

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL
NAZİRLİYİ FİZİKA İNSTİTUTU
«AZƏRENERJİ» ASC
AZ.ETVƏLAYİHƏ -AXTARIŞENERGETİKAİNSTİTUTU

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
ОАО «АЗЕРЭНЕРЖИ»
АЗ. НИИПИИ ЭНЕРГЕТИКИ

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

POWER ENGINEERING PROBLEMS

ENERGETİKANIN KOMPLEKSPROBLEMLƏRİ *ELEKTROENERGETİKA * İSTİLİK ENERGETİKASI * İSTİLİK FİZİKASI *
ELEKTROFİZİKA * ELEKTROTEKNOLOGİYA * ENERJİMƏNBƏLƏRİ * İNFORMATİKA * EKOLOGİYA * XRONİKA

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ * ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОФИЗИКА *
ЭЛЕКТРОФИЗИКА * ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ * ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ * ИНФОРМАТИКА * ЭКОЛОГИЯ * ХРОНИКА *

COMPLEX PROBLEMS OF POWER ENGINEERING * THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING *
THE THERMAL POWER ENGINEERING * THERMOPHYSICS * ELECTROPHYSICS * ELECTROTECHNOLOGY *
ENERGY SOURCES * INFORMATICS * ECOLOGY * CHRONICLE

4

2024

BAKİ ☆ ELM ☆ BAKY

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 4 2024

Jurnal 2000-ci ildə akademik Ç.M.Cuvarlı tərəfindən təsis edilib

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Rəyasət Heyətinin qərarı ilə çap olunur

Redaksiya heyəti

A. Həşimov (baş redaktor), N. Rəhmanov (baş redaktorun müavini), K.Abdullayev, J.Bilbao (baş redaktorun müavini), (İspaniya), N. Bizon (Rumıniya), K.Dursun (Norveç), T.Xalina (Rusiya), V. Kuznetsov (Ukrayna), K.Qurbanov (məsul katib və texniki redaktor), Ə.Quliyev, T. Nurubəyli, E.Pirverdiyev, C. Taplamacıoğlu (Türkiyə), A.Şidlovski (Ukrayna), N.Tabatabai (İran), N.Voropay (Rusiya), N.Yusifbəyli,

Redaksiyanın ünvanları: Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti, 131, AMEA Fizika İnstitutu,
Az-1602, H.Zərdabi prospekti, 94, Az.ET və LAEI

Tel.: (994 12) 538-16-60; 539-44-02

Faks: (994 12) 539-31-16

E – mail: a.hashimov@physics.science.az

Nəşrin redaktoru: F.Rzayev

“Energetikanın Problemləri” jurnalı Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyində qeydiyyatdan keçmişdir, qeydiyyat sayı B 507

Tiraj: 50 nüsxə

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

научно – технический журнал

№ 4 2024

Основан в 2000 году академиком Ч.М.Джуварлы

Печатается по постановлению Президиума Национальной Академии Наук Азербайджана

Главный редактор

академик НАН Азербайджана А.М. Гашимов

Адреса редакции: Az -1143, Баку, пр.Г.Джавида, 131, Институт Физики НАНАзербайджана
Az -1602, Баку, пр.Г. Зардаби, 94, АЗ.НИИПИИ Энергетики ОАО “Азербэнеджи”

Тел.: (994 12) (994 12) 538-16-60; 539-44-02

Факс: (994 12) 539-31-16

E-mail: a.hashimov@physics.science.az

DOI:10.70784/azip.5.2024403

**DƏYİŞƏN CƏRƏYAN HAVA XƏTLƏRİNİN ELEKTROMAQNİT UYGUNLUĞUNUN
VƏ ƏTRAF MÜHİTƏ TƏSİRİNİN MONİTORİNGİ ÜÇÜN PROGRAM TƏMİNATI****BALAMETOV A.B., XƏLİLOV E.D., İSAYEV T.M.**

*“Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu” MMC, e-mail:
balametov.azniie@gmail.com*

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Elektromaqnit uyğunluğu tələbləri ilə əlaqədar olaraq, hava xətlərinin elektromaqnit uyğunluğu üçün proqram təminatının hazırlanması və elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirinin qiymətləndirilməsi aktuallaşır. Yerüstü dəyişən cərəyan elektrik xətlərinin ətraf mühitə elektromaqnit təsirinin təhlili və elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirinin modelləşdirilməsi, xüsusilə məskunlaşan ərazilər üçün bu göstəricilərin qiymətləndirilməsi və məqbul olması üçün vacibdir. Bu qiymətləndirmənin ən mühüm aspektlərindən biri ümumiyyətlə elektromaqnit təsiri, radioəngəllər, akustik -küylər və tac boşalması səbəbindən ətraf mühitə elektrik təsirinin qiymətləndirilməsi kimi adlandırılan şeydir. Tac effektləri ilə bağlı konstruksiyanın optimallaşdırılmasının aşkar iqtisadi əhəmiyyətinə baxmayaraq, bu çətin problemi adekvat şəkildə həll edən mövcud proqram təminatı hələ də yoxdur. Bu tədqiqat yüksək gərginlikli dəyişən cərəyan elektrik xətlərinin ətraf mühitə elektromaqnit təsirinin alqoritmləşdirilməsinə və proqram təminatının işlənilib hazırlanmasına həsr edilmişdir. Məqalədə naqillərdə tac boşalmasının yaratdığı, elektromaqnit əngəllərinin və radioküylərin təsirinin modelləşdirilməsi məsələləri müzakirə olunur. 500 kV-luq hava xətti nümunəsində hava xətləri naqillərində tac boşalması, elektrik sahəsinin qradiyenti və radioəngəllər nəticəsində yaranan inteqrasiya olunmuş modelləşdirmə sistemi üçün işlənilmiş proqramın işinin nəticələri təqdim olunur.

Açar sözlər: Ətraf mühitə təsir, hava elektrik xətləri, naqillərin sahə gərginliyi, maqnit sahəsi, elektrik sahəsi, tac itkiləri, radioəngəllər, akustik küy.

Hava xətlərinin ətraf mühitə təsiri. 110, 220, 330 kV, ifrat yüksək gərginlikli (İYG) 500-750 kV və ultra-yüksək gərginlikli (UYG) 1150 kV-lik elektrik şəbəkələrinin inkişafı ilə əlaqədar yüksək gərginlikli elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsiri məsələləri aktuallaşır. Maqnit sahəsinin canlı orqanizmlərə və ilk növbədə insana zərərli təsiri yalnız çox yüksək - hava xəttinin faza naqillərindən 1-1,5 m-ə qədər məsafədə - 150-200 A/m sahə gərginliklərində özünü büruzə verir və gərginlik altında işləyərkən təhlükə yaradır.

İYG və UYG xətlərinin elektromaqnit sahəsinin insanlara birbaşa təsiri ürək-damar, mərkəzi və periferik sinir sistemlərinə, əzələ toxumasına və digər orqanlara təsiri ilə əlaqələndirilir. Bu zaman qan təzyiqinin və nəbzinin dəyişməsi ürəkdöyünməsi, aritmiya, artan əsəb gərginliyi və yorğunluq mümkündür. İnsanın güclü elektrik sahəsinə məruz qalmasının zərərli nəticələri E sahə gərginliyindən və 5 kV/m sahə gərginliyinin ona təsir müddətindən asılıdır. Elektrik sahəsində vaxtaşırı və uzunmüddətli qalmanın buraxıla bilən müddəti: 20 kV/m – çətin keçilən yerdə - 10 dəqiqə; 15 kV/m – yaşayış olmayan yerlərdə 90 dəq; 10 kV/m yollarla kəsişən yerdə - 180 dəq. Bu şərtlərin yerinə yetirilməsi qalıq reaksiyaları, funksional və ya patoloji dəyişikliklər olmadan 24 saat ərzində orqanizmin özünü bərpa edilməsini təmin edir.

Radioəngəllər naqillərdə tac boşalması, izolyator və armatura hissələrində qismən boşalma və tac, xətti armatura kontaktlarında qılgılcımların yaranması səbəbindən baş verir.

110, 220, 330 kV yüksək gərginlikli, ifrat yüksək gərginlikli 500-750 kV, ultra yüksək gərginlikli 1150 kV və daha elektrik şəbəkələrinin inkişafı və tətbiqi ilə əlaqədar yüksək gərginlikli elektrik verilişi xətlərinin (YGVX) ətraf mühitə təsiri xüsusi aktuallıq kəsb edir.

İYG və UYG xətləri üçün əsas problemlər hava xətlərinin yaratdığı elektrik sahəsinin təsiri ilə bağlıdır. Bu sahə əsasən faza yükləri ilə müəyyən edilir. Hava xəttinin gərginliyinin, bir fazadakı naqillərin sayının və parçalanmış naqilin ekvivalent radiusunun artması ilə faza

yükü sürətlə artır. Bu, hava elektrik xətləri altında canlı orqanizmlər üçün təhlükəli olan elektrik sahə gərginliklərini yaradır.

İnsanın buraxıla bilən elektrik sahə gərginliyinə məruz qalma müddəti nəzərə alınmadan, yarımstansiyaların və İYG və UYG xətlərinin istismar heyəti üçün insanın başı səviyyəsində (yer səviyyəsindən 1,8 m hündürlükdə) elektrik sahəsində periodik və uzunmüddətli qalmasının buraxıla bilən müddəti müəyyən edilmişdir. Bu şərtlərin yerinə yetirilməsi qalıq reaksiyalar və funksional və ya patoloji dəyişikliklər olmadan bir gün ərzində orqanizmin özünü bərpa etməsini təmin edir.

Cədvəl 1.

Elektrik sahəsində periodik və uzunmüddətli qalmanın buraxıla bilən müddəti

Buraxıla bilən elektrik sahə gərginliyi	Elektrik sahəsində buraxıla bilən qalma müddəti
20 kV/m – çətin keçilən ərazidə	10 dəq
15 kV/m – yaşayış olmayan yerdə	90 dəq
10 kV/m - yollarla kəsişən yerdə	180 dəq
5 kV/m – yaşayış yerlərində	Qalma müddəti məhdud deyildir

İşçilərin elektrik sahəsinin təsiri altında olduğu müddəti məhdudlaşdırmaq mümkün olmadıqda, iş yerlərinin ekranlanması, yolların üzərində buraxılan ekranları, idarəetmə dolablarının üzərində qoruyucu örtüklər, fazalar arasındakı şaquli ekranlar, təmir işləri zamanı çıxarıla bilən ekranlar və s. Təcrübələrin göstərdiyi kimi, kollar 3-3,5 m hündürlükdə və 6-8 m hündürlükdə olan meyvə ağacları hava xətlərinin altında böyüyən etibarlı qoruyucu effekt yaradır. Bu, kolların və meyvə ağaclarının kifayət qədər keçiriciliyə malik olması və insanın hündürlüyünü və ya nəqliyyat vasitələrinin hündürlüyünü aşan hündürlükdə ekran rolunu oynaması ilə izah olunur.

Akustik küy naqillərdəki intensiv tacın təzahürlərindən biridir. İnsan qulağı 16 Hs-dən 20 kHs-ə qədər tezlik diapazonunda olan səsləri qəbul edir. Yağış və rütubətli hava zamanı fazada çoxlu sayda (beşdən çox) parçalanmış naqıl olduğu xətlərdə səsin ucalığı xüsusilə böyükdür. Güclü yağış zamanı tacdan gələn küy yağışın səsi ilə birləşirsə, zəif yağıntıda bu, küyün əsas mənbəyi kimi qəbul edilir.

Radioəngəllər naqillərdə tac, izolyator və armaturlarda tac və qismən boşalma, xətt armaturlarının kontaktlarında qılgıncılar səbəbindən baş verir. Radioəngəllərin səviyyəsinə naqillərin radiusu, hava şəraiti və naqillərin səthinin vəziyyəti (çirkin olması, yağıntı və s.) təsir göstərir. Təhlükəsizlik zonasında radioəngəlləri aradan qaldırmaq üçün naqılın səthində buraxıla bilən gərginlik azaldılır.

Əhalinin sıx məskunlaşdığı ərazilərdə elektrik xətlərinin çəkilişi zamanı yaranan iqtisadi və texniki problemlərlə yanaşı, bu xətlərin ətraf mühitə estetik təsiri ilə bağlı problemlər yaranır. Bu təsir dayaqaların ölçüsü (hündürlüyü), onların memarlıq formaları və bütün xətt elementlərinin rəngi ilə əlaqələndirilir.

Hava xətlərinin layihələndirilməsi zamanı ətraf mühitə, sağlamlığa və insan həyatına təsir edən aşağıdakı amillər nəzərə alınmalıdır:

- elektrik sahəsi (110 kV və yuxarı gərginlikli hava xətləri üçün);
- maqnit sahəsi;
- akustik küy (yalnız məskunlaşan ərazilərdə nəzərə alınan 110 kV və daha yüksək gərginlikli hava xətləri üçün);
- radio və televiziya əngəllər;
- rabitə xətlərinə və simli yayım üçün təhlükə və əngəl olan təsirlər;

Hava xətlərinin layihələndirilməsi zamanı hava xətlərinin ətraf mühitə, əhalinin həyatına və sağlamlığına təsir səviyyəsini tənzimləyən normativ sənədlərin tələblərinə əməl edilməli, müvafiq konstruksiya və layihə həllərindən istifadə edilməli, zəruri hallarda isə hava xətlərinin təsirinin mövcud normalarla tələb olunan təhlükəsiz qiymətlərə qədər azaldılmasını təmin edən xüsusi tədbirlər görülməlidir.

Tac boşalmasının ekoloji təsiri. Elektrik xətlərində tac boşalması radio və televiziya qəbuluna əngəllər, həmçinin akustik küy yaradır. Radioəngəllər və küyün əsas səbəbi naqillər tac selidir. Tac seli üçün ən əlverişli şərait yağış zamanı ilkin sahə gərginliyi xeyli dərəcədə azaldıqda yarandığına görə, ən güclü radioəngəllər və akustik küy ultra yüksək gərginlikli xətlərdə yağış və qarda tac boşalması zamanı meydana gəldiyində baş verir. Yaxşı havalarda naqillər çirkləndikcə əngəllər artır.

Radioəngəllər. Radioəngəlləri yaradan şüalanma tezlik spektri 10 kHs-dən 1 GHs-ə qədər diapazonu əhatə edir. 30 MHs-dən yuxarı tezliklərdə əngəllər televiziya qəbuluna maneə təsirinə malikdir və yalnız 750 kV-luq xətlərdə taclanma olduqda yaranır. Bu halda əngəl mənbələri naqillərdəki tacdan əlavə, izolyatorların boşluqlarında və çatlarında qismən boşalmalar və armaturların uclu elementlərindəki tacdır. Yaxşı havalarda naqillərdəki tac praktiki olaraq televiziya qəbuluna maneə olmur.

Ultra yüksək gərginlikli hava elektrik xətləri (UYG HX) boyunca ekoloji vəziyyətə təsir edən akustik küy, xüsusilə yağış zamanı intensiv tacın səs effektinin təzahürüdür. Hal-hazırda, elektrik veriliş xətlərinin layihələndirilməsi təcrübəsində, pis hava şəraitində akustik küyün buraxıla bilən səviyyəsi kənar faza naqillərindən 100 m məsafədə müəyyən edilir, buna riayət edilməsi layihələndirmə mərhələsində müvafiq hesablamalarla yoxlanılır. Müəyyən edilmiş norma artdıqda, faza naqillərinin parametrlərini və onların fəzada yerləşməsini tənzimləmək lazımdır.

Radioəngəllər və akustik küy üçün normativ baza. Müxtəlif təyinatlı elektrik xətlərinin və radioqəbuledicilərin elektromaqnit uyğunluğu problemlərini həll etmək (yəni keyfiyyət göstəriciləri azalmadan işləməsini təmin etmək) üçün hava xətlərinin yaratdığı əngəllərin sahə gərginliyinin real səviyyələrini bilmək vacibdir.

Hava xətlərinin əngəllər nəinki yalnız naqillərdəki tacdan deyil, həm də qismən boşalmalar və izolyatorlarda tac, nasaz izolyatorların dəşilməsi və ya üst-üstə düşməsi, xətt armaturlarında və parçalanmış faza naqillərinin ayırıcılarında tac, həmçinin onların arasında, xətt armaturunun elementləri, naqıl aralayıcıları və izolyatorlar arasında qığılcımların yaranması səbəbindən baş verə bilər.

Hava xətlərindən radioəngəllərin azaldılması və trassboyu elektromaqnit vəziyyətinin yaxşılaşdırılması hava xətlərində radioəngəllərin səviyyəsinin normalaşdırılması ilə təmin edilir.

Əksər ölkələrdə hava elektrik xətləri və yüksək gərginlikli avadanlıqlar tərəfindən yaranan əngəlin sahə gərginliyinə dair milli standartlar müəyyən edilmişdir. Cədvəl 2-də bir sıra ölkələrdə hava xətlərinin radioəngəllər üçün normaları göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

RF-də və ABŞ-da elektrik xətlərindən radioəngəllərin normaları

Ölkə	Ölçmə tezliyi	Ölçmə yeri	Hava şəraiti, zaman %	Normalar dB	100 m məsafədə radioəngəllərin buraxıla bilən səviyyəsi, dB	
					Yaxşı havada	Müddətin 80%
RF	0,5 MHs	Kənar fazadan məsafə 100 m	80	43	37,0	43,0
ABŞ	1 MHs	Kənar fazadan məsafə 362 kV-luq HX – 14mm, >550 kV-dən yüksək HX – 20 m	80	52	27,3 29,6	33,6 35,6

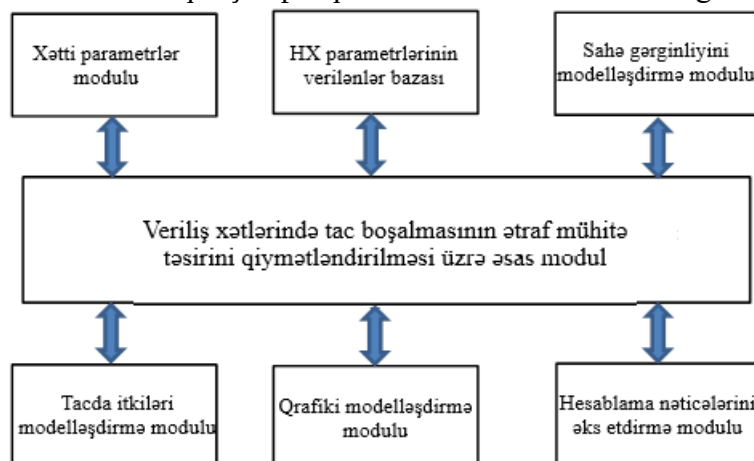
Radioəngəllər üçün normaların hazırlanması zamanı ilkin kəmiyyət qorunan faydalı signalın zamanətli səviyyəsidir. Beynəlxalq təcrübəyə uyğun olaraq, 1 MHs tezlikdə əngəldən qorunmalı olan minimum radiosignalın sahə gərginliyi 60 desibel, 0,5 meqahers tezlikdə isə 66 desibel müəyyən edilmişdir.

Naqillərdə tac boşalması yüksək və ifrat yüksək gərginlikli hava xətlərində radioəngəllərin və yüksək tezlikli rabitə kanallarına əngəllərin əsas mənbəyidir. Tac boşalması həm də hava xətlərində əlavə elektrik itkilərinə səbəb olur.

Hava xətti naqillərində, üst təbəqənin naqillərinin yaratdığı pozuntulara əlavə olaraq, həmişə səthin zədələnməsi (cızıqlar, çıxıntılar), çirklənmə (sürtük yağının izləri, üzvi və qeyri-üzvi mənşəli hissəciklər) və bəzən atmosfer çöküntüləri (yağış damcıları, şəh, qar, şaxta, buzlanma, qırov) yarana bilər. Bu, elektrik sahə gərginliyinin yerli artımına və nəticədə naqilin ayrı-ayrı nöqtələrində yerli tacın yaranmasına səbəb olur. Radioəngəllərin və yerli tac itkilərinin xarakteristikaları əsasən naqildə elektrik sahə gərginliyindən, naqilin diametrindən, səthin vəziyyətindən, meteoroloji şəraitdən asılıdır və xeyli dərəcədə dəyişə bilər.

Yağıntılar radioəngəl səviyyəsinə və tac itkilərinin miqdarına güclü təsir göstərir, buna görə də hər biri öz orta itki səviyyəsi ilə xarakterizə olunan aşağıdakı əsas hava qruplarının orta illik müddəti haqqında məlumat əldə etmək lazımdır: - birinci qrup - yaxşı hava (y.h.); - ikinci qrup - quru qar (q.q.). Quru qar həmçinin qar dənəcikləri, qar dənələri, buz iynələri, çovğunlar, qar qarlı çovğunlar (naqillərə gəlib çatmayan qar çovğunu və yerə yaxın qar istisna olmaqla); - üçüncü qrup - yağış (y). Yağışa həmçinin çiskin və sulu qar da daxil olmalıdır, çünki onların tac itkilərinə və radioəngəl səviyyəsinə təsiri yağışın təsirinə yaxındır; - dördüncü qrup - şaxta (ş). Şaxta qrupuna həmçinin daxildir: buz, donmuş qar və donmuş yaş qar. Bütün digər hava növləri yaxşı hava qrupuna aiddir.

Şəkil 1-də yüksək gərginlikli dəyişən cərəyan elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirinin elektromaqnit analizinin monitorinqi üçün proqram modullarının strukturu göstərilmişdir.



Şək. 1. Dəyişən cərəyan hava xətlərinin ətraf mühitə təsirinin elektromaqnit analizi üçün proqram təminatının strukturu.

Naqillərin səthində elektrik sahə gərginliyinin hesablanması. Hava xətlərində tac itkilərini və radioəngəlləri müəyyən edən əsas amil naqillərin səthində elektrik sahə gərginliyinin ilkin tac gərginliyinə nisbətidir. Bu nisbətənin cüzi dəyişməsi tac və radioəngəl itkilərində xeyli dəyişiklikə səbəb olur.

Tək naqilli hava xətləri üçün naqilin səthindəki elektrik sahə gərginliyi E aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$E = \frac{q \cdot 10^{-3}}{2\pi\epsilon_0 r_0} \text{ kВ / см } (10^5 \text{ В / м}), \quad (1)$$

burada q - məftildə yükün xətti sıxlığı, K/m; r_0 - tək naqilin radiusu, sm (10^{-2} m); ϵ_0 - havanın dielektrik nüfuzluğudur:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ Ф / м.}$$

Parçalanmış naqildə sahə gərginliyi onu təşkil edən naqillərin səthində qeyri-bərabər paylanır. Adətən, naqilin təşkilədiciləri düzgün n-bucaqlının təpələrində yerləşir, onun tərəfi

parçalanma addımı a -ya bərabərdir. Bu halda naqilin səthində orta sahə gərginliyi E (2) düsturu ilə müəyyən edilir:

$$E = \frac{q \cdot 10^{-3}}{2\pi\epsilon_0 n r_0} \text{ kB/cm} (10^5 \text{ B/m}), \quad (2)$$

burada r_0 - parçalanmış naqilin təşkilədicilərinin radiusu, sm (10^{-2} m).

Parçalanmış naqıl üçün maksimum sahə gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir

$$E_M = \kappa_H E \quad \text{kB/cm} (10^5 \text{ V/m}), \quad (3)$$

burada κ_H – təşkilədiçi naqilin səthi üzərində yükün qeyri-bərabər paylanması əmsəlidir.

$$\kappa_H = 1 + (n-1) \frac{r_0}{r_p} = 1 + \beta \frac{r_0}{a}, \quad \beta = 2(n-1) \sin \frac{\pi}{n} \quad (4)$$

burada r_p - parçalanma radiusu; a - parçalanmış naqilin parçalanması addımıdır, sm (10^{-2} m).

Naqillərdə sahə gərginliklərini hesablamaq üçün naqilin xətti yük sıxlığının hava xəttinin faza gərginliyinə nisbəti kimi təyin olunan işçi tutum istifadə olunur.

Proqram, naqilləri ixtiyari düzülmüş bir və iki trosu üç fazalı hava xəttinin tutumunun hesablanması alqoritmləri realizə edilmişdir.

Tək ($n = 1$) və parçalanmış naqilləri olan üç fazalı dəyişən cərəyan hava xətləri üçün

$$E = 0,0147 \frac{C_k U}{n r_0} \text{ kB/cm} (10^5 \text{ B/m})^*, \quad (5)$$

burada C_k - hava xəttinin k -ci fazasının işçi tutumu, pF/m (10^{-12} F/m); U - hava xətti boyunca illik orta xətti istismar gərginliyidir (təsiredici qiyməti), kV (10^3 V).

Parçalanmış naqillərdə tacda güc itkilərini hesablayarkən, aşağıdakı düsturla müəyyən edilmiş ekvivalent elektrik sahə gərginliyi E_e istifadə olunur.

$$E_s = \frac{E + E_M}{2} = \frac{1 + \kappa_H}{2} E \text{ kB/cm} (10^5 \text{ B/m}), \quad (6)$$

Bütün hava qrupları üçün tacda güc itkilərinin hesablanmasını birləşdirmək üçün naqillərin səthində yaxşı hava şəraitində ümumi tacın yaranmasına uyğun gələn E_0 ilkin sahə gərginliyinin baza qiyməti tətbiq edilmişdir. E_0 qiyməti aşağıdakı düstur vasitəsi ilə hesablanır:

$$E_0 = 24,5 m \delta \left(1 + \frac{0,613}{(r_0 \delta)^{0,4}} \right) \text{ kB/cm} (10^5 \text{ B/m}), \quad (7)$$

burada m - naqilin naharlılıq əmsəli; δ - havanın nisbi sıxlığı; r_0 - parçalanmış naqilin təşkilədicilərinin radiusu və ya tək naqilin radiusudur, sm.

Köhnə polad-alüminium naqillər üçün $m = 0,82$ götürmək tövsiyə olunur.

Naqillərin radioəngəllərin buraxıla bilən səviyyəsinə görə seçilməsi. Hava xətlərində radioəngəl həm naqillərdəki tacdan, həm də qismən boşalmalar və izolyatorlarda tac, eləcə də nasaz izolyatorların dəşilməsi və ya qısa qapanması, xəttin armaturlarında və parçalanmış fazalı naqillərin ayırıcılarında qismən tac boşalması, həmçinin pis kontakta görə xəttin armaturlarında, naqıl dayaqclarında və izolyatorlarda qığılcımların yaranması nəticəsində baş verə bilər. 0,15-30 MHz tezlik diapazonunda hava xətlərinin yaratdığı radioəngəllər ən kənar naqilin yerə proyeksiyasından aşağıdakı məsafələrdə normalaşdırılır*: - 110 və 220 kV-luq hava xətləri üçün - 50 m; - 330 kV və yuxarı hava xətləri üçün - 100 m.

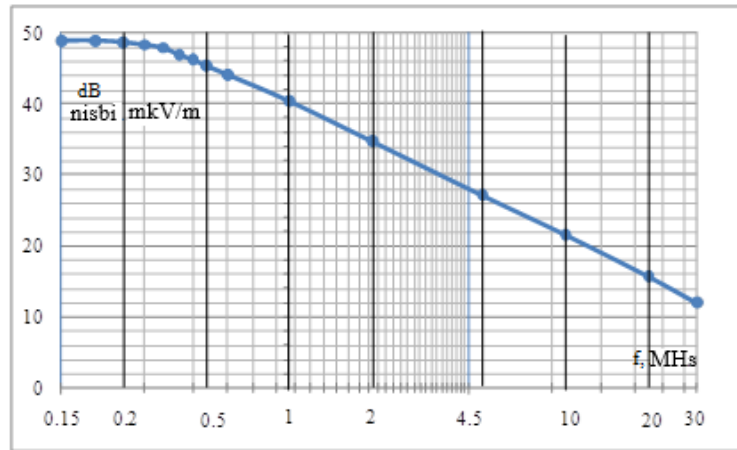
Rusiya normaları ilə hava xətlərindən radioəngəllər üçün buraxıla bilən sahə gərginliyi qiymətlərinin tezlik spektri təyin olunur (şəkil 2).

Hava xətlərindən radioəngəllərin səviyyəsi naqillərin səthindəki maksimum sahə gərginliyindən, naqillərin radiusundan, radioəngəlləri ölçmə tezliyindən və hava xətlərinin dəniz səviyyəsindən hündürlüyündən asılıdır. Verilmiş hava xəttinin konstruksiyası üçün radioəngəl səviyyəsi naqillərin səthinin vəziyyətindən və yağıntıdan asılıdır. Buna görə də, radioəngəllərin səviyyəsi zamana görə dəyişir ki, bu da onun statistik xarakteristikalarının tədqiq edilməsini tələb edir.

$E_m = 23 \div 30$ kV/sm olduqda yaxşı havada radioəngəllərin naqillərin səthindəki maksimum elektrik sahə gərginliyindən asılılığı aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$E_n - E'_{nm} = 2,3 \cdot 10^{-5} (E - E') \text{ dB}, \quad (8)$$

burada E_n və E'_n parçalanmış naqilin səthində maksimum elektrik sahəsi gərginliklərində radioəngəl səviyyələri, müvafiq olaraq E_m və E'_m , V/m.



Şəkil 2. Radioəngəllər üçün buraxıla bilən sahə gərginliyi.

Radioəngəllərin naqillərin radiuslarından (faza parçalanmış olduqda – onu təşkil edən naqillərin radiuslarından) asılılığı $E_m = \text{const}$ olduqda aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$E_n - E'_n = 40 \lg \frac{r_0}{r'_0} \text{ dB}, \quad (9)$$

burada E_n və E'_n - naqilin radiusları müvafiq olaraq r_0 və r'_0 olduqda radioəngəl səviyyələridir.

Radioəngəllərin tezlikdən asılılığı aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$\Delta_f E_n = 5 [1 - 2 (\lg 10 f)^2] \text{ dB}, \quad (10)$$

burada f - tezlik, MHz; $\Delta_f E_n$ - radioəngəl səviyyəsinin 0,5 MHz tezlikdə radioəngəl səviyyəsinə nisbətən dəyişməsidir.

Radioəngəllərin səviyyəsi hava xəttindən uzaqlaşdıqca azalır. Radioəngəl ölçmələri adətən hava xəttindən müxtəlif məsafələrdə aşırımın ortasında aparılır. Digər nöqtələrdə ölçmələrin nəticələrinə əsasən hava xəttindən normativ məsafədə radioəngəllərin səviyyəsini müəyyən etmək üçün radioəngəllərin ölçmə nöqtəsinin yerdəki ən kənar naqilin proyeksiyasına qədər olan məsafəsindən asılılıqları (radioəngəllərin eninə profilləri) istifadə olunur.

Radioəngəllərin eninə profilinin forması aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$E_n - E'_n = 20 \lg \frac{R^k h^{k-1}}{R_1^k h^{k-1}} \text{ dB}, \quad (11)$$

burada E_n və E'_n - müvafiq olaraq, hava xəttinin h_1 və h_2 asılma hündürlüyündə ölçmə nöqtələrində ən yaxın kənar naqildən R və R_1 məsafələrdə radioəngəl səviyyələridir; k - radioəngəllərin eninə sönmə əmsalı olub, 1,6-ya bərabərdir.

İl ərzində radioəngəl səviyyələrinin paylanması hesablamaq üçün üç hava qrupu fərqləndirilir: yaxşı hava, yağış və quru qar. Qəbul edilmiş hava qrupları nəzərə alınmaqla radioəngəl səviyyələri standart σ meyletməsi 4-6 dB-ə bərabər olan normala yaxın qanun üzrə paylanır.

Şəkil 4 və şəkil 5-də nominal gərginliklərdə 500 və 750 kV hava xətləri üçün yaxşı hava şəraitində radioəngəl səviyyələrinin orta qiymətləri göstərilmişdir. Yağışda radioəngəllərin orta səviyyələri yaxşı havada olduğundan 10 dB, quru qarda isə 6 dB yüksəkdir.

İl ərzində vaxt faizi B həmin vaxtda radioəngəllər səviyyəsinin buraxıla bilən E_n^{don} qiymətindən artıq olmaması şərti ilə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$B = 100 \left[\Psi_{x.n.} \Phi^* \left(\frac{E_n^{don} - \bar{E}_n^{x.n.}}{\sigma_{x.n.}} \right) + \Psi_d \Phi^* \left(\frac{E_n^{don} - \bar{E}_n^{(d)}}{\sigma_d} \right) + \Psi_c \Phi^* \left(\frac{E_n^{don} - \bar{E}_n^{(c)}}{\sigma_c} \right) \right] \bar{E}_n^{(d)} \%, \quad (12)$$

burada Ψ_{yh} , Ψ_y , Ψ_q - müvafiq olaraq il ərzində yaxşı, yağışlı və qarlı havanın nisbi müddəti; $\bar{E}_n^{(d)}$, $\bar{E}_n^{(c)}$ - müvafiq olaraq yaxşı havada, yağışda və qarda verilmiş normativ məsafədə radioəngəl səviyyələrinin orta qiymətləri; σ_{yh} , σ_y , σ_q - yaxşı havada, yağışda və qarda müvafiq olaraq radioəngəl səviyyələrinin paylanması standart meylətmələri; Φ^* - normal paylanma funksiyasıdır.

Bu ərazilərdə $B \geq 80\%$ şərti, yaxşı hava vaxtının ən azı 90%-ində radioəngəllərin buraxıla bilən qiymətləri aşağıdakı ifadə ilə təsvir olunan aşmaması şərtinə təxminən ekvivalentdir.

$$\bar{E}_n^{x.n.} \leq E_{nx.n.}^{don} - 1,3\sigma \quad \text{dB}. \quad (13)$$

Hava xətlərindən radioəngəl səviyyələrinin müəyyən edilməsi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

- radioəngəllərin baza səviyyəsi $E_{\text{əlavə}}$ kimi normativ məsafədə şəkil 4 və şəkil 5-ə uyğun olaraq müəyyən edilmiş radioəngəllər səviyyəsinin orta qiyməti qəbul edilir (330-500 kV-luq hava xətləri üçün $E_{\text{əlavə}} = 30$ dB və 750 kV hava xətləri üçün - $E_{\text{əlavə}} = 33$ dB);

- hava xətti naqillərində maksimum sahə gərginliyi "Naqillərin səthində elektrik sahə gərginliyinin hesablanması" bölməsinə uyğun olaraq hesablanır;

- hava xəttindən 100 m normativ məsafədə 0,5 MHz tezlikdə yaxşı hava şəraitində radioəngəllərin orta səviyyəsinin hesablanması aşağıdakı düstur vasitəsi ilə yerinə yetirilir:

$$\bar{E}_n^{(x.n.)} = E_{n6} + 2,3 \cdot 10^{-5} (E_m - E_{m6}) + 40 \lg \frac{r_0}{r_{06}} + \frac{H}{300} \text{ dB}, \quad (14)$$

burada E_m - sahə gərginliyi orta faza üçün götürülür; - B-nin qiyməti (15) düsturu ilə hesablanır, burada 0,5 MHz baza tezliyi üçün $E_n^{don} = 45$ dB;

$\bar{E}_n^{(d)} = \bar{E}_n^{(x.n.)} + 10$ dB; $\bar{E}_n^{(c)} = \bar{E}_n^{(x.n.)} + 6$ dB; ; $\sigma_{yh} = \sigma_y = \sigma_q$ qiyməti 5 dB-yə bərabər götürülür. Əgər $B \geq 80\%$ və mülayim iqlim şəraiti olan ərazilər üçün (13) şərti yerinə yetirilərsə, hava xətlərindən radioəngəllərin səviyyəsi məqbul hesab edilməlidir.

Mülayim iqlimi olan ərazilər üçün üfüqi naqilli elektrik veriliş xətləri üçün, radioəngəllərin buraxıla bilən səviyyəsinə əsaslanaraq hava xətti naqilləri səthində maksimum $E_{\text{əlavə}}$ sahə gərginliyinin buraxıla bilən qiymətlərinin hesablanması aşağıdakı düsturlar vasitəsi ilə yerinə yetirilir:

- 330 və 500 kV-luq HX üçün

$$E_{\text{əlavə}} = 31,1 - 17,4 \lg r_0 \text{ kV/sm } (10^5 \text{ V/m}); \quad (15)$$

- 750 kV-luq HX üçün

$$E_{\text{əlavə}} = 32,2 - 17,4 \lg r_0 \text{ kV/sm } (10^5 \text{ V/m}). \quad (16)$$

1 kHs-dən fərqli ixtiyarı tezlik zolağında (Δf) paylanmış əngəllərin səviyyəsi $P_{\text{əng},f}$ aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$P_{\text{əng},f} = P_{\text{əng}} + 10 \lg \Delta f \text{ dB}. \quad (17)$$

Akustik küyün modelləşdirilməsi. Akustik küy əsasən pis hava şəraitində, naqillərdə tac boşalmasının intensivliyi artdıqda baş verir. Səs effekti iki mürəkkəbdən ibarətdir: 100 Hs tezliyə və onun çoxsaylı mislinə bərabər tezliklərə uyğun fışılı və genişzolaqlı küy.

Birinci mürəkkəbə, hər bir period ərzində iki dəfə səs təzyiqli dalğalar yaradan naqillərin yaxınlığında həcmi yükün hərəkəti ilə bağlıdır. İkincisi tac seli tərəfindən yaranır.

Tacda, xüsusilə, güclü yağış zamanı intensiv küy yaranır, lakin belə yağışın özü elektrik xəttinin mümkün akustik əngəllərindən daha uca küy yaradır. Buna görə də, çiskinli yağışda,

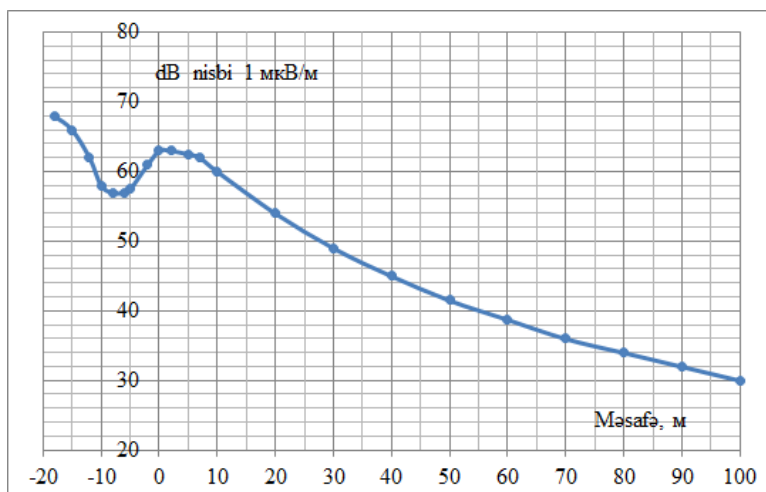
dumanda və güclü yağışdan sonra yaş naqillərdə əngəllər daha çoxdur. Bu hallarda səs səviyyəsi güclü yağışdan 5-6 dB(A) aşağıdır, lakin ümumi səs fonunu xeyli dərəcədə üstələyir. Akustik küyün qiymətləndirilməsi "yaş" naqillər şərtinə əsasən aparılır.

Yağışda səs ucalığını qiymətləndirmək üçün aşağıdakı empirik düsturdan istifadə edilə bilər:

$$A = 16 + 1,14E_{\max} + 9r + 15 \lg n - 10 \lg l,$$

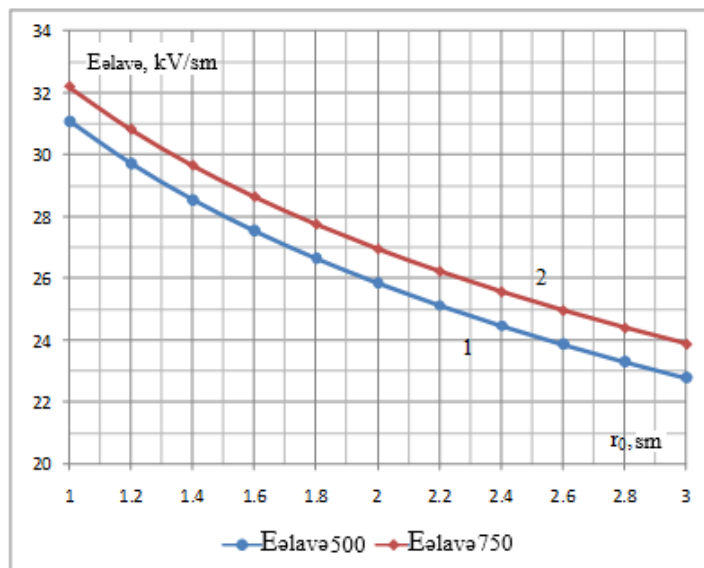
burada A - səs səviyyəsi, dB(A); r - naqilin radiusu, sm; $E_{\max}$ - naqillərin səthində maksimum sahə gərginliyi, kV/sm; n - parçalanmış fazada naqillərin sayı; l - kənar fazadan məsafədir, m.

Şəkil 3-də 3*ACO-500/40 naqilli 500 kV-luq hava xəttinin radioəngəllərin eninə profilinin qrafiki göstərilmişdir.



Şək.3. 3*ACO-500/40 naqilli 500 kV-luq hava xətlərindən radioəngəllərin eninə profilləri.

Şəkil 4-də üç fazalı dəyişən cərəyan hava xətləri naqillərində radioəngəllər şəraitində buraxıla bilən maksimum sahə gərginlikləri təqdim olunmuşdur: əyri 1 - 330 və 500 kV hava xətləri üçün; əyri 2 - 750 kV hava xətti üçün



Şək.4. Üç fazalı dəyişən cərəyan hava xətləri naqillərində buraxıla bilən maksimum sahə gərginlikləri: əyri 1 - 330 və 500 kV-luq hava xətləri üçün; əyri 2 - 750 kV hava xətti üçün.

Yüksək gərginlikli dəyişən cərəyan elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirinin elektromaqnit analizinin modelləşdirmə bloku - ElMaqSov şəkil 5-də göstərilmişdir.

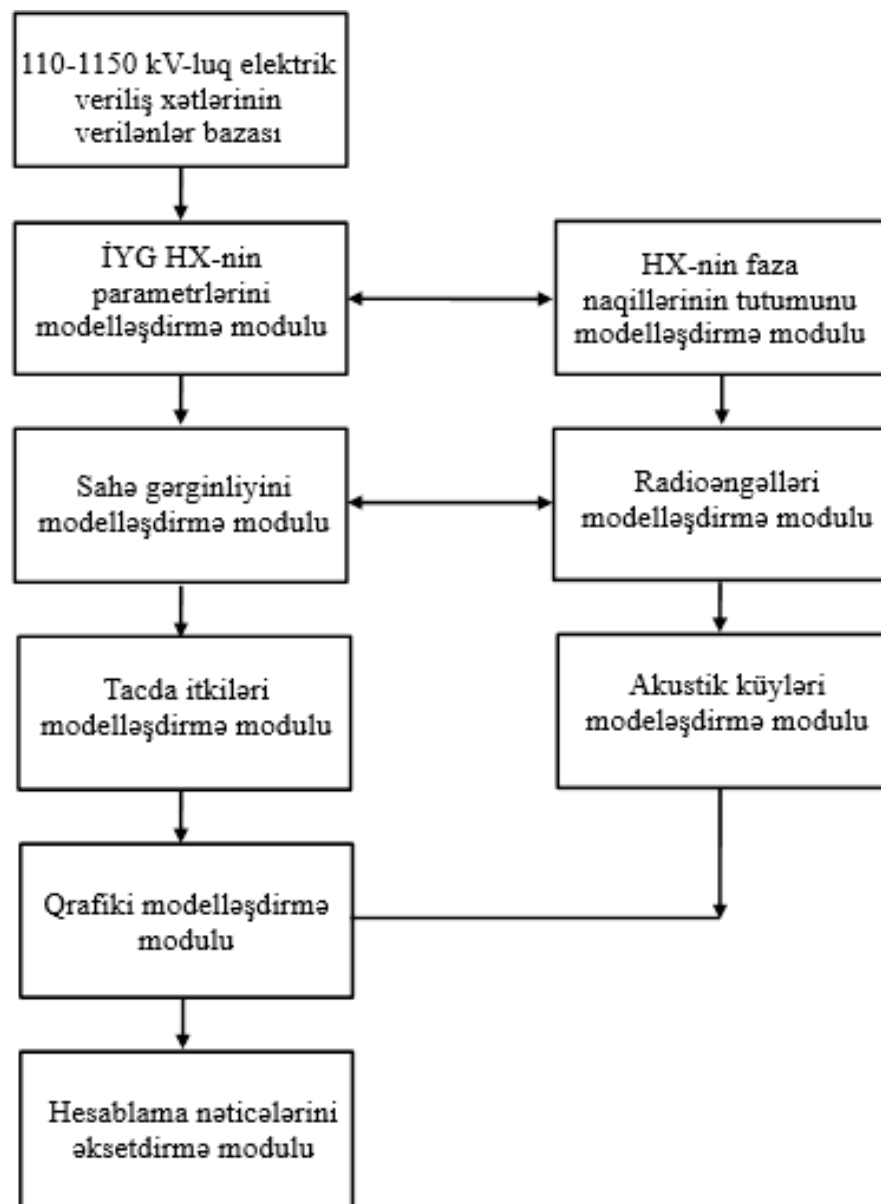
Şəkilə. 6. Dəyişən cərəyan hava xətlərinin elektromaqnit uyğunluğunun və ətraf mühitə təsirinin modelləşdirilməsi proqramının ekran görüntüsü təqdim olunmuşdur: 110-1150 kV-lik aralıq dayaqların konstruksiyası haqqında məlumatların daxil edilməsi və hesablama nəticələrinin göstərilməsi.

ElMaqSov proqramı yüksək gərginlikli hava xətlərinin elektromaqnit sahəsinin ətraf mühitə təsirini və bununla əlaqəli radioəngəlləri, akustik küyü, tac itkilərini qiymətləndirir və aşağıdakıları yerinə yetirir:

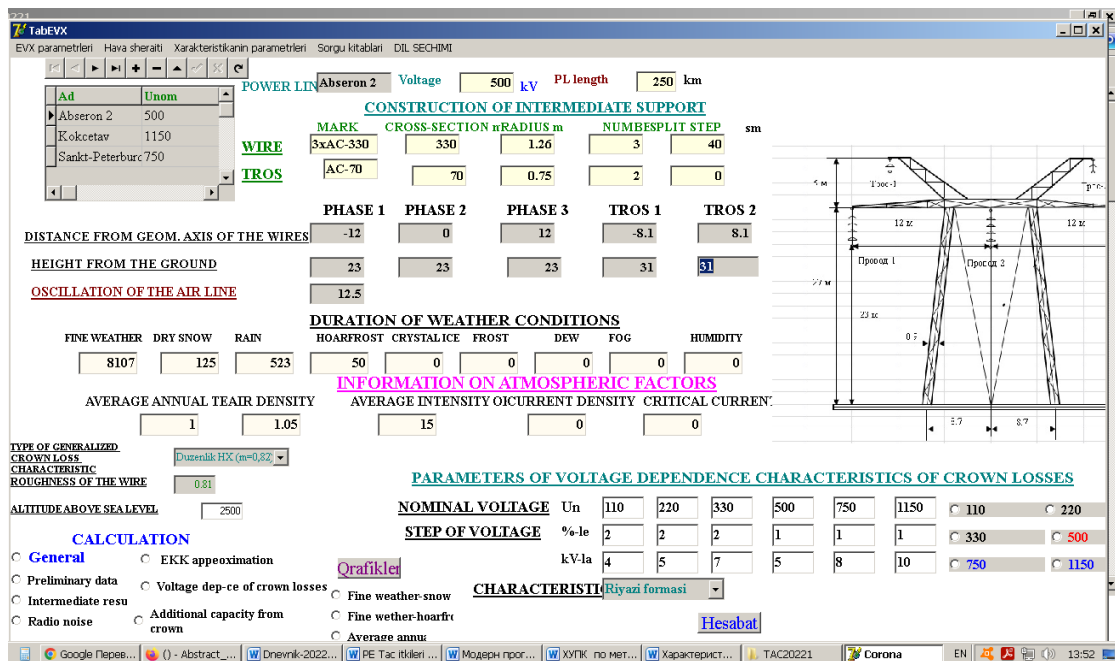
- naqillərin səthində elektrik sahə gərginliyinin hesablanması;

naqilləri və kabelləri ixtiyari düzülmüş üç fazalı xəttin tutumunun Maksvell tənlikləri sistemini həll etməklə hesablanması.

- naqillərin radioəngəllərin buraxıla bilən səviyyəsinə əsasən seçilməsi. Radioəngəllərin sahə gərginliyinin buraxıla bilən qiymətləri. 0,5 MHs tezlikdə $E_m = 24,4 \text{ kV/sm}$ olduqda 3xACO-500/40 naqilli 500 kV-luq hava xəttindən radioəngəllərin eninə profilləri. İl ərzində radioəngəl səviyyəsinin buraxıla bilən qiyməti aşmadığı vaxt faizi B.



Şək.5. Yüksək gərginlikli dəyişən cərəyan elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirinin elektromaqnit analizini modelləşdirən alqoritmin blok-sxemi.



Şək. 6. Program təminatının ekran görüntüsü.

NƏTİCƏ

Hava xətlərindən müəyyən məsafələrdə radioəngəllərin faktiki səviyyələrinin modelləşdirilməsi ilə hava xətlərinin EMU-i və yüksək gərginlikli elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirini radioəngəllər, akustik küy, tac itkiləri və elektromaqnit sahələri baxımından qiymətləndirir. Bu sahədə mövcud olan hərtərəfli layihələndirmə və təhlil proqram paketidir.

hava xəttinin EMU-nun bütün spesifik parametrləri radioəngəllər, akustik küy, tac itkiləri, atmosfer şəraiti və naqilin səthinin vəziyyəti kimi parametrlər qruplarına sürətli çıxışı təmin edən bir neçə aralıq pəncərəsi olan idarəetmə elementini ehtiva edən bir əsas pəncərədə təqdim olunmuşdur.

HX EMU elektrik xətlərinin ətraf mühitə təsirini tam qiymətləndirmək üçün integrasiya olunmuş mühit təklif edir. Burada bir interfeysdən məlumatları daxil edə, hesablamalar apara və hesablama nəticələrini vizuallaşdırmaq mümkündür.

1. Дьяков А.Ф. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. М.: Мир: Энергоатомиздат, 2003. – с. 758.
2. Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения /Г.Н. Александров, В.В. Ершевич, С.В. Крылов и др.: Под ред. Г.Н. Александров и Л.Л. Петерсона. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1983. – с. 368.
3. Александров Г.Н. Сверхвысокие напряжения Коронный разряд на линиях электропередач. М., Л., «Энергия», 1972.
4. Костенко М.В. Техника высоких напряжений. Под ред. Костенко М.В. М., Высшая школа, 1973. с.528.
5. Джуварлы Ч.М. Коронный разряд в электроотрицательных газах. Под ред. Ч. М. Джуварлы, Ю. В. Горин, Р. Н. Мехтизаде; АН АзССР, Ин-т физики. - Баку: Элм, 1988. с.143.
6. Пик Ф.В. Диэлектрические явления в технике высоких напряжений. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1934.
7. Руководящие указания по учёту потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330–750 кВ и постоянного тока 800-1500 кВ. -М.: ОРГРЭС, 1975.

8. Баламетов А.Б. Коронирование проводов ВЛ СВН. Моделирование в установленных режимах. Монография. LAP Lambert Academic Publishing. 2013, с.310.
9. *Lazimov T.* Elektromagnit uyğunluğunun nəzəri əsasları və elektrik enerjisinin keyfiyyəti. Dərs vəsaiti. Bakı, Təhsil NPM, 2005, s.178.
10. *Balametov A.B., Isayeva T.M.* Monitoring system for electromagnetic compatibility of Power lines. *Ekoenergetiks*, №1. p.p.16-22, 2022.
11. *Balametov A.B., Isaeva T.M.* About Integrated monitoring system for dəyişən cərəyan corona effects of high voltage overhead lines. *Ecoenergetics*, №3, pp.28-35, 2022.
12. *Balametov Ə.B., Isayeva T.M.* Yüksəkgərginlikli hava xəttinin ətraf mühitə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün integrasiya olunmuş sistem. Sumqayıt Dövlət Universiteti – “ELMI XƏBƏRLƏR” – Təbiət və texniki elmlər bölməsi Cild 22 № 2 2022, s.86-94.
13. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Исаева Т.М.* Программно-вычислительный комплекс моделирования эффектов от коронирования проводов воздушных линий переменного тока // Программные продукты и системы. 2022. т. 35. № 4. с. 197–206. DOI: 10.15827/0236-235X.140.197- 206.
14. *Balametov A., Isayeva T., Salimova A.* Program for modeling electromagnetic compatibility of overhead power lines. *Norwegian Journal of development of the International Science* №127/2024, pp. 97-105.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ И ВЛИЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

БАЛАМЕТОВ А.Б., ХАЛИЛОВ Э.Д., ИСАЕВА Т.М.

В связи с требованиями электромагнитной совместимости актуальным становится разработка программного обеспечения электромагнитной совместимости воздушных линий, оценка воздействия линий электропередач на окружающую среду. Анализ электромагнитного воздействия на окружающую среду воздушных линий электропередач переменного тока, моделирование воздействия линий электропередач на окружающую среду имеет важное значение для оценки и допустимости этих показателей особенно для населенных пунктов. Одним из наиболее важных аспектов этой оценки является то, что обычно называют оценкой электрического воздействия на окружающую среду, вызванного электромагнитными помехами, радишумом, звуковым шумом и коронным разрядом. Несмотря на очевидную экономическую важность оптимизации конструкции в отношении эффектов коронного разряда, до сих пор не имеется доступное программное обеспечение адекватно решающее эту не простую проблему. Данная работа посвящена алгоритмизации и разработке программного обеспечения электромагнитного воздействия линий электропередачи переменного тока высокого напряжения на окружающую среду. В статье рассматриваются вопросы моделирование воздействия, вызванного коронированием проводов, электромагнитных помех, радишумом коронного разряда. Приводятся результаты работы программы, разработанной интегрированной системы моделирования, вызванные коронированием проводов воздушных линий градиентов электрических полей и радиопомех, на примере воздушной линии 500 кВ.

Ключевые слова. Экологическое влияние, воздушные линии электропередачи, напряженность поля на проводах, магнитное поле, электрическое поле, потери на корону, радиопомехи, акустический шум.

SOFTWARE FOR MONITORING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ALTERNATING CURRENT OVERHEAD LINES AND IMPACT TO THE ENVIRONMENT

BALAMETOV A.B., KHALILOV E.D., ISAYEVA T.M.

In connection with the requirements of electromagnetic compatibility, the development of software for electromagnetic compatibility of overhead lines, assessment of the impact of power lines on the environment becomes relevant. Analysis of the electromagnetic impact of dəyişən cərəyan overhead power lines on the environment and modeling the impact of power lines on the environment is important for assessing and accepting these indicators, especially for populated areas. One of the most important aspects of this assessment is what is commonly referred to as the assessment of the electrical impact on the environment caused by electromagnetic interference, radio noise, acoustic noise and corona discharge. Despite the obvious economic importance of optimizing the design for corona effects, there is still no available software that adequately solves this difficult problem. This work is devoted to the algorithmizing and development of software for the electromagnetic impact of high-voltage alternating current power lines on the environment. The article considers the issues of modeling the impact caused by the corona of wires, electromagnetic interference, radio noise and corona discharge. The results of executing of program of the developed integrated modeling system of gradients of electric fields and radio interference are presented, caused by the corona of overhead line wires, using the example of a 500 kV overhead line.

Key words: Environmental impact, overhead power lines, field strength on wires, magnetic field, electric field, corona losses, radio interference, acoustic noise.

**İLDIRIM İFRAT GƏRGİNLİKLƏRİNİN ELEKTRİK ENERJİSİNİN
KEYFİYYƏTİNƏ TƏSİRİ VƏ ONUN MƏHDUDLAŞDIRILMASI YOLLARI****ƏHMƏDOV E.N., MUXTAROVA K.M., BABAZADƏ C.A., SÜLEYMANOV M.Ü.**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20
elbrusahmed@gmail.com*

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti elektrik sistemləri və avadanlıqlarının səmərəliliyi və etibarlılığında əsas rol oynayır. Fasiləsiz enerji təchizatını təmin etmək, itkiləri minimuma endirmək və avadanlıqların xidmət müddətini artırmaq üçün enerjinin keyfiyyət parametrlərinin yüksək səviyyədə saxlanması vacibdir. Xarici amillər, məsələn, hava şəraiti və ildırım dalgaları bu parametrlərə mənfi təsir göstərə bilər. Təqdim olunan işdə ildırım ifrat gərginliklərinin hava xətlərinə təsiri araşdırılmış və bu mənfi təsirlərin aradan qaldırılmasının müəssir effektiv üsul kimi xətt ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının tətbiqi əsaslandırılmışdır.

Açar sözlər: elektrik enerjisinin keyfiyyəti, hava xətləri, ildırım ifrat gərginlikləri, ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcıları.

Giriş: Elektrik enerjisinin keyfiyyəti elektrik sistemlərinin və avadanlıqlarının səmərəliliyini və etibarlılığını müəyyən edən əsas göstəricilərdən biridir. Elektrik şəbəkələrinin təhlükəsizliyinə, sənaye müəssisələrinin məhsuldarlığına, cihaz və avadanlıqların dayanıqlığına və s. təsir göstərir. Enerji keyfiyyətinin yüksək səviyyədə saxlanmasının vacibliyi, elektrik enerjisinin fasiləsiz təchizatının təmin olunması, itkilərin minimuma endirilməsi və elektrik avadanlıqlarının istismar müddətinin artırılması zərurəti ilə bağlıdır.

Hazırkı dövrdə elektrik enerji istehlakçılarının sayının getdikcə artması, sistemdə bərpa olunan enerji mənbələrinin payının yüksəlməsi və elektrik şəbəkələrinin mürəkkəbliyi ilə xarakterizə olunan müasir enerji sistemləri şəraitində elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması ehtiyacı daha da aktuallaşır.

Elektroenergetika sisteminə müxtəlif növ həm xarici, həm də daxili amillərin təsiri elektrik enerjisinin keyfiyyət parametrlərinə nəzarət etmək və yaxşılaşdırmaq üçün kompleks tədbirlərin istifadəsini tələb edir. Mütərəqqi texnologiyaların tətbiqi, avadanlıqların müasirləşdirilməsi və kadrların ixtisasının yüksəldilməsi bu məqsədlərə çatmaq üçün əsas istiqamətlərdir.

Məsələnin qoyuluşu. Elektrik enerjisinin keyfiyyəti bir sıra parametrlərlə xarakterizə olunur və bunları ümumi şəkildə aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

- Gərginliyin səviyyəsi: Buraxıla bilən qiymətlər intervalında qalmalıdır. Nominal gərginlikdən kənaraçıxmalar avadanlıqların nasazlığına, ifrat qızmasına və səmərəliliyin azalmasına səbəb ola bilər;
- Tezliyin dəyişilməsi: Elektrik şəbəkəsinin standart tezliyi ölkələrdən asılı olaraq 50 və ya 60 Hs-dir. Bu tezlikdən kənaraçıxmalar generatorların və elektrik mühərriklərinin sinxronizasiyasının pozulmasına səbəb ola bilər ki, bu da sistemin sıradan çıxmasına gətirib çıxara bilər;
- Güc əmsalı. Aşağı güc əmsalı şəbəkədə itkilərin artmasına səbəb olur;
- Harmonik təhrif: Bunlar şəbəkədə gərginliyin sinusoidal formasını pozan harmoniklərin olması səbəbindən yaranır. Bu, əlavə enerji itkilərinə və avadanlıqların ifrat yüklənməsinə səbəb olur.
- Elektrik enerjisinin kəsilməsi: Elektrik təchizatının davamlılığı xüsusilə sənaye istehlakçıları və kritik obyektlər üçün vacibdir. Elektrik kəsilməsi əhəmiyyətli maliyyə itkilərinə və təhlükəsizlik risklərinə səbəb ola bilər.

Çoxsaylı tədqiqatlar göstərir ki, enerjinin keyfiyyət parametrlərində kənaətxıxmalar olduqda avadanlığın sıradan çıxma ehtimalı əhəmiyyətli dərəcədə artır və onun xidmət müddətini azalır. Enerji keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması enerji itkilərini və buna görə də əməliyyat xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər [1, 2].

Enerji keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması enerjinin daha dəqiq və səmərəli idarə olunmasına gətirib çıxarır. Bu, şəbəkədə ifrat yüklənmənin və qəza risklərinin azaldılmasına, tələb və təklif balansını optimallaşdırmasına imkan verir. Eyni zamanda elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması, enerji istehlakının ümumi səviyyəsinin azaldılmasına kömək edir ki, bu da karbon qazı və digər zərərli maddələrin emissiyasını azaldır.

Elektrik enerjisinin keyfiyyətinə həm xarici və həm də daxili amillər təsir göstərir. Xarici amillərə misal olaraq hava şəraiti, təbii fəlakətlər və həmçinin ildırım ifrat gərginliklərinin təsirini misal göstərə bilərik. İldırım dalğaları xətlərdə ifrat gərginliyin yaranmasına, tezliyin dəyişilməsinə, enerji təchizatının kəsilməsinə və s. kimi fəsadların yaranmasına səbə ola bilər.

Təqdim olunan iş xarici ifrat gərginliklərin elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinə mənfi təsirləri və onların məhdudlaşdırılması məsələlərinə həsr edilmişdir.

Məsələnin həlli.

İldırımın ifrat gərginliyi hava elektrik xətləri vasitəsilə verilən elektrik enerjisinin keyfiyyətinə və etibarlılığına ciddi problem yaradır. İfrat gərginlik dalğaları avadanlıqların zədələnməsindən tutmuş gərginlik döyülmələrinə səbə olaraq həm enerji sistemlərinin səmərəliliyinə, həm də elektrik cihazlarının işinə təsir göstərə bilər. Xüsusi mühafizə tədbirlərinin həyata keçirilməsi ilə, ildırım vurmasının mənfi təsirlərini azaltmaq və istehlakçılar üçün sabit, yüksək keyfiyyətli enerji təchizatını təmin etmək mümkündür [3].

Hava xətlərinin ildırım ifrat gərginliklərindən mühafizə üçün ənənəvi üsullarda aşağıdakı tədbirlərin görülməsi nəzərdə tutulur:

- hava xəttinin izolyasiyasının impuls elektrik möhkəmliyinin artırılması;
- dayaqaların torpaqlanma müqavimətinin azalması;
- ildırımdan mühafizə troslarını quraşdırılması.

Sadalanən fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi zamanı müəyyən çətinliklər yaranı bilər:

– hava xəttinin izolyasiyasının əhəmiyyətli dərəcədə gücləndirilməsi (uzadılması) üçün dayaqaların konstruksiyasında dəyişiklik tələb olunur;

– hər bir ərazidə quruntun xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dayaqaların məqbul torpaqlama müqavimətini təmin etmək mümkün deyil;

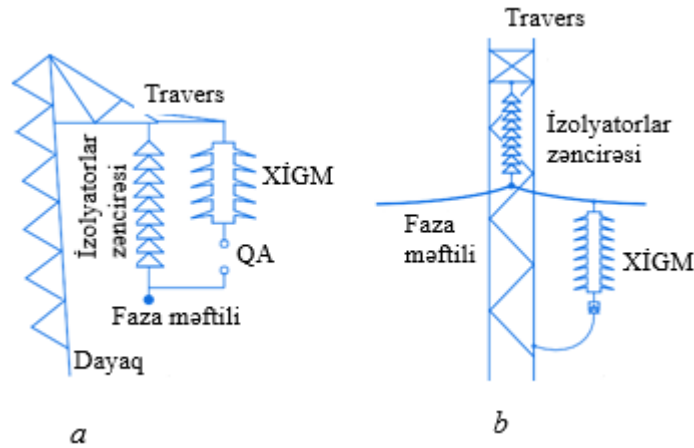
– dayaqalarda 2-dən artıq mühafizə trosu asmaq mümkün deyil.

Hər-hansı bir hava elektrik veriliş xəttinin (HEVX) ildırım ifrat gərginliklərindən mühafizəsinin tələb olunan səviyyədə ənənəvi üsullarla həyata keçirməsi mümkün olmazsa (məsələn, hesablamaların nəticələrinə görə və ya real xəttin ildırım mühafizə etibarlılığının istənilən səviyyəsinin təmin edilməməsi) o, zaman - qeyri-ənənəvi üsullardan istifadə oluna bilər: xətt ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının (*arrester*) və uzun aralıqlı qığılcım boşaldıcıların [4, 5] tətbiqi, xəttə paralel əlavə dirəklər üzərində mühafizə troslarının yerləşdirilməsi, mühafizə trosuna əlavə konstruktiv elementlərin daxil edilməsi [6] və s.

İfrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının (İGM) konstruksiyasında qığılcım aralığının olmaması və polimer izolyasiyadan istifadə olunması mühafizə qurğusunun konstruksiyasının mümkün qədər sadələşdirməsinə və onun partlayışa qarşı dayanıqlı vəziyyətə gətirməsinə imkan verdi ki, bu da həmin qurğuların elektroenergetikada geniş istifadəsinə şərait yaratmışdır. Hava xətlərinin ildırım ifrat gərginliklərindən mühafizə etmək üçün məhdudlaşdırıcıların lazımı sayı xətt dayaqalarının sayı ilə müqayisə oluna bilər və xətt İGM-lərin energetik xarakteristikaları yarımstansiyada tətbiq edilən məhdudlaşdırıcılardan zəif olmamalıdır. Xarici ölkələrdə İGM-lərin hava xətlərində tətbiq getdikcə genişlənir və bəzi hallarda onlara alternativ belə yoxdur [7, 8].

Xətt ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının (XİGM) iki əsas növü var - xarici qığılcım aralığı olan və olmayan.

Birinci növə qığılcım aralığının sabit ölçülərini təmin etmək üçün sərt çəkildə dayağa bərkidilir (şək.1a). İkinci növ XİGM-lər isə, bir qayda olaraq, birbaşa faza məftilə bağlanılır (şək.1b).

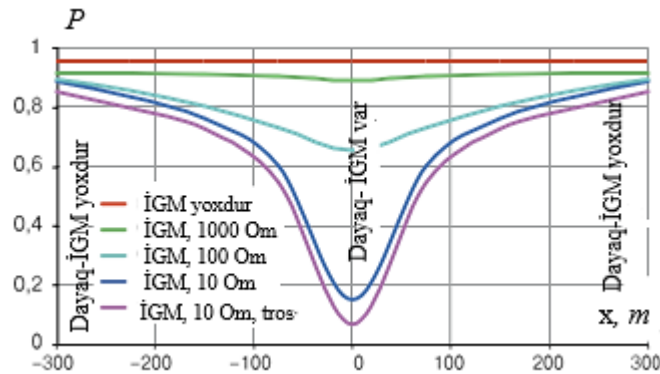


Şək.1 Xətt ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının dayaqlarda yerləşdirilməsi: a- İGM-in dayağa sərt şəkildə birləşdirilməsi; b- İGM-in birbaşa faza məftilə bağlanması.

İldırım boşalması zamanı müxtəlif fazalarda yaranan ifrat gərginliklər də müxtəlif ola bildiyindən İGM o fazada quraşdırılmalıdır ki, o daha çox ildırım təsirlərinə məruz qalmış olsun.

Əgər hər hası bir konkuret hava xətti üçün ildırım ifrat gərginliklərin təsirinə qarşı ən zəif nöqtəsinin müəyyən edilməsində çətinliklər yaranarsa, o zaman həmin xəttin bütün magistralı boyu mühafizəsi məsələsinə baxılmalıdır. Bu zaman İGM-lərin xətt boyu hansı qaydada quraşdırılması təyin edilməlidir: hər bir dayaqda bütün fazalarda, bir dayaqdan bir fazalarda və s. Müxtəlif xarici ölkələrin hava xətlərində İGM-lər həm ayrıca dayaqa və həm də çoxsaylı şəkildə müxtəlif dayaqlarda quraşdırılması halları mövcuddur [9, 10].

110-220 kV-luq hava xətlərinin izolyasiyasının qapanması əsasən dayaqlarda izolyatorların zəncirəsi boyunca mümkündür. Bu vəziyyətdə, ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcısı olan dayaqda İGM-lə qorunan fazaların izolyatorlarının qapanması istisna olunur. Şək.2,-də ildırım vurma yerinin x məsafəsindən asılı olaraq 110 kV-luq dayağın izolyasiyasının qapanma ehtimalı göstərilmişdir. Sadəlik üçün nəzərə alınmışdır ki, hava xəttində ildırımdan mühafizə trosu yoxdur və ildırım XİGM-nin yaxınlığında, $x=0$ və maksimal uzaq məsafədə $x=300$ m xətti vurur [110, 11].

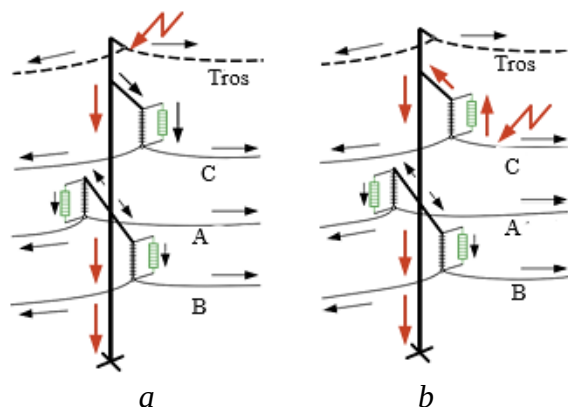


Şək.2. Dayağın İGM-lə mühafizə olmayan “C” fazasını ildırım vuran zaman x məsafəsindən və torpaqlanma müqavimətindən asılı olaraq qapanma ehtimalı.

Şək.2-dən görünür ki, ildırım xətti XİGM-dən 300 m məsafədə vurduqda torpaqlanma müqavimətinin qiymətindən R_t asılı olmayaraq izolyasiyanın qapanması baş verir. Şək.3-dən görünür ki, ifrat gərginlik dalğası $u_{İGM} + L \cdot di(t)/dt + R_t \cdot i(t)$, faza məftili boyu dayağa doğru hərəkət

edir. Bu ifrat gərginlik dalğasının maksimal qiyməti ildırım cərəyanından $i(t)$ və onun dəyişmə sürətindən $di(t)/dt$ asılı olmaqla izolyatorun elektrik möhkəmliyindən yüksək ola bilər. Dayaqda tros olduqda izolyasiyanın qapanma ehtimalı da azalmış olur. Ona görə də hava elektrik veriliş xətlərinin effektiv şəkildə atmosfer ifrat gərginliklərinin təsirindən qorunması üçün kompleks tədbirlər görülməlidir [12].

Güründüyü kimi 110-220 kV hava xətlərinin ildırım açılmalarına qarşı etibarlılığının artırılması mühafizə trosundan və torpaqlanma müqavimətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Bu xətlərin effektiv şəkildə mühafizə edilməsi o, vaxt mümkün olur ki, hər bir dayaqda bütün fazalarda XİGM-lər quraşdırılmış olsun. Lakin bu əvvəlcədən iqtisadi cəhətdən saslandırılmalıdır.



Şək.3 İldırım xətti vuran zaman cərəyanının axma yolu:
a-ildırımın trosu (dayağı) vurması; b-ildırımın xətti vurması.

NƏTİCƏ

Hava elektrik veriliş xətlərini elektrik möhkəmliyinə və enerji təchizatının keyfiyyətinə mənfi təsir göstərən ildırım ifrat gərginliklərindən effektiv şəkildə qoruması üçün, müəssir metod kimi, ifrat gərginlik məhdudlaşdırıcılarının birbaşa dayaqqlar üzərində quraşdırılması məqsəduyğundur və bəzi hallarda əvəzəilməz həll yoludur. Xətdə İGM-lərin quraşdırılma yeri müəyyən olunduqdan sonra onların sayı iqtisadi cəhətdən əsaslandırılmaqla nüəyyən edilməli və energetik xüsusiyyətlərinə görə yarımstansiyalarda istifadə olunan analoqlardan aşağı olmamalıdır.

1. Popa, G.N. Electric Power Quality through Analysis and Experiment. *Energies* 2022, 15, 7947. <https://doi.org/10.3390/en15217947>.
2. Sarah Rönnberg, Math Bollen, Power quality issues in the electric power system of the future, *The Electricity Journal*, Volume 29, Issue 10, 2016, Pages 49-61, ISSN 1040-6190, <https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.11.006>.
3. Халилов Ф.Х. Исследование технико-экономической обоснованности грозозащиты ВЛ спомощью ОПН//Сборник докладов 8-й научно-технической конференции поэлектромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности «ЭМС-2004». –СПб., 2004. –с.50-56.
4. Дмитриев В.Л., Дмитриев М.В. Подвесные ОПН для защиты изоляции ВЛ//Энергетик. –2005. –№3. –с.21-25.
5. Lishchak I. and Binkevich T., “Modern lightning protection of overhead power transmission lines by 6, 10 kV by long flash-over arresters (ALF). *Visnyk NU "Lvivska politekhnika"*, no. 736, pp. 75–80. Lviv, Ukraine: Lviv Polytechnic National University, 2012. (Ukrainian).
6. Elbrus Ahmedov, Sona Rzayeva, Nigar Ganiyeva, Elshad Safiyev. The Mechanism of Electric Discharge Effect on the Modification Process of Linear Low-Density

- Polyethylene. Przegląd Elektrotechniczny, Vol 2023, №6, Page 208-211, 2023; ISSN: 0033-2097, R.99NR 6/2023, DOI: 10.15199/48.2023.06.42.
7. *Martinez J.A., Castro-Aranda F.* Lightning flashover rate of an overhead transmission line protected by surge arresters. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, FL, USA (2007).
 8. *Walace S. Castro, Ivan J.S. Lopes, Silvio L.V. Missé, João A. Vasconcelos,* Optimal placement of surge arresters for transmission lines lightning performance improvement, Electric Power Systems Research, Volume 202, 2022, 107583, ISSN 0378-7796, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107583>.
 9. *Gulov A.M., Kolychev A.V., Kosorukov, A.V.,* The use of surge arresters on sections of 110 kV overhead lines without a ground wire, Global Energy, 28 (03) (2022) 31–40, DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.28303>.
 10. *Дмитриев М.В.* Применение ОПН в электрических сетях 6–750 кВ. –СПб.:Изд-во «НИВА», 2007. – с. 60.
 11. *Михаил Дмитриев.* Воздушные линии 110-220 кВ. Защита изоляции от грозовых перенапряжений. Новости ЭлектроТехники, 6(54) 2008.
 12. *Gulov A.M., A.V. Kolychev, A.V. Kosorukov,* The use of surge arresters on sections of 110 kV overhead lines without a ground wire, Global Energy, 28 (03) (2022) 31–40, DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.28303>

ВЛИЯНИЕ ГРОВОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И СПОСОБЫ ЕГО ОГРАНИЧЕНИЯ

АХМЭДОВ Э.Н., МУХТАРОВА К.М., БАБАЗАДЕ К.А., СУЛЕЙМАНОВ М.Ю.

Качество электроэнергии играет ключевую роль в эффективности и надежности электрических систем и оборудования. Важно поддерживать параметры качества электроэнергии на высоком уровне, чтобы обеспечить бесперебойное электроснабжение, минимизировать потери и увеличить срок службы оборудования. Внешние факторы, такие как погодные условия и грозы, могут негативно повлиять на эти параметры. В представленном исследовании изучено влияние грозовых перенапряжений на воздушные линии и обосновано применение ограничителей линейных перенапряжений как современного эффективного метода устранения этих негативных последствий.

Ключевые слова: качество электроэнергии, воздушные линии, грозовые перенапряжения, ограничители перенапряжения.

INFLUENCE OF LIGHTNING SURGE ON ELECTRIC POWER QUALITY AND WAYS TO LIMIT IT

AHMEDOV E.N., MUKHTAROVA K.M., BABAZADE K.A., SULEIMANOV M.Y.

Power quality plays a key role in the efficiency and reliability of electrical systems and equipment. It is important to maintain power quality parameters at a high level to ensure uninterrupted power supply, minimize losses and increase the service life of equipment. External factors such as weather conditions and thunderstorms can negatively affect these parameters. The presented study examines the effect of lightning surges on overhead lines and substantiates the use of line surge arresters as a modern effective method for eliminating these negative consequences.

Key words: power quality, overhead lines, lightning surges, surge arresters.

DOI:10.70784/azip.5.2024420

APPLYING NEW TECHNOLOGY VIA USING DIFFERENT METHOD IN THE RESEARCH OF OVERVOLTAGE AND OVERCURRENT IN ELECTRICITY TRANSMISSION LINES

NAYIR A.R.

*Istanbul Beykent University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Ayazağa Mahallesi,
Hadim Korumolu Cd. No:19, Sarıyer/ İstanbul/ Türkiye
ahmetnayir@beykent.edu.tr*

Most of the power system faults occur on overhead lines. To prevent spreading out the fault effects, the faulted line has to be switched off as quickly as possible. Restoration of power supply to the switched off line can be done after the maintenance crew finishes the repair of the damage caused by the fault. This paper presents a new setting free approach to synchronization. Author propose algorithm processing three phase currents and voltages measured under normal steady state load condition of overhead line. The presented algorithm is used to find optimum on-off time of working regimes of electric systems. Protection system was added to the Global Positioning System (GPS).

Key words: Algorithm, Digital Signal Processor (DSP), Electric transmission line (ETL), Estimation, Global Positioning System(GPS), Overvoltage, Overcurrent

1. Introduction

After the major disturbances in Western Europe in 2003 [1] and in 2006 [2], the disturbance of March 31st 2015 was the third serious event in the Continental European (CE) System within the last 20 years. All these three events had similar characteristics such as high corridor loading, underfrequency load shedding and non-conform power plant behaviour with respect to abnormal frequency deviations. However, thanks to the measures taken at the Turkey- ENTSOE (European Network of Transmission System Operators for Electricity) CE interface, the 31st of March event mainly affected Türkiye and had no impact on the system operation of the rest of the interconnected system. The blackout did not disturb Türkiye's neighbours and the disturbance was kept inside of the Türkiye power system.

Summarising, the current load shedding scheme for the Türkiye power system is based on a load shedding ratio of 35.5% with respect to the reference load after reaching the last underfrequency load shedding stage of 48.4 Hz. The slightly different percentages of load shedding reached on March 31st result due to a system loading difference to the reference load. It can also be assumed that all available underfrequency load shedding load was activated or, with other words, the total amount of load to be automatically shed reached its maximum level during the event [3].

Importance of investigations of working regimes of electric systems, leading to damage of electric equipment and insufficient distribution of electric energy, in order to develop their prevention and liquidation measures is determined by up to date requirements to reliability of electric supply of consumers. Being applied to the half wave lines, the problem of the single-phase failures recovering is very important, because the quantity of such failures in half wave lines is rather high than that of usual lines. It is effective, to recover unsteady single phase short circuits arisen on transmission line by single phase auto reclosing from the view point of providing of minimal perturbations to adjoining systems. Auto reclosing is most important action, leading to the increasing of the reliability of the super high voltage electrical power transmission.

Power system transient analysis is usually performed using computer simulation packages like the electromagnetic transients program (EMTP). Engineers and researchers who

perform transient simulations typically spend only a small amount of their total project time actually running the simulations. This column deals with parameter determination and is aimed at reviewing the procedures to be performed for deriving the mathematical representation data of the most important power components in electromagnetic transient simulations. The mathematical model of the most important components of a power system must represent the effects of electromagnetic fields and losses [4].

Losses can be caused in windings, cores, or insulations. Other sources of losses are corona in overhead lines or screens and sheaths in insulated cables. As for electromagnetic field effects, they are represented using a circuit approach. In many situations, losses cannot be separated from electromagnetic fields. Skin effect is caused by the magnetic field constrained in windings and produces frequency dependent winding losses; core losses depend on the peak magnetic flux and the frequency of this field; corona losses are caused when the electric field exceeds the inception corona voltage; and insulation losses are caused by the electric field and show an almost linear behavior. Approaches that can be used to represent losses would include: a resistor, a hysteresis cycle, or a combination of various types of circuit elements. More sophisticated loss models must include frequency dependence. The accurate modeling of the system components as well as lines, transformers, machines, loads, shunt reactors, surge arresters is presented by taking into account the saturation of transformers and shunt reactors and v-i characteristics of corona. Corona effect losses on the 500 kV. transmission line have a very important influence on the temporary overvoltage's damping [5, 6].

In the study [7], through the methods of fault tree, reliability evaluation was made for a line feeder by comparing protection orders at different levels. In the study [8], in the protection coordination was presented the practice of artificial intelligence. The results showed that the method of intelligent protection coordination could optimize the protection settings, decrease the relay coordination faults and increase the feeding reliability. In this study, the capability of intelligent protection coordination to take into accounts the changes of fault current as well. In the study [9], with Immune Algorithm, it was carried out the optimum planning of protection relay orders for a communication grid. With the suggested Immune algorithm, minimizing the cost of system reliability, optimum protections relay system planning was obtained to provide the best cost effectiveness of protection relay investments. In the study [10], pertaining to different overvoltage relay coordination methods, to find out reliability indexes, a new algorithm was recommended based on sequential Monte Carlo simulation.

To protect energy systems, analog relays were used in the past in fault detection. However, today, with the proliferation of computers and the development of microcontrollers with short commanding time, it was made possible to use digital relays more. Evaluating the current and voltage changes occurring as a result of the sudden decline of the loads via computer simulations, it was enabled to detect faults using a processor. For this purpose, Digital Signal Processor (DSP) was used. DSP provides the possibility of processing signals to be obtained from analog circuit digitally in a very high speed, and its practices in powers systems are available [11]. That the programming is easy, fast, capable and low cost can be considered as the superiorities of DSP.

This paper aims to give an overview of the research and elimination of overvoltage. The studies conducted in which the author was also involved can be examined in the sources numbered [12-13-14-15-16]. The main parts of such a structure, which can even be evaluated as a overvoltage in electric transmission line (ETL), is demonstrated from sending to receiving. The paper is organized as follows: Section II gives the Calculation scheme for computer modeling. Modern computer technology and bundled software like Mathcad, Matlab, Electro Magnetic Transients Program (EMTP) give an opportunity to prevent the difficulties occurred during the calculation of unbalance caused by transmission lines as well as to implement the new approach in relation to operational speed and accuracy of calculations. In section III, elimination of overcurrents. In section IV, algorithm for elimination of overvoltages. In section V, Circuit of protection against overvoltages. Lastly, concluding remarks are presented.

2. Calculation Scheme For Computer Modeling

In the system, a 280km energy conduction line connects the 2 and 3 distribution stations to each other. The energy conduction line is fed by generator 4 via transformer 5. To the 3 distribution stations is connected a transformer of 500/220kV of which power is 800 MVA. The no-load situation of the transformer is examined. The total power of generator can be 2,4 GW. That of transformer 5, however, can be 1.6 MVA. Let's see the formulas for I,II branch points and energy conduction lines separately.

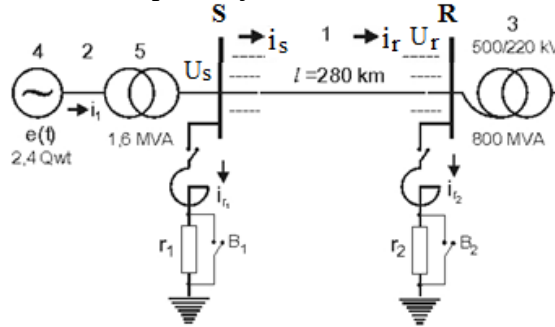


Fig.1. Calculation scheme for computer modeling.

To show the importance of protection resistors in the restriction of over voltages, in the scheme described in Figure 1 is written the calculation formulas properly. For the first branch point, the following equations can be written.

$$\frac{di_1}{dt} = L_b^{-1} [e(t) - r_b \cdot i_1 - u_s] \quad (1)$$

$$\frac{dir_1}{dt} = L_b^{-1} (u_s - i_{r1} \cdot r_1) \quad (2)$$

$$u_{r1} = r_1 \cdot i_{r1} \quad (3)$$

In these formulas, i represents current, L -inductiveness, r -resistance, and $e(t)$ -source voltage.

With the help of B key that is parallel connected to the resistance, r_1 resistance is shunted the current and connected to the circuit. Suitable to the algorithm, the connection of r_1 resistance can be possible in the desired time. At this time, in (1) system, we can change the value of r_1 resistance from zero to given value. In the insolubility of the equations, the counting step can be changed. The values of voltage and currents in the added points included in calculation net are calculated in accordance with the introduced algorithm (section IV).

For the second branch point, however, to the reactor resistor contours of (1) equations should the formula,

$$\frac{dir_2}{dt} = L_{r2}^{-1} (u_r - r_2 \cdot i_{r2}) \quad (4)$$

be added. After adding third formula, the is of the line will be made up of the total of the current flowing through the reactor - resistor contour and the magnetizing currents of auto-transformer:

$$i_r = i_\mu + i_{r2} \quad (5)$$

Addition of this formula doesn't make any change in the alignment of counting algorithm and in the arrangement of the coefficients of the expressions that are in matrix form.

In the setting up of the counting algorithm, the case of opening-closing of $B2$ keys' contacts or when it is opened the counting step saved in order to ensure the durability and sensitivity of calculation can be changed. That there are protection devices in the inputs and outputs of the line doesn't mean that algorithm runs durably when there are both devices. Whenever it is desired, and depending on the predetermined regimes, one or both of these devices can be opened on the circuit.

In the calculation time, in the connection of the resistors to the circuit, it was also considered the connection of all of the phases. Changing the value of the resistance of protection resistors, counting's were made. Because the purpose in these calculations was to demonstrate the effectiveness of the resistors, only the resistance of resistor 100 ohm was shown in Figure 2. The results taken are valid for the situations where the resistance of reactor is stable. Analyzing various parameter reactor - resistor circuits, it is possible to choose less energy cost resistors. In this study, non - linear resistors haven't been examined [17].

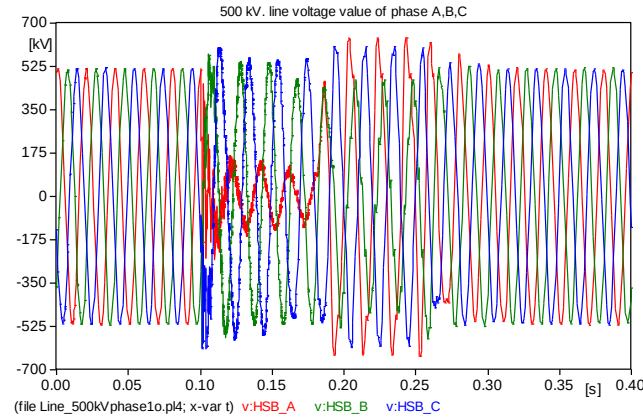


Fig.2. Voltage value of phase A, B, C of 500 kV. Line

As is seen from the current wave form of the 500 kV line in Figure 3, the current values increased quite a lot after the fault. When the reactor switch was on, the current wave form returned to normal. As a result of the computer simulations, the curves of the currents with the 3-phase OVL are presented in Figure 4. The wave form of the current flowing from the reactor is seen in Figure 4. Before the breakdown, no flow was observed. The reactor was switched on after the fault happened, at 0.1 s, and the value of the current increased. When the fifth harmonic was seen, the reactors were connected to a circuit at both ends of the line. Many calculations were made in order to control the applicability of this technique. It is possible to protect the system against overvoltage and overcurrent with this method.

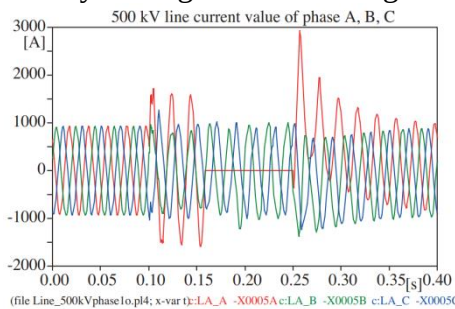


Fig.3. Current value of phase A, B, C of the 500 kV. line

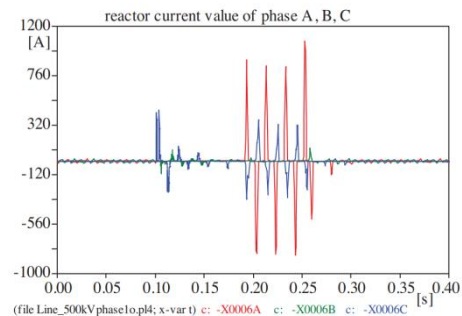


Fig.4. Reactor current value of phase A, B, C

Compared with the curves in literatures and real experiments, the curves can be sure to be appropriate. When restrictive cautions are taken because of overvoltage's, it is necessary to take notice the shown factors, and when proper calculations are made, the need to do research about the process occurring on each phase keeps its actuality. The appearance of overvoltage can be seen in each of the three phases and from these curves, by changing the parameters of the elements in the system, we can show the processes occurring in real energy system more delicately. These curves are very close to the oscilograms obtained from natural experiences and accident regimes, which shows again the delicacy of the suggested algorithm. The results

taken have demonstrated that it is possible to eliminate overvoltage's on the condition that making use of the algorithms offered by the protection resistors properly.

3. Elimination Of Overcurrent

The correct choice of shunting reactor would handle protection as well as restricting overvoltage's. There are influences of some overvoltage's on the isolation of 500 kV. reactor. The amplitude of this overvoltage is found $1,8 U_{fm}$ depending on the switches. In such cases, although there is no need for special protection precautions for the isolation of reactor, the reemergence of pricks between the contacts of the switches may lead to the occurrence of impulse overvoltage's. In this case surge protectors may work. In the restriction of the occurring overvoltage, in the algorithm to be created based upon the issues of correct use of the reactor: in this case it would be provided the proper running of the reactors by eliminating the occurring overvoltage's. In this respect, on the basis of the positive results in the restriction of overvoltage's in betel resistors, protection circuit and command algorithm were recommended (section 4). The running algorithm and protection mechanism of the circuit was prepared in accordance with the results of the oscilograms taken without counting and recorded at the time of accident in the energy system.

4. Algorithm

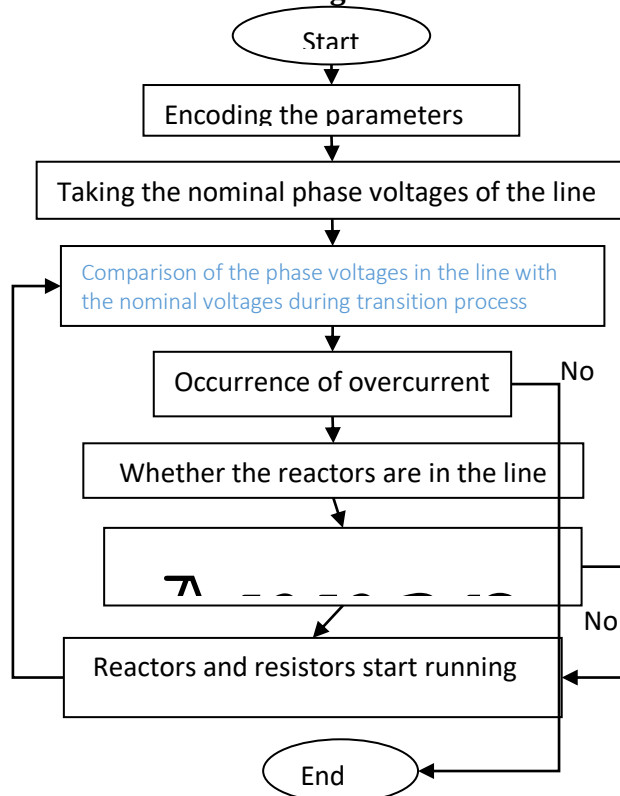


Fig.5. Proposed algorithm for prevention from over voltage.

The algorithm suggested making the account step smaller in order to take the overvoltage curve totally is simple comparing with the algorithms suggested in beforehand; it does not require keeping information in PC memory. It doesn't necessitate recalculation of the coefficients of the account expressions which are in matrix form. It provides calculating voltage and currents of the points which are between sections connected to the branch points of the line. The process of connecting protection devices to the system and its switching on should also be considered. This process can happen at every stage independent of the value of calculating step. In every stage of calculation, before passing to the next stage, in pursuant of the block system in Figure 1, it is researched about the shape of the voltage curves and the

situation of contacts. To prepare this information, there is not only calculating time, but also the values about the shape, frequency, setting of harmonics and etc. of the voltage in the line during the running time of real network, and the number files taken from number converter should be researched firstly. Following these researches, decision is accepted depending on the situation of shunting reactor, protection resistors and the contacts of commutation devices. If the shunting resistors are not connected to the line, then they are connected to the line depending on the result of this study.

5. Protection Circuit From Over Voltages and Overcurrent

It is known that there are various distributive apparatus which have the detector of voltage level. By connecting ballast resistance or energy source of the protected system's voltage with phase order in over and over to the outputs of these detectors, different circuits quenching over voltage are united. The general deficiency of both circuits is that it is not possible to quench the over voltage with them when the loads are released.

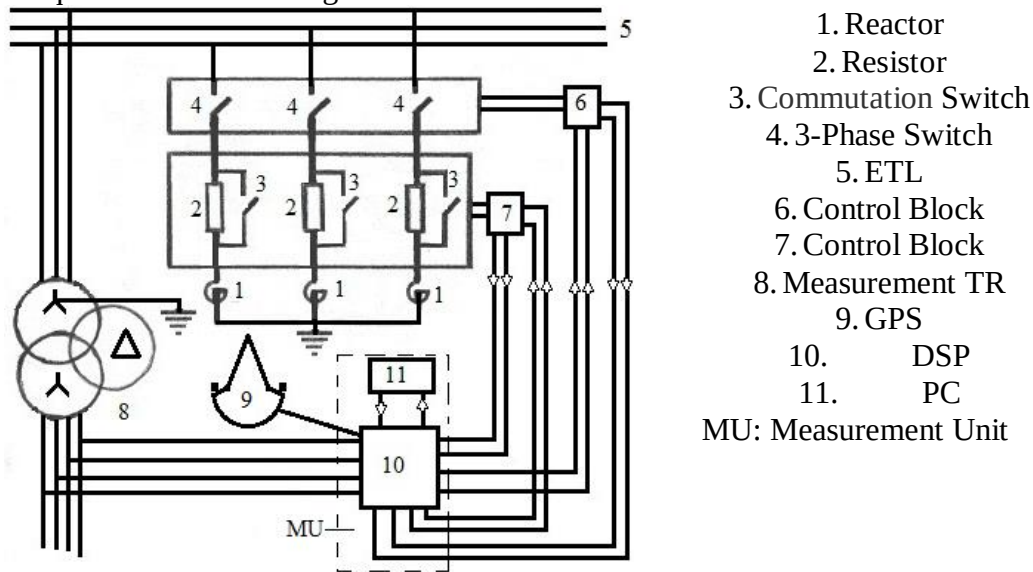


Fig.6. Block system of protection circuit.

Figure-6 is the electricity conduction line with three phase reactor that is connected in series for each phase to the protection circuit against the over voltages composing of automatic reconnection that is similar to the circuit introduced according to the technical content and obtained results, and connected to the electricity conduction line which has commutation apparatus and shunted resistors with switches. Parallel to the reactor is connected the voltage measurement transformer. Reactor, in the energy conduction regime with low cost, in the basic frequency, provides both the electricity conduction line and the distribution station apparatus with protection in the long term increase of voltage and compensates a part of the capacitive loading energy of electricity conduction line. In the energy conduction regime that is suitable for the normal power of the line, however, electricity is turned on from conduction line in order to decrease the loss of electricity energy. The presence of resistors makes it possible to restrict the short term over voltages occurring after the switch off of the electricity conduction line. In this case, before the line is switched off, the resistors in the circuit of the reactor is switched on without being shunted. After the determined time, however, the resistors are shunted by the switching off the contacts of the parallel connected commutation apparatus. The purpose of the study carried out is to provide the security of the electricity conduction lines through eliminating the over voltage occurring after the loads' improper release.

To increase the security in the line with three phase reactor which is connected in series with each of its phase and shunted by commutation apparatus, in accordance with the offer, to the

input of low voltage circuit of the voltage transformer is applied three phase voltage with zero conduction from voltage transformer that has Digital Signal Processor (DSP). The output of the line is, however, united with the outputs of the switches of the reactor and the contacts' status blocks of resistors' commutation apparatus, and overvoltage and voltage level are connected to detector. The analog outputs of DSP are sent to computer. The numerical outputs of the latest are given to DSP. The analog outputs of DSP are included in reactor's switch and in the administrative blocks of commutation apparatus. The program of PC researches the phase voltages and the source of the information about contacts' situation. It compares the level of phase voltage and also the level of the desired voltage harmonics with the given values and decides depending on the situations of the contacts:

1-Freeing the resistors of shunt position, to re-shunt them after overvoltage are quenched: if overvoltage is not quenched, after a certain period of time, to activate the protectors on the other side of the line by the help of high frequency protectors.

2-To switch off the reactor when it is on.

In Figure 6, the block system of the circuit is shown. Three phase reactor -1 that is star connected and whose neuter is grounded is connected to the electricity conduction line -5 by means of the resistors-2 that are shunted by commutation apparatus-3 which have administrative block-7 and three phase switch-4 that has administrative block -6. Measurement transformer (MU) -8 is connected to three phase reactor -1 parallels. To the low voltage output of voltage transformer are connected overvoltage and voltage level detector composed of DSP-10 and PC-11. Uniting the input of DSP with outputs of administrative blocks -6-7 that gives information about reactor switch -4 and commutation apparatus-3 switches, the outputs of an analog to digital converter (ADC or A/D converter) are connected to the inputs of administrative blocks -6 -7.

In the working regime, the contacts of switches -4 can be on or off position. In the nominal working regime, when the contacts are off, the contacts of commutation apparatus -3 are also off. DSP -10 sends information regularly about the situation of PC -11 phase voltages and the contacts. PC -11 calculates each phase's maximum voltage level and the number of harmonics of the voltage in each phase in percent.

The level of the fifth harmonic or maximum voltage, when they repeat in the given time for instance in a time more than 0,03 second, in the over transit voltages, so as to regulate the operation of the protection apparatus consisting of reactor -1 and resistors -2, accepts PC's commutation apparatus -3 and one of the two programmed operation algorithms of switch -4 and starts to run with the help of its administrative blocks -6,7. If the contacts of the switch are connected, the switches of commutation apparatus are opened, damper element resistors -2 are put in the circuit, which is taken as the opposite of the increase of overvoltage or voltage in accident regime. After the dangerous level of harmonic or voltage is eliminated, resistors -2 is shunted by switching off the contacts of commutation apparatus -3. If the contacts of the switch -4 are on, signals are sent at the same time for connection of switch -4 to the circuit and opening of commutation apparatus -3 contacts.

Latest technological achievements in the field of communication create new possibilities for fault location exhibiting better accuracy. Fault location algorithm utilizing two - end measurements has been proposed in [18] and such approach needs proper synchronization so both measurement sets have common time reference. Use of GPS (Global Positioning System) is one solution to assure this. Such fault location principle is shown in Figure 7. The applications of GPS in energy systems have found opportunity to be applied in a wide number of sources [19-20-21-22-23]. Three-phase voltage $\{v_s\} = \{v_{SA}, v_{SB}, v_{SC}\}$ and current $\{i_s\} = \{i_{SA}, i_{SB}, i_{SC}\}$ from the sending end S, three-phase voltage $\{v_r\} = \{v_{RA}, v_{RB}, v_{RC}\}$ and current $\{i_r\} = \{i_{RA}, i_{RB}, i_{RC}\}$ from the receiving end R supply the measuring units MU_s, MU_r [24-25]. Known parameters: $Z_L', Y_L', l, Z_{SS}, Z_{SR}$, Measured signals: $i_s(t), v_s(t), i_r(t), v_r(t)$ Calculated signals: $I_{Si}, V_{Si}, I_{Ri}, V_{Ri}$

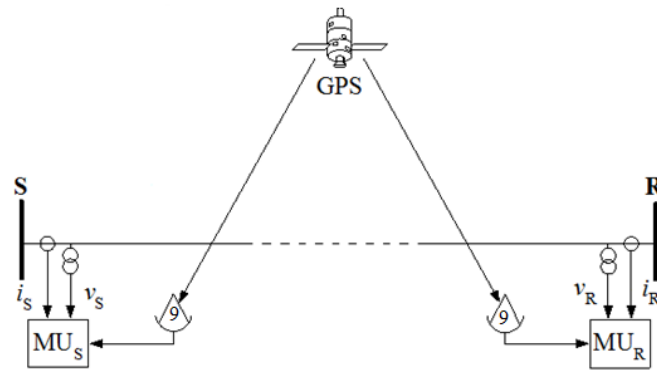


Fig.7. Schematic diagram with synchronized measurements by using GPS.

6. Conclusions

The recently growing importance of smart grid concepts has been attracting many researchers. The implementation of smart grid technology still needs test bed based pre evaluations. Pre estimation of overvoltages caused by the faults can be done using intelligent systems. The fault location can be automatically detected based on the fault information obtained from ETL and result signal sent to the control center via GPS technologies.

1. Final Report of the Investigation Committee on the 28 September 2003 Blackout in Italy, UCTE, April 2004, https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/ce/otherreports/20040427_UCTE_IC_Final_report.pdf
2. System Disturbance on 4 November 2006, Final Report, UCTE, Feb. 2007 https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/ce/otherreports/Final-Report-20070130.pdf
3. Report on Blackout in Turkey on 31st March 2015, https://www.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Regional_Groups/Continental_Europe/20150921_Black_Out_Report_v10_w.pdf
4. Martinez J.A. Mahseredjian J. Walling R.A. Parameter determination: procedures for modeling system transients. Power and Energy Magazine, IEEE, 2005; 3:16-28.
5. Dawidowski P. Izykowski J. Nayir A. Analytical synchronization of two-end measurements for transmission line parameters estimation and fault location. IU-JEEE, 2013; 13(1):1569-1574.
6. Quoc T.T. Du S. L. Van D.P. Khac N.N. and Dinh L.T. Temporary overvoltages in the Vietnam 500 kV transmission line. [Transmission & Distribution Construction, Operation & Live-Line Maintenance Proceedings, 1998. ESMO '98. 1998 IEEE 8th International Conference on](#), 1998, 225-230.
7. Pottonen L. Pulkkinen U. Koskinen M.A Method For Evaluation The Reliability of Protection. The Institution of Electrical Engineers. 2004, 299-302.
8. So C. W. Li K. K. Intelligent Method for Protection Coordination. IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies. Hong Kong. 2004, 378-382.
9. Tsai C.T. Chen C.S. Lin C.H. Kang M.S. The Enhancement of Protective System Reliability with Immune Algorithm. IEEE 9th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Stockholm, 2006,1-8.
10. Mazlumi K. Abyaneh H.A. Relay Coordination and Protection Failure Effects On Reliability Indices In an Interconnected Sub-Transmission System. Electric Power Systems Research, Science Direct Elsevier, 2009; 79:1011-1017.
11. Tarlochan S.S. Accurate measurement of power system frequency using a digital signal processing technique. IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 1999; 48(1):75-81.

12. *Ahmet Nayir, A.R. Babayeva, E.V. Dimitriyev, A.M. Hashimov, I.R. Pivchik*, Mathematical Modelling of Ferroresonance for Investigation of Ferroresonance Currents, IU-JEEE, 2005, pp. 1373-1377
13. *Hashimov A.M, Babayeva A.R., Ahmet Nayir*, Analysis of Ferroresonance Processes at Open-Phase Operating Conditions of Transmission Lines: Computer Modelling, 3rd International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, Ankara, TPE -2006, pp- 97-99
14. *Ahmet Nayir, A.R. Babayeva, E.V. Dimitriyev, A.M. Hashimov, I.R. Pivchik*, Mathematical modeling of ferroresonance for investigation of ferroresonance currents, 4 th Mediterranean Conference on power generation Transmission and distribution, Medpower'04, Lemesos Cyprus, pp-55-57, 2004
15. *Hashimov A.M., Dimitriyev E.V., Ahmet Nayir, Babayeva A.R., Pivchik I.R.*, Analysis of ferroresonance currents at noncompleted phase regimes on lines, TPE-2004 Technical-physical problems in power engineering, pp-18-21, Tebriz, 2004
16. *Hashimov A.M., Dimitriyev E.V., Ahmet Nayir*, Ferrerezonansni prosesı v meşsistemix elektroperedax prı avaarıxı otklyçennıx, TPE-2002 Technical- physical problems in power engineering, pp.222-224, Bakü, 2002 (in Russian language)
17. *Nayir A.* Simulation of transient processes on overvoltage in electric transmission lines using ATP – EMTP. TJEE. (TUBITAK), 2013; 21:1553-1566.
18. *Kezunovic M. Mrkic J. Perunicic B.* An accurate fault location algorithm using synchronized sampling. Electric Power Systems Research Journal, 1994; 29(3):161–169.
19. *Izykowski J. Molag R. Rosolowski E. Saha M.M.* Accurate location of faults on power transmission lines with use of two -end unsynchronized measurements. IEEE Trans. on Power Delivery, 2006; 21(2):627–633.
20. *Chunju F. Xiujua D. Shengfang L. Weiyong Y.* An adaptive fault location technique based on PMU for transmission line. Power Engineering Society General Meeting, Tampa, USA, 2007, 1-7.
21. *Price E.* Practical considerations for implementing wide area monitoring, protection and control. 59th Annual Conference: Protective Relay Engineers, Texas, 2006, 36-47.
22. *Hu Z. Chen Y.* New method of live line measuring the inductance parameters of transmission line based on GPS technology. IEEE Trans. on Power Delivery, 2008; 23(3):1288–1295.
23. *Schulze R. Schegner P. Zivanovic R.* Parameter identification of unsymmetrical transmission lines using fault records obtained from protective relays. IEEE Trans. on Power Delivery, 2011; 26(2):1265-1272.
24. *Dalcastagne A.L. Filho S.N. Zurn H.H. Seara, R.A* Two-terminal fault location approach based on unsynchronized phasors, in International Conference on Power System Technology, Chongging, 2006, 1-7.
25. *Silveira E.G. Pereira C.* Transmission line fault location using two-terminal data without time synchronization, IEEE Trans. on Power Delivery, 2007; 22(1):498–499

ELEKTRİK ÖTÜRMƏ XƏTLƏRİNDƏ AŞIRI GƏRGİNLİK VƏ AŞIRI CƏRƏYANIN TƏDQIQINDƏ FƏRQLİ METODDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ YENİ TEXNOLOGİYANIN TƏTBİQİ

NAYIR A.R.

Elektrik sistemindəki nasazlıqların əksəriyyəti hava xətlərində baş verir. Arızanın təsirlərinin yayılmasının qarşısını almaq üçün nasaz xətt mümkün qədər tez söndürülməlidir. Sönmüş xəttin enerji təchizatının bərpası texniki xidmət briqadası nasazlıq nəticəsində yaranmış zədənin təmirini başa vurduqdan sonra həyata keçirilə bilər. Bu sənəd sinxronizasiyaya yeni parametrlərsiz yanaşma təqdim edir. Müəllif hava xəttinin normal sabit yük vəziyyətində

ölçülən üç fazalı cərəyanların və gərginliklərin emalı alqoritmini təklif edir. Təqdim olunan alqoritm elektrik sistemlərinin iş rejimlərinin optimal işə salınma-sönmə vaxtını tapmaq üçün istifadə olunur. Mühafizə sistemi Qlobal Mövqeləşdirmə Sisteminə (GPS) əlavə edildi.

Açar sözlər: alqoritm, rəqəmsal signal prosessoru (RSP), elektrik ötürmə xətti (EÖX), qiymətləndirmə, qlobal yerləşdirmə sistemi (QYS), aşırı gərginlik, həddindən artıq cərəyan.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И СВЕРХТОКА В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

НАИР А.Р.

Большая часть неисправностей энергосистемы происходит на воздушных линиях связи. Чтобы предотвратить распространение последствий неисправности, поврежденную линию необходимо как можно быстрее отключить. Восстановление электроснабжения отключенной линии может быть произведено после завершения ремонтной бригадой устранения повреждений, вызванных неисправностью. В этой статье представлен новый подход к синхронизации, не требующий настройки. Автор предлагает алгоритм обработки трехфазных токов и напряжений, измеренных при нормальном установившемся режиме нагрузки воздушной линии. Представленный алгоритм используется для поиска оптимального времени включения-выключения режимов работы электрических систем. В систему глобального позиционирования (GPS) добавлена система защиты.

Ключевые слова: алгоритм, процессор цифровых сигналов (ПЦС), линия электропередачи (ЛЭП), оценка, система глобального позиционирования (СГП), перенапряжение, сверхток.

DOI:10.70784/azip.5.2024430

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МАСС ЭЛЕКТРОНОВ И ДЫРОК В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ ИЗ ИЗМЕРЕНИЙ КИНЕТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

^{1,2}ЭМИНОВА В.И.

1-Институт Физики Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, пр. Г. Джавида, 131, Баку, Аз-1143,

2. Азербайджанский-Французский Университет при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности (УФ АЗ),
ул. Низами 183, Баку АЗ 1000
eminovavusala84@gmail.com

Исследованы температурные зависимости электропроводности σ , коэффициента Холла R и коэффициента термо э.д.с. α в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ ($0 \leq x \leq 0,10$) при 80-1000 К. По данным кинетических параметров определены эффективные массы электронов и дырок. Установлено, что, начиная с $x=0,05$, твердые растворы $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ относятся к узкозонным полупроводникам, обладающими высокими значениями матричного элемента взаимодействия.

Ключевые слова: ширина запрещенной зоны, эффективная масса, приведенный химический потенциал, узкозонные полупроводники.

Характерной особенностью кристаллов твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ является наличие в их кристаллической решетке стехиометрических вакансий с высокой концентрацией ($10^{18} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$) и связанных с ними локализованных состояний в запрещенной зоне [1-6], и эта величина растет с ростом мольной доли иттербия в составе твердых растворов. С ростом концентрации $YbTe$ твердого раствора среднее расстояние между атомами растворенного вещества $TlYbTe_2$ достигает значений, при которых межпримесное взаимодействие начинает вносить заметный вклад в энергию кристалла растворителя $TlInTe_2$ [2], и это приводит к появлению принципиально новых свойств, не характерных для исходного материала. Так, при легировании $TlInTe_2$ некоторыми редкоземельными элементами (Gd, Pr, Nd, Eu, Ga, Yb) наблюдается эффект стабилизации уровня Ферми, когда его положение определяется только составом сплава и не зависит от концентрации легирующих примесей [1,3,7].

Несмотря на то, что исследованию электрических и тепловых свойств $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$, посвящен ряд работ [1-6], в них не было изучено влияние иттербия на энергетический спектр носителей заряда. Данный вопрос представляет особый научный и практический интерес, так как переход от $TlInTe_2$ к $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ позволяет улучшить термоэлектрические свойства при температурах $T > 600 \text{ K}$ [8]. Поэтому целью настоящей работы является изучение энергетического спектра носителей заряда в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. В данной работе исследованы температурные зависимости электропроводности (σ), коэффициент Холла (R) и термо-э.д.с. (α) в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ ($0 \leq x \leq 0,10$) при 80 - 1000 К. Измерения σ , R и α проводились на образцах с омическими контактами при постоянном токе [5] в постоянных магнитных полях вплоть до 1200 А/м. Погрешность измерений не превышала 4-5%.

На рис.1 приведены температурные зависимости электропроводности $\sigma(T)$ твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. Как видно из рисунка, зависимости $\sigma(T)$ для разных составов твердых растворов существенно отличаются друг от друга. Для исходного соединения $TlInTe_2$ собственная область проводимости начинается при температуре $T \sim 700 \text{ K}$, а в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ по мере роста относительного содержания иттербия в составах собственная область смещается в сторону более высоких температур

(рис.1). По наклонам кривых $\lg\sigma(10^3/T)$ в области высоких температур была оценена термическая ширина запрещенной зоны (E_g) для исследованных образцов; было выявлено, что по мере роста содержания относительного количества иттербия в составах твердых растворов E_g изменяется от 0,70эВ для исходного соединения $TlInTe_2$ и до 0,54эВ для $TlIn_{0,90}Yb_{0,10}Te_2$. Это свидетельствует о том, что в твердых растворах наряду с «самолегированием» происходит также «самокомпенсация».

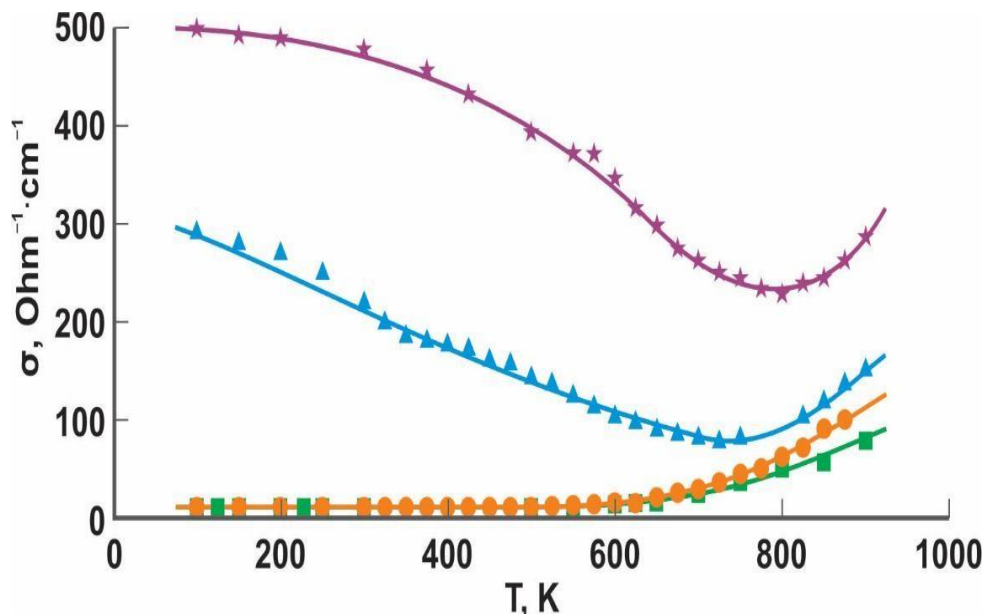


Рис.1. Температурные зависимости электропроводности в $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$; зелёная линия - ($x=0$), оранжевая линия - ($x=0.02$), синяя линия - ($x=0.05$), фио/летьвая линия - ($x=0.10$) [3].

На рис. 2 и 3 представлены температурные зависимости коэффициентов Холла $R(T)$ и термоэдс $\alpha(T)$ твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. Знаки обоих коэффициентов положительны, и это свидетельствует о том, что проводимость полностью осуществляется дырками.

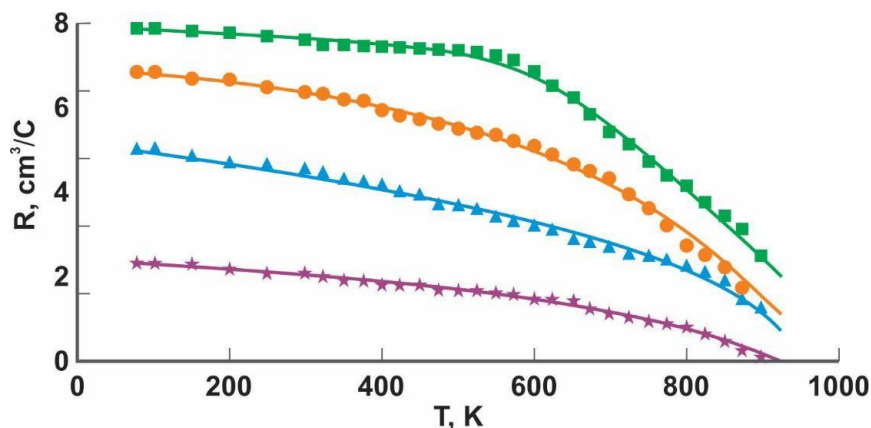


Рис.2. Температурные зависимости коэффициент Холла (при $H=1200A/m$) в $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$. Обозначение те же, что на рис.1.

Из рис.2 видно, что при слабом замещении атомов In атомами Yb, коэффициент Холла уменьшается, и, соответственно концентрация дырок увеличивается. На всех образцах при $T>650K$ наблюдается область собственной проводимости. При дальнейшем увеличении относительного содержания Yb в составах, область собственной проводимости смещается в сторону более высоких температур. Данный факт наблюдается так же на температурной зависимости $\alpha(T)$, откуда видно, что до

температуры $T \sim 650\text{K}$, $\alpha(T)$ линейно возрастает, а при наступлении собственной области, медленно уменьшается. Из рис.1-3 видно, что начиная с $x \geq 0.05$ температурный ход $\sigma(T)$ и $\alpha(T)$ имеет такой же характер, что и для узкозонных полупроводников [9].

В данных образцах слабая зависимость $R(T)$ и линейная зависимость $\alpha(T)$ до $T \sim 650\text{K}$ означает, что проводимость осуществляется одним типом носителей заряда, что и дает возможность определить эффективную массу дырок (см. таб.) [10].

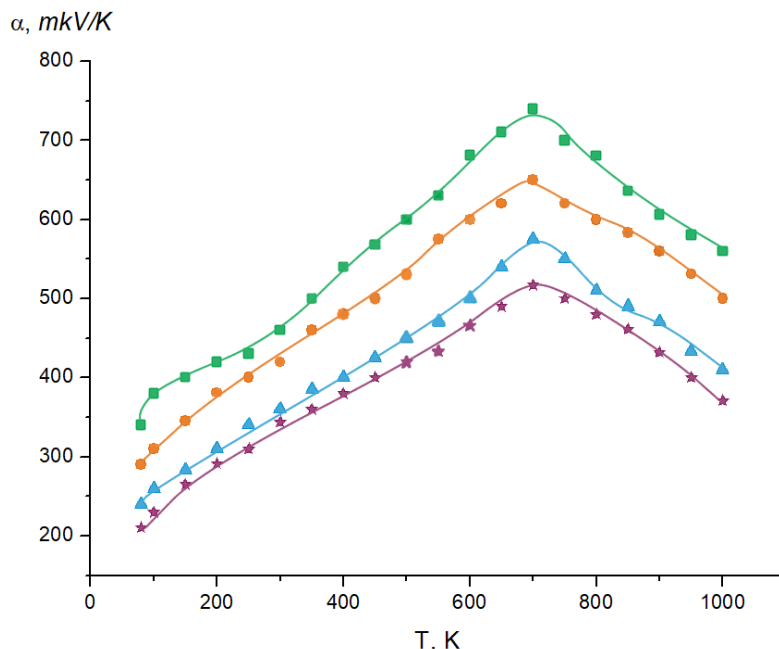


Рис.3. Температурные зависимости термо э.д.с. в $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$. Обозначение те же, что на рис.1.

При определении температурной зависимости $E_g(T)$ было принято соотношение $\partial E_g / \partial T = -1.2 \cdot 10^{-4} \text{В/К}$ [11]. Было установлено, что для всех образцов эффективная масса дырок в интервале температур 100-650K почти не меняется. Это указывает на то, что валентная зона $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ подчиняется квадратичному закону дисперсии. Следует отметить, что до настоящего времени не был исследован энергетический спектр зоны проводимости в $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$.

Используя значение эффективной массы дырок и полагая, что концентрация доноров $N_d = 0$, по значению коэффициента Холла при $T \leq 700\text{K}$ находим концентрацию акцепторов $N_a \sim 1.2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ (образец $x=0.05$) и температуру снятия вырождения дырочного газа при $T_{\text{nd}} \sim 640\text{K}$.

Как видно из таблицы, значения m_p^* , m_n^* в $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ относительно меньше, чем в других растворах $\text{TlIn}_{1-x}\text{Ln}_x\text{Te}_2$ [11]. Из таблицы также видно, что в образцах $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ в основном существует корреляция между шириной запрещенной зоны, эффективной массы m_p^* , m_n^* и матричным элементом взаимодействия. Из этого ряда выпадает лишь то, что по сравнению с другими узкозонными полупроводниками [9] большая эффективная масса электронов в $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ может быть связана либо с матричным элементом взаимодействия, либо с кристаллической структурой. Твердые растворы $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии, как и исходное соединение TlInTe_2 [12]. В этой сингонии взаимодействие электронов с кристаллической решеткой незначительно [13]. В силу [13] можно полагать, что большие значения E_g и m_n^* не связаны с кристаллической структурой. Можно ожидать, что их значения обусловлены высоким значением матричного элемента взаимодействия. Из рис.2 видно, что до температуры $T \sim 650\text{K}$ концентрация дырок возрастает настолько, что продолжается вырождение дырочного газа, что и также характерно для узкозонных

полупроводников [9]. Эта оценка подтверждается температурными зависимостями σ и R при $T \leq 640\text{K}$.

$$P = \left[\frac{3\hbar^2}{4m_0} E_g (1 - m_n^*) \right]^{1/2} \quad (1)$$

Таблица

Зонные параметры и подвижности дырок в твердых растворах $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$

Образцы Параметры	T=100K				T=300K			
	x=0	x=0.02	x=0.05	x=0.10	x=0	x=0.02	x=0.05	x=0.10
E_g (эВ)	0.70	0.66	0.62	0.54	0.68	0.63	0.59	0.51
m_p^*	0.55	0.52	0.48	0.43	0.53	0.51	0.46	0.40
m_n^*	0.040	0.036	0.034	0.031	0.037	0.033	0.032	0.030
$P \times 10^8$ (эВ·см)	4.1	4.0	3.9	3.6	4.0	3.9	3.8	3.5
$\mu_p \times 10^{-3}$ (см ² /В·с)	210	230	1200	1350	180	195	1100	1250

Итак, в исследованной области температур твердый раствор $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ ($0 \leq x \leq 0,10$) обладает дырочной проводимостью при сильновырожденном состоянии дырочного газа. При $T \geq 650\text{K}$ 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 $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$, температурный ход $\sigma(T)$ качественно и количественно сильно отличаются. Предполагается, что этот переход сопровождается переходам от полупроводника к узкозонному полупроводнику.

1. Зарбалиев М.М. Неорг. Материалы, 1999, №5, т.35, с.560.
2. Оруджев Г.С., Годжаев Э.М., Керимова Р.А. ФТТ, 2006, №1, т.48, с.40.
3. Иванова Л.Д., Петрова Ю.В., Гранаткина Ю.В., Свечникова Т.Е., Коржуев М.А., Земсков В.С. Неорг. Материалы, 2007, №12, т.43, с.1436.
4. Зарбалиев М.М. Изв. АН Азерб. Респуб., Физика, 1999, №3, т.5, с.26.
5. Годжаев Э.М., Керимова Р.А. Неорг. Материалы, 2004, №11, т.40, с.1314.
6. Зарбалиев М.М., Ахмедова А.М., Зарбалиева У.М. Вестник Бакинского Гос.Унив., 2011, №1, с.1435.
7. Волков Б.А., Рябова Л.И., Хахлов Д.Р. УФН, 2002, №8, т.72, с.875.
8. Hartman T.C. J.Appl. Phys., 1958, v.29, pp.147.
9. Радауцан С.И., Арутюнов Э.К., Пругло. В.И. Полуметаллы и узкозонные полупроводники. Кишинев, Штиница, 1979, 138с.
10. Аскеров Б.М. Кинетических эффекты в полупроводниках. 1970, с.303.
11. Керимова Э.М. Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов. Изд. <<Элм>>, Баку-2012, с.708.
12. Алиев Ф.Ф., Керимова Э.М., Алиев С.А. ФТП, 2002, №8, т.36, с.932.
13. Цидильковский И.М. Электроны и дырки в полупроводниках. Изд. <<Наука>>, 1970, с. 303.

ZƏİF MAQNİT SAHƏLƏRİNDƏ $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ BƏRK MƏHLULARININ KİNETİK ƏMSALLARININ ÖLÇÜLMƏSİNDƏN İSTİFADƏ EDƏRƏK ELEKTRON VƏ DEŞİKLƏRİN EFFEKTİV KÜTLƏLƏRİNİN TƏYİNİ

EMİNOVA V.İ.

$\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ ($0 \leq x \leq 0,10$) bərk məhlullarında elektrikkeçirmə, Hall və termoelektrik əmsallarının (σ, R, α) temperatur asılılıqları ($\sigma(T), R(T), \alpha(T)$) 80-1000K temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. Bu kinetik əmsallar əsasında elektron və deşiklərin effektiv kütlələri təyin olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, $x=0.05$ qiymətindən başlayaraq, $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ bərk məhlulu özünü darzolaqlı yarımkeçirici kimi aparır.

Açar sözlər: qadağan olunmuş zonanın eni, effektiv kütlə, gətirilmiş kimyəvi potensial, darzolaqlı yarımkeçiricilər.

DETERMINATION OF EFFECTIVE MASSES OF ELECTRONS AND HOLES IN $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ ON THE BASES OF MEASURED KINETIC COEFFICIENTS IN THE WEAK MAGNETIC FIELDS

EMİNOVA V.I.

The temperature dependence of the electrical conductivity $\sigma(T)$, the Hall coefficient $R(T)$ and the coefficient of thermo-power $\alpha(T)$ in the solid solutions $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ ($0 \leq x \leq 0,10$) at 80-1000 K have been investigated. The effective masses of electrons and holes have been determined on the basis of the kinetic parameters. It was established that starting with $x = 0.05$ solid solutions of $\text{TlIn}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}_2$ belong to the narrow-gap semiconductors having high interaction matrix element.

Key words: band gap, effective mass, chemical potential, narrow-gap semiconductors.

DOI:10.70784/azip.5.2024435

RESEARCH OF GASES DESORPTION PROCESSES FROM THE SURFACE OF SOLID ADSORBENTS UNDER CONDITIONS OF ELECTRIC DISCHARGE**¹GURBANOV K.B., ²SULEYMANOVA L.Ch., ¹JAFAROVA F.Sh.
¹TAGHIYEVA Z.A., ¹HUSEYNOVA S.A., ¹HAJIYEVA V.M., ¹AHADOVA S.S.***¹Institute of Physics of the Ministry of Science and Education**¹tzenfira@mail.ru**¹sabina_quseynova1977@hotmail.com**¹sevil-axadova@mail.ru**¹vefa86haciyeva@gmail.com**²Mingachevir State University**²liliya.suleymanovalc@mdu.edu.az*

The paper presents the results of studies of adsorbent regeneration processes under the influence of electrical discharges. It is shown that the influence of electrical discharge on the process quite effectively stimulates desorption processes.

Key words: Clinoptilolite, adsorbent, electric discharge, desorption, vacuum, structure, hydrogen sulfide, hydrocarbon, mass spectrometer, spectrum.

I. INTRODUCTION

Adsorbed molecules interact with surface molecules or atoms and reduce both the free surface energy of the condensed phase and the total energy of the system. Therefore, adsorption is a spontaneous process that occurs with the release of heat; the process opposite to adsorption is called desorption. A very similar term, absorption, is also often encountered. The difference is that adsorption occurs on the surface of the condensed phase, and absorption occurs in its volume. In situations where the differences between adsorption and absorption are imperceptibly small or the absorption mechanism is unclear, the more general term sorption is used as a synonym for the term absorption without specifying a detailed mechanism.

It is necessary to warn against a simplified representation of adsorption as a simple transition of molecules from the mobile (gas or liquid) phase to the surface. Molecules of the mobile phase, continuously hitting the surface of a solid, are retained on it for some time. Adsorbed molecules rotate or oscillate about some point on the surface (in this case, adsorption is said to be localized) or move along the surface in different directions (non-localized adsorption). At some moments, fluctuations in the thermal energy of the surface of the solid may be sufficient to impart such an impulse to the molecule that it breaks away and flies back into the mobile phase - is desorbed. At any given moment in time, there is a certain number of adsorbed molecules on the surface, which depends on the number of impacts on the surface (i.e. on the gas pressure - the higher the pressure, the more there are). Temperature has the opposite effect: the higher the temperature, the greater the energy of oscillations of the surface particles, therefore, the greater the number of molecules that can leave the surface. Adsorption equilibrium occurs when the number of molecules adsorbed and desorbed per unit time becomes equal to [4]. Reasons for adsorption. Let us consider this process using the example of the system.

Adsorption-desorption processes are widely used in industrial waste gas and wastewater treatment processes, and are also used to purify hydrocarbon liquids from various impurities [1-3]. In this regard, the improvement and development of new methods of sorption and desorption processes are also among the pressing issues of today.

Currently, in modern processes, desorption of adsorbents is carried out by washing them with clean water or heating them to a certain temperature, by washing them with water vapor. In the case of a small number of adsorbents, desorption processes are carried out in sealed systems and, along

with temperature effects on them, continuous vacuuming of the closed volume is carried out at the same time.

The above description of the adsorbent desorption technique is currently accepted as the main methods and is widely used in practice. It should be noted that these methods to a certain extent meet the requirements of practice, but at the same time have the following disadvantages:

- 100% purification of adsorbents does not occur;
- The time of desorption processes is long;
- The process efficiency is unsatisfactory.

II EXPERIMENT AND DISCUSSION

In this work, samples of natural zeolite clinoptilolite deposits located in the territory of the Republic of Azerbaijan were used as study samples.

The selected granules of clinoptilolite with a diameter of 2-3 mm were heated at a temperature of 4000C for 4 hours with simultaneous continuous vacuuming of the closed volume, then they were introduced to saturation with natural gas containing 5% hydrogen. Saturation of the adsorbent was controlled by the method of mass spectrometry - hydrogen sulfide breakthrough and the appearance of the corresponding peak of H₂S. In mass spectrograms.

At a certain stage of the experiment, a portion of the adsorbent saturated with 5% H₂S was heated at 4000C for 150 minutes and then the concentration of H₂S in the desorbed gases was determined using a mass spectrometer. Desorbed processes with the following portions of adsorbents were carried out in a similar manner, under conditions of the impact of barrier discharge of different powers on the desorption process. Fig. 1 shows the results of changing the concentration of H₂S in the desorption gas.

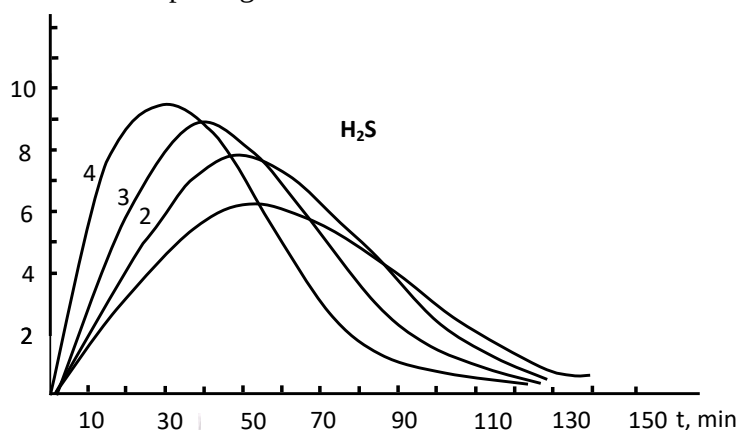


Fig. 1. Change in the concentration of H₂S in the desorbed gas.

1-adsorption process without the effect of discharge,

2,3,4-desorption processes under the effect of discharge.

The discharge field strength was: 2-E=40 kV/cm, 3-E=50 kV/cm, 4-E=60 kV/cm.

Regeneration temperature T=4000C.

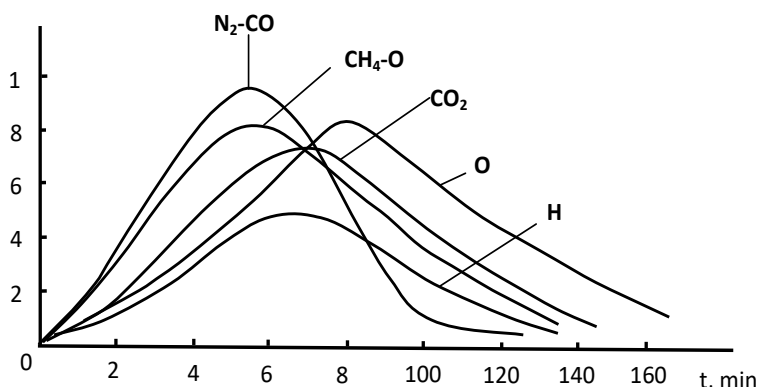


Fig. 2. Change in the concentration of various gases in the desorbed gas under the influence of an electric discharge with a field strength of E=60 kV/cm.

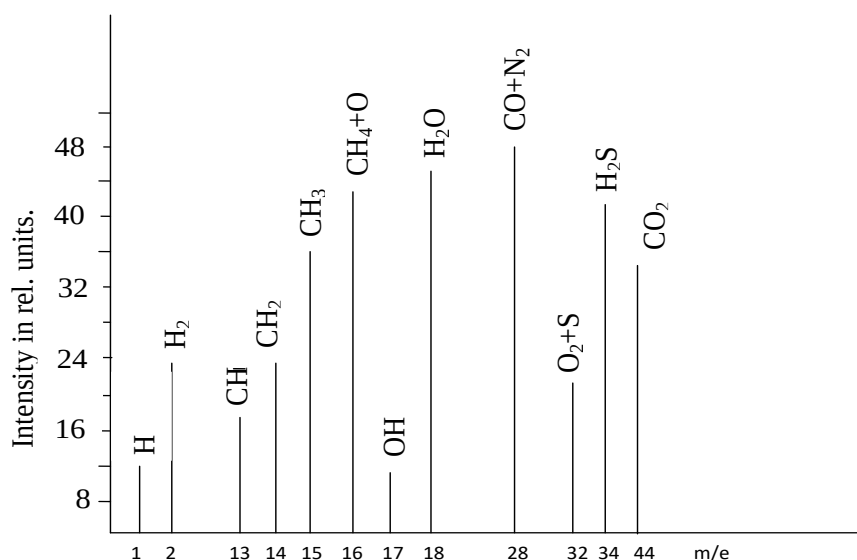


Fig. 3. Mass spectrogram of the desorption process under the influence of a barrier discharge ($E=60$ kV/cm)

Analysis of the results presented in Fig. 1. indicate that with an increase in the field strength of the barrier discharge, the duration of the desorption process is noticeably reduced, and the desorption depth increases by 40-45%.

Similar results (Fig.2) were obtained during desorption of other gases under the action of a barrier discharge. Fig. 3. shows a mass spectrogram of the desorption process of a mixture of $\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{S}$ gases under the action of a discharge.

It is evident from the mass spectrogram that in addition to the desorption of the main gases CH_4 and H_2S from the adsorbent, their constituent atoms are also desorbed, and desorption of other gases previously absorbed by the adsorbents is also observed. The appearance of the H_2O molecule in the spectrum indicates that, as a result of the action of the gas discharge, H_2O in the adsorbent passes from the bound state to the dissolved state, thereby facilitating the desorption of the H_2O molecule. In the spectrum also observed atoms and molecules of residual gases and gases formed by the conversion process under the conditions of the discharge.

Analysis of the set of results of the study of desorption processes under the conditions of the influence of electric discharges show that the mechanisms of the processes of desorption of gases from adsorbents are based on the following physical and chemical processes.

- The effect of the discharge on the adsorbents can lead to local heating in the adsorbents;
- With the influence of the discharge, the movement of atoms and molecules along the surface of the pores present in the adsorbent is accelerated;
- With the influence of the discharge, the dissociation of the desorbent molecules into its constituent atoms occurs;
- With the influence of the discharge, the rupture of ionic, hydrogen, covalent bonds of the molecules and atoms of the desorbent with the adsorbent - i.e. the desorbent from the bound state can pass to the dissolved state;
- The effect of a discharge of significant power on the adsorbents causes additional emission of atoms and molecules from the surface of the adsorbents.

III CONCLUSIONS

Thus, the combination of the above factors, realized under the influence of electric discharges, contributes to the intensification of desorption processes from the surface of adsorbents.

It should be noted that the developed adsorption method under the influence of discharges can be used in technological processes for cleaning gases and liquids of hydrocarbon composition, industrial wastewater and in solving other relevant environmental problems.

1. *Гашимов А.М., Гурбанов К.Б., Гасанов М.А.* Физика и Химия обработки материалов, №2, 2005, с.26.
2. *Кулиев А.М., Багиров Р.А.* Адсорбционно-хроматографические методы очистки и разделения углеводородов «ЭЛМ», Баку, 1977, с.237.
3. *Теймурова Ф.А.* Электронно-ионная технология, Изд. «Nafta-Press», 2005, с.342.
4. *Ткаченко С.И., Хоменко А.Ю.* Определение удельной поверхности пористых материалов методами бэт и арановича Лабораторная работа Составители: МОСКВА МФТИ 2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСОРБЦИИ ГАЗОВ С ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ АДСОРБЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

**ГУРБАНОВ К.Б., СУЛЕЙМАНОВА Л.Ч., ДЖАФАРОВА Ф.Ш., ТАГИЕВА З.А.,
ГУСЕЙНОВА С.А., ГАДЖИЕВА В.М., АХАДОВА С.С.**

В работе представлены результаты исследований процессов регенерации адсорбентов под воздействием электрических разрядов. Показано, что воздействие электрического разряда на процесс достаточно эффективно стимулирует процессы десорбции.

Ключевые слова: клиноптилолит, адсорбент, электрический разряд, десорбция, вакуум, структура, сероводород, углеводород, масс-спектрометр, спектр.

ELEKTRİK BOŞALMASI ŞƏRAİTİNDƏ BƏRK ADSORBENTLƏRİN SƏTHİNDƏN QAZIN DESORBSİYA PROSESLƏRİNİN TƏDQİQİ

**QURBANOV K.B., SÜLEYMANOVA L.Ç., CƏFƏROVA F.Ş., TAĞİYEVA Z.A.,
HÜSEYNOVA S.A., HACIYEVA V.M., ƏHƏDOVA S.S.**

Məqalədə elektrik boşalmalarının təsiri altında adsorbentlərin bərpası proseslərinin tədqiqatlarının nəticələri təqdim olunur. Elektrik boşalmasının prosesə təsiri desorbsiya proseslərini kifayət qədər effektiv şəkildə stimullaşdırdığı göstərilmişdir.

Açar sözlər: klinoptilolit, adsorbent, elektrik boşalması, desorbsiya, vakuum, struktur, hidrogen sulfid, karbohidrogen, kütlə spektrometri, spektr.

KOMPOZİT VARİSTORLARIN HAZIRLANMASI ÜÇÜN İSTİFADƏ OLUNAN TEXNOLOJİ METODLAR**¹ƏHƏDZADƏ Ş.M., ^{1,2}NURUBƏYLİ T.K., ³TAĞİYEVA E.Q.**¹AMEA Fizika İnstitutuahadzade79@mail.ru²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,omartarana@gmail.com³Bakı Dövlət Universiteti,tagiyevaelnara@gmail.com

Məqalədə aşqarlı ZnO varistor keramikasının tərkibi və istifadə olunacaq polimerlərin bəzi elektrofiziki parametrləri göstərilmişdir. İşdə həmçinin polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanması üçün istifadə olunan texnoloji metodlardan araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, isti presləmə metodundan başqa digər metodlar kompozit varistora qoyulan tələbləri tam ödəmir. İsti presləmə metodu polimer əsaslı nazik təbəqəli kompozit varistorlar üçün optimal parametrlərin alınmasını və onların məqsədəuyğun variasiyasını təmin edir.

Açar sözlər: ZnO, varistor, polimer, kompozit, sintez üsulu, texnoloji metod, elektrofiziki xassələr.

Məlum olduğu kimi, kompozit materialların işlənməsi, onların tərkibinin yenilənməsi və bu kompozitlərin sənayedə geniş tətbiq olunması məsələləri hal-hazırda çox aktualdır. Qeyd etmək lazımdır ki, qeyri-xətti keçiriciliyə malik olduğu üçün yarımkeçirici varistorlar energetika sahəsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə materialların tətbiqi ilə yüksək gərginlik xətlərində və yarımstansiyalarda sıçrayışla arta bilən zərərli gərginlik dalğalarının aradan qaldırılması təmin olunur. Yarımkeçirici varistorlar elektroenergetikanın, radiotexnikanın və elektronikanın müxtəlif sahələrində tətbiq olunur. Lakin bu varistorların qabarıqlarının böyüklüyü, alınma texnologiyasının yüksək temperaturluğu, baha başa gəlməsi, həmçinin açılma gərginliyinin tənziminin və praktikada varistorlara qoyulan tələblərin kəskinliyi yeni növ, daha effektiv, geniş funksiyalı varistor materiallarının işlənməsinə ehtiyac yaradır. Son illərdə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, yeni varistor materialı kimi ən böyük perspektivliyə malik olan materiallar qeyri-orqanik polikristallik yarımkeçirici keramika və orqanik polimerlər əsasında alınmış kompozitlərdir. Polimer əsaslı nazik təbəqəli kompozit varistorlar alınma texnologiyasının sadəliyindən başqa, bəzi istismar parametrlərinə görə də üstün cəhətlərə malikdir. Polimer matrisasının kristallaşmasının temperatur zaman asılılığını dəyişməklə kompozit varistorların xassələrini və parametrlərini sabitliyini nizamlamaq olar. Keramik fazaya aşqarlar əlavə etməklə polimer əsaslı kompozitlərin səthinin aktivliyini, həmçinin volt-ampere xarakteristikasının qeyri-xəttilik əmsalı və açılma gərginliyini nəzərəcarpacaq dərəcədə dəyişmək mümkündür. Qeyd edək ki, polimer əsaslı nazik təbəqəli kompozit varistorların alınma texnologiyasının aşağı temperaturluğu, çəki və həndəsi ölçülərinin çox kiçik olması, qeyri-xəttilik əmsalı və açılma gərginliyinin məqsədəuyğun şəkildə variasiyası mühüm praktiki əhəmiyyət daşıyır [1-5].

İşin əsas məqsədi kompozit varistorların hazırlanması zamanı optimal texnoloji üsulların təyin edilməsidir.

Qeyd edək ki, istifadə olunan ZnO və SiC varistorlarının sintezi keramik üsulla aparılır. Sintez prosesi bərk hissəciklər arasında diffuziya hesabına gedir və nəticədə bərk faza əmələ gəlir. Hissəciklərin diffuziyasını çoxaltmaq üçün yuxarı temperaturlardan istifadə olunur. Belə ki, keramik sintez bəzən 2300 K temperaturda aparılır. Hissəciklərin qarşılıqlı diffuziyasını asanlaşdırmaq üçün onları əvvəlcədən mümkün qədər mexaniki xırdayırlar. Sənayedə istifadə edilən xırdalama üsulları zamanı adətən 10-60 µm ölçüdə hissəciklər alınır. Həmin

hissəciklərin bir-birinə toxunmasını yaxşılaşdırmaq üçün əzilmiş kütlə yüksək təzyiqdə preslənir. Buna baxmayaraq keramik sintez diffuziya xarakterli və diffuziya sürəti kiçik olduğundan zərrəciklərin birinin atomunun o birinin daxilinə tam diffuziya etməsi üçün çox vaxt tələb olunur. Belə ki, əgər zərrəciyin ölçüsü $10\text{ }\mu\text{m}$ və ilkin maddənin elementar qəfəs parametri $10\text{\AA}=10^{-7}\text{sm}=10^{-3}\text{ }\mu\text{m}$ olarsa, onda atomun həmin zərrəciyin bir tərəfindən digərinə doğru diffuziyası zamanı 10000 elementar qəfəsi keçməsi lazım gəlir. Atomun belə bir yol qət etməsi üçün bəzən 10 saatdan çox vaxt tələb olunur. Sənayedə adətən keramik sintezi nisbətən qısa müddətdə ($2\div 10$ saat) aparırlar. Ona görə də keramik sintez çox zaman hissəciklərin yalnız toxunma sərhədləri ətrafında gedir. Diffuziya prosesi zərrəciklərin toxunma sərhəddində başlayır. Bu zaman sərhəddə aralıq faza əmələ gəlir. Əgər ilkin diffuziya prosesinin sürəti toxunan zərrəciklərin kimyəvi təbiətindən, sintez temperaturundan asılıdırsa, aralıq təbəqə əmələ gəldikdən sonra, həmçinin o təbəqənin qalınlığından, atom və ionların diffuziya mütəhərrikiyinə göstərdiyi müqavimətdən də asılıdır. Çox zaman reaksiyanın sürəti aralıq fazanın qalınlığından asılı olaraq eksponensial olaraq azalır [2; 3].

Beləliklə, keramik sintezin kinetikasına aralıq fazanın kimyəvi təbiəti, aqreqat halı, kristal quruluşu, nüfuz etdirmə xüsusiyyətləri böyük təsir göstərir. Əgər diffuziyada iştirak edən ionlara qarşı aralıq fazanın diffuziya keçiriciliyi böyük olarsa, onda reaksiya bir o qədər sürətli gedər. Prosesin getdiyi temperaturda əmələ gələn aralıq faza maye halda da ola bilər. Aralıq faza maye olduqda reaksiya sürətli gedər. Praktikada keramik sintezi sürətləndirmək üçün ilkin şixtaya nisbətən asan əriyən oksid və ya hallogenid birləşmələr qatılır.

Polimer əsaslı nazik təbəqəli kompozit varistorların komponentlərinin əsasını polyar və qeyri-polyar polimer dielektriklər və aşqarlı ZnO keramikası təşkil edir. Cədvəl 1-də aşqarlı ZnO varistor keramikasının tərkibi, cədvəl 2-də isə istifadə olunacaq polimerlərin bəzi elektrofiziki parametrləri göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Aşqarlı ZnO varistorunun tərkibi

Tərkib	Nümunə №1		Nümunə №2		Nümunə №3	
	mol%	500 qramdakı miqdarı	mol%	500 qramdakı miqdarı	mol%	500 qramdakı miqdarı
ZnO	97	91,6	96,5	90,76	95,5	89,577
Bi ₂ O ₃	0,5	2,7	0,5	2,69	0,5	2,6845
Sb ₂ O ₃	1	3,4	1	3,368	1	3,359
Co ₃ O ₄	0,5	1,398	0,5	1,392	0,5	1,3887
B ₂ O ₃	0,5	0,41	0,5	0,404	0,5	0,403
MnO ₂	0,5	0,51	0,5	0,502	0,5	0,4955
Cr ₂ O ₃			0,5	0,878	0,5	0,876
Ni ₃ O ₂		-	-	-	0,5	0,522
SiO ₂	-	-	-	-		0,692

Cədvəl 2.

Matrisa kimi istifadə olunan polimerlərlərin elektrofiziki xassələri.

Polimerlər və onların kimyəvi quruluşu	$\rho_v, \Omega\text{cm}$	$\text{tg}\delta$	ϵ	$t_s, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ap}}, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{q/sm}^3$
Yüksək sıxlıqlı polietilen [–CH ₂ –CH ₂ –] _n –YSPE	$10^{15}\text{--}10^{16}$	$4\cdot 10^{-4}$	2,3	–80	125–137	0,919 0,96
polivinilidenftorid [–CH ₂ –CF ₂ –] _n – PVDF(F2M)	$2\cdot 10^{14}$	$1,2\cdot 10^{-2}$	13	–20 –30	160–170	1,76

Kompozitin alınma prosesinin ilkin mərhələsi bu iki komponentin pres-ovuntusunun alınmasıdır [4-10]. Pres-ovuntunun alınmasının ilkin mərhələsi komponentlərin xırdalanması və qarışdırılmasıdır. Müasir dövrdə ilkin məmulatın (polimer və keramika) qarışdırılması üçün

daha sadə və universal keramik qarışdırma metodundan istifadə olunur və nəticədə komponentlərin bircins qarışığı alınır [5;6]. Qarışdırma prosesi mikro dəyirmanlarda quru halda aparılır. Məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq varistor fazasının hissəciklərinin diametrinin $60\div 350\mu\text{m}$ arasında dəyişdirilməsi daha məqsədəuyğundur. Polimer fazası kimi sənaye məqsədilə istifadə olunan polimer tozu nəzərdə tutulur.

Qeyd edək ki, polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanması üçün əsasən aşağıdakı texnoloji metodlardan istifadə edirlər: 1-isti presləmə; 2-ekstruziya; 3-kalandırlama; 4-məhluldan çökdürmə [5].

Göstərilən üsulların tətbiqi son nəticədə kompozitə qoyulan tələbatdan asılıdır [7-9]. Polimer əsaslı kompozit varistorlar üçün texnoloji üsullara aşağıdakı tələblər qoyulur:

- Kompozit məsaməli olmamalıdır;
- Polimer və keramik fazanın nümunədə paylanması bircins olmalıdır;
- Sintez prosesinin mərhələləri mümkün qədər az və qısa vaxt ərzində olmalıdır;
- Kompozit nümunələrin qalınlığı eyni olmalıdır;
- Nümunələrin alınması ekspres olmalıdır;
- Eyni şəraitdə alınmış nümunələrin elektrofiziki, fiziki-mexaniki xassələrinin təkrarlılığı təmin olunmalıdır.

İsti presləmə metodundan başqa digər metodlar göstərilən tələbləri tam ödəmir. Məsələn, kompozit varistorlar üçün çox vacib olan məsaməsiz nümunələri məhlulda çökdürməklə almaq mümkün deyil. Ekstruziya və kalandırlama metodları ilə kompozitlərin alınması zamanı polimer matrisada qeyri-üzvi fazanın həcmi faizini yalnız 25-35% götürmək olar. Kimyəvi metodla kompozitlərin alınması onların tərkibində kiçik molekullu birləşmələrin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də işdə əsasən isti presləmə üsulu ilə nümunələrin alınması nəzərdə tutulur. Qeyd edək ki, isti presləmə metodu polimer əsaslı nazik təbəqəli kompozit varistorlar üçün optimal parametrlərin alınmasını və onların məqsədəuyğun variasiyasını təmin edir. İsti presləmə metodu kompozit varistorların tətbiq sahələrini də artırır. Məsələn, isti presləmə metodu ilə qalınlığı müxtəlif olan nümunələrin alınması kompozit varistorlar əsasında işləyən yüksək gərginlik aparatlarında keçid gərginliklərini məhdudlaşdıran elementlər hazırlana bilər [1-16].

NƏTİCƏ

İşdə müəyyən edilmiş isti presləmə metodundan istifadə, texnoloji cəhətdən yüksək keyfiyyətli polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanmasına və tətbiqinə imkan verir. Qeyd edək ki, polimer əsaslı kompozit varistorlar texnologiyasının sadəliyindən başqa, bəzi istismar parametrlərinə görə də üstünlük təşkil edir. Belə ki, polimer matrisasının kristallaşmasının temperatur-zaman intervalını dəyişmək və elektrik qaz boşalmasının təsiri altında kompozitin komponentlərini modifikasiya etməklə, kompozit varistorların xassələri və parametrlərinin sabitliyini nizamlamaq mümkündür.

1. Əhədzadə Ş.M., Həşimov A.M., Nurubəyli T.K. “ZnO-polimer əsaslı kompozit varistorlarda nümunələrin optimal faizlərinin təyini” //Akademik M.H. Şahtaxtinskiyinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş mövzusunda konfrans, Bakı-Naxçıvan 19-20 Oktyabr, AJP FİZİKA, 2022-ci il, səh.3-7.
2. Əhədzadə Ş.M., Həşimov A.M., Nurubəyli T.K. “ZnO–polimer əsaslı kompozitlərin infraqirmizi spektrlərinin analizi və keramik fazanın dielektrik parametrlərinin spektroskopiyası”// Akademik L.M. İmanovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Molekulyar spektroskopiya mövzusunda konfrans, Bakı-Şuşa 21-22 Sentyabr, AJP FİZİKA, 2022-ci il, səh.3-7.
3. Həşimov A.M., Qurbanov K.B., Həsənlı Ş.M., Mehdizadə R.N., Əzizova Ş.M., Bayramov X.B., Nazik təbəqəli kompozit varistorun hazırlanma üsulu//Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə dövlət Agentliyi.İ 2007 0172, səh.6.

4. *Ahadzadeh Sh.M., Hashimov A.M., Khalilova Sh.G.* “Research of the electrical properties of composite varistors based on ZnO-polymer”, *IJTPE*, 2022, Issue 50, Vol. 4, No.1, pp.166-17.
5. *Ahadzade Sh.M., Hashimov A.M., Nurubeyli T.K.* “Research of the electrical properties of the intercrystallite boundary and mechanisms of conductivity in a ZnO varistor with impurities” // *ICTPE-2022*, Vol 14, №1, p.50-54.
6. *Ş. M. Əhədzadə, A.Y.İmanova, S.S.Əhədova.* Kompozit varistorlarda fərqli keramik fazaların varistor effektivin tədqiqi// *Energetikanın Problemləri*, 2022, № 4, səh.17-23.
7. *Ahadzade Sh.M., Hashimov A.M.* “Variation of the main parameters of polar and nonpolar polymers and composite varistors based on ZnO”//*ICTPE-2020*,12 - 13 October, İstanbul, Turkey, p.99-101.
8. *Гасанли Ш.М., Азизова Ш.М., Халилов Дж.Дж., Харирчи Ф.* «Спектроскопия диэлектрических параметров варисторов на основе ZnO» //Электронная Обработка Материалов, 2012, том 48, №1, с. 58-62.
9. *Гашимов А.М., Гасанли Ш.М., Мехтизаде Р.Н., Азизова Ш.М., Байрамов Х.Б.* Нелинейный резистор на основе композиции полимер-керамика//Журнал технической физики, 2007, том 77, вып.8.с.121.
10. *Ahadzade Sh.M., Hashimov A.M.* “Variation of the main parameters of polar and nonpolar polymers and composite varistors based on ZnO” //*ICTPE-2020*, 12 - 13 October, İstanbul, Turkey, p.99-101.
11. *Ahadzade Sh.M., Hashimov A.M., Khalilova Sh.G.* Research of the electrical properties of composite varistors based on ZnO-polymer// *The 17th International Conference on “Technical and Physical Problems of Engineering” (ICTPE-2021)* Istanbul, Turkey, № 18, p. 86-89.
12. *Ahadzade S.M., Vakulenko I.A., Asgarov K.* Influence factors on electrophysical parameters of composite varistors // *Science and Progress of Transport*, 2023, № 1 (101), p.29-36.
13. *Ahadzade Sh.M., Imanova A.Y.*, “Varistor Characteristics of Composites Made Based on ZnO and Si Semiconductor Materials”, *The 5th International Scientific and Practical Conference “Science and Innovation of Modern World”*, Cognum Publishing House, No. 1, pp. 85-95, London, UK, 25-27 January 2023.
14. *Ahadzade Sh.M., Nurubeyli T.K., Imanova A.Y., Hasanova S.I.* Research of the dielectric penetration(ϵ), electrical conductivity (σ) and specific resistance (ρ) of composite varistors based on various ceramics and polymers//*International scientific-practical journal ENDLESS LIGHT in SCIENCE*, 2023 Almaty, Kazakhstan, pp.1214-1224.
15. *Ahadzade S.M., Nurubeyli T.K., Quliyev E.Z., Sultanli A.N.* Technological and electrophysical parameters of ZnO varistor with impurities // *IJTPE*, 2023, Issue 55, Volume 15, Number 2, Pages 307-311.
16. *Ahadzadeh Sh.M., Nurubeyli T.K., Asgarov KH.*, “Analysis of the main parameters of ZnO-polymer composites with different thicknesses”, *International Journal on Technical and Physical Problem of Engineering (IJTPE)*, Issue 58, Vol. 16, No.1, pp. 138-143, March 2024.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ВАРИСТОРОВ

АХАДЗАДЕ Ш.М., НУРУБЕЙЛИ Т.К., ТАГИЕВА Е.Қ.

Использование определенного в работе метода горячего прессования позволяет изготавливать и применять технологичные высококачественные композитные варисторы на полимерной основе. Следует отметить, что, помимо простоты технологии, композитные варисторы на полимерной основе также являются предпочтительными из-

за некоторых рабочих параметров. Таким образом, можно регулировать стабильность свойств и параметров композитных варисторов, изменяя температурно-временной интервал кристаллизации полимерной матрицы и модифицируя компоненты композита под воздействием электрического газового разряда.

Ключевые слова: ZnO, варистор, полимер, композит, метод синтеза, технологический метод, электрофизические свойства.

TECHNOLOGICAL METHODS USED FOR PREPARATION OF COMPOSITE VARISTORS

AHADZADE SH.M., NURUBEYLI T.K., TAGHIYEVA E.Q.

The use of the hot pressing method defined in the work allows the preparation and application of technologically high-quality polymer-based composite varistors. It should be noted that, apart from the simplicity of the technology, polymer-based composite varistors are also preferred due to some operating parameters. Thus, it is possible to adjust the stability of the properties and parameters of composite varistors by changing the temperature-time interval of polymer matrix crystallization and modifying the components of the composite under the influence of electric gas discharge.

Key words: ZnO, varistor, polymer, composite, synthesis method, technological method, electrophysical properties.

DOI:10.70784/azip.5.2024444

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

РЗАЕВ М.А., НИФТИЕВ С.Н., АЛЕКПЕРОВА М.Ш.

*Азербайджанский Технический Университет, Баку,
Азербайджан, проспект Г. Джавида, 25
rzayevmurad1997@yahoo.com
sakit.niftiyev@aztu.edu.az
sukurovamovlane@aztu.edu.az*

В данной статье рассматривается влияние использования источников реактивной мощности на качество электроэнергии, стабилизацию уровней напряжения, снижение гармонических искажений и улучшение коэффициента мощности. Компенсация реактивной мощности и проблема качества электроэнергии напрямую связаны с мгновенными нагрузками потребителей, напряжением и частотой.

Ключевые слова: качество энергии, реактивная мощность, потери энергии и мощности, регулирование напряжения.

Качество электроэнергии является важным фактором для стабильности современной технологической среды и промышленности. Качество энергии в электрической сети определяется рядом параметров, таких как стабильность уровней напряжения, минимизация гармонических искажений и оптимизация коэффициента мощности.

Отклонения в любом из этих параметров могут привести к неправильной работе устройств потребителей, увеличению потерь энергии и снижению общей эффективности сети. Источники реактивной мощности являются важными средствами для повышения качества энергии в сети. Правильное управление реактивной мощностью повышает надежность и эффективность энергетической сети за счет обеспечения стабильности напряжения и улучшения коэффициента мощности.

Компенсация реактивной мощности также используется для снижения потерь энергии и оптимизации пропускной способности сети. Количество активной, реактивной и полной мощности, передаваемой потребителям по воздушным линиям электропередач, должно быть эквивалентно общей используемой мощности потребителей. В этом случае общая видимая потеря напряжения в элементах сети не должна превышать 5%. Требования нормирования электроэнергии и потерь энергии полностью отражены в литературе. Нормализация представляет собой процедуру определения оптимального уровня потерь в соответствии с экономическими критериями, стоимость которых определяется на основе расчета потерь, в течение которого анализируются возможности снижения фактической структуры каждого компонента. В настоящее время вопросы бесперебойного, надежного и качественного обеспечения электрической энергией производственных предприятий остаются актуальными. Статистический анализ для снижения потерь электроэнергии состоит из нескольких этапов. Эти этапы выполняются в следующей последовательности:

1. Определение места и способа возникновения потерь электроэнергии.
2. Сбор данных из мест возникновения потерь в электросети.
3. Приведение собранных данных в подходящий формат, заполнение и устранение пробелов.
4. Определение факторов, влияющих на потери, и степени их влияния.

Длинная компенсация реактивной мощности показывает более экономичный путь достижения поставленных целей для межсистемных и внутрисистемных связей. На рисунке 1 показаны текущие состояния технических потерь электроэнергии, реактивной и активной мощности в сетях напряжением 35 кВ и 110 кВ.



Рис.1. Соотношение технических потерь энергии при электроснабжении по годам.

В последние годы наблюдается постоянный рост потерь холостого хода в силовых трансформаторах, что свидетельствует о снижении реактивной мощности, поскольку количество присоединяемых потребителей не изменилось, а активная мощность изменяется в незначительной степени. С годами погода в этой ситуации меняется в различных проявлениях в линиях электропередачи и силовых трансформаторах [4]. Тот факт, что в расчетах потерь активной и реактивной мощности воздушные линии электропередачи и силовые трансформаторы в основном включают полную активную мощность, реактивную мощность и номинальные напряжения, показан на (рис. 2).

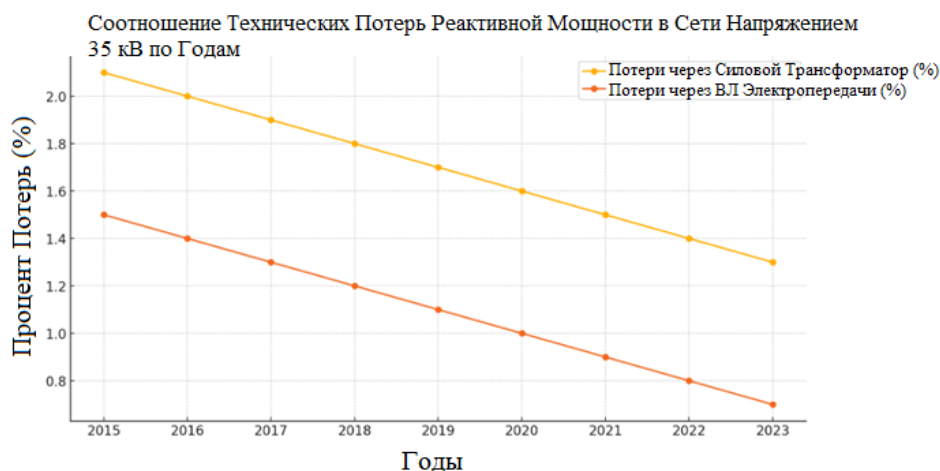


Рис.2. Вид технических потерь в сети напряжения 35 кВ реактивной мощности, передаваемой силовым трансформатором и воздушной линией электропередачи.

Поскольку электрическое напряжение передается на большие расстояния по воздушным линиям электропередачи, они будут иметь потери активной и реактивной мощности. Эти потери определяются по следующим формулам.

Потери активной мощности в линии:

$$\Delta P = 3I^2R = 3\left(\frac{P^2}{3U^2} + \frac{Q^2}{3U^2}\right)R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}R = \frac{S^2}{U^2}R, \quad (1)$$

Потери реактивной мощности в линии:

$$\Delta Q = 3I^2X = 3\left(\frac{P^2}{3U^2} + \frac{Q^2}{3U^2}\right)X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}X = \frac{S^2}{U^2}X, \quad (2)$$

Сюда же будут включены значения активной и реактивной мощности линии электропередачи в выражениях 1 и 2, а также номинальные значения передаваемого напряжения.

Суммарные потери в существующих электрических сетях, т. е. в высоковольтных линиях электропередачи, примечательны тем, что потери в высоковольтных сетях в следующих элементах электросетей сравнительно меньше, чем потери в низковольтных сетях передачи электроэнергии. Поскольку площади поперечного сечения проводов в низковольтных электрических сетях несколько больше, потери в них велики. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрической сети можно разделить на следующие группы:

1. Увеличение коэффициента мощности с использованием систем компенсации и конденсаторов.
2. Создание систем мониторинга в режиме реального времени для мониторинга и оптимизации энергетических потоков.
3. Оптимизация распределения и потребления энергии за счет применения интеллектуальных сетевых систем.

Известно, что при передаче реактивной мощности по проводам это позволяет существенно увеличить силу тока на участках электрических сетей, тем самым создавая ограничения на передачу активной мощности. При продольном компенсационном токе конденсатора I равен току полной нагрузки, а емкость батареи конденсаторов Q представляет собой переменную величину, зависящую от нагрузки в каждый конкретный момент времени. Эту реактивную мощность можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q_k = \frac{I^2}{\omega C} \quad (3)$$

Здесь I – ток полной нагрузки; ω – угловая частота; C – это емкость конденсатора. Основным экономическим преимуществом использования продольной компенсации является экономия энергии [2]. Конечно, компенсация реактивной мощности имеет ряд преимуществ:

1. Компенсация реактивной мощности приводит к меньшим потерям энергии в энергосистеме. Это обеспечивает более эффективное энергопотребление.
2. Внедрение компенсации сохраняет уровни напряжения более стабильными, что повышает долгосрочную надежность электрооборудования.
3. Компенсация реактивной мощности снижает цены, которые потребители энергии платят за электроэнергию, поскольку измерение спроса и расчет тарифов поставщиком энергии становятся более точными.
4. Мощность электропитания можно увеличить, даже если в систему введена дополнительная нагрузка, поскольку компенсация реактивной мощности гарантирует, что система электроснабжения сможет выдерживать большую нагрузку.
5. Электрооборудование, особенно трансформаторы и линии, менее подвержены колебаниям напряжения при компенсации реактивной мощности, что продлевает срок их службы.

6. Компенсация реактивной мощности снижает гармонические искажения в системе и улучшает качество электроэнергии.

Учитывая вышеизложенное, в последние годы можно наблюдать рост потерь активной мощности. В таблице ниже мы можем показать значения потерь в энергосетях Азербайджана в 2018-2023 годах.

Таблица 1.

Значения потерь в энергосетях Азербайджана в 2018-2023 гг.

Год	Максимальное потребление линии напряжения (МВтч)	Потребление подстанции напряжением 220 кВ (МВтч)	Потери активной энергии (%)
2018	1,250,000	850,000	7.3
2019	1,300,000	900,000	7.0
2020	1,350,000	950,000	6.8
2021	1,400,000	1,000,000	6.5
2022	1,450,000	1,050,000	6.3
2023	1,500,000	1,100,000	6.0

- Максимальная потребляемая мощность линии напряжения: максимальная потребляемая мощность линии напряжения в данном году.

- Потребление подстанции напряжением 220 кВ: количество энергии, потребляемой подстанцией напряжения 220 кВ.

- Потери активной энергии: Процентное значение активной энергии, потерянной в электросети.

Сравниваем значения потерь в энергосетях Азербайджана в 2018-2023 годах в зависимости от потребляемой нагрузки. На некоторых подстанциях потери активной мощности могут быть снижены до 16,8%, а потери реактивной мощности — до 20%. Минимизация передачи реактивной мощности может снизить эксплуатационные расходы, связанные со стоимостью активной мощности. Например, принятие мер только для 5 предусмотренных подстанций позволяет снизить перегруженность активной мощности. Если определить системный эффект и комплексный эффект от снижения передачи реактивной мощности в электрических сетях в целом, то он будет на гораздо более высоком уровне [3]. Мы видим потери электроэнергии, передаваемой через трансформаторы с подстанций в разные сезоны года. В следующей таблице приведены нормативно-технические показатели потерь в линиях электропередачи 6-10 кВ. Данные были составлены за ноябрь-декабрь и получены от ОАО «Азеришик».

Таблица 2.

Нормативно-технические показатели потерь в линиях электропередачи 6-10 кВ.

Луна	Электроэнергия, переданная в сеть (кВт*ч)	Полезная электроэнергия (кВт*ч)	Потребление электроэнергии в дневное время (кВт*ч)	Дневная тариф (%) (%)	Ночное потребление электроэнергии (кВт*ч)	Ночной тариф (%) (%)
Ноябрь	500,000	450,000	300,000	60%	150,000	30%
Декабрь	600,000	540,000	360,000	60%	180,000	30%
Общий	1,100,000	990,000	660,000	60%	330,000	30%

Оптимальные потери меняются из года в год в зависимости от нагрузки на сеть и цен на оборудование. Если норматив потерь определяется исходя из предполагаемой загрузки сети (прогнозируемой нагрузки на определенный год) с учетом эффективности реализации всех экономически возможных мероприятий, его можно назвать перспективным нормативом. Анализ случаев снижения потерь активной энергии и улучшения качества электроэнергии осуществляется путем решения следующих задач [5] :

- Определение и оценка резервов системы энергоснабжения и электрогенерирующих

предприятий по снижению потерь активной энергии.

- Замена старого и неэффективного оборудования на более новые и эффективные технологии.
- Обновление и оптимизация кабелей и трансформаторов.
- Установка синхронных компенсаторов и статических конденсаторных батарей.
- Использование шунтирующих реакторов и другого оборудования компенсации реактивной мощности.
- Применение технологий интеллектуальных сетей.
- Продвижение энергоэффективных приборов и оборудования.
- Обеспечение оптимальной загрузки линий электропередачи.
- Использование современного программного обеспечения для анализа сетевой нагрузки и потерь.

Минимизация передачи реактивной мощности может снизить эксплуатационные расходы, связанные со стоимостью активной мощности.

Таблица 4.

Текущее состояние сетей 35 кВ.

Площадь сечения проводов	Потери напряжения %				Потери электроэнергиикВт*ч
	День		Ночь		
АС 35/6.2	0.822	17.83	1.4	19.6	4015.2
АС 35/6.2	3.03	12.91	3.2	18.26	39152.35
АС 35/6.2	3.82	12.22	5.22	15.22	37751.65
АС 35/6.2	1.96	12	3.04	13.56	15125.25
АС 35/6.2	1.85	16	2.2	12.57	19252.44

Если определить системный эффект и комплексный эффект от снижения потерь реактивной мощности в электрических сетях в целом, то он будет на гораздо более высоком уровне. В процессе подачи электроэнергии и энергии потребителям потери возникают в каждом элементе электрических сетей. Анализ структуры потерь энергии проводился с целью изучения составляющих потерь в различных элементах сети и оценки необходимости принятия тех или иных мер, направленных на снижение потерь. Источник реактивной мощности может изменять активную мощность до и после установки. Анализируя данные, можно сделать вывод, что объем потерь активной энергии в сети существенно снижается.

В результате требуется время для реализации всех экономически целесообразных мер по сокращению существующих потерь. Поэтому при определении нормы потерь на следующий год необходимо учитывать эффективность деятельности, которую на практике можно повысить за этот период. Степень потерь определяется при конкретных значениях нагрузки сети. До начала планового периода эти нагрузки определялись на основе аналитических расчетов. Поскольку определения для трех категорий потребителей, получающих энергию от сетей напряжением 0,4 кВ, 6-10 кВ, 35 кВ и 110 кВ, определены дифференцированно, общий коэффициент потерь разбивается на несколько составляющих. Такое разделение должно осуществляться с учетом степени использования сетей разных классов напряжения каждой категории потребителей.

1. Bollen, M. H. J., & Hassan, F. Integration of Distributed Generation in the Power System. John Wiley & Sons. 2011.
2. Ягун В.Г., Ягун Е.В. Применение оптимизационных методов для решения задач улучшения показателей электрических систем. Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. 170 с.

3. Department of Environment and Energy, Australian Government. (Nov. 2017). The Renewable Energy Target (RET) Scheme. [Online]. Available: <http://www.environment.gov.au/climate-change/government/renewable-energy-target-scheme>.
4. Ягун В.Г., Ягун Е.В. Определение режима компенсации реактивной мощности в четырехпроводной трехфазной системе электроснабжения с помощью поисковой оптимизации // Технічна електродинаміка. 2016. № 1. С. 60–66.
5. Халилов Ф.Х., Гольдштейн В.Г., Гордиенко А.Н., Пухальский А.А. Повышение надежности работы электрооборудования и линий 0,4 кВ нефтяной промышленности при воздействиях перенапряжений. М.: Энергоатомиздат, 2015. 356с.
6. IEEE Xplore Digital Library - <https://ieeexplore.ieee.org/>
7. https://www.researchgate.net/publication/371234603_Improving_the_quality_of_electricity_using_the_application_of_reactive_power_sources

REAKTİV GÜC MƏNBƏLƏRİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ ŞƏBƏKƏDƏ ELEKTRİK ENERJİSİNİN KEYFİYYƏTİNİN ARTIRILMASI

RZAYEV M.A., NİFTİYEV S.N., ŞÜKÜROVA M.Ş.

Elektrik enerjisinin keyfiyyəti, xüsusilə müasir cəmiyyətdə və sənayedə, mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Reaktiv güc mənbələrinin istifadə olunması, şəbəkədəki enerjinin keyfiyyətinin artırılması baxımından effektiv həll yollarından biridir. Bu məqalədə reaktiv güc mənbələrinin istifadəsinin elektrik enerjisinin keyfiyyətinə təsiri, gərginlik səviyyələrinin sabitləşdirilməsi, harmonik təhriflərin azaldılması və güc faktorunun yaxşılaşdırılması kimi aspektlər araşdırılacaq. Reaktiv güc kompensasiyası vasitəsilə enerji itkilərinin azaldılması və şəbəkənin güc ötürmə qabiliyyətinin artırılması yolları da müzakirə olunacaq. Bu təhlil, reaktiv güc mənbələrinin tətbiqi ilə şəbəkə etibarlılığının və enerji effektivliyinin artırılmasına yönəldilmişdir və bu sahədə gələcək tədqiqatlar üçün mühüm istiqamətlər təklif edir. Reaktiv gücün kompensasiyası və elektrik enerjisinin keyfiyyəti problemi ani istehlakçı yükləri, gərginlik və tezlik ilə birbaşa bağlıdır.

Açar sözlər: enerji keyfiyyəti, reaktiv güc, enerji və güc itkiləri, gərginlik tənzimlənməsi.

IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRIC POWER IN THE GRID THROUGH THE USE OF REACTIVE POWER SOURCES

RZAYEV M.A., NIFTIYEV S.N., SHUKUROVA M.S.

The quality of electric power is of crucial importance, especially in modern society and industry. The use of reactive power sources is one of the effective solutions for improving the quality of energy in the grid. This paper will explore aspects such as the impact of reactive power sources on the quality of electric power, voltage level stabilization, reduction of harmonic distortions, and improvement of the power factor. It will also discuss ways to reduce energy losses and increase the power transmission capacity of the grid through reactive power compensation. This analysis is aimed at enhancing grid reliability and energy efficiency through the application of reactive power sources and proposes important directions for future research in this field. The issue of reactive power compensation and power quality is directly related to instantaneous consumer loads, voltage, and frequency.

Key words: power quality, reactive power, energy and power losses, voltage regulation.

DOI:10.70784/azip.5.2024450

AĞILLI ŞƏBƏKƏ SİSTEMLƏRİ**MİRZƏYEVA S.M., İSMİYEVA N.H., MUSTAFAYEVA F.M.**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20
sevinc.mirzeyeva@asoiu.edu.az
natavan.ismiyeva@asoiu.edu.az
fidan.mustafayeva@asoiu.edu.az

Ağıllı şəbəkə enerji ilə bağlı bütün məlumatların və bildirişlərin şəffaf, fasiləsiz və ani iki tərəfli ötürülməsi kimi müəyyən edilə bilər. Bu ötürmə elektrik sənayesinə enerji paylanması və ötürülməsini daha yaxşı idarə etməyə imkan verir və enerji istehlakçılarına enerji davranışları üzərində daha çox nəzarət imkanı verir. Ağıllı şəbəkə real vaxt rejimində məlumat vermək və elektrik şəbəkəsinin ani tələb-təklif balansını yaratmaq üçün rabitə və informasiya texnologiyalarından istifadənin üstünlüklərini təcəssüm etdirir.

Açar sözlər: ağıllı şəbəkə, sayğaclar, enerji itkiləri, monitoring, ətraf mühit.

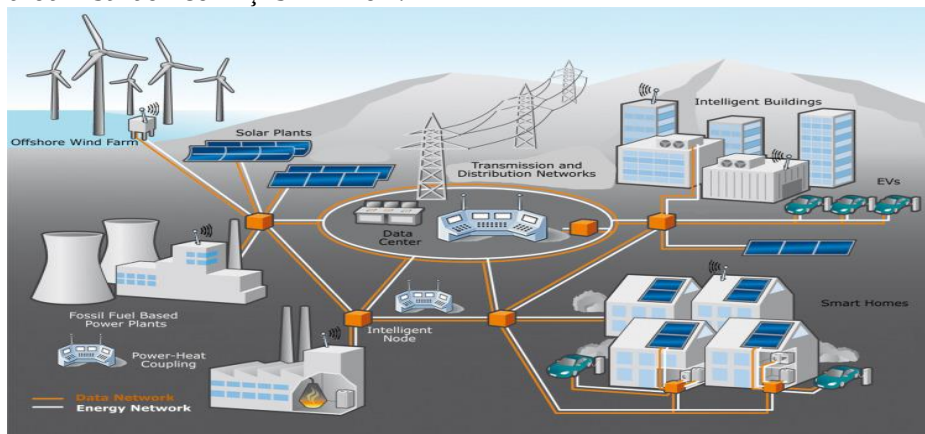
Ağıllı şəbəkə nədir?-İşçi qüvvəsini azaldan, iqtisadi cəhətdən səmərəli, yüksək keyfiyyətli və təhlükəsizliyi təmin etməyi hədəfləyən, enerjini mənbədən istehlaka ən uyğun və davamlı şəkildə ötürən, inteqrasiyanı təmin edən və özünü təmin edən sistemlər olaraq təyin olunur.

Avropa Texnologiya Platforması - (Avropa Komissiyası 2006)-“Ağıllı şəbəkə; “Bu, davamlı, iqtisadi və təhlükəsiz elektrik təchizatını səmərəli şəkildə təmin etmək üçün ona qoşulmuş bütün istifadəçilərin (generasiya stansiyaları, enerji istehlakçıları, həm enerji istehsal edən, həm də istehlak edən istehlakçılar) hərəkətlərini ağıllı şəkildə birləşdirə bilən elektrik şəbəkəsidir.”

Enerji və İqlim Dəyişiklikləri Departamenti, Böyük Britaniya – (Enerji və İqlim Dəyişikliyi Departamenti, Böyük Britaniya 2009)-“Ağıllı şəbəkə sensor, quraşdırılmış emal və rəqəmsal kommunikasiya texnologiyalarından istifadə edərək elektrik şəbəkəsinin aşağıdakı xüsusiyyətlərini ehtiva edir:

Müşahidə edilə bilən (ölçülə və vizuallaşdırıla bilər), İdarə olunan (tənzimləmə və optimallaşdırıla bilər), Avtomatlaşdırılmış (uyğunlaşa bilən və özünü sağaldan), Tam inteqrasiya olunmuş (müxtəlif enerji mənbələrini birləşdirmək qabiliyyətinə malik mövcud sistemlərlə işləyə bilər).

ABŞ Enerji Departamenti (Enerji Departamenti, ABŞ 2009)-“Ağıllı şəbəkələr həm iqtisadi, həm də enerji baxımından paylayıcı sistemlərdən tutmuş elektrik istehlakçılarına, paylanmış enerji istehsal mənbələrindən enerji saxlama qurğularına qədər geniş spektrli elektrik sistemi elementlərinin etibarlılığını, təhlükəsizliyini və səmərəliliyini artırmaq üçün rəqəmsal texnologiyalardan istifadə edən şəbəkələrdir.



Şək.1.Ağıllı Şəbəkə sistemi.

Ağıllı Şəbəkə sisteminin tətbiqləri-Hazırda bir çox ölkələrdə olduğu kimi ölkəmizdədə ağıllı şəhərlərin əhəmiyyəti günü-gündən artır. Ağıllı şəbəkənin iş prinsipi əsasən enerji istehsalından istehlakına qədər bütün infrastrukturun vahid mərkəzdən idarə olunması prinsipinə əsaslanır. Təbii qaz, elektrik, su və telekommunikasiya sistemlərinin hər biri vahid mərkəzdən idarə olunur və sistemlərin səmərəli işləməsini təmin edərək infrastrukturun idarə olunmasını həyata keçirir. Bu baxımdan smart şəbəkələr coğrafi informasiya sistemləri vasitəsilə müasir kompüter və şəbəkə texnologiyalarının bu günkü şəbəkələrə inteqrasiyasıdır. O, məlumatları ağıllı şəkildə emal edir, yoxlayır və aldığı məlumatların təhlilinə uyğun olaraq ehtiyacları idarə edir.

Ağıllı şəhərlər üçün vacib komponent olan ağıllı şəbəkələr bizi etibarlılıq, əlçatanlıq və səmərəlilik dövrünə gətirməkdə böyük rol oynayır. Klassik şəbəkə sistemlərindən ağıllı şəbəkələrə keçid dövründə sınaq, texnologiyanın təkmilləşdirilməsi, istehlakçıların maarifləndirilməsi, standartların, qaydaların hazırlanması və layihələr arasında məlumat mübadiləsi smart şəbəkədən gözlədiyimiz faydaların reallığa çevrilməsini təmin etmək üçün kritik əhəmiyyət kəsb edəcəkdir.

Ağıllı şəbəkələrə strukturlarına görə aşağıdakı xüsusiyyətlər daxildir:

- Müşahidə edilə bilən (ölçülə bilən və vizuallaşdırıla bilən),
- İdarə edilə bilən (tənzimlənən və optimallaşdırılmış),
- Avtomatlaşdırılmış (adaptiv və öz-özünə müalicə),
- Tam inteqrasiya (müxtəlif enerji mənbələrini birləşdirərək mövcud sistemlərlə işləyə bilən).

Ağıllı şəbəkə sistemlərinin üstünlükləri aşağıdakılardır:

- Mərkəzi sistemdən idarə oluna bilir,
- Uzaqdan şəbəkələrin ani monitorinqi və nəzarəti,
- GIS əsasında canlı verilənlər bazası olması,
- Bir-biri ilə əlaqəli şəbəkə əməliyyat qaydalarına və istifadəçilərin icazə səviyyəsinə uyğun olaraq inventarın idarə edilməsi,
- Daxili və xarici sistemlərlə (Çağrı Mərkəzi, ABYS, UAVT, SCADA, TAKBİS, ERP, CRM və s.) inteqrasiya etmək bacarığı,
- Abunəçi, küçə, bina və ərazi əsasında istehlak və hesablama təhlilləri,
- Yeni obyekt, kəsilmə, nasazlıq-xidmət izləmə və təsirə məruz qalan abunəçilərin müəyyən edilməsi,
- İtki və oğurluq nisbətinin azaldılması,
- Səhə qruplarının asan idarə edilməsi və nasazlıq halında mümkün qədər tez müdaxilə etmək bacarığı,
- Sistemin ehtiyac duyacağı investisiyalar əldə edilən məlumatlarla daha yaxşı planlaşdırıla bilər,
- Səmərəlilik və xərc yönümlü ehtiyacları uyğun fərdiləşdirilmiş hesabatların yaradılması,
- Xərc, enerji və vaxta qənaət.

Ağıllı Şəbəkə Komponentləri

Ağıllı şəbəkələrin əsas komponentləri bunlardır:

- ✓ Intelligent Uzaqdan Mərkəzi İdarəetmə
- ✓ Ağıllı Stansiyalar
- ✓ Ağıllı İstehsal
- ✓ Ağıllı Paylama
- ✓ Ağıllı Sayğaclar
- ✓ İnteqrasiya edilmiş Kommunikasiya

Ağıllı Şəbəkənin elektrik şəbəkəsi infrastrukturuna daxil edilməsi aşağıdakı üstünlükləri təmin edir:

1. Ənənəvi şəbəkələrdə mümkün olmayan səviyyədə şəbəkə etibarlılığı,

2. Hələ gözlənilməyən irəliləyişlərə və effektivliyə icazə vermək,
3. Elektrik enerjisinin qiymətlərinə aşağı istiqamətli təzyiq göstərmək,
4. İstehlakçıları sərfəli enerji ilə bir araya gətirmək,
5. İstehlakçılara daha çox məlumat və təchizat variantları təqdim etmək,
6. Şəbəkədə ənənəvi və bərpa olunan enerji mənbələrinin bir-biri ilə harmoniyada olmasını təmin etmək,
7. Şəbəkəyə fasilələrlə enerji verən bərpa olunan enerjinin daha geniş integrasiyasını təmin etmək,
8. Təkcə enerji sektorunda deyil, həm də nəqliyyat sektorunda inqilabı təmin etmək,
9. Nəhayət və ən əsası, səmərəliliyi təmin etmək.

Ağıllı Şəbəkə istehlakçıların daha təmiz enerji mənbələrinə müraciət etməsinə, daha az karbon emissiyasına üstünlük verməsinə, bərpa olunan enerji mənbələrindən faydalanmasına və ekoloji cəhətdən daha təmiz istehsal çıxışına imkan verməklə nəfəs aldığımız təmiz havaya və ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılmasına mühüm töhfə verir. Bundan əlavə, ağıllı şəbəkə istehlakçılara enerji qiymətləri üzərində nəzarət etməyə imkan verəcək, daha səmərəli və şüurlu istehlakçılar yaradacaq ki, bu da yüksək tələbat dövrlərində qalıq yanacaq ilə işləyən istehsal güclərinə əlavə ehtiyacı minimuma endirəcək və bununla da emissiya dərəcələrini azaldacaq.

Ağıllı Şəbəkə sistemi. Ağıllı şəbəkənin nə olduğunu başa düşmək onunla ənənəvi şəbəkə arasındakı fərqləri aşkar etməklə daha başa düşülən ola bilər. Ənənəvi şəbəkə ilə Ağıllı şəbəkə arasındakı ən mühüm fərqlərdən biri istehlakçı və şəbəkə arasında ikitərəfli məlumat mübadiləsidir. Məsələn, "Ağıllı şəbəkə" konsepsiyası çərçivəsində istehlakçılar smart termostatdan cari elektrik enerjisi qiymətləri haqqında signal ala və bu qiymətlərə uyğun olaraq temperaturu tənzimləyə bilər və istehlakçıya rahatlığını qoruyub saxlamaqla xərclərə qənaət etməyə imkan verir.

Aşağıdakı cədvəldəki müqayisə ənənəvi şəbəkənin niyə bugünkü ehtiyacları ödəyə bilmədiyini daha aydın şəkildə ortaya qoyur.

Cədvəl 1.

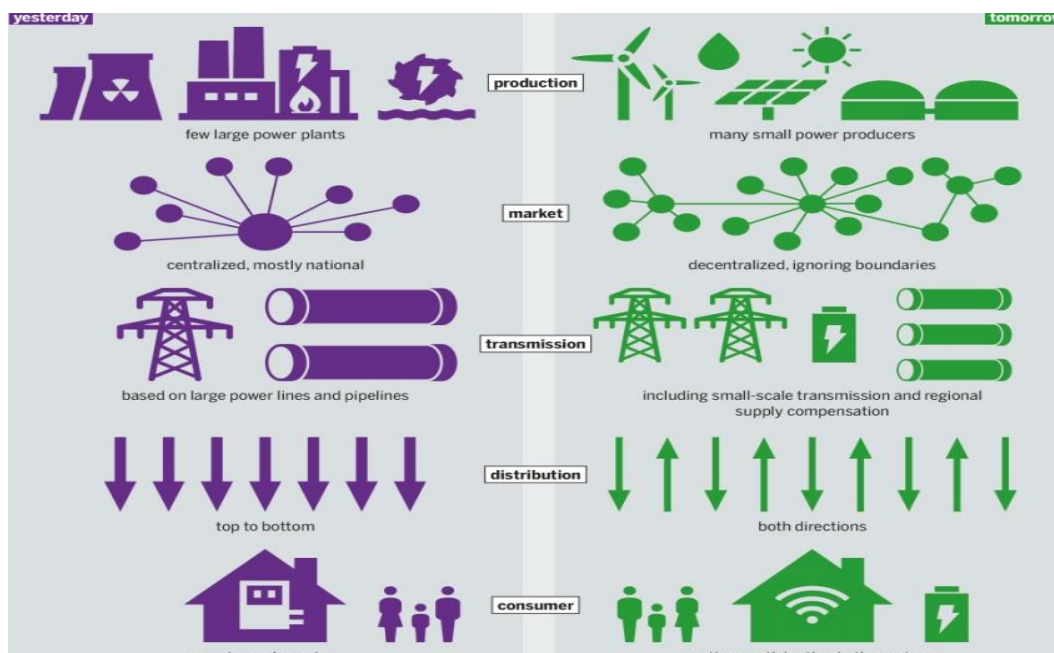
Ənənəvi şəbəkə ilə ağıllı şəbəkə arasındakı ən mühüm fərqlər

Ənənəvi şəbəkə	Ağıllı şəbəkə
Elektromexanika (Elektronsistemlərlə mexaniki sistemlərin nəzarəti)	Rəqəmsal/Mikroprosessor
Birtərəfli və yerli ikitərəfli rabitə	Qlobal/integrasiya edilmiş ikitərəfli rabitə
Mərkəzi istehsal	Paylanmış nəslə uyğunlaşma
İzləməyoxdur	Özünü monitorinq
Manual təmir	Avtomatik, özünü müalicə
Manual nəzarət	Uzaqdan idarəetmə
Sistem nasazlığı ehtimalları üzərində məhdud nəzarət	Nasazlıqların proqnozu
Təxmini etibarlılıq	Proqnozlaşdırma etibarlılığı

Ağıllı şəbəkələrin köməyi ilə enerji paylanması zamanı istifadəçilərin təhlükəsizliyi də təmin edilir. Başqa sözlə deyə bilərik ki, smart şəbəkənin əsas məqsədi istehsalçılar və istehlakçılar arasında sadə və sürətli əlaqəni təmin etməklə yanaşı, lazımi təhlükəsizliyə nail olmaqdır. Ağıllı şəbəkə sistemlərinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq klassik şəbəkələrə tələbat azalır.

Enerji İdarəetməsində Ağıllı Şəbəkə Texnologiyalarının Rolu-Dünya əhalisinin artması və sənaye artımı elektrik enerjisinə tələbatı günü-gündən artırır. Qalıq yanacaqlardan əldə edilən elektrik enerjisi ətraf mühitin çirklənməsi ilə bağlı narahatlıqları artırır. Buna görə də, yaşayış və sənaye obyektlərində bərpa olunan enerjinin integrasiyası artır. Bu prosesdə külək

və günəş enerjisi kimi yaşıl enerji texnologiyaları mühüm yer tutur və əldə edilən elektrik enerjisi elektrik şəbəkəsinə qoşula və ya əlaqəsi kəsilmiş sistemlərdə istifadə edilə bilər.



Şək.2. Ağıllı Şəbəkə sisteminin əhəmiyyəti.

Ağıllı şəbəkə sistemləri, enerji ehtiyaclarının bir hissəsini özləri istehsal edə bilən, enerji saxlama həlləri təmin edən və lazım olduqda bu enerjini yenidən şəbəkəyə satan strukturlar kimi təyin edilə bilər. Elektrik şəbəkəsinin modernləşdirilməsi prosesində hər bir komponent ekoloji cəhətdən təmiz, çevik və adaptiv olmalıdır. Pier MTTP bu adaptiv sistemlərin inkişafı üçün qabaqcıl texnologiyalar təklif edir və bu sistemləri daha səmərəli etmək üçün çalışır.

Pier MTTP-nin Ağıllı Şəbəkə Strukturu-Ağıllı şəbəkələr mövcud elektrik infrastrukturunu İT infrastrukturuna ilə birləşdirərək yaradılır. Bu şəbəkələrin əsas məqsədi itirilmiş və qeyri-qanuni elektrik enerjisi tariflərini azaltmaqla enerjidən səmərəli istifadə etməkdir. Bundan əlavə, bərpa olunan enerji mənbələrindən istehsal olunan enerjinin sistemə inteqrasiyası bu strukturların məqsədləri arasındadır. Pier MTTP, bu inteqrasiya proseslərində yüksək performanslı həllər təmin etməklə daha səmərəli enerji istehsalına və paylanmasına töhfə verir. Ağıllı şəbəkə infrastrukturunu ilkin olaraq yüksək xərcli layihələr kimi görünsə də, verilən enerji qənaəti sayəsində bu xərclərin qısa müddətdə bərpa ediləcəyi gözlənilir.

Aparat və Proqram Komponentləri-Ağıllı sayğaclar və ağıllı məişət texnikası bu sistemlərin mühüm aparat komponentləridir. Proqram təminatı tərəfində məlumat infrastrukturuna, internet-əsaslı sistemlər və intuitiv marşrutlaşdırma proqramı önə çıxır. Pier MTTP bu sahədə inkişaf etdirdiyi innovativ proqram təminatı və inteqrasiya olunmuş həllər ilə smart şəbəkələrin səmərəliliyini artırır və enerji idarəetmə proseslərini optimallaşdırır. Ağıllı sayğaclar bu cihazların istifadəsinə nəzarət etmək üçün ağıllı ev avtomatlaşdırılması ilə əlaqə saxlaya bilər və elektrik enerjisinin qiyməti dəyişkən olduqda xərcləri azaltmağa kömək edə bilər.

Enerji Saxlama Texnologiyaları-Enerji saxlama texnologiyalarına superkondensatorlar, mikro superkeçirici maqnit enerji saxlama sistemləri, nasoslu hidroelektrik, sıxılmış hava enerjisinin saxlanması, natrium kükürd batareyaları və litium-ion batareyaları kimi seçimlər daxildir. Pier MTTP bu texnologiyaların optimallaşdırılması və onların smart şəbəkə sistemləri ilə inteqrasiyası üçün geniş çeşidli həllər təklif edir.

Ağıllı Şəbəkələrdə Süni İntellekt və Əşyaların İnternetinin istifadəsi-Ağıllı şəbəkələr daha səmərəli, çevik və etibarlı elektrik infrastrukturuna təmin edərək enerjinin idarə edilməsində böyük inqilab yaradır. Bu transformasiyanın arxasında duran ən mühüm texnologiyalardan ikisi

süni intellekt (AI) və Əşyaların İnterneti (IoT) kimi fərqlənir. Süni intellekt, ağıllı şəbəkələrdə böyük həcmdə məlumatı təhlil edərək enerji istehsalı, ötürülməsi və paylanması proseslərində daha təsirli qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Məsələn, AI alqoritmləri enerji tələbatını proqnozlaşdırır, yük balansını həyata keçirir və nasazlıqları erkən aşkar etməyə kömək edə bilər. IoT şəbəkə komponentlərinin bir-biri ilə əlaqə saxlamasına və real vaxt məlumat mübadiləsinə imkan verməklə sistemin çevikliyini artırır.

Pier MTTP süni intellekt və IoT texnologiyalarını birləşdirən həllər hazırlayaraq smart şəbəkələrin səmərəliliyini və etibarlılığını artırır. Pier MTTP tərəfindən təklif olunan qabaqcıl texnologiyalar enerji paylayıcı şəbəkələrdə smart sayğaclar, sensorlar və idarəetmə sistemləri arasında əlaqə yaratmağa imkan verir. Bu sistemlər enerji istehlakı vərdişlərini təhlil edərək daha yaxşı idarəetmə strategiyaları yaratmağa imkan verir. Bundan əlavə, süni intellektlə dəstəklənən qərar qəbuletmə sistemləri enerji təchizatının təhlükəsizliyini artırarkən şəbəkənin mürəkkəbliyini idarə etməyi asanlaşdırır.

Ağıllı Şəbəkələrin Ətraf Mühitə Təsirləri-Ağıllı şəbəkələr ekoloji davamlılıq üçün böyük imkanlar təklif edir. Ənənəvi enerji sistemləri yüksək enerji itkilərinə səbəb olsa da, ağıllı şəbəkələr bu itkiləri minimuma endirir və enerji səmərəliliyini artırır. Bərpa olunan enerji mənbələrinin şəbəkəyə inteqrasiyası qalıq yanacaq istifadəsini azaltmaqla karbon emissiyalarını daha effektiv şəkildə azaldır və ətraf mühitə mənfi təsirləri minimuma endirir. Pier MTTP ağıllı şəbəkə layihələrində ekoloji cəhətdən təmiz həllər təklif edərək bu prosesə öz töhfəsini verir. Şirkət yaşıl enerji texnologiyalarını birləşdirən sistemlər inkişaf etdirməklə həm enerji səmərəliliyini artırır, həm də ətraf mühitə təsirini azaldır. Ağıllı şəbəkələr sayəsində enerji istehlakı və istehsalı daha yaxşı idarə edilərkən, dinamik qiymət sistemləri və tələb-cavab proqramları vasitəsilə enerji resurslarının ən səmərəli istifadəsini təmin edir. Bu, həm ekoloji davamlılıq məqsədlərinə nail olmağa kömək edir, həm də enerji xərclərinin azaldılmasına töhfə verir.

NƏTİCƏ

Ağıllı şəbəkələr pik enerji istehlakını azaltmaqla enerji istifadəsini balanslaşdırır və dinamik qiymət sistemlərinin effektivliyini artırır. Tənzimləmələr və enerji xətlərinin gücləndirilməsi ilə enerji bazarında tələb uyğunlaşması, kəsintilərin proqnozlaşdırılması və nasazlıqların avtomatik aradan qaldırılması smart ölçmə və məlumat ötürmə texnologiyalarının inteqrasiyası ilə əldə edilə bilər. Pier MTTP, təklif etdiyi yenilikçi həllər ilə enerji sektorunda davamlı və səmərəli gələcəyə töhfə verməyi hədəfləyir.

-
1. "Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions" by James A. Momoh
 2. "Smart Grid: Technology and Applications" by Janaka Ekanayake, Nicholas Jenkins, Kithsiri Liyanage, and others
 3. "Smart Grid Handbook, 3 Volume Set" edited by Frank D. Schultze
 4. "A Survey of Smart Grid Technologies and Applications" – *IEEE Transactions on Industrial Informatics*
 5. "The Role of Smart Grids in the Integration of Renewable Energy Sources" – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
 6. "Smart Grid: An Introduction" – *U.S. Department of Energy (DOE)*
 7. "The Future of the Grid: A Summary of the Key Drivers and Technology Challenges" – *International Energy Agency (IEA)*
 8. "Smart Grid Systems" – *Coursera (offered by University at Buffalo)*
 9. "The Smart Grid" – *FutureLearn (offered by The University of Strathclyde)*
 10. www.smartgrid.gov
 11. www.sqip.org
 12. www.ieee.org/smartgrid

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

МИРЗАЕВА С.М., ИСМИЕВА Н.Х., МУСТАФАЕВА Ф.М

Интеллектуальную сеть можно определить как прозрачную, бесперебойную и мгновенную двустороннюю передачу всей информации и уведомлений, связанных с энергией; эта передача позволяет электроэнергетической отрасли лучше контролировать распределение и передачу энергии, а потребителям электроэнергии — больший контроль над поведением энергии. Интеллектуальная сеть воплощает преимущества использования коммуникационных и информационных технологий для предоставления информации в режиме реального времени и создания мгновенного баланса спроса и предложения электросети

Ключевые слова: интеллектуальная сеть, счетчики, потери энергии, мониторинг, окружающая среда.

SMART GRID SYSTEMS

MIRZAYEVA S.M., ISMIYEVA N.H, MUSTAFAYEVA F.M.

The smart grid can be defined as the transparent, uninterrupted and instantaneous two-way transmission of all energy-related information and notifications; this transmission allows the electrical industry to better control energy distribution and transmission, and gives power consumers greater control over energy behavior. The smart grid embodies the advantages of using communication and information technology to provide real-time information and create an instant supply-demand balance of the power grid

Key words: smart grid, meters, energy losses, monitoring, environment.

YAŞIL DÜNYA YAŞIL TEXNOLOGİYA VƏ YAŞIL ENERJİ**RƏHİMOVA N.Ə., ABDULLAYEV V.H., ABBASOVA V.S., AGAZADE J.F.**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Abdulvugar@mail.ru

Sənaye inqilabının başlaması ilə insanın təbiətə verdiyi zərər daha da artmağa başlamışdır. Digər tərəfdən, artıq müasir dövr insanlarında “təbiəti qorumaq” istiqamətində fərdi şüur inkişaf etməyə başlamışdır. Və bu da özünü texnologiyanın inkişafında da göstərməyə başlamışdır. Müasir dövrdə texnologiyalar “Ətraf-mühit dostu” olaraq inkişaf etdirilməyə və tətbiq edilməyə başlanmışdır. Bu digər adı ilə “Yaşıl texnologiyalar” olaraq həyatımıza daxil olmuşdur. Və yaşıl texnologiyalar “yaşıl və davamlı” bir həyatın əsas hissələrindən birinə çevrilmişdir. Davamlılıq modern təbiət-əsaslı layihələrin əsasını təşkil edir. Davamlılığın təmin edilməsi davamlı inkişaf məqsədləri kimi qəbul edilən 17 DİM çərçivəsində həyata keçirilir. Burada əsas məqsəd həm insanlığın həm də təbiətin daha yüksək bir həyat keyfiyyətinə sahib olmasıdır. Məqalədə Davamlılıq, Yaşıl dünya üçün nəzərdə tutulan yaşıl texnologiyalar və yaşıl enerji haqqında qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: davamlılıq, yaşıl dünya, yaşıl texnologiya, yaşıl enerji.

Giriş: Bəşəriyyətin gələcəyi üçün əsas addımlardan biri daha təmiz, həyat keyfiyyətinin daha yüksək olduğu, həm insanların həm də təbiətin birgə qarşılıqlı amma zərərsiz təsirinin həyata keçirilməsidir. Burada, əsas açar sözlərdən biri “davamlılıqdır”. Davamlılıq bəşəriyyətin və təbiətin əsasıdır. Bugün yaradılan davamlılıq gələcək nəsillər üçün daha yaxşı bir gələcək təmin etmək üçündür.

Davamlılığın təmin edilməsi əsas strategiyalardan biridir.

Davamlılıqla əlaqəli bir çox anlayışlar vardır: Davamlı inkişaf, davamlı ekosistem, davamlı yaşayış, davamlı biomüxtəliflik, davamlı mənbələr və s.

Davamlılığın təmin edilməsində əsas köməkçi vasitələrdən biri də texnologiyalardır. Xüsusilə, ağıllı texnologiyalar bəşəriyyətə təbiətin resurslarından səmərəli istifadə etməyə kömək edir. Digər sözlə, ağıllı texnologiyalar da bu prosesə uyğunlaşır. Bugün bu cür texnologiyalar “təbiət dostu” kimi tanınır və burada, əsasən Yaşıl Texnologiya terminindən istifadə edilir.

Yaşıl texnologiyalar yalnız “insan-mərkəzli” sahələrdə deyil, bütün sənayelərdə: məişətdən böyük istehsalat sənayələrinə qədər, tətbiq edilir. İstər məişət daxilində istərsə də böyük sənayelərdə tətbiq ilk öncə insanın öz fərdi düşüncəsindən asılıdır. Çünki, hələ də ağıllı cihazlar insandan müəyyən dərəcədə asılıdır.

1. Davamlılıq və Davamlı İnkişaf konsepsiyası

Davamlılıq dedikdə, “Gələcək nəsillərin öz ehtiyaclarını ödəmək qabiliyyətinə xələl gətirmədən indiki ehtiyacların ödənilməsi” [1] nəzərdə tutulur. Davamlı təcrübələr ekoloji, insan və iqtisadi sağlamlıq və canlılığı dəstəkləyir. Davamlılıq ehtiyatların məhdud olduğunu və uzunmüddətli prioritetləri və resurslardan istifadə üsullarının nəticələrini nəzərə alaraq mühafizəkar və ağıllı şəkildə istifadə edilməli olduğunu nəzərdə tutur [2].

Davamlılığın təcəssüm etdirdiyi məsələlər və narahatlıqlar (problemlər) geniş və çoxsaylıdır. Onlar resurs təchizatı (su, enerji, mineral, qida), iqlim dəyişikliyi və çirklənmə, tullantıların idarə edilməsi (zəhərli, təhlükəli, radioaktiv, konvensiya) kimi müxtəlif məsələləri əhatə edir [3].

Əsas məsələ, təbiətə zərər verə biləcək amilləri aradan qaldırmaq (ən azından, azaltmaq) və təbiətin insanlara təqdim etdiyi resurslardan səmərəli istifadə etməkdir.

Davamlı inkişaf

Davamlı inkişafın da izahı davamlılıq ilə bənzərdir. Digər tərəfdən davamlı inkişafa müxtəlif məzmunlu izahlar vermək mümkündür.

Davamlı inkişaf dörd əsas səbəbə görə diqqət cəkir [4].

1. Davamlı inkişaf Birləşmiş Millətlər Təşkilatının planet üçün planının son məqsədi hesab olunur və bir çox ölkələr davamlı inkişaf məqsədinə nail olmaq üçün razılığa gəliblər [4, 5, 6].
2. Davamlı inkişaf hər nəsil üçün dayanıqlı planeti təşviq etməyə kömək edir [4, 7, 8].
3. Davamlı inkişaf bütün inkişaf məqsədlərinin anası hesab olunur, çünki bütün digər inkişaf məqsədlərinin məqsədi davamlı inkişafa nail olmaqdır.
4. Davamlı inkişafın bütün insanlara və ətraf mühitə davamlı sosial-iqtisadi faydalar gətirməsi gözlənilir [9].

Bir yanaşma kimi nəzərdən keçirildikdə, Davamlı inkişaf, resursları başqaları üçün mövcud olmağa davam etdirməyə imkan verən şəkildə istifadə edən inkişafa bir yanaşmadır [10, 11].

2. Yaşıl və Davamlı Həyat

Yaşıl və ya davamlı həyat bir həyat tərzidir. Hansı ki, burada insanlar təbiətin resurslarından səmərəli istifadə edir, ətraf-mühit ilə qarşılıqlı təsirlər düzgün idarə edilir, sosial, iqtisadi və ekoloji davamlı inkişaf təmin edilir. Bu bir insan və ya böyük bir cəmiyyət (insan topluluğu) tərəfindən həyata keçirilir.

Aşağıdakı kimi tərif vermək olar: [12] “Yaşıl həyat Yerin təbii ehtiyatlarının, yaşayış yerlərinin, insan sivilizasiyasının və biomüxtəlifliyin mühafizə olunması və qorunmasında tarazlıq yaratmağa çalışan həyat tərzidir.”

Davamlı həyat tərzini əsasən yuxarıda qeyd edilən davamlı inkişaf məqsədlərini özündə ehtiva edir. Bu məqsədlərin həyata keçirilməsi davamlı həyat tərzinin tam inkişafına təkan verir.

Yaşıl Həyat tərzinə keçid etmək üçün bir sıra addımlar atmaq lazımdır. Bunlar, əsasən təbii resursların qorunması, təbiətin qorunması, sosial münasibətlərin inkişafı, iqtisadi, sosial, ekoloji düzgün idarəetmənin əsaslarını təşkil edir.

Yaşıl və davamlı həyat tərzini üçün əsas köməkçi vasitələrdən biri texnologiyadır. Başqa sözlə, modern bir yaşayış üçün insan və texnologiya arasındakı qarşılıqlı təsirlər bir vəhdət halında inkişaf etməlidir.

İnsana ən yaxın olan texnologiyalar fiziki və virtual ağıllı texnologiyalardır. Bu baxımdan, insan və maşın mərkəzli sistemlərdə də hər iki tərəf düzgün qarşılıqlı təsirdə olmalıdır. Hansı ki, bu, davamlılığın inkişafı və gələcəyi üçün önəmlidir.

Bugün yaşıl həyatın inkişafına kömək edən texnologiyalar özləri də bu terminlə birlikdə istifadə edilərək, yaşıl texnologiyalar adını almışdır.

3. Yaşıl Texnologiyalar

Yaşıl Texnologiyalar (ing. Green Tech) istehsalının əsas məqsədi iqlim dəyişikliyinə nəzarət etmək, təbii ətraf mühiti qorumaq, qalıq yanacaq kimi Bərpa olunmayan mənbələrdən asılılığımızı azaltmaq və ətraf mühitə dəyən zərəri sağaltmaqdır [13]. Başqa sözlə, daha ideal bir mühit yaratmaq, insan və təbiət arasındakı asılılığı düzgün formada idarəetmək, hətta sağaltmaq üçün tətbiq edilən texnologiyalardır.

Yaşıl Texnologiya marketoloqların bu günlərdə davamlı inkişaf üçün əsas strategiya kimi istifadə etdikləri mühüm konsepsiyadır. Bu tədqiqat texnologiya baxımından davamlılıq konsepsiyasına diqqət yetirir. Yaşıl texnologiyanın özü 1970-ci illərin sonlarında tədqiqat mövzusu kimi inkişaf etmişdir [14].

Bir texnologiyanın yaşıl texnologiyaya çevrilməsi üçün lazım olan əsas meyarları aşağıdakı kimi qeyd etmək olar: [15, 16]

- Ətraf mühitin deqradasiyasını minimuma endirir
- Sıfır istixana qazı emissiyası
- Həyatın bütün formaları üçün sağlam və təkmilləşdirilmiş mühiti təşviq edir
- Enerji və təbii ehtiyatlardan istifadəyə qənaət edir

- Bərpa olunan mənbələrdən istifadəni təşviq edir

Əgər bir texnologiya bunları edə bilirsə o zaman o texnologiyanı yaşıl texnologiya kimi qəbul etmək olar.

4. Yaşıl Enerji

Yaşıl Texnologiyaların tətbiq sahələri gündəlik məişətdən (həyatından) iri sənayelərə qədər müxtəlif sahələri əhatə edir. Bunlardan biri də Enerji sektorudur.

Yaşıl texnologiyaların enerji sektorunda tətbiqi yaşıl enerjinin əldə edilməsinə imkan verir. Yaşıl enerji davamlı və bərpa oluna bilən enerjilərdir. Bunlar, günəş enerjisi, külək enerjisi, geotermal enerji və s.

Bunlar üçün nəzərdə tutulan texnologiyalar isə

- Günəş Panelləri,
- Perovskit Günəş Hüceyrələri,
- Batareyalar,
- Hidrogen (hidrogen əsaslı texnologiyalar) və s.

Qeyd edildiyi kimi, Yaşıl Texnologiyalar birbaşa yaşıl enerjiyə təkan verən vasitələrdəndir. Bunlar əsas olaraq bərpa oluna bilən enerjini təşviq edir.

Bərpa oluna bilən enerji tükənməz bir enerji mənbəyi olaraq, modern dövrdə və eləcə də gələcəkdə insanların daha çox istifadə edəcəyi bir enerji növüdür. Bərpa olunan enerji təbiətin insanlara qarşılıqsız verdiyi enerjidir. Bunlar: günəş enerjisi, külək enerjisi, geotermal enerji, hidrolik, okean enerjisi, bioenerji və s. Ən böyük bərpa olunan enerji Günəş enerjisidir. Tükənməz enerji mənbələri olaraq insanların istifadəsi üçün mövcud olan bu enerji mənbələri daha təmiz bir Dünya üçün ideal vasitələrdir. Onlar digər növ enerjilərin təbiətə verdiyi ziyanın qarşısının alınması, azaldılması üçün əsas köməkçilərdir.

Yaşıl Enerjini təşviq edən əsas Yaşıl texnologiyalardan bəziləri isə aşağıdakılardır:

Günəş panelləri

Ən böyük bərpa oluna bilən enerji mənbəyi Günəşdir. Ondan əldə olunan enerji ilə elektrik, istilik enerjisi yaratmaq, suyu duzsuzlaşdırmaq [17] mümkündür. Bundan əlavə, günəşdən əldə edilən enerjiden istifadə zamanı ətraf mühitə hər hansı bir çirklənmə, istixana effekti kimi təsirlər baş vermir.

Günəş enerjisinin əldə edilməsi üçün istifadə edilən vasitə günəş panelləridir. Günəş panellər yaşıl texnologiya kateqoriyasına aiddir. Günəş panelləri iqtisadiyyat cəhətdən də sərfəlidir. İstifadəsi zamanı minlərlə dollar dəyərində elektrik enerjisi xərclərinə qənaət edilə bilər.

Günəş panelləri ilə yanaşı Günəş batareyaları da vardır. Günəş batareyaları enerjini daha uzun müddət saxlamaq üçün istifadə edilir. Digər tərəfdən, Günəş Panellərinin istismarı bir qədər xərc tələb etsə də uzun illər istifadə edilə və xərclərə qənaət edilə bilər. Lakin Günəş Batareyaları bir müddət sonra baxım üçün xərclər tələb edəcəkdir.

Külək turbinləri

Külək də Günəş kimi əsas bərpa oluna bilən enerji mənbələrindən biridir. Küləkdən əldə edilən enerji ilə elektrik enerjisi istehsal edilir.

Külək turbin texnologiyasının inkişafı ilə daha geniş miqyasda təmiz elektrik enerjisi istehsal etmək üçün küləyin gücündən istifadə etmək olar. Külək sürəti yüksək olan ərazilərdə yerləşən külək təsərrüfatları daha yaşıl enerji qarışığına global keçidə əhəmiyyətli töhfə verə bilər [18].

Karbon tutma və saxlama

Karbon tutma və saxlama texnologiyası karbonu atmosfərdən çıxarır və ondan sintetik yanacaq hazırlamaq üçün istifadə edir. Hal-hazırda, bu, bahalı və nisbətən kiçik miqyaslıdır, lakin Stenford Universiteti tərəfindən aparılan bir araşdırma [19], bu texnologiyanın xərclərinin hətta altı dəfə azaldıla biləcəyini və onun daha genişlənə biləcəyini proqnozlaşdırır [20].

Elektrikli nəqliyyat vasitələri

Ekoloji nəqliyyat vasitələri kimi tanınan eko-avtomobillər atmosfərə çirkləndirici maddələr buraxmırlar. Onlara “eko” deyilir, çünki onların istifadəsi ətraf mühitə mənfi təsir

göstərmir və atmosferdə çirkləndirici qazların mövcudluğunu azaltmağa kömək edir. Çirkləndirici qaz dedikdə, əsasən karbon qazı (CO₂), karbon monoksit (CO), azot oksidi (NO_x), yanmamış karbohidrogenlər (HC) və qurğuşun və kükürd dioksidin birləşmələri nəzərdə tutulur [21].

Yaşıl Texnologiyalara mövcud texnologiyalardan Əşyaların İnterneti Ekosisteminin nümunə olaraq göstərmək mümkündür. Əşyaların İnterneti Ekosisteminin əhatə etdiyi Ağıllı Şəbəkə/Enerji sahəsi də Yaşıl Enerji məsələsi ilə qarşılıqlıdır (real vaxt rejimində elektrik enerjisinin tələb və təklifini daha yaxşı uyğunlaşdırmaq üçün rəqəmsal texnologiyalardan, sensorlardan və proqram təminatından istifadə edən elektrik şəbəkəsidir) [22]. Əsasən elektricləşdirilmiş və avtomatlaşdırılmış dünya davamlı, etibarlı və dayanıqlı elektrik enerjisi təchizatı tələb edir. Bu, məlumat toplamaq və ünsiyyət qura bilən bir şəbəkə vasitəsilə əldə edilir. İdeal olaraq o, qüsursuz integrasiya və qarşılıqlı əlaqəni təmin edən standartlaşdırılmış aparat, proqram təminatı və proseslər üzərində qurulur [23]. Uyğun olaraq bu proseslərin həyata keçirilməsinə Əşyaların İnterneti texnologiyaları kömək edir. Əvvəldə də qeyd edildiyi kimi Yaşıl IoT-un əsas məqsədi enerjiyə qənaət edən və ekoloji cəhətdən təmiz olan bir mühit (və ya ağıllı cihazlar mühiti) yaratmaqdır.

Əşyaların İnterneti Ağıllı Şəbəkədə aşağıdakı proseslərin həyata keçirilməsinə imkan verir:

1. Məlumatların toplanması: Enerji istehlakı ilə əlaqəli məlumatlar ağıllı cihazların, sensorların köməyi ilə toplanılır.
2. Proseslərin avtomatlaşdırılması: Bunun üçün hazırda ən çox istifadə edilən vasitə ağıllı saygacdır. Belə ki, bu enerji istehlakını avtomatlaşdırılmış formada izləməyə və ətraf-mühitə uyğunlaşmağa imkan verir. IoT cihazlarının əsas xüsusiyyətlərindən biri də onların ətraf-mühitə uyğunlaşa bilmələridir.
3. Proqnozlaşdırma: proseslərin, problemlərin proqnozlaşdırılması IoT cihazları vasitəsilə toplanılan məlumatların təhlilinə əsaslanır.

IoT əsaslı Ağıllı Şəbəkələr təkmilləşdirilmiş idarəetmə və tələbata cavab vermə qabiliyyəti, paylanmış istehsal üçün artan imkanlar və bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyasına kömək etməklə şirkətlərə karbon izlərini daha yaxşı idarə etməyə imkan verir. Kommunal şirkətlər enerjiyə qənaət, bərpa olunan mənbələrdən enerji istehsalının faizinin artırılması və şəbəkənin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, eyni zamanda əhalinin ekoloji problemlərini həll etməklə əhəmiyyətli kapital xərclərindən qaça bilər [24].

6. Yaşıl Həyata Keçid

Yalnız yaşıl texnologiyalardan istifadə ilə yaşıl dünya naminə addım atmaq kifayət deyildir. Bu, sadəcə kiçik bir hissədir. Ən sadə halda hər bir insan yaşıl həyata keçid etmək üçün bir neçə sadə addımlar ata bilər. Bunlardan bəziləri aşağıdakılardır:

- Enerji və suya qənaət edilməsi
- İsfəçılığın qarşısını almaq
- Qida yağları, sürtkü yağları kimi yağların kanalizasiyaya və ya açıq sulara atmamaq
- Təmizlik vasitələrini eyni ilə kanalizasiya və ya açıq sulara atmamaq
- Ehtiyac olan qədər resurslardan istifadə etmək
- Yenidən istifadə oluna bilən məhsullardan istifadə etmək
- Alternativ nəqliyyat vasitələrindən istifadə
- Təkrar emala səy göstərmək
- Torpaq ərazilərə, sulara zibil (xüsusilə plastik tullantılar) atmamaq
- Zərərli maddələrin su, torpaq kimi ərazilərə atmamaq
- Mütəmadi olaraq ətraf-mühiti təmizləmək (ətraf-mühitin çirklənməsi yalnız insan və ya texnologiya tərəfindən baş vermir. Bəzən təbii proseslər də çirklənməyə səbəb ola bilər)
- Cəmiyyətin və təbiətin əsas tələb etdiyi şey təmiz hava, oksigendir. Əsas oksigen mənbəyi bitkilər olduğu üçün onların sayını artırmaq lazımdır. Digər tərəfdən onların kəsilməsinin qarşısını almaq da bir digər gərəkli prosesdir.

NƏTİCƏ

Məlumdur ki, insanın təbiətə vurduğu ziyan bir müddət sonra onun özünə qaydır. Bu cəhətdən həm bəşəriyyəti həm də təbiəti qorumaq üçün insanların maariflənməsi lazımdır. Bəşəriyyətin təbiət üzərindəki ən böyük (daha çox mənfi) təsiri texnologiyanın yaranması və inkişafı ilə artmışdır.

Lakin hazırda bu problemləri aradan qaldırmaq da yenə texnologiya ilə baş verir. Bu baxımdan inkişaf etdirilən texnologiyalar yaşıl texnologiyalar olaraq bilinir. Yaşıl texnologiyaların təbiət üzərindəki mənfi təsirləri azaltmaq, daha təmiz bir gələcək yaratmaq imkanı vardır.

Yaşıl texnologiyalar,

1. Ətraf mühiti qoruyur,
2. Ətraf mühitin resurslarından səmərəli istifadəni təmin edir,
3. Ətraf mühitə dəymiş ziyanın mümkün qədər azalmasına kömək edir,
4. İqtisadi səmərəliliyi artırır,
5. Davamlı inkişafın təmin edir.

Davamlı İnkişafın Məqsədlərinin həyata keçirilməsinə əsas köməkçi yenə yaşıl texnologiyalardır.

-
1. *Brundtland, G.* (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. United Nations General Assembly document A/42/427.
 2. Link: <https://www.sustain.ucla.edu/what-is-sustainability/>
 3. *Rosen, M.A.* (2018). ISSUES, CONCEPTS AND APPLICATIONS FOR SUSTAINABILITY.
 4. *Ozili, Peterson K.* Sustainability and Sustainable Development Research Around the World (February 1, 2022). Managing Global Transitions, 2022.
 5. *Linnér, B.O., & Selin, H.* (2013). The United Nations Conference on Sustainable Development: forty years in the making. Environment and Planning C: Government and Policy, 31(6), 971-987.
 6. *Bexell, M., & Jönsson, K.* (2017, January). Responsibility and the United Nations' sustainable development goals. In Forum for development studies (Vol. 44, No. 1, pp. 13-29). Routledge.
 7. *Weiss, E.B.* (1992). In fairness to future generations and sustainable development. Am. UJ Int'l L. & Pol'y, 8, 19.
 8. *Emina, K.A.* (2021). Sustainable development and the future generations. Social Sciences, Humanities and Education Journal (SHE Journal), 2(1), 57-71.
 9. *Szymańska, A.* (2021). Reducing Socioeconomic Inequalities in the European Union in the Context of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Sustainability, 13(13), 7409.
 10. *Justice Mensah, Sandra Ricart Casadevall*, "Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review", Cogent Social Sciences, volume 5, number 1, 2019, Cogent OA.
 11. *Mohieldin, M.* (2017). The sustainable development goals and private sector opportunities. World bank group.
 12. Link: <https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/what-is-green-living>.
 13. *Qamar, Muhammad Zaid & Noor, Mariya & Ali, Wahid & Qamar, Mohammad.* (2021). Green Technology and its Implications Worldwide. 3. 10.
 14. *Das, Biswajit & Mishra, Surya & Bisoyi, Dr.* (2018). Green technology for attaining environmental safety and sustainable development (SCOPUS). 9.
 15. *Venkadeshwaran K*, "Green Technology and Its Effect on the Modern World", JETIR March 2019, Volume 6, Issue 3.

16. *Monu Bhardwaj and Neelam*, "The advantages and disadvantages of questionnaires," Journal of Basic and Applied Engineering Research, 2015.
17. *Maka, Ali & Alabid, Jamal*. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. Clean Energy. 6. 476-483. 10.1093/ce/zkac023.
18. Link: <https://sustainablereview.com/top-10-green-technology-innovations-2/>
19. Link: <http://large.stanford.edu/courses/2021/ph240/mueller1/>
20. Link: <https://greenly.earth/en-us/blog/ecology-news/everything-you-need-to-know-about-green-technology-in-2022>
21. Link: <https://tecamgroup.com/10-examples-of-green-technology/>
22. Link: <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids>
23. Link: <https://www.iec.ch/energies/smart-energy>
24. Link: <https://iot-labs.gr/en/modern-iot-applications-smart/>

ЗЕЛЕНЫЙ МИР ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГИЯ

РАХИМОВА Н.А., АБДУЛЛАЕВ В.Г., АББАСОВА В.С., АГАЗАДЕ Ж.Ф.

С началом промышленной революции вред, наносимый человеком природе, значительно увеличился. С другой стороны, у современного человека начало развиваться индивидуальное сознание в направлении «защиты природы». Это нашло отражение и в развитии технологий. В современную эпоху технологии начинают разрабатываться и внедряться как «дружественные окружающей среде». Эти технологии, также известные как «зеленые технологии», вошли в нашу жизнь. Зеленые технологии стали одной из основных частей «зеленой и устойчивой» жизни. Устойчивость является основой современных природно-ориентированных проектов. Обеспечение устойчивости осуществляется в рамках 17 целей устойчивого развития (ЦУР). Главная цель здесь – достижение более высокого качества жизни как для человечества, так и для природы. В статье рассматриваются устойчивость, зеленые технологии, предназначенные для зеленого мира, и зеленая энергия.

Ключевые слова: устойчивость, зеленый мир, зеленые технологии, зеленая энергия.

GREEN WORLD GREEN TECHNOLOGY AND GREEN ENERGY

RAHIMOVA N.A., ABDULLAYEV V.H., ABBASOVA V.S., AGAZADE J.F.

With the onset of the industrial revolution, the harm caused by humans to nature began to increase significantly. On the other hand, modern humans have started to develop individual awareness in the direction of "protecting nature." This awareness is also reflected in the advancement of technology. In the modern era, technologies are being developed and applied as "environmentally friendly." These technologies, also known as "green technologies," have become part of our lives. Green technologies have turned into one of the essential components of a "green and sustainable" life. Sustainability forms the basis of modern nature-based projects. Achieving sustainability is carried out within the framework of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs). The main objective here is to ensure a higher quality of life for both humanity and nature. The article discusses sustainability, green technologies designed for a green world, and green energy.

Keywords: sustainability, green world, green technology, green energy.

DOI:10.70784/azip.5.2024462

GÜC TRANSFORMATORLARININ İZOLYASIYA SİSTEMLƏRİNİN MONİTORİNQİ VƏ DİAQNOSTİKASI

İSAYEV İ.Q., MURADOVA R.Ə.

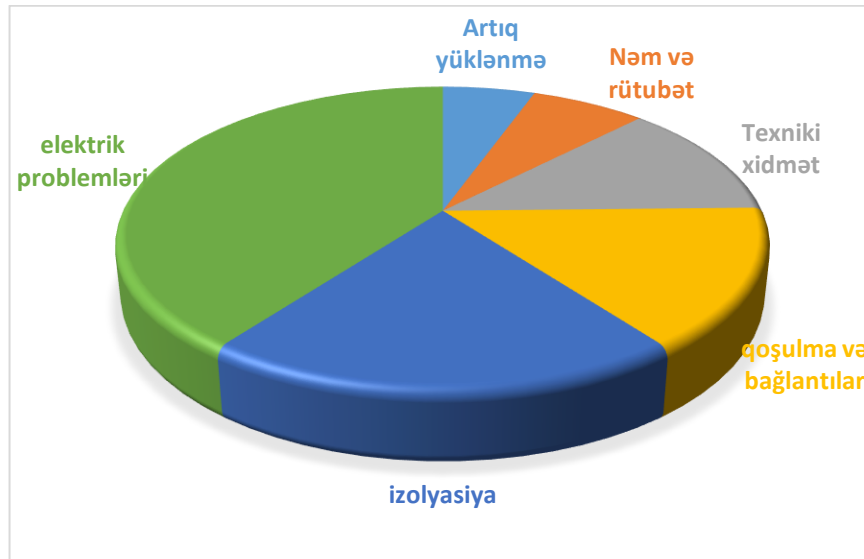
*Azərbaycan dövlət neft və sənaye universiteti
Bakı ş. Azadlıq prospekti 16/21.
rmuradova535@gmail.com
isaisayev2023@gmail.com*

Məqalədə güc transformatorlarının ən əhəmiyyətli hissələri olan “izolyasiya sistemləri” barədə məlumat verilmiş, eləcə də onların hansı funksiyaları yerinə yetridikləri izah olunmuş və sonda onların monitroinq və diaqnostika üsullarından biri barədə aparılan araşdırma təqdim edilmişdir.

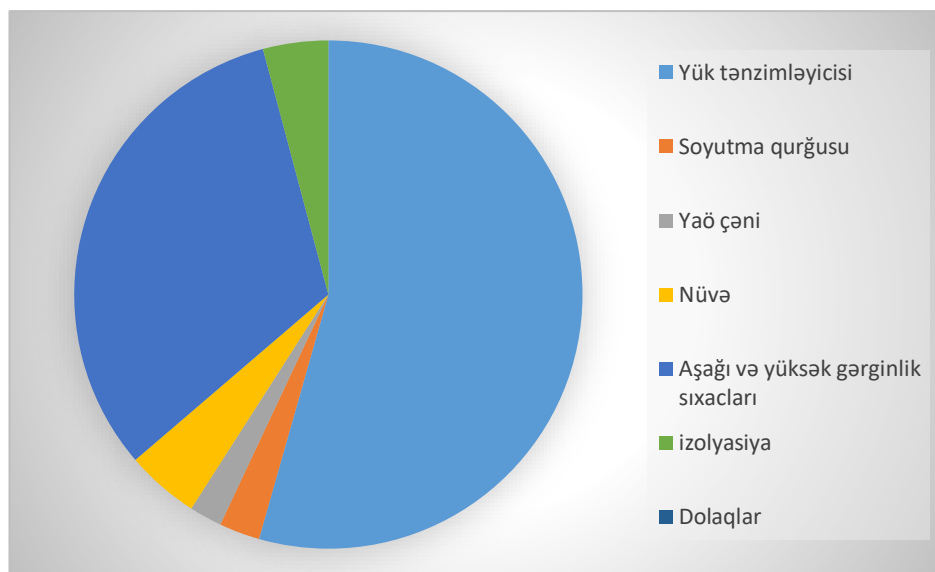
Açar sözlər: Güc transformatorları, izolyasiya sistemləri, izolyasiya sistemlərinin diaqnostikası və monitorinqi.

Elektrik şirkətləri və qurumlar enerjinin ötürülmə keyfiyyətini davamlı olaraq artırılmasını hədəfləyirlər. Elektrik enerjisinin keyfiyyətini pisləşdirən ən mühüm amillər arasında transformatorların istismarı zamanı yaranan nasazlıqlar nəticəsində baş verən qısa və uzunmüddətli fasilələr var. Bu cür planlaşdırılmamış fasilələr həm enerji istehsalçılarının həm də istehlakçıların fəaliyyətini dayandıraraq itkilər yaradır. Dünyada elektrik enerjisi ötürülməsi və paylanması sistemləri çoxlu sayda transformatorlardan ibarətdir. Məsələn verilmiş məlumata əsasən yalnızca ABŞ-da 20-ci əsrin sonlarına yaxın bir müddətdə 30 milyondan çox transformatorun şəbəkədə fəaliyyəti qeydə alınmışdır. Buna görə də, transformatorun ümumi vəziyyətinin və qalan xidmət müddətinin qiymətləndirilməsi məcburi kəsilmələrin qarşısını almağa və istehlakçının enerji əlçatanlığının artırılmasına kömək edə biləcək mühüm fəaliyyətdir. Transformatorların istismar müddəti davamlı olaraq artır və təbiidir ki, yaşla bağlı olaraq onların sıradan çıxma halları da artır. Təmir işləri çox vaxt, xüsusən də fabriyə və ya təmir emalatxanasına daşınma tələb olunduğu hallarda uzunmüddətli fasilələr tələb edir. Digər tərəfdən, bunlar, xüsusilə nasazlıq nüvə dolaqlarında və ya digər bərk izolyasiya hissələrində olduqda bahalı fəaliyyətlərdir. Transformatorun dizaynından və tətbiqindən asılı olaraq, təmir xərcləri yeni transformatorun qiymətinə gətirib çıxara bilər. Transformatorlarda nasazlıq faktorlarına ifrat elektrik cərəyanları, ildırım vurması, dielektrik defektləri, qoşulma və bağlantı nöqtələrində yaranan boşluqlar, düzgün qulluq edilməməsi, nəmlik, həddindən artıq yüklənmə və digər səbəblər daxildir. Son aparılan araşdırmalar göstərir ki, yük altında olan tənzimləyicilər və Nüvə dolaqlarının sarğıları ən yüksək nasazlıq dərəcəsinə malik komponentlərdir. Bununla belə sarğı ilə bağlı təmir işləri daha bahalıdır və yük (gərginlik) tənzimləyiciləri ilə əlaqəli təmir işləri ilə müqayisədə daha uzun təmir vaxtları tələb edir. Beləliklə, transformatorun təhlükəsiz işləməsi birbaşa sarğıların izolyasiya sisteminin vəziyyətinə bağlıdır. Transformatorlar 25-30 il aralığında orta xidmət müddətinə malik etibarlı avadanlıqlardır və müvafiq texniki xidmət strategiyalarını qəbul etməklə onların xidmət müddəti 60 ilə qədər uzadıla bilər. Güc və paylayıcı transformatorların izolyasiya sistemləri (quru tipli transformatorlar) istisna olmaqla mineral yağdan, sellüloz kağızdan, press (tərkibi kompozit və digər materiallar) lövhəsindən, pertinaxdan və bir sıra digər taxta elementlərdən ibarətdir. Son onilliklər ərzində ənənəvi sellüloz kağızı digər növlərlə, mineral yağı isə sintetik yağlarla və ya təbii efirlərlə əvəz etməklə izolyasiya sisteminin işini yaxşılaşdırmaq üçün xeyli say göstərilmişdir. Bununla belə xərc-performans nisbəti nəzərə alınmaqla, yağ-kağız izolyasiya sistemi transformator istehsalı sənayesində ən çox istifadə edilən sistem olaraq qalır.

Yağlı kağızdan izolyasiya edilmiş transformatorlarda, sellüloza əsaslı elementlərin diaqnostikasına daha çox diqqət yetirilməlidir. Güc və paylayıcı transformatorların izolyasiya sistemləri (quru tipli transformatorlar) istisna olmaqla mineral yağdan, sellüloz kağızdan, press (tərkibi kompozit və digər materiallar) lövhəsindən, pertinaxdan və bir sıra digər taxta elementlərdən ibarətdir. Son onilliklər ərzində ənənəvi sellüloz kağızı digər növlərlə, mineral yağı isə sintetik yağlarla və ya təbii efirlərlə əvəz etməklə izolyasiya sisteminin işini yaxşılaşdırmaq üçün xeyli səy göstərilmişdir.



Şək.1. Transformatorların nasazlıq səbəbləri.



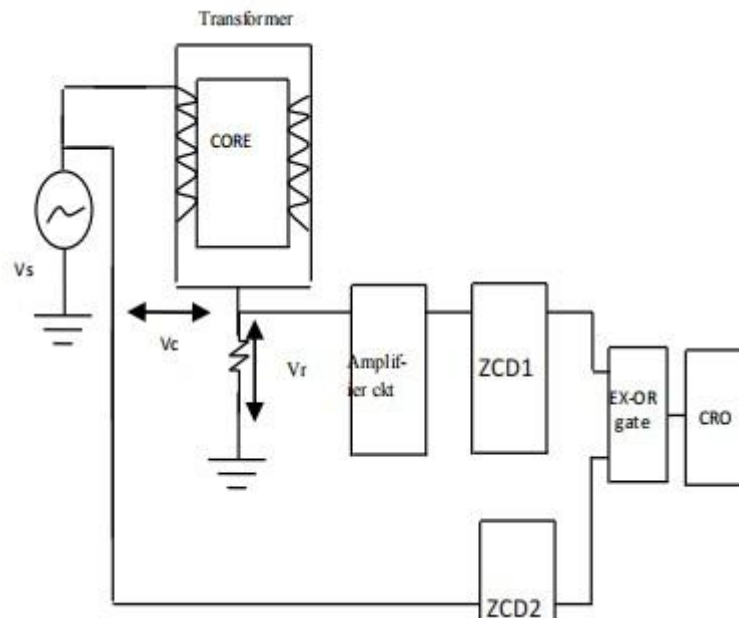
Şək. 2. Nasazlığın baş verdiyi hissələr.

Bununla belə xərc-performans nisbəti nəzərə alınmaqla, yağ-kağız izolyasiya sistemi transformator istehsalı sənayesində ən çox istifadə edilən sistem olaraq qalır. Yağlı kağızdan izolyasiya edilmiş transformatorlarda, sellüloza əsaslı elementlərin diaqnostikasına daha çox diqqət yetirilməlidir. Sarğılardan izolyasiyası yüksək işləmə temperaturu, burulğan cərəyanlarının itkiləri və suyun möcduluğu nəticəsində pisləşir. Nəticə etibarilə, temperaturun və suyun izolyasiyanın xidmət müddətinə təsiri nəzərə alınmalıdır, xüsusən də onlar digər növ faktorlar ilə birgə meydana çıxır və bu zaman bir neçə faktorun eyni anda yaranması xüsusi

təhlükəlidir. İzolyasiya elementlərinin uzun müddət gərginlik altında işləməsi halında, onların kimyəvi tərkibi dəyişir və struktur parçalanması baş verə bilər ki, bu da izolyasiyanın və izolyasiya edilmiş səthlərin keçirici əlavə materiallarla çirklənməsinə səbəb olur, nəticədə izolyasiyanın elektrik möhkəmliyi azalır, izolyasiya keyfiyyəti pisləşir. Məqalənin növbəti hissəsində transformator sarğısının vəziyyətini monitoring olunması barədə bəhs olunub. Vəziyyət monitoringi elektrik maşınlarının hissələrinin vəziyyətini tamlığı barədə statistika yaratmağa imkan verir. Düzgün qurulmuş texniki qulluq və monitoring sistemi effektiv hissələr barədə kifayət qədər məlumat əldə etməyə imkan verəcəyi kimi, bununla yanaşı təmirin də effektiv formada planlaşdırılmasına xidmət edəcəkdir. Elektrik maşınlarının defektlərinin diaqnostikası zamanı ən çox fokuslanan parametrlər- izolyasiya, tutum, faza bucağı, temperatur və s. bunlardır. Məqalədə ilk olaraq faza fərqi dəqiq təyin etmək üçün test proseduru tətbiq edilmişdir. Faza fərqinə əsaslanaraq, transformator sarğılarının tutumu hesablanmışdır. Tutumun qiyməti sarğı izolyasiyasının vəziyyətini təyin edir. Transformator sarğılarna tətbiq olunan bu metod ilə izolyasiya materialının qalan xidmət müddəti proqnozlaşdırıla bilər. Danışılan metodda sarğının vəziyyəti daim müşahidə olunduğu üçün köhnəlmə prosesi dəqiq təyin oluna bilər. Defektlərin diaqnostikası, və vəziyyətin monitoringi texniki cihazların ilk yarandığı tarixdən etibarən vardır. Ümumilikdə vəziyyətin monitoringi və diaqnostikası degradasiya prosesləri və problemlər barədə informasiya saxlayan müəyyən tip signalların ölçülüb, emal edilməsi prosesidir. Sənayedə ən faydalı metodun təyin edilməsi üçün bir neçə faktor nəzərə almaq lazımdır. Ən vacib faktorların bir neçəsi bunlardır:

1. Sensor birbaşa izolyasiyaya təmas etmədən ölçmələr apara bilməlidir.
2. Sensor və ölçmə sistemi etibarlı olmalıdır.
3. Qoyulan diaqnoz etibarlı olmalıdır.
4. Ölçülən problemin dəyəri standartlara uyğun qiymətləndirilməlidir.
5. Avadanlığın və ya materialın qalan xidmət müddəti proqnozlaşdırılmalıdır.
6. Sensorlardan gələn məlumata əsaslanaraq problemin səbəbləri araşdırılmalıdır.

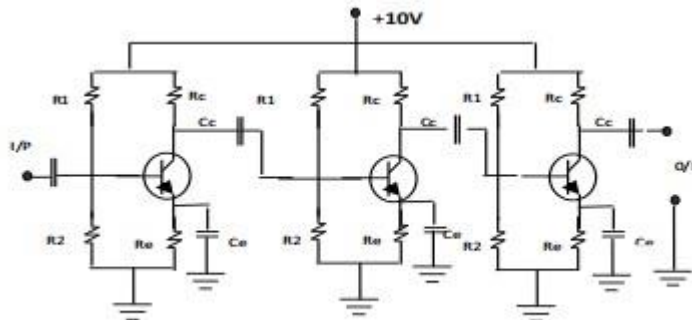
Elektrik avadanlıqlarının real-vaxt əsaslı vəziyyət dəyərləndirilməsi getdikcə daha çox istifadə olunur. Növbəti diagramda sarğının izolyasiyasını qiymətləndirmək dövrə-sxem verilmişdir. Aşağıda blok diagram və onun komponentləri verilmişdir:



Şək.3. Blok-diagram.

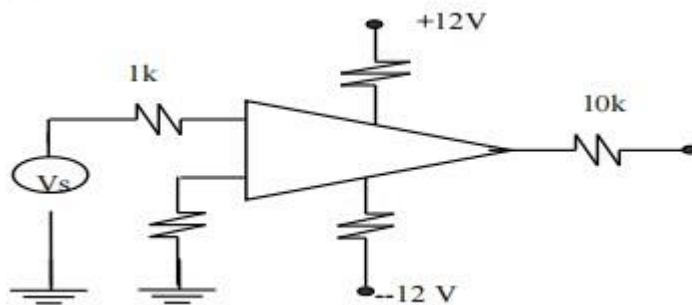
Şəkil 2-də üçmərhələli R-C gücləndirici verilmişdir. Emitter kondensatoru baypas (bypass) edərək ötürülən signala zəif reaktivli keçid yolu təmin edir. Gücləndirilmə olmadan hər etapda gərginlik itkisi olacaq. Cüt kondensatorlar AC signallarını ötürür, lakin DC signallarını bloklayır. Bu, iki bloq arasında signal itkisinin qarşısını alır. Tranzistorun bazasına

Ac siqnalı tətbiq etdikdə onun kollektoru yükü RC-dövrəsi üzərində tətbiq olunmuş formada təyin edir. Rc-xətti ilə gücləndirilən siqnal Cc- kondensatoru vasitəsilə növbəti tranzistorun bazasına verilir. İkinci mərhələ siqnalın daha da gücləndirilməsini həyata keçirir. Beləliklə kaskad mərhələləri giriş siqnalını daha da gücləndirir.



Şək.4. Gücləndirici dövrə.

Əgər $V_{ref}=0$ şəkil 3-dəki müqayisə bloku “0” keçid körpüsü kimi istifadə oluna bilər. Bir sıra hallarda “Vin” yavaş-yavaş dalğa formasını dəyişir, yəni aşağı tezlikli siqnaldır. Buna görə “Vin”-in sıfır voltu keçməsi, bir müddət vaxt tələb etdiyindən, “Vo” bir doyma gərginliyindən digər doyma gərginliyinə operativ formada keçməyə bilər.



Şək. 5. Sıfır keçid dedektoru.

X-OR körpüsü vasitəsilə iki rəqəmsal siqnalı bir-birilə müqayisə edə bilərik, sonra isə aldığımız statistikaya əsasən eynin girişlərin “0”, fərqli girişlərin “1” olduğunu qəbul edəcəyik. Beləliklə biz iki siqnal arasındakı faza fərfini tapa bilərik. Block-diaqramın məqsədi faza bucağına görə tutumu hesablamaqdır. Əvvəlcə funksiya generatorundan yüksək tezlikli gərginlik, transformatorun yüksək gərginlik dolaqlarına verilir. Dövrənin digər tərəfi isə transformator nüvəsinin digər bir nöqtəsinə qoşulur. Sonra isə 100k-ıq bir müqvimət dövrəyə ordan da yerə birləşdirilir.

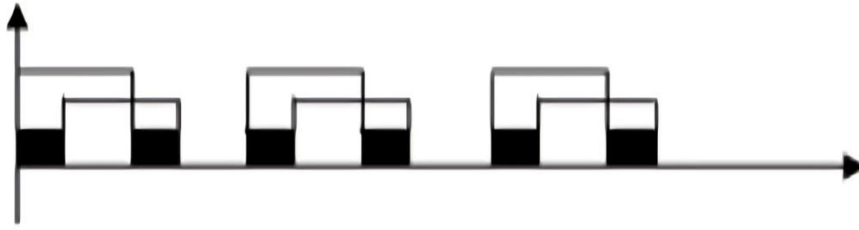
$$\frac{(X_L - X_c)}{R} = \tan \varphi$$

$$X_L - X_c = (\tan \varphi \times R)$$

$$X_c = X_L + (\tan \varphi \times R)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f [X_L + (R \times \tan \varphi)]}$$

Burdakı gərginlik Vc mənbəyindən, cərəyan siqnalı isə yüksək müqavimət düşküsündən əldə edilir. Vr-gərginliyi çox zəif olduğu üçün, gücləndirildikdən sonra “ZCD”-ə ötürülür. Hər iki Vc və Vr siqnalları “ZCD”- moduluna kökləcək və eyni fazada olmayan kvadratşəkilli dalğalar yaradacaq. “ZCD”-dən çıxan siqnallar isə EX-OR körpülərinə ötürüləcəkdir.



Şək.4 EX-OR Siqnal çıxışı.

Fiqur 4-də EX-OR körpüsünün çıxış dalğaları cərəyan və gərginlik siqnalları formasında göstərilmişdir. Şəkildən də göründüyü kimi, yaranan fərq əslində “Faza” fərqi. Fazadakı fərq bizə tutmda yaranan fərqi, oda bilavasitə izolyasiyanın vəziyyətindən xəbər verəcəkdir. Hesablamalara görə temperaturu nominaldan 10^0 C bele artıq olduqda izolyasiyanın ömrü, yarı-yarıya azalır. Transformator şəbəkə sisteminin dəyərinin təqribən 60%- ə qədər hissəini təşkil edə biləcəyinin nəzərə alaraq onun şəbəkədəki ən dəyərli və xərcli qurğu olduğunu söyləmək olar. Transformator da baş verən hər hansısa nasazlıq, həmin stansiya qoşulmuş abonentlərin də enerjisinin kəsiləcəyi, həmçinin şəbəkənin digər qurğularının da sıradan çıxmasına gətirib çıxarır. Transformatorun giriş AC siqnalı, körpü düzləndiricilər vasitəsilə DC siqnalına çevrilir. Beləliklə transformatorun sarğı dolaqlarından keçən sabit cərəyan vasitəsilə isinməyə başlayır. Körpüdən çıxan siqnal stabil olmadığından, çıxış siqnalını 1 ədəd kondensatordan süzərək daha stabil bir DC siqnalı almış oluruq. Dövrədəki cərəyan isə belə hesablanır:

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

$$I_R = I_c$$

$$X_c = \frac{V_c}{I_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi fX_c}$$

Araşdırmadan da göründüyü kimi, yüksək gərginlik tərəfinə düzləndirici dövrəni birləşdirərək sarğıların temperaturunu artırdıq. Bunun nəticəsində yüksək gərginlik tərəfinin müqaviməti, alçaq gərginlik tərəfinə nisbətən daha aşağıdır. Bu ikinci tərəf sarğılarından fərqli olaraq, girişdəki DC gərginliyini daha düzgün formada idarə edə bilməyimizə yardımçı olacaq. Bununla belə aşağı gərginlik sarğılarının müqaviməti az olduquna görə giriş gərginliyindəki hər hansı dəyişiklik, həmin anda sarğının izolyasiyasının zədə görməsinə gətirib çıxara bilər. Burada izolyasiyanın ömrünü hesablmaq üçün

$$L(V) = Ce^{V/B}$$

$L(V)$ - izolyasiya materialının növü

V - izolyasiyanın stress səviyyəsi

C, e - sabitlərdir.

$$L_1(V) = Ce^{\frac{V_1}{B}}$$

$$L_2(V) = Ce^{\frac{V_2}{B}}$$

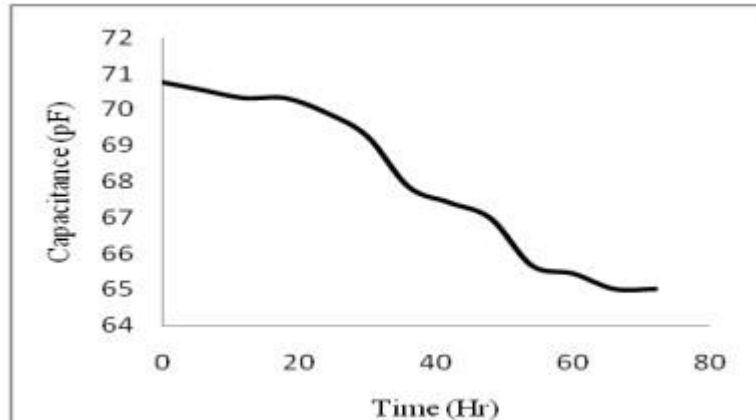
$$\frac{L_1(V)}{L_2(V)} = \frac{e^{\frac{V_1}{B}}}{e^{\frac{V_2}{B}}}$$

$$\ln L_1 - \ln L_2 = \frac{V_1}{B} - \frac{V_2}{B}$$

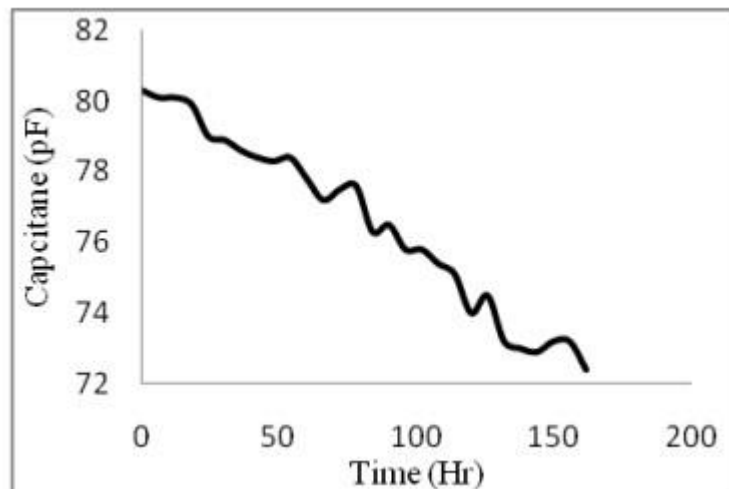
$$B = \frac{(V_1 - V_2)}{(\ln L_1 - \ln L_2)}$$

$$L(v) = C e^{\frac{v}{B}}$$

$$C = \frac{L(v)}{e^{\frac{v}{B}}}$$



Şək. 6. Tutumun 120 C⁰ -də degradasiya prosesi.



Şək.7. Tutumun 110 C⁰ - də degradasiya prosesi.

1. <https://www.bo-energo.ru/equipment/dlya-silovyx-transformatorov/ustroystva-nepreryvnogo-kontrolya-vysokovolnykh-vvodov-silovyx-transformatorov-i-perekhodnykh-punkt/>
2. <https://www.bo-energo.ru/equipment/dlya-silovyx-transformatorov/monitoring-chastichnykh-razryadov/>
3. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14505>
4. <https://www.tor-trans.com.ua/transformatorcheck.html?srsId=AfmBOorVidivzvilwY8QYNfR5apbjAwGLCCx0NTvED-TKszsKx-hkGaj>

5. <https://www.terra-kip.ru/catalog/sistemy-monitoringa/oborudovanie-dlya-monitoringa-ugla-dielektricheskikh-poter-emkosti/monitoring-izoljacii-transformatorov-naprijazhenija-st-relay.htm>
6. https://www.ruggedmonitoring.com/solution_by_asset/transformers/
7. <https://www.power-grid.com/news/transformer-monitoring-and-diagnostic-techniques/>
8. <https://www.powersystems.technology/community-hub/technical-articles/condition-monitoring-of-transformers-using-oil-analysis-data-vital-parameters-and-critical-values.html>
9. <https://insulect.com/transformer-condition-monitoring>
10. <https://www.e-cigre.org/publications/detail/12-101-1992-transformer-insulation-condition-monitoring-life-assessment-and-life-extension-techniques-in-australia.html>

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ИСАЕВ И.Г., МУРАДОВА Р.А.

В статье представлена информация о наиболее важных частях силовых трансформаторов, «системах изоляции», а также объяснены их функции и, наконец, представлено исследование одного из методов их контроля и диагностики.

Ключевые слова: силовые трансформаторы, системы изоляции, диагностика и мониторинг систем изоляции.

MONITORING AND DIAGNOSTICS OF INSULATION SYSTEMS OF POWER TRANSFORMERS

ISAYEV I.G., MURADOVA R.A.

The article provides information about the most important parts of power transformers, "isolation systems", as well as explains what functions they perform, and finally presents a study on one of their monitoring and diagnostic methods.

Keywords: power transformers, insulation systems, diagnostics and monitoring of insulation systems.

İSTEHSALATDA SƏNAYE ROBOTLARININ TƏTBİQİ**ABDULLAYEV V.H., RƏHİMOVA N.Ə., ABBASOVA V.S., AĞAZADE J.F.***Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı
Abdulvugar@mail.ru*

İstehsalat (sin. Emaletmə, Sənaye) uzun illərdir mövcud olan bir anlayış və aktdır. Əsrlər boyu mövcud olan istehsal ilk dövrlərdə xüsusi sənətkarlar tərəfindən həyata keçirilmişdir və burada, əsasən əl işləri üstünlük təşkil etmişdir. İnsan əməyinin daha çox olduğu erkən istehsalat dövrü zamanla təkmilləşməyə başlamış və öz əsas təkamülünə, başqa sözlə keçid dövrünə Sənaye İnqilabı ilə başlamışdır. IV Sənaye inqilabı ilə birlikdə insan işçi qüvvəsi müxtəlif tipli vasitələrin, texnologiyaların köməyi ilə nisbətən əvəz olunmağa başlamışdır. Bu kimi əsas köməkçi vasitələrdən biri də robotlardır. Məqalədə Robotlar və onların istehsalatda tətbiqinə nəzər yetirilmişdir.

Açar sözlər: istehsalat, süni intellekt, robotlar, avtomatlaşdırma, ağıllı robotlar

1. GİRİŞ

“İstehsalat, insan əməyi və ya maşının köməyi ilə xam maddənin işlənməsi (emalı) nəticəsində məhsulun istehsal edilməsinin bütün mərhələlərini əhatə edən bir prosesdir.”

Sənaye 4.0 ilə birlikdə ağıllı texnologiyaların tətbiqinin bir çox sahələrə yayılması prosesi başlanmışdır. Bu cür ağıllı texnologiyalar əsasən süni intellekt əsaslı olub, insan işçi qüvvəsinin iş şəraitini daha sadə və təhlükəsiz etmək, insan işçi qüvvəsinin daha potensial işlərdə xüsusilə rəhbərlik kimi qərar qəbul etmə prosesində tətbiqinə imkan verir. Hazırda daha çox insan mərkəzli proseslərin daha da inkişaf etməyə və tələb olunmağa başladığı bir dövrdə ağıllı texnologiyalar əsas köməkçi vasitələr olara fəaliyyət göstərirlər.

Bu kimi ağıllı texnologiyalardan biri də tarixi olduqca keçmişə gedən robotlardır. Modern robotların süni intellektin imkanlarından geniş bir şəkildə istifadə etmə qabiliyyətinə sahib müasirləşdirilmiş variantlardır. İstehsalat kimi fiziki işlərin daha çox olduğu sahələrdə robotların tətbiqinə tələb böyükdür.

2. ROBOTLAR, ONLARIN TARİXİ VƏ XARAKTERİSTİKALARI

Robot və Robototexnika terminləri məhz incəsənətin elmi-fantastika janrından gəlir. “Robot” sözü ilk dəfə fabrik konveyerlərində işləmək üçün qurulan və insan ustalarına qarşı üsyan edən mexaniki insanlar haqqında bir tamaşada istifadə edilmişdir. 1921-ci ildə çex dramaturqu Karl Capek tərəfindən yazılmış RUR (Rossumun Universal Robots) dilində olan bu maşınlar öz adını çex dilində “robota – qul” sözündən almışdır. Digər tərəfdən, “Robotexnika” sözü də başqa bir yazıçı tərəfindən istifadə edilmişdi. Rus əsilli amerikalı elmi-fantastik yazıçı İsaak Asimov bu sözü ilk dəfə 1942-ci ildə özünün “Runabout” povestində istifadə edib. Asimov robotun insan cəmiyyətindəki rolu haqqında Capekdən daha parlaq və daha optimist fikirdə idi. O, ümumiyyətlə, qısa hekayələrində robotları insanın faydalı xidmətçiləri kimi xarakterizə etdi və robotları “daha yaxşı, daha təmiz bir irq” olaraq gördü [1].

Ümumi olaraq, biz robot haqqında bu cür tərif verə bilərik:

“Robot, insanlara onların həm gündəlik həm də fiziki olaraq yerinə yetirməkdə çətinlik çəkdikləri, eləcə də insanların həyatı üçün təhlükəli olan işləri yerinə yetirməkdə kömək edən əsasən proqramlaşdırılmış metal hissələr toplusundan ibarət insan istehsalı olan bir obyektidir.”

Robotlar ilk yaradıldığı zamandan bəri insanlara (onları yaradan şəxslərə) kömək edən insanabənzər maşınlar olaraq məlumdur. Robot dedikdə çox zaman insanabənzər maşınlar qəbul edilir, hansı ki, onlar müxtəlif formalarda olsalar belə insanın ağılına özlərinə bənzər robotlar gəlir. Robotların başlanğıcı termin olaraq 1921-ci ilə təsadüf edə bilər lakin insanlara kömək edən obyektlərin yaradılması qədim zamanlardan mövcuddur. Hansı ki, bunlar bugünkü robotların atasıdır.

Yuxarıdakı tərifə uyğun olan ilk robot – hansı ki, rəqəmsal olaraq idarə oluna bilən və proqramlaşdırıla bilən – 1954-cü ildə Kentukki ştatının Louisville şəhərindən olan ixtiraçı Corc C. Devol tərəfindən yaradılmışdır. Bu robotun adı “Unimate” idi və Devol tərəfindən patentləşdirilmişdi. Bununla da müasir Robot sənayesinin əsasları qoyuldu.

Bu robot eyni zamanda ilk sənaye robotu olaraq da bilinir və 1961-ci ildə General Motors'un Ewing Township, New Jersey'dəki fabrikində istifadə edilmişdir. Bugünkü sənaye robotlarının atasıdır.

Bu, təkrarlanan tapşırıqları yerinə yetirə bilən hidravlik manipulyator qolu idi. O, metal emalı və qaynaq proseslərini avtomatlaşdırmaq üçün avtomobil istehsalçıları tərəfindən istifadə edilmişdir. [2]

Ümumilikdə bu robotların öyrənilməsi, inkişafı etdirilməsi və istismarı ilə məşğul olan sahə isə Robototexnika olaraq məlumdur.

Robotlar avtonom və yarı-avtonom formada olmaqla, bir çox müxtəlif tapşırıqları yerinə yetirən avtomatlaşdırılmış maşın növləridir. Ümumi olaraq, robotlar məqsəduyğun bir çox fərqli fəaliyyətlər yerinə yetirə bilirlər. Robotlar,

- Müəssisələrdə, gündəlik həyatda təkrarlanan fəaliyyətlərin avtomatlaşdırılmasını,
- Monitorinq və nəzarət – istənilən sahədə, təhlükəsizliyin təmini proseslərinin avtomatlaşdırılmasını,

- İnsanlar üçün fiziki cəhətdən ağır və ya təhlükəli olan işlərin yerinə yetirilməsi,
 - Kargüzərliq fəaliyyətlərinin həyata keçirilməsini,
 - İncəsənət ilə əlaqəli fəaliyyətləri və s.
- edə bilər.

İlk zamanlar konkret məqsədlər üçün yaradılan, əsasən müxtəlif hissələr (robot qol kimi) kimi fəaliyyət göstərən robotlar hazırda bir çox hissələrə və xüsusiyyətlərə malikdir, hansı ki, bu hissələr və xüsusiyyətlər insanlarınkına bənzərdir.

Robotların həm fəaliyyət həm də idrak olaraq insanlara bənzərliyi hər dəfə daha da artır. Robotlar xüsusiyyətlərini insanlardan alır, lakin rəqəmsallaşmış variantda.

Robotların (modern robotlar) xüsusiyyətlərinə aid etmək olar:

1. Fəaliyyətlərin avtomatlaşdırılması vasitələridir.
2. Əsasən Proqramlaşdırılmış maşınlardır. (Təkrar proqramlaşdırıla bilirlər)
3. Robotların da insanlar kimi duyğu orqanları var: amma rəqəmsallaşmış variantda. Başqa sözlə, bunlar sensorlardır. İnsanların ətraf aləmi gördüyü, eşitdiyi, toxunduğu kimi hansı ki, bunu duyğu orqanları ilə edirlər, robotlar da bu prosesləri sensorlarının köməyi ilə həyata keçirirlər.

4. Robotların beyinləri vardır. Onlar da həyata keçirdikləri prosesləri, fəaliyyətləri yaddaşlarında saxlaya bilirlər.

5. Avtonom və yarı-avtonom fəaliyyət göstərirlər.

Bundan əlavə insanlardan daha çevik və daha güclüdürlər Robotlar da yorula bilir (sıradan çıxırlar) lakin insan qədər deyil. Daha qısa müddətdə daha az səhv riski ilə daha çox iş yerinə yetirirlər.

3. ROBOTLARIN TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

Robotların tətbiq sahələri onların bir digər “növlər” xarakteristikasıdır. Aşağıdakı sahələr robotların geniş tətbiq edildiği sahələrdəndir.

Hərb

Texnoloji yeniliklərin başlanğıc sektoru hərbidir. Hər sektoru üçün müxtəlif yeniliklər təqdim və tətbiq edilir. Robotlar da hərbi sektorunda tətbiq edilən texnologiyalardan biridir və bu robotların “hərbi robotlar” növünü xarakterizə edir.

Hərbi robotlar, silahların sınaqdan keçirilməsində, yeklərin daşınmasında, ərazidə mina və ya digər təhlükəli maddələrin axtarışı zamanı orduya kömək üçün tətbiq edilir. Robotların istifadəsi canlı qüvvənin təhlükəsizliyi təmin edir.

Yaxın zamanlarda, xüsusilə 5-ci nəsil robotların məqsədəuyğun bir formada inkişaf etdirilməsi ilə birlikdə robot ordular da yaran bilər. Bu, süni intellektin peşəkara inkişafı zaman həyata keçirilə bilər.

Səhiyyə

Robotların ən çox tətbiq edildiyi və əsas köməkçi olaraq fəaliyyət göstərdiyi sahələrdən biri səhiyyədir və səhiyyədə robot xəstə baxıcılarına rast gəlmək olduqca adi bir haldır.

Robotlar həm həkimlərə kömək edir həm də xəstələrin qayğısına qalır. Bundan başqa xəstəxanada təmizlik işləri ilə də məşğul olurlar.

Eyni zamanda, bu sahədə də yük daşımalarında tətbiq edirlər. Onlar, hərəkət məhdudiyyətli şəxslərə istədikləri yeri getməkdə, xəstələrə dərmanların qəbulunda (qəbul vaxtını xatırlatmaq və ya dərmanı birbaşa xəstəyə gətirmək), həkimlərə xəstə haqqında məlumatı mütəmadi olaraq ötürməkdə kömək edirlər. Həmçinin robotlar cərrahi əməliyyatlarda da köməkçi funksiyasında iştirak edirlər.

Əyləncə

Adından da göründüyü kimi əyləncə sənayesində robotlar əsasən konkret olaraq insan auditoriyasını əyləndirmək üçün müxtəlif fəaliyyətlər: musiqi oxumaq, rəqs etmək, oyun oynamaq və s. yerinə yetirir.

Bu cür robotlara əyləncə parklarında, şənliklərdə, teatrlarda, evlərdə rast gəlmək mümkündür.

Tədqiqat

Tədqiqat sahəsi robotlara ehtiyac duyan bir sahədir. Bunun səbəbi isə, tədqiqat sahəsində bir çox digər sahələrin də birləşməsidir. İnsan-robot qarşılıqlı əlaqələrinin öyrənilməsindən əlavə robotlar təhlükəli ərazilərdə tədqiqat aparmaq, həmin ərazilərdən nümunə götürmək üçün də istifadə olunur. Xüsusilə kosmik tədqiqatlarda; insanların gedə bilmədiyi planetlərin tədqiq edilməsi üçün robotlar daha çox tətbiq edilir. Bu cür robotlar araşdırma yönümlü robotlardır və tədqiqat robotları olaraq bilinirlər. Nisbətən, 4-cü nəsil robotlar olan mobil robotlar da tədqiqat robotları qrupuna aiddir.

İnşaat

Başqa sözlə, bunlar tikinti robotları olaraq da adlanır. İnşaat ərazisində yüklərin: kərpic, daş, qum, beton, dəmir və s., daşınması, kərpic/daş hörmə, beton tökmə kimi işlərin avtomatlaşdırılması üçün tətbiq edilir və bu cür fiziki işlərin robotlara təhvil verilməsi ilə işlər daha tez bir müddətdə tamamlanır.

Təhsil

Təhsil robotları müəllimlərin və şagirdlərin dostudur. Əsasən, oyunlar vasitəsilə uşaqlara hesablama qabiliyyətini aşılayır. Bundan əlavə, dərs yükünü də öz üzərinə götürür. Dərslərin fərdiləşdirilməsi ilə məşğul olan robotlar müəllimlər üçün əsas köməkçi funksiyasını yerinə yetirir.

Robotlar təhsildə tətbiq edilsə də, müəllimləri əvəz etməzlər sadəcə onlara komik edirlər. Belə ki, uşaqlar üçün real-insani sosial münasibətlər onların inkişafı üçün xüsusilə vacibdir. Bu cəhətdən bu dövrdə onlarla insan-müəllimlərin məşğul olması daha məqsədəuyğundur.

İstehsalat

İstehsalat robotları xüsusilə ayrıca bir kateqoriyadır. Onlar istehsalatdakı proseslərin avtomatlaşdırılmasını həyata keçirir və istehsalatda olduqca böyük bir rola sahibdirlər. İstehsalat robotları haqqında sonrakı hissədə ətraflı olaraq qeyd edilmişdir.

Ətraf Mühit

Ətraf mühitdəki dəyişikliklərin izlənməsi, öyrənilməsi, ətraf mühitdəki təhlükəli ərazilərin kəşfiyyatı, torpaq, su, havada baş verən dəyişikliklər və onların təsirinin öyrənilməsi üçün robotlar istifadə olunurlar.

Təhlükəsizlik

Robotlar müxtəlif sektorlarda təhlükəsizliyi təmin etmək üçün tətbiq edirlər. Ümumilikdə, onlar obyektləri/insanları izləyə, mühafizəni təmin edə bilirlər. Risk hallarında xəbərdarlıq siqnallarını işə sala bilirlər.

Ümumilikdə, robotlar insanlar üçün təhlükəli olacaq bəzi təhlükəsizlik problemlərini də həll edə bilirlər. Onlar insanlardan fərqli olaraq yorulmur və diqqətləri yayınmır. Bu cəhətdən təhlükəsizliyin təmini baxımından daha dəqiq və az risklidir.

Kənd Təsərrüfatı

Ağıllı Şəhərlər layihəsindən sonra tələb görən bir digər layihə olan Ağıllı Kənd – ağıllı texnologiyanın əsas tətbiq sahələrindən birinə çevrildi. Burada təbii ki robotlar da tətbiq edilməyə başlandı. Robotlar kəndçi təbəqənin yerinə yetirdiyi işləri avtomatlaşdırılmış formada və normalara (su, torpaq və hava normaları) uyğun şəkildə həyata keçirirlər.

Onlar torpaq, su və hava normalarını müşahidə edir, torpağı şumlayır, toxumlar əkir, məhsulunun böyüməsinə nəzarət edir eləcə də daha sonra mümkün olduğu çərçivədə məhsulları toplayır.

Bununla, səmərəlilik və effektivlik artır və xərclər azalır.

Nəqliyyat

Robot texnikasının tətbiq sahələrindən olan ağıllı nəqliyyat, əsasən özünü idarə edən avtomobilləri, dronları və digər avtonom nəqliyyat vasitələrini ehtiva edir.

Bunlar, təhlükəsizliyi artırmaq, xərcləri azaltmaq, nəqliyyatda səmərəliliyi artırmaq üçün tətbiq edilir.

Gündəlik

Gündəlik həyatda istifadə olunan robotlar ev robotları olaraq da bilinir. Bu robotlar əsasən, təmizlik işlərini, evə nəzarəti, ev heyvanlarına nəzarət, yemək bişirmək kimi bəzi ev işlərinin avtomatlaşdırılması həyata keçirir. Bunlar, əsasən, təmizlikçi robotlar, mətbəx robotları, təhlükəsizlik/ev-nəzarət robotları və s. adlanırlar.

Bu kimi robotlar əsas müştəri-yönlü robotlar olub insanların həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırır və ən çox tələb görən robotlardır/kiçik köməkçilərdir.

Sualtı kəşfiyyat

Adından da göründüyü kimi bu növ robotlar xüsusilə sualtı kəşfiyyatda, tədqiqatlarda, neft buruqlarının kəşfiyyatında, onlara qulluq və nəzarət edilməsi halında istifadə edilir.

Təzyiqə davamlı olan bu robotlar eyni zamanda gəmi qəzalarının araşdırılması, okeanların dərinliklərini öyrənmək üçün tətbiq edirlər.

Axtarış və xilasetmə

Təbii fəlakətlər zamanı fəvqəladə hallar işçilərinin əsas köməkçilərindən biri də bu cür, axtarış və xilasetmə robotlarıdır. Onlar, zəlzələ, dağıntı, qar uçqunları kimi olduqca təhlükəli təbii fəlakətlər zamanı işləmək üçün nəzərdə tutulub və iş şəraitini uyğun olaraq dizayn edilmişdirlər. Bu robotlar, fəlakət qurbanlarının yerini tapmaq, onları xilas etmək üçün fəaliyyət göstərilir.

Bundan başqa, fəlakət baş verən ərazinin öyrənilməsi üçün də istifadə olunurlar. Bu kateqoriya ətraf-mühitin öyrənilməsi robotlarını ilə əlaqəlidir.

Test və Sınaq

Laboratoriya, səhiyyə, istehsalat, nəqliyyat, hərbi və digər sahələrdə məqsəduyğun test və sınaqların həyata keçirilməsinə robotlardan kömək alınır. Robotlar sınaq obyekti olaraq ideal vasitələrdir. Ən əsası isə robotlar ilə testlərin həyata keçirilməsi təhlükəsizdir.

Xidmət

Xidmət sektoru, bir çox sahələri əhatə edir: Turizm, əyləncə, qonaqlama, səhiyyə və s. Ümumi olaraq bu sahələrdə robotlar xidməti fəaliyyətləri yerinə yetirirlər.

Məsələn, restoranlarda, hotellərdə ofisiant/köməkçi olaraq, səhiyyədə əvvəldə qeyd edilən prosesləri yerinə yetirirlər.

Və ya bank sektorunda müştərilərin suallarının cavablandırılması, sorğulara cavab vermək, müştərilərə rəhbərlik edilməsi kimi proseslərin həyata keçirilməsi də bu sahəyə aiddir. Qısaca, bu sahə müştəri-yönümlü olub, robotların geniş istifadəsini tələb edir və bir çox digər sektorları əhatə edir.

3. İSTEHSALAT VƏ ROBOTEXNİKA

Robotları öyrənən bölmə Robototexnikadır. Robototexnika ümumi olaraq mühəndisliyin bir qoludur. O, bir neçə sahənin birləşməsidir. Belə ki, burada mühəndislik: kompüter mühəndisliyi, elektrik mühəndisliyi, biotibbi mühəndislik, informasiya mühəndisliyi, mexatronika mühəndisliyi, idarəetmə sistemləri, proqram mühəndisliyi, riyaziyyat elmləri, kompüter elmləri, elektronika və rabitə, maşınqayırma birləşir. Robototexnika robotları öyrənən, dizayn edən, hazırlayan, istismara verən və istifadəsini təmin edən sahədir. Robototexnikanın əsas məqsədi insana kömək edə bilən maşınların-robotların layihələndirilməsidir.

Robototexnika robotları öyrəndiyi üçün onun əsas komponenti robotlardır. Robototexnika bir çox sahələrdə tətbiq edilir. Bunlar robotların tətbiq sahələridir. Yuxarıda qeyd edilən müxtəlif sahələr həm də ümumi Robototexnikanın tətbiq sahələridir. Bu tətbiq sahələrindən biri də İstehsalatdır.

Robototexnikanın İstehsalatda tətbiqi əsasən, təkrarlanan işlərin avtomatlaşdırılmasını, insanlar üçün fiziki cəhətdən ağır olan işlərin robotlar tərəfindən yerinə yetirilməsini, davamlı və çevik, təhlükəsiz iş mühitinin yaradılmasını və buna uyğun olaraq da az risk ehtimalı ilə tez bir zamanda dəqiq, yüksək məhsuldarlıq və səmərəliyə sahib proseslərin həyata keçirilməsini təmin edir. Bununla belə, robotlar insanların yerini əvəz etmir onlarla əməkdaşlıq edir. Bu cür əməkdaşlığa əsasən robotlara kobotlar da deyilir, İnsan işçi təhlükəli işləri yerinə yetirərkən xəsarət ala hətta ən pis ehtimal ilə həyatını itirə bilər. Eyni zamanda uzun müddət çalışdıqda yorula bilər, diqqəti dağına bilər ki bu da ümumi iş prosesinə mənfi təsir edə və iş prosesində səhvlər meydana gələ bilər. Bu isə ən son nəticə: məhsuldarlığa və müəssisənin ümumi profilinə ziyan vura bilər. Robotlar isə daha uzun müddət və davamlı iş mühiti təmin edirlər. İstehsalat üçün keyfiyyətli məhsulların sürətli istehsalı daha vacibdir. Bu baxımdan da robotlar istehsalat sektorunda xüsusilə önəm daşıyır və insanlarla birlikdə fəaliyyət göstərir. Səhiyyə, təhsil, inşaat kimi sahələrə nəzərən istehsalat sənayesində robotlara daha tez-tez rast gəlmək mümkündür. Bu baxımdan robotların "istehsalat robotları" növü xüsusilə ayrılır.

Robotların istehsalatda tətbiqinin üstün cəhətləri çox olduğu kimi mənfi cəhətləri də sayılacaq qədər vardır. Bunlar,

- Robotların integrasiyası nisbətən böyük xərclər tələb edir
- İnsanlar üçün iş itkisi risklərinin olması qarşısını almazdır
- Avtonom şəkildə - insanların yerinə yetirdiyi bir çox işləri həyata keçirmək imkanları məhduddur
- Böyük istehsalat robotları ilə birlikdə fəaliyyət göstərən insanlar üçün təhlükəsizlik riskləri təəssüf ki, mövcuddur
- İnsanların robotlarla əməkdaşlıq edə bilməsi üçün onların öyrədilməsi çox vaxt və resurs tələb edir.

Qeyd olunanlar, bir başa mənfi cəhət olaraq qəbul edilməyə bilər lakin başqa bir bucaqdan bunların da müəyyən qədər təsiri vardır.

4. İSTEHSALATDA TƏTBİQ EDİLƏN ROBOTLAR: SƏNAYE ROBOTLARI

Sənaye robotları və onların əsas komponentləri

Sənaye robotları ISO 8373 standartına görə müxtəlif sənayelərdə - xüsusilə də istehsalat sənayesində - tətbiq edilən əsasən yenidən proqramlaşdırıla bilən, müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilən sabit və ya mobil robotlardır.

ISO 8373:2021 beynəlxalq standartına görə [3] “Sənaye robotları avtomatik idarə olunan, yenidən proqramlaşdırıla bilən çoxməqsədli, üç və ya daha çox oxda (istiqamətdə) proqramlaşdırıla bilən, sənaye mühitində avtomatlaşdırma tətbiqlərində istifadə üçün sabit və ya mobil manipulyatordur.”

Yenə eyni standartda uyğun olaraq, [3] sənaye robotuna aşağıdakılar daxildir:

- Robot idarəedicisi tərəfindən idarə olunan robot idarəediciləri daxil olmaqla, manipulyator; robot nəzarətçisi; robotu öyrətmək və/və ya proqramlaşdırmaq üçün vasitələr, o cümlədən istənilən rabitə interfeysi (avadanlıq və proqram təminatı).
- Sənaye robotlarına kinematik həllə inteqrasiya olunmuş istənilən köməkçi oxlar daxildir.
- Sənaye robotlarına mobil robotların manipulyasiya edən hissələri daxildir, burada mobil robot inteqrasiya edilmiş manipulyator və ya robotu olan mobil platformadan ibarətdir.

Bəzi robotlardan fərqli olaraq, sənaye robotları insana bənzəmlər lakin onlar insan hərəkət və davranışlarını təkrar edə bilir və hətta daha da üstün olurlar.

Sənaye robotunun dörd əsas hissəsi/komponenti manipulyator, nəzarətçi, istifadəçi interfeysi cihazı və enerji təchizatıdır.

Manipulyator – bu, əsasən qoldur və gövdəyə birləşmiş şəkildə olur. Bu qol müxtəlif istiqamətlərdə hərəkət edə bilir.

Nəzarətçi – Robotu idarə etmək üçün, bu əsasən qoldur, nəzarətçi olur. O, proqramlaşdırma kodunu saxlayır, giriş siqnallarını qəbul edir, emal edir və çıxışa ötürür. Sadə halda, Proqramlaşdırılmış hərəkətlərin yerinə yetirilməsini təmin edir.

İnsan interfeysi cihazı – insan sistemin ümumi nəzarətini istifadəçi interfeysi vasitəsilə izləyə bilir. Eyni zamanda interfeysdə xəbərdarlıq, məlumatlar, parametrlər və s. əks olunur. Bu, ümumi sistemin bir komponentidir.

Enerji təchizatı – Robotlar enerji təchizatına ehtiyac duyur. Bu enerjisini əsasən bütün sistemin: sensorların, aktuatorların, nəzarətçinin işləməsi üçün istifadə edir. Bu enerji əsasən elektrik enerjisi şəklində olur.

Sənaye robotlarının növləri

Sənaye robotlarının ümumi aşağıdakı növləri vardır:

- Artikulyasiyalı Robotlar
Artikulyasiyalı robot sənaye tətbiqlərində istifadə olunan robot növüdür. Bu robot fırlanan birləşmələri insan qolu kimi birləşdirərək konfigurasiya edilmişdir. O, insanın qoluna və yuxarı qoluna uyğun gələn iki düz komponentdən və barmaqlar kimi tutucudan ibarətdir. Bu tip robotlar adətən seç və yerləşdirmə proqramlarında istifadə olunur. [4] Artikulyasiyalı Robotlar üçün tipik tətbiqlər montaj, qövs qaynağı, materialla işləmə, maşına qulluq və qablaşdırma.
- Kartezyen Robotlar
Bu robota düzxətli və ya portal robot da deyilir. Kartezyen robotda Kartezyen koordinat sistemindən (X, Y və Z) istifadə edən üç xətti birləşmə (və ya onların birləşməsi) var. Bu robotun fırlanma hərəkətinə imkan vermək üçün əlavə bilək də ola bilər. Prizmatik birləşmələr müvafiq oxlar boyunca xətti hərəkətlər verir. Bu robot adətən materialların işlənməsi, kompüterin rəqəmsal idarəetmə maşınının yüklənməsi/boşaldılması və s. işlərdə istifadə olunur [5].
- SCARA (Seçilmiş Uyğunluq Quraşdırma Robot Qolu)
SCARA manipulyatorları tez-tez qüsurların aradan qaldırılması, seç və yerləşdirmə, fırçalama, dəşiklərin bərkidilməsi, dövrə lövhəsinin yığılması və mexaniki montaj kimi tapşırıqları yerinə yetirir ki, bunların hamısı son effektorun dəqiq izlənilməsi və yüksək sürətli manevr edilməsini tələb edir [6].
- Delta Robotları
Delta robot paralel robot növüdür. Adını quruluşundan (üçbucaq formalı) alır. Bu robot da, daşıma, qablaşdırma, çeşidləmə kimi prosesləri həyata keçirmək üçün istifadə edilir.

- Polar Robotlar
Polar digər adı ilə sferik robotlar ilkin nəsil robotlardandır. Unimate də sferik robot idi. Dəzgahlara qulluq, montaj əməliyyatları, qaz qaynaq tətbiqləri, boyama sistemləri və s. tətbiq edilir. Bu gün qütb/sferik robotlar digər sənaye robotları ilə əvəz edilmişdir. Ən çox yayılmışlar SCARA robotlarıdır [7].
- Birgə robotlar
Əməkdaşlıq robotlar, Kobotlar insanlarla birlikdə fəaliyyət göstərən robotlardır. Kobotlar adətən seçmə və yerləşdirmə, çeşidləmə, paletləmə, keyfiyyət yoxlaması və maşın baxımı üçün istifadə olunur.

İstehsalatda ən çox tətbiq edilən sənaye robotlarına isə aşağıdakılar aiddir: [8]

RB-THERON fabriklər və ya anbarlar kimi sənaye tətbiqləri üçün əla həlldir, çünki o, yüklərin qapalı yerlərdə avtonom daşınması üçün xüsusi olaraq hazırlanmışdır.

RB-ROBOUT sənaye mühitlərində 1 tona qədər çəkisi olan yüklərin daşınması üçün nəzərdə tutulmuş intralogistikada ağır yüklərin daşınması üçün istifadə olunur.

RB-KAIROS+: bu mobil manipulyator yığma və yerləşdirmə, hissələrin qidalanması, metrologiya, keyfiyyət nəzarət, böyük hissələrin vidalanması, qablaşdırma, təmizləmə, cilalama, vidalama və s. kimi sənaye proqramları üçün son dərəcə faydalıdır. O, sənaye mühitlərində işləmək üçün nəzərdə tutulub.

RB-VOGUI+: daxili və xarici logistika proqramları üçün çox yönlü mobil manipulyator. Robot yüksək mobildir, ona görə də operatoru izləyə və istənilən sənaye mühitində avtonom şəkildə hərəkət edə bilir.

5. ROBOTOTEXNİKANIN İSTEHSALATDA GƏLƏCƏYİ

Robototexnikanın gələcəyi robotların gələcəyi ilə xarakterizə olunur. Gələcəkdə bu, özünü 4 istiqamətdə göstərəcəkdir.

1. Avtonomluq imkanı
2. Enerji asılılığı
3. Əşyaların İnterneti əlaqəsi
4. Kiber təhlükəsizliyin təmini

Avtonomluq imkanı

V nəsil Robototexnika üçün əsas məqsədlərdən biri avtonomluq imkanının artırılmasıdır və hətta tam avtonom formada fəaliyyət göstərə bilən robotların yaradılmasıdır. Belə ki, bu robotlar öz tapşırıqlarını özləri yarada, özləri öyrənə bilsinlər.

Hazırda robotların böyük bir hissəsi yarı-avtonom fəaliyyət göstərir. Bu onu insandan asılı edən əsas amildir. Digər tərəfdən yarı-avtonom olmaq onların imkanlarını da məhdudlaşdırır. Bu cəhətdən hazırda insana yaxın olan bir robot tam olaraq layihələndirilməmişdir.

Robotlar yaxın gələcəkdə bu qabiliyyətə sahib ola bilərlər lakin bu onlarda yeni qabiliyyətləri də tələb edəcəkdir. Bu baxımdan yenə də insan və robotlar əməkdaşlıq etməyə davam edəcəklərdir.

Enerji asılılığı

Robotların enerjidən asılı olması normaldır. Lakin, enerji kəsildiyi zaman belə robotların öz işlərinə davam edə bilməsi daha mükəmməldir. İstər robotun birbaşa öz enerjisinin kəsilməsi istərsə də müəssisədə baş vermiş hər hansı bir nasazlıq halında robotun işinə davam etməsi, bütün prosesləri sona qədər davam etdirməsi müəssisənin məhsuldarlığı baxımından müsbət təsir göstərəcəkdir. Nəhayət bu, daha çox məhsul istehsalına, daha çox müştəriyə və daha çox gəlir əldə etməyə imkan verəcəkdir.

Texnologiya üçün enerji – xüsusilə elektrik enerjisi hər zaman vacib olaraq qalacaqdır. Lakin bu prosesi tərsinə çevirmək imkanı olarsa – enerjidən asılılıq dayandırılırsa daha yüksək məhsuldarlıq əldə olunar.

Digər tərəfdən enerjidən asılılığın aradan qaldırılması iqlim nəzarəti və əlavə enerji istifadəsinin, ehtiyacının azaldılmasına imkan verəcəkdir ki, bu da yüksək enerji səmərəliliyini təmin edəcəkdir.

Əşyaların İnterneti əlaqəsi

Sənaye 4.0 və istehsalat sektorunda əşyaların interneti cihazlarının tətbiqi genişdir. Əşyaların İnterneti texnologiyasının əsas komponentlərindən biri olan sensorlar olduqca praktik cihazlardır. Onların köməyi ilə ətraf mühit haqqında məlumatlar toplanır. Robototexnikada da bu cihazlardan istifadə edilir. Bu Əşyaların İnterneti texnologiyası ilə Robototexnika arasındakı əsas əlaqədir. Robotlar sensorların köməyi ilə görə və toxuna bilər.

Bu istiqamətdə sonrakı mərhələ əşyaların internetinin sahib olduğu proqnozlaşdırıcı analiz və yerin izlənməsi qabiliyyətlərinin robotların da istifadə edə bilməsidir. Əgər robotlar ətrafdan aldıkları məlumatları analiz edə və bunun nəticəsində proqnozlaşdırma apara bilərsə bu, robotların avtonomluq qabiliyyətlərinin də təkmilləşdirilməsi deməkdir.

Digər tərəfdən proqnozlaşdırma edə bilən robot həm öz iş prosesini izləyə bilər həm də müəssisədəki ümumi iş prosesini. Bununla da robot nasazlıqları da əvvəlcədən proqnozlaşdırıla bilər.

Kiber təhlükəsizliyin təmini

Süni İntellekt, Əşyaların İnterneti, Dərin Öyrənmə, Maşın Öyrənməsi, Kompüter Görmə kimi texnologiyaların tətbiqi ilə birlikdə təhlükəsizlik problemləri də yaranır. Kibertəhlükəsizlik robotların rastlaşa biləcəyi əsas problemlərdən biridir. Kiber hücumla məruz qalan robot işini dayandıra, hətta ətrafa mühitə və digər ziyan vura bilər. Bu işə işin yarım qalmasına və bütün prosesin dayanmasına (çökməsinə) səbəb ola bilər. Bunun nəticələri isə təbii ki mənfi olacaqdır. Bu baxımdan təhlükəsizliyin təkmilləşdirilməsi vacibdir.

Təhlükəsizlik iki tərəfli: istehsalçı və istehlakçı tərəfdən olmalıdır. İlk növbədə robotların əsas təhlükəyə məruz qalacaq hissəsi proqram təminatıdır. Bu baxımdan istehsalçı şirkət buna xüsusi önəm verməli, proqram təminatını gücləndirməli və uyğun təhlükəsizlik siyasəti yaratmalıdır. Digər tərəfdən istehsalçı daimi nəzarət edərək robotları kiber hücumlardan qorumağa çalışmalıdır. Bunun üçün əsasən zəifliklər daimi yoxlanmalı və qoruyucu nəzarət vasitələri quraşdırılmalıdır.

Bu həllər təhlükəsizliyin təmini üçün vacibdir.

NƏTİCƏ

Robotlar hazırda böyük sənaye sahələri kimi gündəlik həyatda da tətbiq edilir. Robotların tarixi keçmişə qədər uzanır. İlk rəqəmsal robotların yaradılması və tətbiqi isə XX əsrin ortalarından başlanmışdır.

Məqalənin qısaca nəticələri aşağıdakılardır:

1. Robot sözü ilk dəfə 1921-ci ildə istifadə edilmişdir. Robotları öyrənən, dizayn edən, istismar edən sahə Robototexnikadır.
2. İlk sənaye robotu 1954-cü ildə ixtiraçı Corc C. Devol tərəfindən yaradılmış “Unimate” robotudur.
3. Robotların təkamülü 5 nəsiləndən ibarətdir: Robot manipulyatorlar, öyrənən robotlar, proqramlaşdırıla bilən robotlar, mobil robotlar, süni intellekt əsaslı robotlar.
4. Robotların əsas fəaliyyətləri bunlardır: təkrarlanan fəaliyyətlərin avtomatlaşdırılması, monitoring və nəzarət proseslərinin avtomatlaşdırılması, insanlar üçün fiziki cəhətdən ağır və ya təhlükəli olan işlərin yerinə yetirilməsi, kargüzərliq fəaliyyətlərinin həyata keçirilməsini, incəsənət ilə əlaqəli fəaliyyətlər və s.
5. Robotların əsas xüsusiyyətləri bunlardır: fəaliyyətlərin avtomatlaşdırılması vasitələridir, əsasən proqramlaşdırılmış maşınlardır, robotların sensorları vardır, hansı ki, bunların köməyi ilə prosesləri həyata keçirirlər, robotların beyinləri vardır hansı ki, həyata keçirdikləri prosesləri, fəaliyyətləri yaddaşlarında saxlaya bilirlər, avtonom və yarı-avtonom fəaliyyət göstərirlər.

6. Robotlar müxtəlif sənaye sahələrində: tədqiqat, səhiyyə, hərbi, əyləncə, təhsil, inşaat, kənd təsərrüfatı, nəqliyyat, istehsalat və s. tətbiq edilir.
7. İstehsalatda tətbiq edilən robotlar istehsalat robotlarıdır. Eyni zamanda sənaye robotları olaraq da bilinir.
8. Sənaye robotunun dörd əsas hissəsi/komponenti manipulyator, nəzarətçi, insan interfeysi cihazı və enerji təchizatıdır.
9. Sənaye robotlarının növləri bunlardır: artikulyasiyalı, kartezyen, SCARA, delta, polar, birləşmiş robotlar
10. Robotların gələcəyi 4 istiqamətdə inkişaf edəcəkdir: avtonomluq imkanı, enerji asılılığı, aşıların İnterneti əlaqəsi, kiber təhlükəsizliyin təmini

-
1. <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1998-99/robotics/history.html>
 2. <https://robotsguide.com/robots/unimate>
 3. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/75539/1bc8409322eb4922bf680e15901852d2/ISO-8373-2021.pdf>
 4. Nyein, Aung & Thu, Theint. (2008). Intelligent Articulated Robot. 1052. 10. 1063 /1.3008658.
 5. K.L.S. Sharma, "Management of Industrial Processes", Editor(s): K.L.S. Sharma, Overview of Industrial Process Automation (Second Edition), Elsevier, 2017, Pages 321-357
 6. Hussein, Safwan Mawlood. (2018). Modeling and Simulation of Industrial SCARA Robot Arm.
 7. <https://www.mwes.com/types-of-industrial-robots/polar-spherical-robots/>
 8. <https://robotnik.eu/what-is-an-industrial-robot-industrial-robot-definition/>
 9. K.L.S. Sharma, "Management of Industrial Processes", Editor(s): K.L.S. Sharma, Overview of Industrial Process Automation (Second Edition), Elsevier, 2017, Pages 321-357
 10. Hussein, Safwan Mawlood. (2018). Modeling and Simulation of Industrial SCARA Robot Arm.
 11. Susmita Bandyopadhyay. "Industrial Robot." In Intelligent Vehicles and Materials Transportation in the Manufacturing Sector: Emerging Research and Opportunities. Hershey, PA: IGI Global, 2018. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3064-0.ch003>

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ

**РАХИМОВА Н.А., АБДУЛЛАЕВ В.Г.,
АББАСОВА В.С., АГАЗАДЕ Ж.Д., АБУЗАРОВА В.А.**

Производство (син. Переработка, Промышленность) – это понятие и действие, существующее уже много лет. Производство, существовавшее на протяжении веков, в давние времена осуществлялось специальными мастерами, и здесь преобладал преимущественно ручной труд. Ранняя эпоха производства, с большим количеством человеческого труда, со временем начала улучшаться и начала свою основную эволюцию, другими словами, переходный период, с промышленной революцией. С IV промышленной революцией человеческая рабочая сила стала относительно замещаться с помощью различного рода орудий и технологий. Одним из основных таких средств являются роботы. В статье рассмотрены роботы и их применение в производстве.

Ключевые слова: Производство, Искусственный интеллект, роботы, автоматизация, Интеллектуальные роботы

APPLICATION OF INDUSTRIAL ROBOTS IN MANUFACTURING

**RAKHIMOVA N.A., ABDULLAYEV V.G.,
ABBASOVA V.S., AGAZADE ZH.D., ABUZAROVA V.A.**

Manufacturing (syn. Processing, Industry) is a concept and act that has existed for many years. The manufacturing, which has existed for centuries, was carried out in the early times by special craftsmen, and here, mainly handwork prevailed. The early manufacturing era, with more human labor, began to improve over time and began its main evolution, in other words, the transition period, with the Industrial Revolution. With the IV Industrial revolution, the human workforce began to be relatively replaced with the help of various types of tools and technologies. One of the main such aids are robots. Robots and their application in manufacturing are considered in the article.

Key words: manufacturing, artificial intelligence, robots, automation, intelligent robots.

MÜNDƏRİCAT

ELEKTROENERGETİKA

Balametov A.B., Xəlilov E.D., İsayeva T.M. Dəyişən cərəyan hava xətlərinin elektromaqnit uyğunluğunun və ətraf mühitə təsirinin monitorinqi üçün program təminatı.....	3
Əhmədov E.N., Muxtarova K.M., Babazadə C.A., Süleymanov M.Ü. İldırım ifrat gərginliklərinin elektrik enerjisinin keyfiyyətinə təsiri və onun məhdudlaşdırılması yolları.....	15
Nayir A.R. Elektrik ötürmə xətlərində aşırı gərginlik və aşırı cərəyanın tədqiqində fərqli metoddan istifadə etməklə yeni texnologiyanın tətbiqi.....	20

ELEKTROFİZİKA

Eminova V.İ. Zəif maqnit sahələrində $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ bərk məhlullarının kinetik əmsallarının ölçülməsindən istifadə edərək elektron və dəşiklərin effektiv kütlələrinin təyini.....	30
Qurbanov K.B., Süleymanova L.Ç., Cəfərova F.Ş., Tağıyeva Z.A., Hüseynova S.A., Hacıyeva V.M., Əhədova S.S. Elektrik boşalması şəraitində bərk adsorbentlərin səthindən qazın desorbsiya proseslərinin tədqiqi.....	35
Əhədzadə Ş.M., Nurubəyli T. K., Tağıyeva E.Q. Kompozit varistorların hazırlanması üçün istifadə olunan texnoloji metodlar.....	39

ENERJİ MƏNBƏLƏRİ

Rzayev M.A., Niftiyev S.N., Şükürova M.Ş. Reaktiv güc mənbələrindən istifadə etməklə şəbəkədə elektrik enerjisinin keyfiyyətinin artırılması.....	44
--	----

İNFORMATİKA

Mirzəyeva S.M., İsmiyeva N.H., Mustafayeva F.M. Ağıllı şəbəkə sistemləri.....	50
--	----

EKOLOGİYA

Rəhimova N.Ə., Abdullayev V.H., Abbasova V.S., Agazade J.F. Yaşıl dünya yaşıllıq texnologiyası və yaşıllıq enerji.....	56
---	----

İŞ TƏCRÜBƏSİNDƏN

İsayev İ.Q., Muradova R.Ə. Güc transformatorlarının izolyasiya sistemlərinin monitorinqi və diaqnostikası.....	62
Abdullayev V.H., Rəhimova N.Ə., Abbasova V.S., Agazade J.F., Abuzərova V.Ə. İstehsalatda sənaye robotlarının tətbiqi.....	69

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Исаева Т.М. Программное обеспечение для мониторинга электромагнитной совместимости и влияния воздушных линий переменного тока на окружающую среду.....	3
Ахмэдов Э.Н., Мухтарова К.М., Бабазаде К.А., Сулейманов М.Ю. Влияние грозových перенапряжений на качество электроэнергии и способы его ограничения.....	15
Наир А.Р. Применение новой технологии с использованием различных методов исследования перенапряжения и сверхтока в линиях электропередачи.....	20

ЭЛЕКТРОФИЗИКА

Эминова В.И. Определение эффективных масс электронов и дырок в твердых растворах $Ti_{1-x}Yb_xTe_2$ из измерений кинетических коэффициентов в слабых магнитных полях.....	30
Гурбанов К.Б., Сулейманова Л.Ч., Джафарова Ф.Ш., Тагиева З.А., Гусейнова С.А., Гаджиева В.М., Ахадова С.С. Исследование процессов десорбции газов с поверхности твердых адсорбентов в условиях электрического разряда.....	35
Ахадзаде Ш.М., Нурубейли Т.К., Тагиева Е.О. Технологические методы приготовления композитных варисторов.....	39

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Рзаев М.А., Нифтиев С.Н., Алекперова М.Ш. Повышение качества электроэнергии в сети с помощью использования источников реактивной мощности.....	44
---	----

ИНФОРМАТИКА

Мирзаева С.М., Исмиева Н.Х., Мустафаева Ф.М. Системы интеллектуальных сетей.....	50
---	----

ЭКОЛОГИЯ

Рахимова Н.А., Абдуллаев В.Г., Аббасова В.С., Агазаде Ж.Ф. Зеленый Мир зеленые технологии и зеленая энергия.....	56
---	----

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

Исаев И.Г., Мурадова Р.А. Мониторинг и диагностика систем изоляции силовых трансформаторов.....	62
Абдуллаев В.Г., Рахимова Н.А., Аббасова В.С., Агазаде Ж.Д., Абузарова В.А. Применение промышленных роботов в производстве.....	69

CONTENTS

Balametov A.B., Khalilov E.D., Isayeva T.M. The electrical power engineering software for monitoring electromagnetic compatibility of alternating current overhead lines and impact to the environment.....	3
Ahmedov E.N., Mukhtarova K.M., Babazade K.A., Suleimanov M.Y. Influence of lightning surge on electric power quality and ways to limit it.....	15
Nayir A.R. Applying new technology via using different method in the research of overvoltage and overcurrent in electricity transmission lines.....	20

ELECTROPHYSICS

Eminova V.I. Determination of effective masses of electrons and holes in $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ on the bases of measured kinetic coefficients in the weak magnetic fields.....	30
Gurbanov K.B., Suleymanova L.Ch., Jafarova F.Sh., Taghiyeva Z.A., Huseynova S.A., Hajiyeve V.M., Ahadova S.S. Research of gases desorption processes from the surface of solid adsorbents under conditions of electric discharge.....	35
Ahadzade SH.M., Nurubeyli T.K., Taghiyeva E.Q. Technological methods used for preparation of composite varistors.....	39

ENERGY SOURCES

Rzayev M.A., Niftiyev S.N., Shukurova M.S. Improving the quality of electric power in the grid through the use of reactive power sources.....	44
--	----

INFORMATICS

Mirzayeva S.M., Ismiyeva N.H., Mustafayeva F.M. Smart grid systems.....	50
--	----

ECOLOGY

Rahimova N.A., Abdullayev V.H., Abbasova V.S., Agazade J.F. Green world green technology and green energy.....	56
---	----

FROM OPERATING EXPERIENCE

Isayev I.G., Muradova R.A. Monitoring and diagnostics of insulation Systems of power transformers.....	62
Abdullayev V.G., Rakhimova N.A., Abbasova V.S., Agazade ZH.D., Abuzarova V.A. Application of industrial robots in manufacturing.....	69

MÜƏLLİFLƏRİN NƏZƏRİNƏ

1. Ümumi qaydalar.

“Energetikanın problemləri” “jurnalında energetikanın kompleks problemləri, elektroenergetika, istilik energetikası, istilik fizikası, elektrofizika, elektrotexnologiya, informatika və yeni texnika sahələrinə həsr olunmuş elmi-texniki məqalələr dərc edilir, eyni zamanda cari xronika da verilir.

Jurnalın əsas məqsədi yüksək elmi keyfiyyət kriteriyalarına cavab verən orijinal elmi-texniki məqalələrin dərc edilməsidir.

Jurnal eyni zamanda konfranslar, sinpoziumlar, elmi məktəblər, ümumiyyətlə elmi həyatda cərəyan edən hadisələr haqqında məlumatları da dərc edir.

Redaksiya heyəti, bu və ya digər səbəblərdən, jurnalın tələblərini təmin etməyən məqalələri dərc etməmək hüququnu üzündə saxlayır.

2. Məqalələrin təqdim edilməsi.

Bütün məqalələr aşağıda göstərilən ünvana, jurnalın redaksiyasına göndərməlidir:

Azərbaycan, Az-1143, Bakı, HüseynCavidprospekti, 131

Azərbaycan MEAFizika İnstitutu

Tel.: (994 12) 538 – 16 – 60; (994 12) 539 – 44 - 02; Faks : (994 12) 539 – 31 – 16

E – mail: a.hashimov@physics.science.az;

Məsul katib Qurbanov Kamil Bəxtiyar oğlu.

3. Məqalələrin mətninin dili.

Məqalələr azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul edilir. Respublika müəlliflərinin məqalələri yalnız azərbaycan və ya rus dillərində, yaxın xarici ölkələrdən olan müəlliflərin məqalələri yalnız rus dilində, uzaq xarici ölkələrin müəlliflərinin məqalələri isə yalnız ingilis dilində qəbul edilir.

4. Məqalələrin tərtib edilməsi qaydaları.

- 4.1. Məqalələr, jurnalın redaksiyasına disket təqdim etməklə, fərdi kompyüterdə, A4 formatlı ağ kağızda, səhifənin parametrləri: yuxarıdan və aşağıdan – 2sm, soldan və sağdan – 2,5 sm məsafə ilə, Times New Roman 12 şriftində yazılaraq, 1 nüsxədə, sətir aralığı 1 interval olmaq şərtlə çap edilərək, qoşulmuş CD disk ilə təqdim edilir.
- 4.2. Məqalələrin ümumi həcmi, qrafiki materiallar, fotolar, cədvəllər, düsturlar, ədəbiyyatın siyahısı və xülasələr də daxil olmaqla 8 səhifədən yuxarı olmamalıdır.
- 4.3. Məqalələrinin birinci səhifəsinin sol küncündə Universal onluq təsnifatı (UOT) üzrə indeksi göstərməlidir. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük hərflərlə məqalənin adı yazılır. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük hərflərlə müəllifin (müəlliflərin) soyadı, adı və atasının adının baş hərfləri yazılır. 1 interval aşağıdan məqaləni təqdim edən təşkilatın adı yazılır. 1 interval aşağıdan, məqalənin mətninin dilinə uyğun olan, həcmi 10 sətirdən çox olmamaq şərtlə, 10 şrifti ilə çap edilən xülasə, açar sözlər (5-6 söz), məqalənin əsas mətninin önündə verilir. Sonra 1 interval aşağıdan məqalənin əsas mətni 12 şrifti ilə çap edilir. Bilavasitə məqalənin mətninin davamı olaraq, heç bir başlıq vermədən, yalnız 20-25 simvolla xətt çəkərək, say sırası ilə istifadə edilən ədəbiyyatın siyahısı verilir. Sonra ardıcıl olaraq rus (və ya azərbaycan) və ingilis dillərində olan

xülasələr və açar sözlər (10 şrifti ilə çap edilərək) verilir. Məqalənin mətninin sonunda, əlaqə telefonları, telefakslar və E – mail-ı göstərməklə, müəlliflər məqaləni imzalayırlar.

- 4.4. Məqalənin qrafiki materialları, fotolar, cədvəllər, düsturlar mətnə uyğun yerlərdə yerləşdirilməlidir. Qrafiki materialların şərhinə aid olan yazılar məqalənin mətnində verilməlidir. Qrafiki materiallarda ədədi və ya hərfi işarələr göstərilərək, uyğun izahatlar mətnin içərisində verilməlidir. Qrafiki materialların aşağı hissəsində say sırası verilir və adı yazıla bilər (misal üçün, Şəkl.3. Sınaq qurğusunun sxemi).
- 4.5. Ədəbiyyat say sırası qeyd edilməklə, orijinalın dilində verilir. Müəlliflərin soyadı, adı və atasının adı kursivdən istifadə etməklə yazılır. Ədəbiyyatın siyahısı aşağıda verilən nümunələr üzrə tərtib edilir.

Kitablar

1. *Разевиг Д.В., Соколова М.В.* Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977. - 178 с.
2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystals. London: Cambridge Univ. Press, 1974.
3. *Скальный А.В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век. 2004. 216 с.

Jurnallar

4. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество. - 1972. - № 5. - с. 32-36.
5. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.
6. *Гашимов А.М., Нурубейли Т.К., Нуриев К.З., Гурбанов К.Б.* //Журнал технической физики. 2009, т. 79, № 8, с. 99-103,

Deponə edilmiş əl yazması.

7. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНТИ 25.10.85, №19233.
8. *Викulina Т.Д.*; 1998. 214 с. – Деп. в ИНИОН РАН 06.10.98, № 53913.

Dissertasiyalar

9. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокомолекулярных соединений, 1985.
10. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.
11. *Nurubeyli T.K.* Fiz. üzrə fəlsəfə dok. dis. Bakı: Fizika İnstitutu, 2010

Müəlliflik şəhadətnamələri və patentlər

12. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514 СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50
13. Пат. 3386968 США // РЖ ФИЗ. 1970, 25, с. 400.
14. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.
15. *Həşimov A.M., Nurubəyli T.K., Nuriyev K.Z.*//Pat. İ 2015 0010, Bakı, 2015

Konfranslar, simpoziumlar

16. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.
17. *Нуриев К.З., Гурбанов К.Б., Нурубейли Т.К.*, //Тез.док. IV Всероссийская конференция «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» 2011 г. Москва с. 92

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Общие правила.

В журнале “Проблемы Энергетики” публикуются научно - технические статьи в области комплексных проблем энергетики, электроэнергетики, теплоэнергетики, теплофизики, электрофизики, электротехнологии, информатики и новой техники, а также приводится текущая хроника.

Основной целью журнала является публикация оригинальных научно-технических статей, отвечающих требованиям высокого научного качества.

В журнале приводятся сведения о работе конференций, симпозиумов, различных научных школ, а также об интересных событиях, происходящих в научном мире.

Редакция сохраняет за собой право не публиковать материалы по тем или иным причинам, не удовлетворяющим требованиям журнала.

2. Представление статей.

Статьи должны быть представлены в редакцию журнала по следующему адресу:

Азербайджан, Аз-1143, Баку, пр. Г. Джавида, 131

Институт Физики НАН Азербайджана

Тел: (994 12) 538-16-60; (994 12) 539-44-02; Факс: (994 12) 539-31-16

E-mail: a.hashimov@physics.science.az;

Ответственный секретарь - Гурбанов Кямил Бахтияр оглы.

3. Язык статей.

Статьи принимаются на азербайджанском, русском и английском языках, причем статьи авторов из Азербайджана должны быть представлены на азербайджанском или русском языках, статьи авторов из стран СНГ - только на русском языке, статьи авторов из дальнего зарубежья - только на английском языке.

4. Правила оформления статей.

- 4.1. В редакцию журнала представляются статьи, набранные и напечатанные в одном экземпляре через один интервал на персональном компьютере, на белой бумаге формата А 4, шрифтом Times New Roman, размер шрифта 12, а также представляется в электронном виде на CD диске. Поля сверху и снизу - 2 см, слева и справа - 2,5 см.
- 4.2. Объем статьи должен превышать 8 страниц, включая графические материалы, фото, таблицы, формулы, список литературы и аннотации.
- 4.3. В верхнем левом углу первой страницы статьи указывается индекс УДК. Через 1 интервал ниже помещается название статьи жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал помещается фамилия (фамилии), и инициалы автора (авторов) жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал указывается наименование организации. Через 1 интервал помещается аннотация на языке статьи объемом не более 10 строк и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10. Через 1 интервал помещается основное

содержание статьи шрифтом 12. В конце основного текста статьи проводится прочерк длиной 20-25 символов, после чего помещается список литературы без какого-либо названия, в порядке нумерации ссылок в тексте статьи. После этого через 1 интервал помещаются аннотации на двух других языках – русском (или азербайджанском), английском и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10.

В самом конце статьи помещаются контактные телефоны, факсы и E – mail, а также подписи всех авторов.

4.4. Графические материалы, фото, таблицы, формулы помещаются в соответствующих разделах текста статьи. Надписи, относящиеся к графическим материалам, помещаются в тексте статьи. В графическом материале указываются буквенные и цифровые обозначения, а их комментарии помещаются в тексте статьи. В нижней части графического материала указывается номер и может указываться название материала (напр., Рис.3. Схема установки....)

4.5. Список цитированной литературы приводится на языках оригиналов. Фамилии и инициалы авторов печатаются курсивом. Список литературы оформляется по образцу, приведенному ниже:

Книги

1. *Разевиг Д.В., Соколова М.В.* Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977. - 178 с.
2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystals. London: Cambridge Univ. Press, 1974.
3. *Скальный А.В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век. 2004. 216 с.

Журналы

4. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество. - 1972. - № 5. - с. 32-36.
5. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.
6. *Гашимов А.М., Нурубейли Т.К., Нуриев К.З., Гурбанов К.Б.* //Журнал технической физики. 2009, т. 79, № 8, с. 99-103

Депонированные рукописи

7. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНТИ 25.10.85, №19233.
8. *Викулина Т.Д.*; 1998. 214 с. – Деп. в ИНИОН РАН 06.10.98, № 53913.

Диссертации

9. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокомолекулярных соединений, 1985.
10. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.
11. *Аношкина Ю.В.* Дис. канд. хим. наук. Томский государственный университет, 2012

Авторские свидетельства и патенты

12. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514 СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50
13. Пат. 3386968 США // РЖ ФИЗ. 1970, 25, с. 400.
14. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.
15. *Гашимов А.М., Гурбанов К.Б.* // Пат. І 2015 0010, Баку, 2015

Конференции, симпозиумы

16. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.
17. *Нуриев К.З., Гурбанов К.Б., Нурубейли З.К.,* //Тез. док. IV Всероссийская конференция «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» 2011 г. Москва с. 92

FOR THE ATTENTION OF AUTHORS

1. General Rules.

The **Journal of Electric Power** is dedicated to publicize scientific research articles reflecting the current problems in the electric power systems, heat transfer, technology and information technology, and digests.

The main purpose of the Journal is publishing of the original scientific articles, meeting high quality requirements.

The journal also informs about the results of conferences, seminars, various scientific schools, and the events taking place in the scientific society.

The editorial board reserves the right not to publish the submitted documents, which for various reasons do not satisfy the requirements of the Journal.

2. Submission of the papers.

The papers must be submitted to the editorial body at the following address:

**Azerbaijan, A3-1143, Baku, pr. G.Javid, 131
Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan
Tel: (994 12) 539-16-60; 539-44-02; Fax: (994 12) 539-31-16**

**E-mail: a.hashimov@physics.science.az;
For the Attention of K.B. Kurbanov – the Responsible Secretary**

3. The Language

The papers can be accepted in either of Azeri, Russian or English. The papers submitted by Azerbaijani authors must be submitted in Azeri and Russian, the papers of those from CIS countries—in Russian, and those originated from the countries outside CIS—in English.

4. The papers must be submitted in the following format.

- 4.1. The hard copy of the paper must be submitted on the A4 format in 1-line interval, typed in “Times New Roman”, in 12 font, with the borders from top and bottom – 20 mm, from left and right – 25 mm. The electronic copy on a CD-disk should be submitted along with the hard copy.
- 4.2. The paper must not contain more than 8 pages of text, inclusive of any graphs, photos, formulas, reference lists and annotations.
- 4.3. In the upper left corner of the paper the index of UDC must be indicated. Below that, omitting one line, the name of the article must be placed printed in a **BOLD CAPITAL LETTERS**. Underneath the name of the paper, omitting 1 line, the name of the author(s) printed in capital letters must be printed. Below that, omitting 1 line, the name of the organization must be indicated, which supported the research. The abstract follows that, leaving 1 line of blank space, which must be no more than 10 lines, and keywords (5-6 words) of font 10. The text of the paper follows the abstract, leaving 1 line. Drawing a line

with the length 20-25 symbols must indicate the end of the text. The reference list is printed below the line, following the same order as it was referred to in the text. Below the reference list, the summaries and keywords (5-6 words) in Russian and English must follow.

At the end of the paper, the contact details must be placed, and also all the authors must put their signatures.

4.4. All graphic materials, photos, tables, formulas must be placed in the corresponding place of the text. The legends must be placed in the text. All the keys to the symbols must be given in the text of the paper. Below the graphic material the number can be indicated followed by the name of the material (e.g. Fig. 3. Schematic drawing of the installation...)

4.5. The cited materials must be referred to using their original language. The names of authors must be given in *italics*. The reference list must follow the example below:

Books

1. *Gielen M., Tiekink E.R.T.* Metallotherapeutic Drugs and Metal-Based Diagnostic Agents. N.Y.: Wiley. 2005. 598 p.

2. *Venkatesh Iyengar G., Subramanian K.S., Woittiez J.R.W.* Element Analysis of Biological Samples: Principles and Practices, V II. N.Y.: CRC Press. 1997. 272 p.

Journals

3. *Timerbaev A.R.* // J. Anal. At. Spectrom. 2014. V. 29. № 6. P. 1058–1072.

4. *Guo W., Hu Sh., Zhang J., Hu Zh., Zhang H., Wang Y.* // Talanta. 2012. V. 91. P. 60–64.

Patents

5. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.

6. *Hashimov A.M., Qurbanov K.B.*//Pat. İ 2015 0010, Baku, 2015

Deposited manuscripts

7. *Ivanov L.P. M.*, 1985, 40s. - Dep. in VINITI 10/25/85, No. 19233.

8. *Vikulina T.D.*; 1998, 214 s. - Dep. at INION RAN 06.10.98, No. 53913.

Dissertation

9. *Petrov V.G.* Dis. Cand. phys.-mat. sciences. L.: Institute of High Molecular Compounds, 1985.

10. *Sidorov N.V.* Dis. Dr. chem. sciences. Novosibirsk: Institute of Chemistry, 1979.

11. *Anoshkina Yu.V.* PhD in chem. Tomsk State University, 2012

Conferences, symposia

16. *Medvedev P.T.* // Abstracts. report III All-Union. Meeting. on energy problems. L. : Ed. LPI, 1984, p. 30.

17. *Nuriev K.Z., Gurbanov K. B., Nurubeyli Z. K.*// Abstracts of documents. IV All-Russian conference "Mass spectrometry and its applied problems" 2011 Moscow p. 92

QEYD ÜÇÜN

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 4

2024

Jurnal aşağıdakı əməkdaşlar tərəfindən yığılıb, nəşrə hazırlanmışdır:

Az. MEA – nın Fizika İnstitutu - **Z.A.Tağıyeva**

Qeydiyyat №-si: B 507

Tiraj 50 nüsxə

Bakı, “Art Point Reklam” MMC

Redaksiyanın ünvanları: Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti, 131, Az.MEA Fizika İnstitutu

Bakı, Az -1602, H.Zərdabi prospekti