

UOT 621.311.161

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNİN ETİBARLILIQ VƏZİYYƏTİNİN TƏHLİLİ

Şıxəliyeva S.Y., Balayeva Ə.H., Ələkbərov İ.M.

“Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ

Az1010, Bakı şəh., Azadlıq pros., 20

“Sumqayıt Dövlət Universiteti” PHŞ

Az5008, Sumqayıt şəh., Bakı küç., 1

E-mail: saadaasmar@mail.ru, balayeva.efile@mail.ru, rlayke95@gmail.com

Xülasə. Bu məqalədə müasir elektroenergetika sistemlərinin etibarlılığı məsələsi hərtərəfli şəkildə araşdırılır və bu anlayışın struktur, funksional, balans və rejim olmaqla əsas komponentləri üzərində dayanılır. Enerji sistemlərinin etibarlılığı, ümumilikdə elektrik avadanlıqlarının və sistemlərin müəyyən edilmiş funksiyaları fasiləsiz, davamlı və təhlükəsiz şəkildə yerinə yetirmək qabiliyyəti kimi qiymətləndirilir. Bu, enerji təchizatının kəsintisiz və sabit olması, eyni zamanda sistemin texniki və əməliyyat baxımından güvənilir qalması üçün əsas şərtidir. Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, hazırkı enerji şəbəkələrinin dayanıqlığı bir sıra texnoloji və infrastruktur problemlərlə üz-üzədir. Xüsusilə qeyd olunur ki, texniki nasazlıqların əhəmiyyətli bir hissəsi təxminən 24%-i avadanlıqların fiziki cəhətdən köhnəlməsi, düzgün istismar olunmaması və iqlim dəyişikliklərinin yaratdığı əlavə yüklənmələr nəticəsində baş verir. Bu, elektroenergetika sistemlərinin istismarında ciddi risklərə yol açır və fasiləsiz enerji təminatına birbaşa təsir göstərir. Statistik məlumatlar da bu vəziyyəti təsdiqləyir – enerji sistemlərində istifadə olunan avadanlıqların böyük bir hissəsi artıq istismar müddətini başa vurmuşdur. Nəticədə bu

avadanlıqların texniki göstəriciləri və istismar parametrləri müasir təhlükəsizlik və məhsuldarlıq standartlarına cavab vermir. Bu isə sistemin ümumi fəaliyyətinə mənfi təsir edir və qəza risklərini artırır. Xüsusi olaraq güc transformatorları, kabel və hava xətləri, eləcə də rele mühafizə sistemlərində müşahidə olunan nasazlıqlar daha ətraflı təhlil edilir. Bu sahələrdə baş verən qüsurların təkrarlanma tezliyi və əsas səbəbləri araşdırılır, onların enerji sisteminin ümumi etibarlılığına necə təsir etdiyi izah olunur. Qeyd olunur ki, bu komponentlər enerji ötürülməsi və paylanması prosesində həlledici rol oynadığı üçün onların texniki vəziyyəti sistemin ümumi dayanıqlığı baxımından son dərəcə əhəmiyyətlidir.

Məqalənin nəticə hissəsində vurğulanır ki, enerji sistemlərinin fasiləsiz və təhlükəsiz fəaliyyəti yalnız kompleks və davamlı yanaşma ilə təmin edilə bilər. Bunun üçün ilk növbədə sistemin etibarlılıq göstəriciləri dərin və çoxşaxəli şəkildə qiymətləndirilməlidir. Eyni zamanda, qərarların qəbulunda statistik verilərə əsaslanan yanaşmalara üstünlük verilməli, risklərin azaldılması və texniki nasazlıqların qarşısının alınması üçün qabaqlayıcı tədbirlər görülməlidir.

Bu məqsədlə enerji sistemlərində istifadə olunan avadanlıqların mərhələli şəkildə yenilənməsi, müasir texnoloji tələblərə cavab verən sistemlərlə əvəz olunması və istismar proseslərinin təkmilləşdirilməsi zəruri hesab olunur. Belə tədbirlər, həm etibarlılığın artırılmasına, həm də sistemin uzunmüddətli iqtisadi və texnoloji dayanıqlığının təmin edilməsinə xidmət edəcəkdir.

Abstract. This article comprehensively examines the issue of reliability of modern power systems and focuses on the main components of this concept: structural, functional, balance and regime. The reliability of power systems is generally considered to be the ability of electrical equipment and systems to perform their specified functions continuously, sustainably and safely. This is a key condition for the uninterrupted and stable power supply, as well as the technical and operational reliability of the system. The results of the study show that the stability of current power networks is faced with a number of technological and infrastructure problems. In particular, it is noted that a significant part of technical failures - about 24% - occurs as a result of physical obsolescence of equipment, improper operation and additional loads caused by climate change. This creates serious risks in the operation of power systems and directly affects the uninterrupted power supply. Statistical data also confirm this situation - a large part of the equipment used in power systems has already reached the end of its service life. As a result, the technical indicators and operating parameters of this equipment do not meet modern safety and efficiency standards. This negatively affects the overall performance of the system and increases the risk of accidents. In particular, the failures observed in power transformers, cable and overhead lines, as well as relay protection systems are analyzed in more detail. The frequency and main causes of failures occurring in these areas are investigated, and how they affect the overall reliability of the power system is explained. It is noted that since these components play a decisive role in the process of energy transmission and distribution, their technical condition is extremely important in terms of the overall stability of the system.

The conclusion of the article emphasizes that uninterrupted and safe operation of power systems can only be ensured with a complex and continuous approach. For this, first of all, the reliability indicators of the system should be assessed in a deep and multifaceted manner. At the same time, approaches based on statistical data should be preferred in decision-making, and preventive measures should be taken to reduce risks and prevent technical failures.

For this purpose, it is considered necessary to gradually renew the equipment used in power systems, replace them with systems that meet modern technological requirements, and improve operational processes. Such measures will serve to both increase reliability and ensure the long-term economic and technological sustainability of the system.

Аннотация. В данной статье всесторонне рассматривается вопрос надежности современных энергосистем и рассматриваются основные составляющие этого понятия:

структурная, функциональная, балансовая и режимная. Под надежностью энергосистем принято понимать способность электротехнического оборудования и систем непрерывно, устойчиво и безопасно выполнять свои функции. Это является ключевым условием бесперебойного и стабильного электроснабжения, а также технической и эксплуатационной надежности системы. Результаты исследования показывают, что устойчивость современных энергосетей сопряжена с рядом технологических и инфраструктурных проблем. В частности, отмечается, что значительная часть технических отказов, около 24%, происходит вследствие физического устаревания оборудования, неправильной эксплуатации и дополнительных нагрузок, вызванных изменением климата. Это создает серьезные риски в работе энергосистем и напрямую влияет на бесперебойное электроснабжение. Статистические данные также подтверждают эту ситуацию – значительная часть оборудования, используемого в энергосистемах, уже выработала свой ресурс. В результате технические показатели и эксплуатационные параметры этого оборудования не соответствуют современным стандартам безопасности и эффективности. Это негативно влияет на общую производительность системы и увеличивает риск аварий. В частности, более подробно анализируются отказы, наблюдаемые в силовых трансформаторах, кабельных и воздушных линиях электропередачи, а также в системах релейной защиты. Исследованы частота повторения и основные причины отказов в этих системах, а также объясняется их влияние на общую надежность энергосистемы. Отмечено, что, поскольку эти компоненты играют решающую роль в процессе передачи и распределения энергии, их техническое состояние крайне важно с точки зрения общей устойчивости системы.

В заключении статьи подчеркивается, что бесперебойная и безопасная работа энергосистем может быть обеспечена только при комплексном и непрерывном подходе. Для этого, прежде всего, необходимо глубоко и многогранно оценивать показатели надежности системы. При этом предпочтение следует отдавать статистическим подходам при принятии решений, а также принимать превентивные меры для снижения рисков и предотвращения технических отказов.

Для этого предполагается поэтапное обновление оборудования энергосистем, замена его на оборудование, отвечающее современным технологическим требованиям, а также совершенствование технологических процессов. Реализация этих мер позволит повысить надежность и обеспечить долгосрочную экономическую и технологическую устойчивость энергосистемы.

Açar sözlər: электроэнергетика, надежность, структурная надежность, функциональная надежность, балансовая надежность, режимная надежность, электрическая сеть, технические отказы, электроснабжение, силовой трансформатор, износ оборудования, релейная защита, устойчивость энергосистем

Key words: electric power, reliability, structural reliability, functional reliability, balance reliability, regime reliability, power grid, technical failures, power supply, power transformer, equipment wear, relay protection, stability of power systems

Ключевые слова: парные полюса, пазы статора, концентрические обмотки, группа катушек

Giriş. Etibarlılıq - obyektin müəyyən olunmuş funksiyaları müəyyən olunmuş həcmdə və müəyyən edilmiş istismar şəraitində yerinə yetirmək qabiliyyətidir [1]. Əgər elektroenergetika sahəsini nəzərdən keçirsək, bu, enerji təchizatının keyfiyyət göstəricilərinin qəbul edilən hədləri daxilində fasiləsiz təmin olunması və insanlar və ətraf mühit üçün təhlükəli vəziyyətlərin istisna edilməsidir. Tədqiqat obyektini kimi həm ayrı-ayrı elementlər - məsələn, açarlar, xətlər, transformatorlar və s., həm də elementlərin cəmi - yarımstansiyalar və s. başa düşülür" [1].

Bəzən hesablamaları sadələşdirmək üçün “struktur etibarlılığı” və “funksional etibarlılıq” terminləri işlədilir.

“Birinci termin funksiyaların yerinə yetirilmə həcmnin önəm daşımadığı şəraitdə etibarlılığı ifadə edir. Bu halda, vəziyyət dəyişənlərinin qəbul edilən qiymətləri sahəsinə yalnız struktur xarakteristikalar daxildir və rejim parametrləri təxmini şəkildə nəzərə alınır. Beləliklə, sistemin strukturu ilə - yeni elementlərin tərkibi, onların qarşılıqlı əlaqəsi, keçirmə qabiliyyəti ilə bağlı olan, lakin elementlərin funksiyalarını yerinə yetirmə xüsusiyyətləri nəzərə alınmadan formalaşan etibarlılıq komponenti struktur etibarlılığı adlanır (bu, layihələndirmə mərhələsində xüsusilə vacibdir).

Funksional etibarlılıq isə, əksinə, rejim parametrləri sahəsində etibarlılığı nəzərdən keçirir və struktur xarakteristikaların qiymətləri dəyişməz və əvvəlcədən verilmiş hesab olunur. Yəni burada rejimlərin analizi, onların məhdudiyyətləri və struktur dəyişdikdə keçirmə qabiliyyəti nəzərdən keçirilir (bu isə istismar zamanı xüsusilə vacibdir)” [4-6].

"Balans etibarlılığı" həm tədricən, həm də qəfil nasazlıqlar zamanı güc və ya enerji çatışmazlıqları ilə əlaqədardır. Bu nasazlıqlar istehlakçıların məhdudlaşdırılması və ya şəbəkədən ayrılması, həmçinin elektrik enerjisinin keyfiyyətinin aşağı düşməsi ilə müşayiət oluna bilər. Belə hallar, yükün mövcud və ya işlək gücü aşması və ya enerji resurslarının çatışmazlığı səbəbilə baş verə bilər.

Balans etibarlılığının pozulmasının qarşısını almaq üçün ilkin enerji resursları ilə təminat baxımından tədbirlərdən biri elektrik stansiyalarında bu resursların ehtiyatlarının yaradılmasıdır. Gələcək dövrlərdə istehsal gücləri ilə təminat yeni generasiya güclərinin və sistem əhəmiyyətli şəbəkələrin istismara verilməsi və ya əsas şəbəkənin gücləndirilməsi hesabına həyata keçirilir. İstismar mərhələsində isə bu məqsədlə qəza təmiri və ya avadanlığın planlı təmirdən vaxtından əvvəl çıxarılması üsullarından istifadə olunur» [1-3].

"Rejim etibarlılığı" isə statik və dinamik olmaqla iki yerə bölünür.

«Aşağı balans etibarlılığı təbii olaraq elektrik enerjisi sisteminin (EES) həm statik, həm də dinamik rejim etibarlılığına təsir edir. Dinamik rejim etibarlılığının növləri istehlakçılar üçün nəticələrinə görə fərqlənir: bu, qısa müddətli enerji keyfiyyətinin pisləşməsi və ya istehlakçıların ayrılması, sistemin dayanıqlığının pozulması, EES-in hissələrə bölünməsi, genişmiqyaslı istehlakçıların ayrılması, sistemin yaşarlılığı (dayanıqlılığı) üçün isə kütləvi istehlakçı ayrılması və sistemin bölünməsi ilə nəticələnə bilər» [8].

Etibarlılığın qiymətləndirilməsi məsələlərinin həllinə çoxsaylı tədqiqatlar həsr olunmuşdur.

«Ehtimal nəzəriyyəsinin etibarlılığın təmin olunması məsələlərində tətbiqinə dair ilk nəşrlər 1930-cu illərdə meydana çıxdı, çünki qəza halları və onların nəticələrinin kəmiyyət göstəricilərinə ehtiyac yaranmışdı. Belə göstəriciləri əldə etmək üçün gələcəkdə müəyyən şəraitdə sistemlərin davranışını proqnozlaşdırmağa və hesablamağa imkan verən nəzəriyyə tələb olunurdu. Bu cür nəzəriyyə - etibarlılıq nəzəriyyəsi oldu.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinin inkişafının başlanğıcını İkinci Dünya Müharibəsi dövrünə aid etmək olar. Əvvəlcə etibarlılıq problemi radioelektron cihazlara və avtomatika sistemlərinə aid olaraq formalaşdırılmışdı. Məlumdur ki, ilk formal etibarlılıq hesablamaları Almaniyanın FAU-1 və FAU-2 reaktiv mərmilərinin keyfiyyətsizliyinə izahat tapmaq cəhdləri zamanı aparılmışdır. Bu mərmilər çoxlu sayda detallardan ibarət idi və onların hər biri ayrı-ayrılıqda etibarlı hesab olunurdu. Lakin yalnız bu eksperimentdən sonra belə bir fundamental nəticəyə gəlinmişdir ki, hər hansı bir elementi sıradan çıxdıqda bütün sistemin işləməməsi ilə nəticələnən sistemin etibarlılığı, həmin müstəqil elementlərin etibarlılıq göstəricilərindən asılıdır və buna görə də bəzən ən aşağı göstəricidən belə çox aşağı ola bilər.

Bu sadə nəticə bu gün yaxşı bilinirsə də, həmin dövrdə bu əsl kəşf idi.

Müharibədən sonra etibarlılığın öyrənilməsinə dair ilk sistemli cəhdlər elektronika, nüvə və kosmik sənaye sahələrində edilmişdir, çünki bu sahələrdə artan mürəkkəbliqli sistemlərdən yüksək

etibarlılıq tələb olunurdu. Təcrübə artdıqca, məsələlərin formallaşdırılması və digər texniki sahələrə yayılması ilə etibarlılıq nəzəriyyəsi tədricən ümumi elmi bir fənn xüsusiyyəti almağa başladı. Nəticədə, bu gün etibarlılıq nəzəriyyəsinin metodları müxtəlif texniki sahələrdə, o cümlədən elektroenergetika sahəsində də tətbiq olunur» [5].

ABŞ-da etibarlılıq nəzəriyyəsinin nəzəri və praktiki mütəxəssisləri IEEE – Elektronika və Elektrik Mühəndisləri İnstitutu tərəfindən təşkil olunan etibarlılıq konfranslarında toplanmağa başladılar [7].

Elektroenergetika sahəsində etibarlılıq üzrə ilk dərs vəsaitlərindən biri - R.Ya. Fedosenkonun 1959-cu ildə nəşr olunmuş "Şəhər elektrik şəbəkələrinin istehlakçılarının enerji təchizatının etibarlılığının hesablanması üsulları" kitabıdır. Elə həmin ildə N.S. Afoninin "Sənaye müəssisələrinin enerji təchizatının etibarlılığı" adlı kitabı nəşr olundu. Bu əsərdə enerji təchizatında baş verən pozuntuların istehlakçılara vurduğu nəticələrin qiymətləndirilməsi məsələləri araşdırılmışdır. Sonralar N.S. Afonin və Ş.Ç. Çokin göstərmişlər ki, etibarlılıq yalnız texniki deyil, iqtisadi kateqoriyadır. Bu səbəbdən düzgün qərarlar qəbul etmək üçün istehlakçıların iqtisadi itkilərinin analizi aparılmalıdır ki, bu da çox əmək tutan bir vəzifədir.

Elə dövrlər olub ki, yalnız bir enerji sisteminin etibarlılığı nəzərdən keçirilir, istehlakçılar üçün etibarsız enerji təchizatının nəticələri isə nəzərə alınmırdı. Lakin sübut olunmuşdur ki, belə yanaşma çoxsaylı məsələlərin, xüsusilə də enerji istehlakının idarə olunması məsələlərinin həllinə imkan vermir» [6].

Buna görə də, elektrik enerjisinin təchizatında planlı və ya qəfil pozuntular zamanı istehlakçıların normal iş rejiminin pozulmasının texniki və iqtisadi nəticələrinin kompleks və sistemli analizi aparılmalıdır.

Əsas hissə. Şəbəkə elektroenergetika kompleksinin dayanıqlı fəaliyyəti magistral və paylayıcı elektrik şəbəkələrinin etibarlı işi olmadan mümkün deyil. Buna görə də, enerji təchizatının etibarlılığı elektroenergetika sisteminin səmərəliliyinin əsas göstəricilərindən biridir.

Etibarlılıq kompleks bir xüsusiyyətdir və obyektin təyinatından və onun istismar şəraitindən asılı olaraq bir neçə ayrıca xüsusiyyətdən ibarət olur. Cədvəl 1-də etibarlılığın xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 1

<i>Etibarlılıq</i>							
İmtinasızlıq	Uzun-ömürlülük	Təmirə yararlılıq	Bərpa-olunma	Dayanıqlıq	Rejim idarəetməsi	Yaşamlılıq	Təhlükəsizlik

İmtinasızlıq - obyektin müəyyən edilmiş zaman intervalı ərzində məcburi fasilələr olmadan işlək vəziyyətdə davamlı qalmaq xüsusiyyəti [9].

Uzunömürlülük - obyektin müəyyən edilmiş texniki xidmət və təmir sistemi ilə limit vəziyyətə çatana qədər işlək vəziyyətdə qalmaq xüsusiyyəti.

Təmirə yararlılıq - obyektin nasazlıqlarının və zədələrinin yaranma səbəblərinin qabaqlanması və aşkar edilməsinə, eləcə də texniki xidmət və təmir vasitəsilə onların nəticələrinin aradan qaldırılmasına uyğunluğu xüsusiyyəti.

Bərpaolunma - obyektin nasazlıqların yaranma səbəblərinin qabaqlanmasına, aşkar edilməsinə və aradan qaldırılmasına uyğun olması xüsusiyyəti.

Dayanıqlıq - obyektin müəyyən müddət ərzində parametr dəyərlərinin icazə verilən həddən kənara çıxmadan zədələnmədən pozuntulara qarşı davamlılığını qorumaq və qəza öncəsi rejimi bərpa etmək xüsusiyyəti.

Rejim idarəetməsi - obyektin idarəetmə vasitəsilə normal rejimi saxlamaq, yəni normal iş rejimini qorumaq və ya pozuntudan sonra bərpa etmək xüsusiyyəti.

Yaşamlılıq - obyektin pozuntulara qarşı müqavimət göstərməsi və onların kaskad şəkildə inkişaf edərək kütləvi istehlakçı enerji təchizatının pozulmasına yol verməməsi xüsusiyyəti.

Təhlükəsizlik - insanlar və ətraf mühit üçün təhlükəli vəziyyətlərin qarşısını almaq üçün obyektin xüsusi təhlükəsizliyi.

Etibarlılığın qarşılığı uğursuzluqdur. Əsas uğursuzluq növləri cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2

İmtinalar	<i>İmtinaların növləri</i>	
	Tam	Funksionallığı qeyri mümkündür
	Katastrofik	Qəfil tam imtina (q.q., izolasiyanındeşilməsi və s.)
	Təsadüf	Çoxlu sayda müstəqil amillərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində obyektin normal fəaliyyəti zamanı yaranan
	Köhnəlmə ilə bağlı	Materialın həddindən artıq işlənməsi, köhnəlməsi, aşınması səbəbi olaraq xidmət müddəti qısaldır və sonda uğursuzluqlar baş verir
	Hissəli	Bir və ya bir neçə parametr məqbul həddən kənardadır
	Qəflətən	Obyektin işində kəskin pozulma bir və ya bir neçə parametr dəyişdikdə baş verir.
	Parametrik	Təyinedici parametr (temperatur, gərginlik, müqavimət) zamanla davamlı olaraq dəyişəbilən
	Ardıcıl	Müəyyən edilmiş bir və ya bir neçə parametr dəyişdikdə performans səviyyəsində tədricən azalma olur
	Deqradasiyalı	Təbii qocalma, korroziya və istismar yorğunluq prosesin nəticəsi olaraq yaranan nöqsanlar
	Asılı	Digər elementlərin uğursuzluğu nəticəsində yaranan uğursuzluqlar
	Dayanıqlı	Funksionallığı bərpa etmək üçün təmir tələb olunur
	Öz-özünə kənərlaşan	İşçi bacarığın qısamüddətli sıradan çıxma ilə nəticələnən uğursuzluqlar
	Çoxluqlu	İkidən daha çox obyektin və ya elementin eyni səbəbdən, bir-birindən fərqli və asılı olmayan yaranan nöqsan və ya zədə uğursuzluqları
	Kaskadlı	İki və 2-dən daha çox elementin ardıcıl uğursuzluqları, sonrakı elementin uğursuzluğu əvvəlkinin nəticəsidir
	İşlə bağlı	Məhsulun keyfiyyətinin həddən artıq normadan kənar olması, onun istismarının ilkin mərhələsində özünü göstərir
	İstehsalat	İstehsal və ya təmir zamanı müəyyən texnologiya prosesindən pozuntular və ya kənərləşmələr nəticəsində yaranır
	Konstruktiv	Müəyyən edilmiş pozuntu və ya qeyri-kamillik nəticəsində yaranır dizayn və mühəndislik qaydaları və ya standartları
	Aydın görünən	Göründükdən dərhal sonra vizual və ya standart üsul və nəzarət və diaqnostika vasitələri ilə aşkar edilir
	Aydın görünməyən	Vizual olaraq və ya standart metodlar, monitoring və ya diaqnostika vasitələri ilə ayan olunmayan və onları ayan etməkdə xüsusi metodlar və ya tədbirlərin tələbi lazım olur.
	Bazarla bağlı	Elektrik enerjisi bazarı iştirakçılarının plan və ya müqavilə öhdəliklərinin yerinə yetirilməməsi nəticəsində yaranır.
	Resurslu	Obyektin son vəziyyətinə çatması ilə nəticələnən davamlılıq uğursuzluqları
	Asılı olmayan	Digər obyektlərin nasazlığı nəticəsində yaranmır
	Dayanıqsız	Funksionallığı bərpa etmək üçün yalnız bağlanma tələb olunur (məsələn, uğurlu avtomatik yenidən bağlama)
	İstismarla bağlı	Qoyulmuş qaydaların, iş şəraitinin pozulması nəticəsində yaranır
	Təkrarlanma	Bənzər və ya eyni xarakterli təkrar nöqsanlar

Texniki təkmilləşdirmələr zamanı təmir işlərinin tezliyi və köhnəlmiş və fiziki cəhətdən köhnəlmiş avadanlığın qismən və ya tamamilə yeni, daha təkmil avadanlıqlarla dəyişdirilməsi

barədə qərar qəbul etmək üçün aşağıdakıları aparmaq lazımdır: - yarımstansiya və açıqda olan elektrik xətti qurğu və avadanlıq zədələnməsinin tam təhlili; - nöqsan və qəza halların səbəbinin tam təhlili; - vacib dəyişdirilməyə lazım olan EVX komponentini və avadanlığı müəyyən etmək.

Bir cox hallar göstərir ki, EŞ-indəki nasazlıqlar EŞ-nin tərkib hissələrindəki avadanlıqların zədə alması və ya şəbəkə elementlərində yolverilməz iş şəraitinin baş verməsi nəticəsində yaranır ki, bu da onların aradan qaldırılması üçün təcili tədbirlər görülməsini tələb edir.

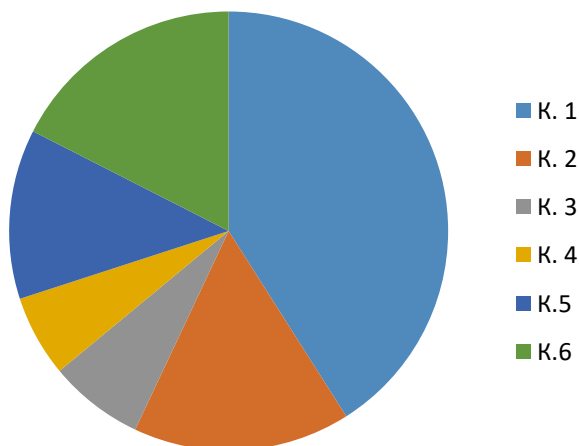
Elektrik şəbəkəsi avadanlığının zədələnməsi, elektrik qurğularının texniki parametrlərində yolverilməz olan kənarlaşmalar, o cümlədən elektrik istehlakçılarının plandankənar tam və ya müəyyən hissənin kəsilmə, sıradan çıxma prosesinin nöqsanı hesab edilir [10].

Bütün texnoloji nasazlıqlar təhqiqat və uçota alınır ki, bu da uzun müddət istismar dövründə EŞ-lərdə fəvqəladə hallarla bağlı məlumat bazasının (MB) yaradılmasına şərait verir.

Yarımstansiyalarda elektrik avadanlıqlarının zədələnmə hallarının əsas səbəbləri diaqram şəklində şəkil 1-də göstərilmişdir.

Əsas EŞ-si sistemində yarımstansiyanın və ötürücü xətlərin avadanlığının vəziyyətini qiymətləndirmək üçün üç səviyyəli "işləyən - pozulmuş - qəza baş verməsindən öncə" qaydasından istifadə edilir. İstismar fəaliyyəti - nəzərdə tutulmuş funksiyaları yerinə yetirmək qabiliyyətinin saxlandığı və iş parametrlərinin qiymətlərinin normativ və texniki sənədlərin tələblərinə uyğun olduğu avadanlığın vəziyyəti; Təyin edilmiş funksiyaları yerinə yetirmək qabiliyyətini təsvir edən azı bir parametrlərin dəyərinin normativ və texniki sənədlərlə müəyyən edilmiş həddi keçən avadanlığın göstəriciləri pisləşir [4].

2015-ci ilin ilk ayında yarımstansiya avadanlıqlarının 78%-i "işlək", 22%-i isə "kozunmuş" kimi qiymətləndirilib. Avadanlıqlar "fəvqəladə andan əvvəl" qiymətləndirilsə, elektrik şəbəkəsində tələb olunan əməliyyatı etibarlı şəkildə aparılması üçün təmir və ya dəyişdirmə işləri aparılır.



Şəkil 1. Avadanlıqda imtinaların inkişaf faizi

K.1 – avadanlıqların həddindən artıq köhnəlmə halı 36%; K.2 – istismarla və təmirlə bağlı çatışmazlıqlar halı 10%; K.3 – avadanlıqda layihə defektləri halı 9%; K.4 – quraşdırma zamanı yaranan defektlər halı 6%; K.5 – kənar təsirlər halı 15%; K.6 – iqlim təsiri halı 25% .

Quraşdırılmış ilkin elektrik avadanlıqları ilk növbədə 1960-1970-ci illərdə istehsal edilmişdir və texniki xüsusiyyətlərə, çəki və ölçülərə görə müasir ekvivalentlərdən daha aşağıdır. Baxım və təmir xərcləri yaşla artır.

Rele mühafizəsi və avtomatlaşdırma cihazlarının 79% -i elektromexaniki relələrdən istifadə edir. 3%-i mikroelektron, 18%-i isə mikroprosessor əsaslıdır. İstismar müddəti uzadılan rele

mühafizəsinin və avtomatika cihazlarının tam payı (elektromexaniki üçün 25 il, mikroelektronika üçün 12 il, mikroprosessorlar üçün 15 il) 53,2% olur.

Paylayıcı şəbəkə (PŞ) qurğularının vəziyyəti istismar müddəti artıq olan avadanlıqların aşağıdakı payı ilə xarakterizə olunur: yarımstansiyalar üçün 63% (25 ildən çox) və elektrik verilişi xətləri üçün 51% (35 ildən artıq), 50 ildən artıq işlək olan avadanlıqların payı isə yarımstansiyalar üçün 3% və elektrik verilişi xətlər üçün 5% təşkil edir.

Gərginlik sinfinə görə 35 ildən artıq istismarda olan hava xətlərinin xüsusi çəkisi 01.01.2016-cı il tarixinə: - 220 (330) kV-luq hava xətləri – 52%; - 110 kV-luq hava xətləri – 61%; - 35 kV-luq hava (açıq) xətləri – 63%; - 6-20 kV-luq hava (açıq) xətləri – 50%; - 0,4 kV-luq hava (açıq) xətləri – 46%" [7-10].

1 yanvar 2016-cı il tarixinə mövcud statistik məlumatlara əsasən, istismar müddəti 25 ildən artıq olan ilkin yarımstansiya avadanlıqlarının xüsusi çəkisi gərginlik sinfindən asılı olaraq aşağıdakı kimi olmuşdur: - nominal gərginliyi 220 kV və yuxarı olan avadanlıqları üçün – 34%; - nominal U=110 kV olan avadanlıqları üçün – 75%; - nominal U=35 kV olan avadanlıq üçün – 81%; - nominal U=6-20 kV olan avadanlıqları üçün – 62%.

Beləliklə, həm paylayıcı, həm də əsas elektrik şəbəkəsi sistemlərindəki ilkin elektrik avadanlığı əsasən standart xidmət müddətinə çatmışdır və texniki xüsusiyyətləri və etibarlılıq göstəricilərinə görə müasir ekvivalent qiymətindən daha da kiçikdir [11].

Bu, avadanlıqların xidmət müddəti artdıq olduqca texniki xidmət və təmir xərclərinin də artırılmasına tələbi artır.

"0,4-20 kV elektrik (açıq) veriliş xətlərində əsasən alüminium, çılpaq, kiçik en kəsikdə olan məftillər, ağacdan və dəmir-betondan olan dayaqqlar.

0,4-110 (220) kV-luq elektrik verilişi xətləri minimum xərclərin nəzərdə olması ilə hesablanmış layihələndirmə və hesaba alınan iqlim şəraitinin də hər 5-10 ildən bir təkrarlana biləcəyi nəzərdə tutulmuşdur.

İstifadə olunan elektrik kabeli, ilk növbədə, alüminium keçiriciləri olan kağız yağı ilə izolyasiya edilmiş kabel idi.

35-110 (220) kV-luq yarımstansiyalar adətən iki güc transformatoru ilə təchiz edilir (yarımstansiyaların ümumi sayının təxminən 70%-i)".

"Rele mühafizəsi və avtomatlaşdırılmasının (RPA) əksəriyyəti elektromexaniki relələrə əsaslanır – 79%. 5% mikroelektron, 16% isə mikroprosessor əsasıdır." İstismar müddəti başa çatmış (elektromexaniki cihazlar üçün 25 il, mikroelektron cihazlar üçün 12 il, mikroprosessor qurğuları üçün 15 il) rele mühafizəsi və avtomatlaşdırma cihazlarının ümumi payı 54% təşkil edir [12-14].

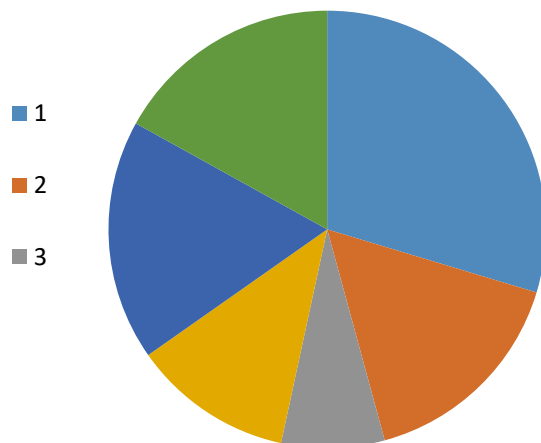
Paylayıcı sistemlərdə quraşdırılmış yarımstansiya avadanlıqların bir-neçə göstəricilərinə görə 25-30 il əvvəl texnoloji cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrdə istifadə olunan avadanlıqlara uyğundur.

2015-ci ildə elektrik şəbəkəsi kompleksində avadanlıqların köhnəlməsi (paslanması) ilə bağlı texnologiyada nasazlıq və zədələrin cəm payı 24% təşkil olub. Bu da istismarda uzun müddətdə olan avadanlıqların xüsusi çəkisinin artmasının qarşısını almaq üçün istehsalat parkının kifayət qədərincə həcmi yenilənməsini də təmin etməyi lazım bildirir.

2018-ci ildən etibarən yüksək gərginlikli elektrik açarlarının, həmçinin rele mühafizəsi (RM) və avtomatika cihazlarının (AC) istismarı, texniki xidmət (TX) zamanı yaranan nasazlıqlar nəticəsi olaraq zədələrin sayının azalması ilə bağlı qəzaların sayı azalıb.

"Elektrik xətlərinin zədələnməsinin əsas səbəbləri ildırımların vurulması, izolyasiya elementlərinin çirkənlənməsi, üçüncü şəxslər adlanan təsirlər və yanğınlardır. Aşan ağaclar səbəbindən texnoloji pozulmaların sayı da davamlı yüksək olur.

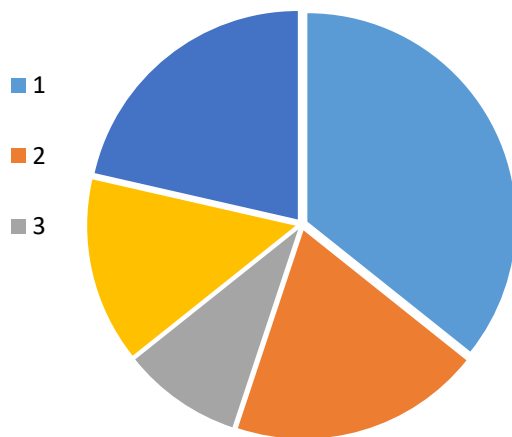
6-20 kV olan şəbəkələrə daxil olan 100 km-lik hava və kabel xətlərində orta hesabla ildə 30-a qədər kəsinti baş verir. 0,4 kV-luq şəbəkələrdə hər 100 km-də ildə 100-ə qədər kəsinti olur” [15].6-20 kV-luq hava xətlərində nasazlıq statistikası şəkil 2-də təqdim olunur.



Şəkil 2. 6-35 kV-luq EVX-lərdə zədələnmə səbəbləri

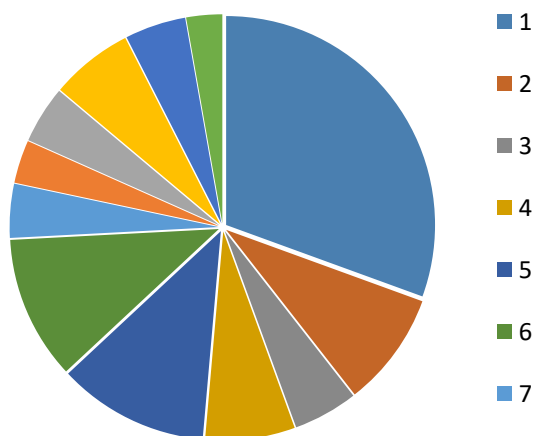
- 1- Zərərin izah edilməmiş səbəbləri - 28%;
- 2- İqlim təsirləri (külək, buz və onların birləşməsi) dizayn dəyərlərindən artıq - 19%;
- 3- Əməliyyat tələblərinə əməl edilməməsi, kadr səhvləri - 6%;
- 4- İstismar zamanı konstruksiyaların və materialların korlanması - 18%;
- 5- İldırım dalğaları - 13%;
- 6- Xarici, icazəsiz təsirlər - 16%.

0,4 - 110 (220) kV gərginlik siniflərində kabel xətlərinin zədələnməsinin səbəbləri şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. 0,4-110 (220) kV-luq kabel xətlərində zədələnmə səbəbləri

- 1 - Elektrik kabellərinin təbii yaşlanması - 31% ;
- 2 - Quraşdırma qüsurları - 20%;
- 3 - Korroziya - 9%;
- 4 - İstehsal qüsurları - 10%;
- 5 - Mexanik zərər - 30%.



Şəkil 4. Güc transformatorlarının zədələnməsinin səbəbləri

- 1 - Sarma izolyasiyasının köhnəlməsi;
- 2 - Materialın həddindən artıq köhnəlməsi (aşınma, metalın yorğunluq əlaməti, tərkib elementlərin aşınması, conta materiallarının köhnəlməsi);
- 3 - İstehsal qüsuru;
- 4 - Dizayn qüsuru;
- 5 - Qüsurların təmiri;
- 6 - Quraşdırma qüsurları;
- 7 - Əməliyyat qüsurları;
- 8 - İqlim təsirləri;
- 9 - Xarici təsirlər;
- 10 - Səbəblər müəyyən edilməmişdir;
- 11 - Yolverilməz iş şəraiti;
- 12 - Sarı örtük;

Güc transformatorlarının daxili zədələnməsinin əsas sayılan səbəbləri olaraq (materialların və izolyasiyanın köhnəlməsi), qəbul edilməz iş şəraiti olub, transformator sarımları ən çox zədələnilib - 11,3%.

Beləliklə, təhlillərin nəticələri göstərdi ki, 110-500 kV-luq güc transformatorlarının işində nasazlıqların ən çox yayılmış səbəbi kolların və OLTC qurğularına aid zədələnmələr (zərərin 46%-ti təşkil edir).

Nəticə. Etibarlılıq tələbinin mövcud və inkişaf vəziyyəti təhlil edilərək araşdırılıb. Göstərilir ki, elektrik şəbəkəsi sistemlərinin etibarlılığının müəyyən edilməsi elektrik enerjisi sənayesinin inkişafının indiki mərhələsində vacibdir.

Ötürücü və paylayıcı şəbəkə qurğularının vəziyyətinin təhlili dərindən aparılır. Məlum olub ki, avadanlığın həddindən artıq köhnəlməsi nəticəsi olaraq elektrik şəbəkəsinin bütün hissələrində baş verən nasazlıqların tam payı 24 faiz təşkil edir ki, bu da elektrik şəbəkəsi obyektlərinin texniki yenidən qurulması və yenidən qurulması işlərinin artırılmasına ehtiyac olduğunu göstərir. Güc transformatorlarının və alət transformatorlarının nasazlıq sxeminin təhlili aparılmışdır. Etibarlılıq baxımdan və fasilə olmadan işin təmin edilməsi üçün tədbirlərin işlənilib hazırlanması məqsədilə müxtəlif növ avadanlıqların və ümumi enerji təchizatı sisteminin etibarlılığının qiymətləndirilməsinin zəruriliyi nümayiş etdirilir.

Ədəbiyyat

1. Kerimzade G.S. "Structure of the monitoring and tracking electromechanical control system". PRZEGŁAD Elektrotechniczny Publishing house of magazines and technical literature SIGMA–NOT. ISSN 0033-2097, R.100 NR 07/2024. Warszawa. pp.295-297.
2. Kerimzade G.S., Features of hanging the parameters of induction control support // IJ TPE Journal, ISSN 2077- 3528 ISSUE .Number 1. March, 2025, pp.69-80.
3. Safiyev E.S., Shikhaliyeva S.Y., Analysis of ecology and efficiency of overhead power lines of ultra-high voltage //, IJTPE - Issue 62, Volume 17, Number 1, March 2025, pp. 91-100.
4. Shikhaliyeva S.Y., Safiyev E.S., Extra high voltage on overhead power lines // The 20th International Conference on "Technical and Physical Problems of Engineering" International Organization of IOTPE, 2024, pp. 76-82.
5. Shikhaliyeva S.Y. "Analysis of unexplained breaks in power transmission lines", International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering" (IJTPE), Vo. 15, N2 2023, pp. 198-206.
6. Şıxəliyeva S.Y., Aşurova U.İ., Azərbaycanın elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisi itkilərinin hesablanması, təhlili və tənzimlənməsi təcrübəsi // Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri, III Beynəlxalq elmi konfrans, SDU, Sumqayıt, 27-28 oktyabr 2022, s.130-132.
7. Rzayeva S.V., Ganiyeva N.A. Piriyeve N.M., Modern approaches to electrical equipment diagnostics // International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering" (IJTPE) - Issue 58, Volume 16, Number 1, March 2024, pp.182-189.
8. Piriyeve N.M., Karimova R.K., Abdullayeva G.K., High-temperature heat-insulating materials: a compromise between thermal conductivity and reliability // Reliability: Theory & Applications. 2025, June 2(84), pp.408-413.
9. Sultanov E., Məmmədov E.M., Həsənov E.A., İsmayilov S.S., Application of soft starting and braking for electrical drives of boom mechanism of shipboard cranes, "Technical and Physical Problems of Engineering" (IJTPE). – 2023. Issue 56, Volume 15, Number 3, page. 303-308
10. Sultanov E., Həsənov E.A., İsmayilov S.S., Məmmədov E.M., Transient process of electrical drive of a ship mooring controlled by a frequency converter, "Technical and Physical Problems of Engineering" (IJTPE). – 2023. Issue 56, Volume 15, Number 3, page. 290-297
11. Непомнящий В.А. Надежность оборудования энергосистем. М.: Изд-во журнала «Электроэнергия. Передача и распределение», 2013. 196 с. 42.
12. Нозик А.А., Можаяев А.С., Струков А.В., Гладкова И.А. Применение программного комплекса АРБИТР в задачах проектной оценки надежности структурно-сложных систем//Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 67. Актуальные проблемы надежности систем энергетики.2015. С. 4-8. 43.
13. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС», 2017. 135 с. 44.
14. Папков Б.В., Пашали Д.Ю. Надежность и эффективность электроснабжения: учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 2005. 380 с. 45.
15. Папков Б. В., Куликов А. Л. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков. М. : Изд-во Юрайт, 2016. 470 с.

Мəqalə qəbul olunub: 30.10.25
Təvsiyə edib: prof. Lazımov T.M.