192 ***Mikaylova S.M .(***AMEA İİ) Enerjidaşıyıcılarının dünya bazarında rolunun gücləndirilməsi məsələləri…… **480**
193 ***Pənahəliyeva M. Ö.*** (SDU) Marketinqdə məhsulun keyfiyyəti…….. **483**
194 ***Rzayeva Ü.C.*** (AMEA İİ) Neftqaz sahəsində amortizasıya siyasətinin təkmilləşdirilməsi… **486**
195 ***Tağıyeva A. V.*** (SDU) İqtisadi inkişafda kiçik biznesin rolu……. **490**
196 ***Хлюпин П.А., Хабибуллин Т.Р.*** (УГНТУ) Каспийский регион как флагман развития офшорной энергетики……. **493**
197 ***Khudaverdiyeva E.M., Turabova G. S.*** (GSU) Organization of the system of energy management at enterprise…….. **495**
198 ***Ширвани К.В.*** (СГУ) Организация ремонтного хозяйства в энергетических предприятиях…… **497**

İXTİSARLAR

ADNSU	Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
ADİU	Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti
AET və LAEİ	Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu
AzMİU	Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
AzTU	Azərbaycan Texniki Universiteti
AMEA Fİ	Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu
AMEA İİ	Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İqtisadiyyat İnstitutu
AMEA RPİ	Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemlər İnstitutu
BDU	Bakı Dövlət Universiteti
FPİ	Fizika Probləmləri İnstitutu
MAA	Milli Aviasiya Akademiyası
MDU	Minqəçevir Dövlət Universiteti
NQA EİM	“Nefqazavtomat” EİM
SDU	Sumqayıt Dövlət Universiteti
UTECA	Azərbaycan Texnologiya Universiteti

СОКРАЩЕНИЯ

ААСУ	Азербайджанский архитектурно-строительный университет
АВВУГА	Азербайджанское Высшее Военное Училище им. Г.Алиева
АГУНП	Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
АГЭУ	Азербайджанский государственный экономический университет
АзТУ	Азербайджанский Технический университет
АзНИ и ПИИЭ	Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики
Баш ГУ С	Башкирский государственный университет Стерлитамакский филиал
БГАТУ	Белорусский Государственный Аграрный Технический Университет
БГАУ	Башкирский государственный аграрный университет
БГМИ	Бухарский государственный медицинский институт
БГУ	Бакинский Государственный Университет
БИУ	Бакинский Инженерный Университет
ГГУ	Ганджинский Государственный Университет
ГО НПЦ НАНБ	ГО Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению
ГУ АЦ	Государственный университет Акакия Церетели
ЗГИА	Запорожская государственная индустриальная академия
ЗАО ПЭ	Закрытое акционерное общество «Псковэлектросвар»
ИКНХ НАНА	Института катализа и неорганической химии им. акад. М. Нагиева

ИК ГТУ	Институт Кибернетики им. В. Чавчанидзе Грузинского Технического Университета
ИФ НАНА	Институт физики Национальной академии наук Азербайджана
ИФП БГУ	Институт физикических проблем Бакинский Государственный Университет
ИЦВТ	Исследовательский Центр Высоких Технологий
КГУ	Кутаисский государственный университет
НАА	Национальная Академия Авиации Азербайджана
НИИ ГПНГХ	НИИ Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия
НО НАНА	Нахичеванское отделение Национальной академии наук Азербайджана
НТЦ АОУЭ	Научно-технический центр АО "Узбекэнерго"
ОАО АзКос	ОАО «Азеркосмос»
ПГУ	Псковский государственный университет
ПРООН	Программа развития ООН
СГУ	Сумгаитский государственный университет
СПбПУ	Санкт-петербургский политехнический университет
УГНТУ	Уфимский государственный нефтяной технический университет
УГНТУ С	Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Стерлитамак
УНУ	Ужгородский национальный университет
ФТИ НПО Ф-С АН РУз	Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан
ЧАОКЗ	Частное Акционерное Общество комбинат «Запорожсталь»
ШАО им. Н.Туси НАНА	Шамахинская астрофическая обсерватория им. Н.Туси НАН Азербайджана

ABBREVIATIONS

AIP DSC of RAS	Amirkhanov İnstitute of Physics Daghestan Scientific Centre of Russian Academy of Sciences
ANAHASSS	The Academy Named After Heydar Aliyev of the State Security Service
DLOIE CU	Department of Laser and Optical İnformation Engineering, Cheongju
DP CNU	Department of Physics, Chungbujk National University
DP HU	Department of Physics, Haran University
GSTU	Gori State Teaching University
GSU	Ganja State University
ICGTU	Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University
IP ANAS	İnstitute of Physics Azerbaijan National Academy Of Sciences

NRC BU	Nanotechnology Research Center, Bilkent University
PSU	Pskov State University
RIGPOGCH	Research İnstitute Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry

Kompüter yığımı	*K.Ağaxanova*
Texniki redaktor	*E.Həsrətova*
Dil dəstəyi	*Linqvistik mərkəz*
Məsul katib	*dos. T.Hüseynov*

Çapa imzalanmışdır: 21.05.2018-ci il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¼
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 63,75 ş.ç.v.
Sifariş 41. Tiraj 250 nüsxə.

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

Müxbir ünvan:

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə
Tel: (0-12) 448-12-74
(0-18) 644-88-10
Faks: (0-18) 642-02-70

Web: www.sdu.edu.az