

мощности // Альтернативная энергетика и экология: международный научный журнал. 2015. № 13-14. С. 38-50.

4. Погода круглый год в любой точке Земли. Режим доступа: <https://anyroad.ru/city/weather/november/%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%83,az>.

5. Сабурова Е.А., Цыцельская В.А. Ветроэнергетика, принцип работы ветрогенераторов и перспективы развития // Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 460-465.

6. Солнечный модуль Mono 100W Solar panel. Режим доступа: [https://dahua.az/catalog/100w\\_mono\\_solar\\_panel.html](https://dahua.az/catalog/100w_mono_solar_panel.html).

7. Amir A., Amir A., Che H.S.6 et al. Comparative analysis of high voltage gain DC-DC converter topologies for photovoltaic systems // Renewable Energy. 2019. Т. 136. С. 1147-1163.

8. Odou O.D.T., Bhandari R., Adamou R. Hybrid off-grid renewable power system for sustainable rural electrification in Benin // Renewable Energy. - 2020. - Т. 145.

9. Off-grid Renewable Energy Solutions: Global and Regional Status and Trends / IRENA, 2018, Abu Dhabi.

10. Singh S.S., Fernandez E. Modeling, size optimization and sensitivity analysis of a remote hybrid renewable energy system // Energy. - 2018. - Vol. 143. - P. 719-731. DOI: 10.1016/j.energy.2017.11.053.

## **ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNDƏ ENERJİSİ İTKİLƏRİ**

A.M.Qasımzadə

[arzu1996.09@gmail.com](mailto:arzu1996.09@gmail.com)

**Xülasə:** Elektrik enerjisinin sərfinin miqdarı həm sənayeləşmə, həm də ölkənin inkişaf göstəricisi üçün çox vacibdir. İstehsal olunan elektrik enerjisinin istehlakçılara çatdırılması zamanı sistemdə itkilər baş verir. Baş verən itkilər əsasən paylanma sistemlərində baş verir. Çünki paylanma sistemlərində gərginlik səviyyəsi aşağı, cərəyanı isə yüksək olur. Paylanma sistemlərində gərginliyin yüksəldilməsi elektrik itkisinin azaldılmasında effektivdir. Ölkəmizdə istifadə olunan enerjide tələbatçıların iştirakı böyük olduğundan və itkilərə məruz qalması əsasən paylama sistemlərindən irəli gəlir.

Bu araşdırmada alternativ quruluşlar xüsusi vurğulanmışdır. Konstruksiyaların xərcləri müqayisə edilmiş və enerji amilinin itkilərə təsiri araşdırılmışdır.

**Açar sözlər** : elektrik enerjisi, itkilər, paylanma

**Giriş:** Elektrik enerjisi gündəlik həyatda ən çox istifadə olunan enerji növüdür. Elektroenergetika həm sənayeləşmə, həm də ölkənin inkişaf göstəricisi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Həm ona görə ki, o, sənayenin əsas elementidir, həm də əsas resursların (məsələn, su və qalıq yanacaqların) məhdudluğu ilə bağlıdır. Bu əhəmiyyəti nəzərə alaraq, elektrik enerjisi itkilərinin azaldılması üçün tədbirlər görmək ölkənin inkişafı, sənayeləşməsi və ictimai asayışı baxımından müsbət nəticələr verəcək. Texnoloji inkişafın artdığı gündəlik həyatda elektrik enerjisinə olan tələbat da artır. Dünyanın enerji istehlakının təqribən 90%-nin ödənilməsi təbii resursların gələcəkdə tükənəcəyi faktı ölkələri yeni enerji mənbələri tapmağa və mövcud enerji resurslarından daha səmərəli istifadə etməyə məcbur edir.

Elektrik enerjisi sistemlərində itkilər istehsalat, ötürmə və paylama sistemlərində ayrılıqda araşdırıla bilər. İstehsaldan alınan elektrik enerjisi ötürücü xətlər ilə transformatorlara daşınır. Burada o, tələb olunan gərginlik mərhələlərinə çevrilir və istifadəçilərin istifadəsinə təqdim olunur. Dünyada ümumi qəbul edilmiş orta xərcləri nəzərə alsaq, sistem xərclərinin 50%-i istehsal, 20%-i ötürmə və 30%-i paylanma ilə bağlıdır. Lakin itkilərə baxdıqda bu vəziyyətin əksinə olduğu ortaya çıxır. Başqa sözlə, itkilərin əksəriyyəti ötürmə və paylama qurğularında baş verir. Paylanma sistemlərində daha çox itki aşağı gərginlik səviyyəsi və yüksək cərəyana görə baş verir. Elektrik stansiyalarının istehsal etdiyi enerjinin orta hesabla 6%-i daxili itkiyə və daxili istehlaka sərf edildiyi halda, bu göstərici ötürmə qurğularında isə bu daha çox olur. 2000-ci ildə 20%-dən çox olan 20%-ə qədər yüksək texniki itki və itki-sızma nisbətində görə yüksəlir. Bu nisbətlər araşdırıldıqda, istehsal olunan ümumi enerjinin 30% -nin itkilərə sərf olunduğunu və buna görə də böyük bir enerji mənbəyinin məhv olduğu müşahidə edilir[2].

Ədəbiyyatda ötürmə və paylanma xətlərində itkilərlə bağlı müəyyən tədqiqatlar aparılıb : Ankarada bir bölgədə aparılan araşdırmada [3], enerji paylama sistemlərində itkilərin araşdırılması üçün Oman Sultanlığı araşdırmasında [4], genetik alqoritmlər tərəfindən enerji ötürmə xətlərində itkilərin azaldılması və yanacaq xərclərinin minimuma endirilməsi ilə bağlı araşdırmada [5], paylama sistemlərində itkilərin və qeyri-

bərabər yüklənmə nəticəsində yaranan axınlar üzərində aparılan araşdırmada[4], itkilərin azaldılması ilə bağlı araşdırma[6], paylanma şəbəkələrində itkilərin kompensasiya ilə azala biləcəyini göstərir[7], paylama sistemlərində şəbəkənin tənzimlənməsi və güc amilinə nəzarət üzrə araşdırma[8], orta gərginlik istehlakçılarının səbəb olduğu enerji itkisinin səbəblərini araşdıran araşdırma[9].

Enerji paylama sistemlərindəki itkiləri texniki və qeyri-texniki növlərə bölmək mümkündür. Texniki itkilər paylama şəbəkəsinin elektrik enerjisi ilə bağlı xüsusiyyətlərindən asılıdır. Bununla yanaşı, qeyri-texniki itkilər faktiki olaraq istehlak olunan və ölçülən elektrik enerjisi istehlakı və ya hesablanma məbləği arasındakı fərq kimi müəyyən edilə bilər. Texniki itkilərin səbəbi tələbatçılarda paylanan enerji və gücün paylanması üçün istifadə olunan avadanlıqlardır [3,4,13]

**Texniki itkilər.** Texniki itkilər elektrik paylama sistemi daxilində istənilən yerdə baş verə bilər. Elektrik cərəyanı elektrik xətti vasitəsilə ötürüldükdə istilik kimi elektrik enerjisinin itirilməsinə səbəb olur. Transformatorun daxilində elektromaqnit induksiyası nəticəsində itki baş verir. Elektrik dövrləri daxilində baş verən texniki itkilər dəqiq hesablanıla bilər. Enerjinin paylanması sistemlərində baş verən texniki itkilər cərəyandan asılı olaraq və ya müstəqil olması səbəbindən elektrik cərəyanı elementlərində baş verən itkilərə bölünə bilər. Yük vəziyyətinə əsasən itkilər yükdən asılı olan və olmayan olmaqla iki yerə bölünür.

**Əsas şəbəkələrdə itkilər.** Orta gərginlik və ya əsas şəbəkələrdə itkilər zaman intervalları təyin etməklə və onların güc itkilərinin hesablanması ilə müəyyən edilir. Hər bir intervalın nəticəsi, ümumi enerji itkilərinin müəyyən edilməsi üçün imkan verir[1].

Texniki enerji itkiləri üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur:

$$L_{TP} = \sum_{j=1}^{Nd} \sum_{K=1}^{24} W_{PjK}$$

L TP-nin əsas rayonlarda texniki itkilərin olduğu yerlərdə [kWh], WPjK bir gün j və bir saat k [kW] üçün texniki itkilər olan yerlərdir, Nd nəzərdən keçirilən tədqiqatın gün sayı, K saat sayı, j - günlərin sayıdır.

#### **İkinci dərəcəli şəbəkələrdə yaranan itkilər.**

İkinci dərəcəli şəbəkələrdə itkilərin qiymətləndirilməsi üçün eyni meyarlardan birincili və ya orta gərginlik şəbəkələrində olduğu kimi, yəni onların maksimum tələbat əsasında qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur. Əsas sistemin eyni metodikası ilə, yəni

sistemin maksimum tələbatının müxtəlif nöqtələrində enerji sərfiyyatına əsaslanaraq, araşdırma ikinci dərəcəli şəbəkədə aparıla bilər.[ 3]

#### **Paylanma zamanı transformatorlarda yaranan itkiləri.**

Əsas və ya ikinci dərəcəli rayonlarla əlaqəli transformatorların itkilərini hesablamaq çox adi haldır. İstifadəçi ilə transformator arasında əlaqə yaratmaq üçün hesablanan enerjiden istifadə olunur. Paylanma transformatorlarında itki hesablaması üçün aşağıdakı kimi metodik üsul zəruridir: Başlanğıc verilənlər əsas itkilər və müqavimət itkiləri ilə bağlı transformator laboratoriyası testlərinin nəticəsidir, yəni yüklənmə və yüklənmiş testlərin nəticələrindən əldə edilən məlumatlar.

#### **Cərəyandan asılı olmayan itkilər.**

Şəbəkə gərginliyinin təsiri nəticəsində yaranan bu itkilər iki altqrupda dielektik itkilər və sızan cari itkilər kimi qiymətləndirilir və şəbəkə gərginliyi altında olduğu müddətcə sistemdə mövcuddur. Dielektrik itkiləri enerji paylama sisteminin əsaslar gərginlik altında yerləşməsi zamanı baş verən itkilərdir. Bu itkilər aşağı və orta gərginlik qurğularında güc amilini yaxşılaşdırmaq üçün tez-tez istifadə olunan kondensatorların da böyük rolu var. Lakin kabellərin dielektrik itkiləri tamamilə əhəmiyyətsizdir. Müqavimətlə bağlı olan cari itkilər kabellər vasitəsilə axan yük axınından müstəqil olaraq baş verir. Bilinməlidir ki, bu itkilər gərginliklə mütənasibdir və itmə bucağı ( $\tan\phi$ ) bu itkilərə birbaşa nisbətdə təsir edir.

#### **Cərəyana bağlı itkilər.**

Bu itkilər cərəyanın kvadratdan asılı olaraq dəyişir və istilik enerjisinə sərf olunur. Onlar enerji paylama sistemində itkilərin böyük əksəriyyətini təşkil edir. Bu itkilər arasında kabel bağlantısı terminal bloklarında yaranan itkilər, kabellərdə zireh, qarşılıqlı reaksiyaya görə xəndək itkiləri və cari əlaqəli itkilər sinfindədir.

#### **Yüklə bağlı itkilər.**

Yüklə bağlı itkilər şəbəkə yükləndikdə baş verir və yükün ölçüsünə görə dəyişir. Bu itkilərə transformatorlarda və kabellərdə itkilər (mis itkilər) aiddir. Yüklə bağlı itkilər əsasən xətlərdə, kabellərdə, transformatorların dolaq hissələrində baş verir və istifadəçi tərəfindən daşınan elektrik enerjisinin miqdarına görə dəyişir. Bu itkilər cərəyanın kvadratı ilə mütənasibdir.

#### **Yükə bağlı olmayan itkilər**

Yükdən asılı olmayan itkilər əsasən transformator kortlarında baş verir və elektrik cərəyanına görə fərq etmir. Şəbəkə qurulsa da, qurulmasa da, şəbəkə gərginlik altında olduğu müddətcə bu cür itkilər həmişə baş verir. Onların ölçüləri şəbəkə yükündən tamamilə müstəqildir.

### **Qeyri-texniki itkilər**

Paylama sistemlərində qeyri-texniki itkilər daha çox istehlakçılara aid anlayışdır və enerjiden qəsdən (sızma) və ya qeyri-ixtiyari (huşsuz) istifadə nəticəsində baş verir. Bu gün itkilər öyrənilərkən ümumi paylanma itkiləri üzrə qeyri-texniki itkilərin nisbətini dəqiq proqnozlaşdırmaq mümkün deyil. Lakin təxmini hesablamalara görə, bu, təqribən 5% təşkil edir. Qeyri-texniki itkilər texniki itkilərin ümumi itkilərdən azad edilməsi ilə müəyyən edilir. Bu miqdarlara çatdırılaraq istehlak edilən, lakin müəyyən səbəblərdən satış kimi qeydə alınan dəyərlər daxildir [2, 4, 13].

Qeyri-texniki itkilərin əsas səbəbləri qeyri-qanuni elektrik enerjisindən istifadə, natamam ölçmələr və yanlış sayğac oxuma və ya hesab xətaləri ilə bağlı olur. Qanunsuz elektrik enerjisindən istifadə elektrik enerjisi şirkətlərinin üzvləşdiyi ümumi problemdir. İnkişaf etməkdə olan ölkələrdə qeyri-qanuni elektrik enerjisindən istifadə inkişaf etmiş ölkələrlə müqayisədə daha yüksəkdir. Ölümlər qeyri-qanuni elektrik enerjisindən istifadə zamanı elektrik şokları səbəbindən baş verir. İnsanları bu cür təhlükələrdən uzaqlaşdırmaq üçün sayğac möhürləri, təhlükəsizlik halqaları, elektron alətlərə nəzarət, möhkəm qutular və kompüter proqramları kimi müxtəlif alətlərdən istifadə etmək olar. Bundan başqa, mətbuat vasitələrindən istifadə etməklə elektrik cihazlarına müdaxilə təhlükəsi barədə insanları məlumatlandırmaq və qanunsuz elektrik enerjisindən istifadəyə görə əlavə pul ödənilməsi usulu da effektiv ola bilər [3, 13].

Qeyri-texniki itkilərin səbəbləri 1-ci cədvəl üzrə yekunlaşdırılır. Qrafikdə də görüldüyü kimi, icazəsiz əlaqələr, ölçmə cihazlarına edilən müdaxilələr və ödənişsiz hesabların səhv idarə edilməsi qeyri-texniki itkilərin ən əsas səbəblərindən hesab oluna bilər. Metrlərin elektromexanikiliyi nəticəsində yaranan itkilər qeyri-texniki itkilər arasındadır [13].

Cədvəl 1. Texniki olmayan itkilərin səbəbləri

Ölçülə bilməyən enerji	Qəbzləşdirilməyən Enerji	
<b>İstismar itkiləri</b>	<b>Qəbz xətaləri</b>	<b>Ödənilməmiş qəbzələr</b>
Qanunsuz ( icazəsiz ) bağlantılar	Kifayətpədər müqavilə	Paylanmayan gəlirlər

	məlumatının qeyri mövcudluğu	
Ölçmə vasitələrinin montajında gecikmə	Yersiz ölçü koeffektləri	Müştərilərin ödəniş çətinlikləri
Ölçüm cihazlarına müdaxilə	Fayl yeniləmə xətalrı	Düzgün olmayan toplama prosedurları
Yanlış ölçümlər		nağdsız ödənişlərdə səhvlər
Istehlakın çox aşağı proqnozlaşdırılması		
Yanlış bağlantılar		

Texniki itkilərin azaldılmasına əhəmiyyətli və ağıllı yanaşmalarının siyahısı təqdim olunur. Paylanma səviyyəsindəki itkilərin aradan qaldırılması üsulları çoxsaylıdır, məs., kapasitor yerləşdirmə, rekonduktorlaşdırma, gərginliyin yüksəldilməsi, transformatorun yüklənməsinə nəzarət və yenidən konfigurasiya, digərləri ilə yanaşı. Cədvəl 2-də müxtəlif itkilərin azaldılması tədbirləri ilə əlaqəli mənfəət/xərc nisbəti haqqında məlumat verilir. 2-ci tablodan aydın olur ki, həm paylanan transformator yükünün idarə edilməsi, həm də ötürülmə minimal xərcə həyata keçirilən zaman ən münasib mənfəət/xərc nisbətini təklif edir. Bununla belə, qeyd etmək lazımdır ki, faktiki nisbətlər yüksək sistemdən asılıdır[8]

Cədvəl

2.

Müxtəlif zərər azaltmaq üçün mənfəət/xərc nisbəti

Ölçü	Mənfəət/xərc nisbəti
Kompensasiya reaktivi	1 a 15
Rekonduksiya	2 a 8
Gərginliyin artırılması	0.6 a 7
Yük İdarəsi transformer	1.5 a 3

Paylanma sistemi yük itkisi – cari dövrün kvadratının funksiyasıdır. Ona görə də texniki itkilərin azaldılmasının yollarından biri onun reaktiv komponentini azaltmaqla xəttin cərəyanının mütləq dəyərini azaltmaq, yəni güc amilini yaxşılaşdırmaqdır. Sabit və dəyişən tutumlu kondensator batareyalarının quraşdırılması ilə buna nail olmaq mümkündür. Bu prosedur adətən reaktiv kompensasiya kimi tanınır. Kondensatorlar reaktiv güc istehsal edərək reaktiv güc tələbini azaldır.

Azalmış enerji itkiləri.

- Azalmış gərginlik düşgüsü və dolayısı ilə daha yaxşı gərginlik tənzimləməsi.

• Sistemin təkmilləşdirilməsi və ya genişləndirilməsi səbəbindən təxirə salınmış kapital xərcləri.

• Gərginliyin yaxşılaşdırılması səbəbindən gəlirin artırılması

**Nəticə:** Nəticə olaraq deyə bilərik ki, ümumilikdə itkilər texnoloji və qeyri-texnoloji olaraq iki yerə bölünür. Günümüzün inkişaf etmiş texnologiya və sayğaclarına baxmayaraq, ölkəmizdə qeyri-texnoloji itkilər hələ də üst səviyyədədir. Bunun qarşısının alınması üçün sayğacların və digər texnoloji avadanlıqarın, eləcə də sızmaların kontrolu üçün xaricdə geniş istifadə edilən avtomatlaşdırılmış avadanlıqlar mövcuddur. Bu avadanlıqların ölkəmizdə də tətbiq edilməsi qeyri-texnoloji itkilərin azalmasına səbəb olacaqdır.

Texnoloji itkilərin xeyli azaldılması üçün isə avadanlıqlara və sistemlərə vaxtaşırı diaqnostika və qulluğun həyata keçirilməsi, ömrü bitmiş naqıl və avdanlıqların istifadə edilməməsi kifayət olacaqdır.

#### ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. A. Tama, “Las pérdidas de energía eléctrica,” Rev. Crieel, vol. 33, 2013
2. Biçer T., “Elektrik güc sistemleri ve kayıpları”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 52 s.,2009
3. C. Olmedo and S. Patricio, “Calculo Detallado De Perdidas En Sistemas Eléctricos DeDistribución Aplicado Al Alimentador ‘Universidad’ Perteneciente a La Empresa Eléctrica AmbatoRegional Centro Norte S.a,” p. 234, 2007.
4. J. Nuñez, I. Benítez, A. Rodríguez, S. Díaz, and D. de Oliveira, “Tools for theimplementation of a SCADA system in a desalination process,” IEEE Lat. Am. Trans., vol. 17, no. 11,2019.
5. J. Nuñez, I. Benítez, A. Rodríguez, S. Díaz, and D. de Oliveira, “Tools for theimplementation of a SCADA system in a desalination process,” IEEE Lat. Am. Trans., vol. 17, no. 11,2019.
6. M. Madrigal, J. J. Rico, and L. Uzcategui, “Estimation of Non-Technical Energy Losses inElectrical Distribution Systems,” IEEE Lat. Am. Trans., vol. 15, no. 8, 2017.
7. Kurt M., “Enerji Şebekelerinde Güç ve Enerji Kayıplarının Azaltılması Metotları”, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 94.s, 2001.
8. [Glamocanin V., “Optimal Loss Reduction of Distribution Networks”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.5 No.3 Aug.1990 s. 774-782

9. Line Loss Analysis and Calculation of Electric Power Systems , Anguan Wu from North China Electrical Power University and Boashan Ni from Zejiang University, China

10. Power Loss, Richard. F.Hirsh, The origin of deregulation and restructuring in the American electric utility system.