

ENERJİ SİSTEMİNİN PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ AVTOMATİK NƏZARƏTİN VƏ İDARƏETMƏ ÇEVİKLİYİNİN ARTIRILMASI

Bəhrüz Məmməd oğlu Sadiqli¹, İlahə Mirzəağa qızı Abdullazadə¹,
Günəl Qəşəm qızı İbrahimli¹, Araz Bəxtiyar oğlu Məmmədzadə²

¹Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

²“Azərişiq” ASC, Tədris Mərkəzi, Bakı, Azərbaycan

ENHANCEMENT OF AUTOMATIC CONTROL AND MANAGEMENT FLEXIBILITY IN DISTRIBUTION POWER NETWORKS OF THE ENERGY SYSTEM

Bahruz Mammad Sadiqli¹, İlahə Mirzəağa Abdullazadə¹,
Gunel Gasham Ibrahimli¹, Araz Bakhtiyar Mammadzadeh²

¹Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: behruz.sadiqli@student.aztu.edu.az,

ilahe.vahabzade@mail.ru, g.huseynli@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-5217-6700>, <https://orcid.org/0009-0009-8779-7940>,

<https://orcid.org/0009-0004-5451-2383>

²“Azerishiq” LTD, Education Centre, Baku, Azerbaijan: araz.memmedzade@azerishiq.az

<https://orcid.org/0009-0003-1969-5770>

Abstract. The accurate report of electricity losses in power systems is important and of great importance to increase the automatic control and management flexibility of power systems in distribution power grids. This issue is relevant in our country, as well and in the recent years the electricity losses reduction is in the wide spotlight. The reactive powers and their compensation which are the reasons of electric power losses with the construction of an innovative consumption system in the power distribution networks of the energy system have been shown in the article. By advancement of the power factor and its improvement, the specified reports on the reduction of electricity losses have been conducted. These researches lead to increasing the efficiency of the accounting system of "Azerishiq" OJSC, automatic control of its distribution networks, intellectual networks and management flexibility. In recent years, such measures implemented in the system of "Azerishiq" OJSC have resulted in energy saving by reducing the losses of electricity in overhead power transmission lines.

Keywords: distribution power network, reactive power compensation, automatic control, power factor, management flexibility.

© 2024 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş. Azərbaycan Respublikası ərazisində paylayıcı sistem operatoru kimi idarəedicə fəaliyyət göstərən “Azərişiq” ASC-nin paylayıcı elektrik şəbəkələrində son illərdə həyata keçirilən yenidənqurma işlərinə, rekonstruksiyalara və avadanlıqların modernləşdirilmələrinə, yatırılan investisiyalara baxmayaraq, tərtib olunmuş dəqiq güclər balansı göstərir ki, yenə də, əhəmiyyət kəsb edən enerji itkiləri mövcuddur. Bu səbəbdən də, “Azərişiq” ASC-nin paylayıcı elektrik şəbəkələrində elektrik enerjisinin uçot sisteminin innovativ həllərlə qurulmasında itkilərin lazımi miqdarda azalması və elektrik enerjisinin qənaət olunması problemlərinin həlli zəruriləşir və, öz növbəsində, paylayıcı elektrik şəbəkələrinin ahəngdar fəaliyyətində istehlak uçotunun avtomatlaşdırılmış nəzarəti və idarəetmə çevikliyinin artırılması aktuallaşır. Elektrik enerjisi itkilərinin dəqiqləşdirilmiş hesabatlar nəticəsində məhz zəruri miqdarda azalması isə, kompensasiya qurğularının da dəqiq güclərinin və saylarının hesablanması ilə, qənaətinə imkan verir.

Tədqiqat hissəsi. Məlumdur ki, əhali və sənaye müəssisələrinin elektrik təchizatı sistemlərini əsasən aktiv güc P və reaktiv güc Q xarakterizə edir və təchizat sistemlərinə digər ölçü cihazları ilə yanaşı, elektrik sayğaclarının göstəricilərinə görə də, nəzarət edilir. Belə bir funksiyanın icrasında mühüm və vacib fəaliyyət göstərən sayğaclar, elektrik enerjisinin ölçmələrindən başqa, eləcə də, balans nəzarətini həyata keçirir. Təbiətdə enerjinin itməməsi qanununa əsasən, güclər balansı bütün Azərbaycan elektroenergetika sistemindən başlayaraq hər birimizin mənzilinə qədər qüvvədədir. İstismar şəraitində yükün aktiv və ya reaktiv gücə əsasən vaxtdan asılılığı yük qrafiklərində təsvir olunur [1, s. 9 - 12].

Elektrik şəbəkəsində istehlakın idarəetmə çevikliyinin artırılması və avtomatik nəzarət üsulları hal - hazırda, ölkəmizdə “SMS”, “SmartKart”, “Landis E350”, “Landis E470”, “MP106”, “MP106E”,

“MP306” tipli və NFS funksiyalı sayğacların istifadəsilə həyata keçirilir [2, s. 5]. Belə sayğacların nəzarəti ilə Q reaktiv gücün kompensasiyasından elektrik enerjisinin itkilərinin azalması yerinə yetirilir [3, s. 19 - 23]. Reaktiv gücün kompensasiya edilməsinin təbii və süni üsulları var. Təbii üsul müəssisələrdə keçirilən xüsusi tədbirləri, elektrik enerjisinə qənaəti və s. nəzərdə tutur. Əsasən isə, süni kompensasiyadan və bu məqsədlə, sinxron kompensator və ya tənzimlənən kondensator batareyalarından (Şəkil 1) istifadə edilir [4, slayd 5 - 12].



Şəkil 1.



Şəkil 2.



Şəkil 3.

Kondensator batareyaları əsas etibarını ilə 1 kV gərginliyə qədər şəbəkələrdə tətbiq edilir. Yüksək gərginlikdə isə çox hallarda sinxron kompensatorlardan istifadə edilir. Müasir kompensasiya modullarında belə tənzimlənmə avtomatik də yerinə yetirilə bilər. Belə ki, sistemdən tələb olunan induktiv xarakterli reaktiv gücün miqdarı artdıqda avtomatik tənzimləyici (Şəkil 2) bunu hiss edir və $\cos\varphi$ güc əmsalının lazımı tələbini ödəmək üçün kondensatorları paralel dövrəyə qoşur. Əgər induktiv xarakterli reaktiv gücə olan tələbat azalır, bu halda avtomatik olaraq kondensatorlar dövrədən açılır. Ən geniş yayılan reaktiv gücün kompensasiya qurğuları (Şəkil 3) son vaxtlar elektrik təchizatı müəssisələrində avtomatik nəzarət rejimində istismar edilirlər [4, slayd 9-12].

Elektrik təchizatı sistemində transformator, xətt və s. kimi, elektrik yükləri qəbuledicilərinin istismarında ən ağır istilik təsirinə, keçiricinin qızmasının maksimal temperaturasına görə dəyişən yükə ekvivalent olan uzunmüddətli hesabi yüklər təyin edilməlidir [1, s. 15-16]. Keçiricinin qızma effektinə uyğun olaraq, hesabi yüklər iki yerə bölünürlər:

1. Maksimal qızma temperaturasına görə hesabi yüklər.
2. İzolyasiyanın istilik yeyilməsinə görə hesabi yüklər.

Aktiv gücə görə hesabi yük aşağıda göstərilən tənlik ilə hesablanır:

$$P_h = \sqrt{3} \cdot U_{nom} \cdot I_{hes} \cdot \cos\varphi_h, \quad (1)$$

burada U_{nom} – şəbəkənin nominal gərginliyidir;

I_{hes} – hesabi cərəyandır;

$\cos\varphi_h$ – hesabi güc əmsalındır.

Hesabi yük elektrik enerjisi qəbuledicilərinin yüksək yüklü işinə müvafiq olan yüküdür. Dəyişən yük qrafiki üçün hesabi yük müxtəlif müddətli (0,5; 0,75; 1; 1,5; 2 və 2,5 saat) maksimal yükə bərabər olan yüküdür. Az dəyişən (təxminən sabit olan) yük qrafiki üçün hesabi yük isə, orta yükə bərabər olan yüküdür. Qızmaya görə buraxıla bilən hesabi yük qısa olaraq hesabi yük adlanır.

Hesabi yüklərin hesablanması üçün aşağıda göstərilən metodlar istifadə edilir [5, s. 30-39]:

1. Sorğu əmsalı və qoyuluş gücünə görə.
2. Forma əmsalına və orta gücə görə.
3. Statistik hesablama metodu.
4. Nizamlanmış diaqramlar metodu.
5. Köməkçi metodlar.

Ən çox istifadə olunan sorğu əmsalı və qoyuluş gücünə görə hesabi yükləri təyin etmək üçün işlədicilər qrupunun qoyuluş gücünü P_{qoy} və tələblərə əsasən qrupun güc və sorğu əmsallarını ($\cos\varphi, K_s$) bilmək lazımdır. Bu metodla eyni iş rejimli işlədicilər qrupunun hesabi yükləri aşağıda göstərilən kimi təyin edilir:

$$P_{hes} = K_s \cdot P_{qoy} ; \quad (2)$$

$$Q_{hes} = P_{hes} \cdot tg\varphi ; \quad (3)$$

$$S_{hes} = \sqrt{P_{hes}^2 + Q_{hes}^2} , \quad (4)$$

burada $tg\varphi$ – reaktiv güc əmsalıdır, qiyməti $\cos\varphi$ güc əmsalına əsasən təyin edilir;

P_{qoy} – işlədicilər qrupunun cəmi aktiv qoyuluş gücüdür [1].

Enerji sisteminin paylayıcı elektrik şəbəkəsində istehlak uçotunun avtomatlaşdırılmış nəzarətinin və idarəetmə çevikliyinin artırılması üçün elektrik enerjisi itkilərinin azalması və öz növbəsində, elektrik enerjisinin qənaət olunması məqsədi ilə Q reaktiv induktiv gücünün kompensasiyasının həllini nəzərdən keçirək [6, s. 92-95, 118-121]. Aşağıda göstərilən 3 müxtəlif müəssisələrin verilənlərinə əsasən:

$$\begin{aligned} P_{qoy.1} &= 1500 \text{ kVt}; & K_{s.1} &= 0,6; & \cos\varphi_1 &= 0,83; & \varphi_1 &= 33,9^\circ; & tg\varphi_1 &= 0,672; \\ P_{qoy.2} &= 1900 \text{ kVt}; & K_{s.2} &= 0,7; & \cos\varphi_2 &= 0,84; & \varphi_2 &= 32,87^\circ; & tg\varphi_2 &= 0,646; \\ P_{qoy.3} &= 2300 \text{ kVt}; & K_{s.3} &= 0,8; & \cos\varphi_3 &= 0,91; & \varphi_3 &= 24,5^\circ; & tg\varphi_3 &= 0,456; \end{aligned}$$

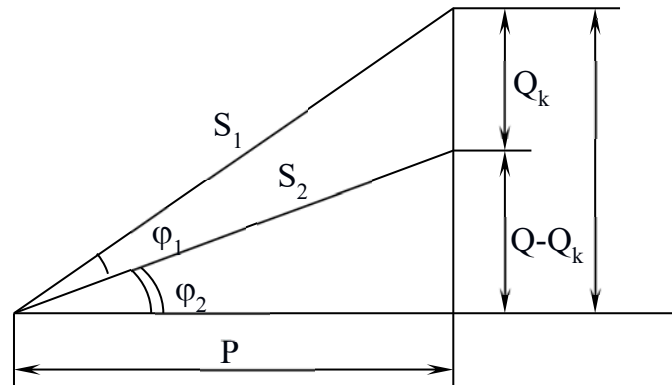
Müəssisələrə tələb olunan aktiv P_h , reaktiv Q_h və tam S_h güclərini (2 ÷ 4) düsturlarından istifadə etməklə hesablayıb, nəticələrini Cədvəl 1-də qeyd edirik:

Cədvəl 1

Müəssisələrə tələb olunan güclərin hesablanması

Müəssisə №-si	P_{qoy}	K_s	$tg\varphi$	P_h	Q_h	S_h
Vahidlər	kVt	-	-	kVt	kVAr	kVA
1	1500	0,6	0,672	900	604,8	1084,34
2	1900	0,7	0,646	1330	859,18	1583,38
3	2300	0,8	0,456	1840	839,04	2022,27
Cəmi hesabi yüklər	5700	-	-	4070	2303,02	4689,99

Kompensasiya üsullarından istifadə edərək hər üç müəssisədə Q reaktiv induktiv gücün ilkin qiymətini Q_k qədər azaldanda şəkil 4-dən görüldüyü kimi φ bucağı da ($\varphi_1 + \varphi_2$) ilkin qiymətindən φ_2 qiymətinə düşür, güc əmsalı $\cos\varphi$ isə əksinə artır [7].



Şəkil 4.

Hər üç müəssisədə güc əmsalı $\cos\varphi$ qiymətini 0,05 artırmaq üçün aşağıda göstərilən müəssisələrin yeni verilənlərinə əsasən:

$$\begin{aligned}
 P_{qoy.1} &= 1500 \text{ kVt}; & K_{s.1} &= 0,6; & \cos\varphi_1 &= 0,88; & \varphi_1 &= 28,36^\circ; & tg\varphi_1 &= 0,54; \\
 P_{qoy.2} &= 1900 \text{ kVt}; & K_{s.2} &= 0,7; & \cos\varphi_2 &= 0,89; & \varphi_2 &= 27,13^\circ; & tg\varphi_2 &= 0,512; \\
 P_{qoy.3} &= 2300 \text{ kVt}; & K_{s.3} &= 0,8; & \cos\varphi_3 &= 0,96; & \varphi_3 &= 16,26^\circ; & tg\varphi_3 &= 0,292;
 \end{aligned}$$

(2 ÷ 4) düsturlarından istifadə etməklə sorğu əmsalı və qoyuluş gücünə görə metodla müəssisələrə tələb olunan aktiv P_h , reaktiv Q_h və tam S_h gücləri, eləcə də, kompensasiya olunan Q_k reaktiv və S_k tam gücləri hesablayıb, nəticələrini Cədvəl 2-də qeyd edək:

Cədvəl 2

Müəssisələrin güclərinin kompensasiyadan sonra hesablanması

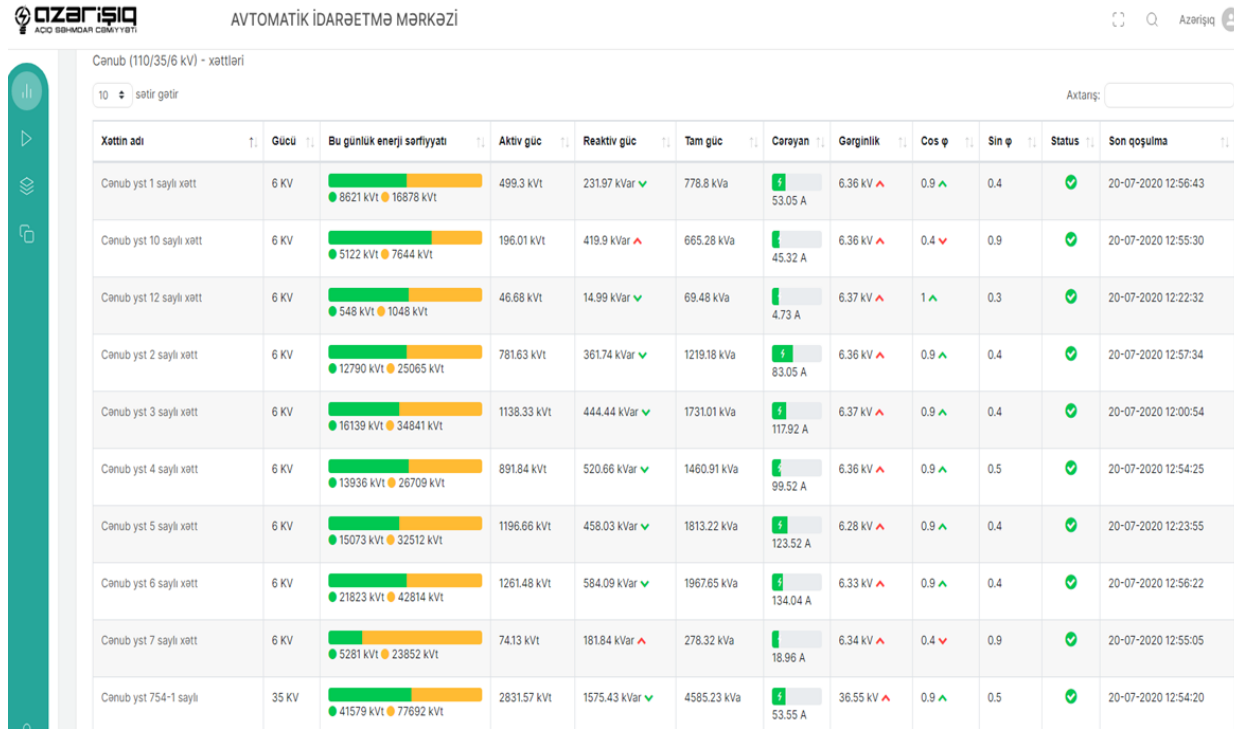
Müəssisə №-si	P_{qoy}	K_s	$tg\varphi$	P_h	Q_h	Q_k	S_h	S_k
Vahidlər	kVt	-	-	kVt	kVAr	kVAr	kVA	kVA
1	1500	0,6	0,54	900	486	118,8	1022,84	61,5
2	1900	0,7	0,512	1330	680,96	178,22	1494,19	89,19
3	2300	0,8	0,292	1840	537,28	301,76	1916,84	105,43
Cəmi hesabi yüklər	5700	-	-	4070	1704,24	598,78	4433,87	256,12

Hesabatlardan göründüyü kimi, nəzərdən keçirilən müəssisələrin $\cos\varphi$ güc əmsalını 0,05 qədər artırmaq üçün Q_h hesabi reaktiv induktiv güclərinin azaldılmasının dəqiqləşdirilməsi aparılmışdır, müəssisələrdə müvafiq olaraq 118,8 kVAr, 178,22 kVAr və 301,76 kVAr hesabi reaktiv tutum güclərinin istifadəsi kifayət etmişdir və təchizat sisteminin elektrik sxeminə tələb olunan gücdə kondensator batareyaları və ya sinxron kompensatorlar daxil edilməklə, onların da artıq sərfinə imkan verilməmişdir.

Belə dəqiqləşdirilmiş metodikadan istifadə etməklə reaktiv induktiv güclərin zəruri kompensasiyanın həyata keçirmək və elektrik dövrəsinə lazımi sayda tələb olunan kondensator batareyalarının və ya sinxron kompensatorların qoşulması ilə onların da qənaəti mümkündür.

Reaktiv gücün kompensasiyası enerji sisteminin paylayıcı elektrik şəbəkəsində bir sıra məsələləri həll edir. Belə ki, texniki itkiləri azaldır, elektrik enerjisinin keyfiyyətini yüksəldir, düyün nöqtələrində gərginliyin səviyyəsini bərpa edir, elektrik enerjisini qənaət edir, şəbəkənin güc ötürmə qabiliyyətini yüksəldir və öz növbəsində, dayanıqlığı artırır [3, s. 60-66]. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, müasir paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv induktiv gücün tənzimlənən kompensasiyası avtomatlaşdırılmış nəzarət ilə yerinə yetirilir və bu da, elektrik enerjisinin idarəetmə çevikliyinin artırılmasına səbəb olur.

Son illərdə “Azərişiq” ASC sistemində Avtomatik idarəetmə mərkəzi tərəfindən istehlakın nəzarətinin avtomatlaşdırılmasının həyata keçirilməsindən elektrik təchizatı sistemində itkilərin azaldılması və bununla da, alınan qənaət müşahidə olunmaqdadır. Misal üçün Şirvan rayonundan çıxan “Cənub” hava elektrik verilişi xətlərinin göstəricilərinə və onları ölçən “Smart” tipli sayğacların parametrlərinə istinad etmək olar (Şəkil 5).



Xəttin adı	Gücü	Bu günlük enerji sərfliyyəti	Aktiv güc	Reaktiv güc	Tam güc	Carayan	Gərginlik	Cos φ	Sin φ	Status	Son qoşulma
Cənub yst 1 sayılı xətt	6 KV	8621 kVt / 16878 kVt	499.3 kVt	231.97 kVar	778.8 kVa	53.05 A	6.36 kV	0.9	0.4	✓	20-07-2020 12:56:43
Cənub yst 10 sayılı xətt	6 KV	5122 kVt / 7644 kVt	196.01 kVt	419.9 kVar	665.28 kVa	45.32 A	6.36 kV	0.4	0.9	✓	20-07-2020 12:55:30
Cənub yst 12 sayılı xətt	6 KV	548 kVt / 1048 kVt	46.68 kVt	14.99 kVar	69.48 kVa	4.73 A	6.37 kV	1	0.3	✓	20-07-2020 12:22:32
Cənub yst 2 sayılı xətt	6 KV	12790 kVt / 25065 kVt	781.63 kVt	361.74 kVar	1219.18 kVa	83.05 A	6.36 kV	0.9	0.4	✓	20-07-2020 12:57:34
Cənub yst 3 sayılı xətt	6 KV	16139 kVt / 34841 kVt	1138.33 kVt	444.44 kVar	1731.01 kVa	117.92 A	6.37 kV	0.9	0.4	✓	20-07-2020 12:00:54
Cənub yst 4 sayılı xətt	6 KV	13936 kVt / 26709 kVt	891.84 kVt	520.66 kVar	1460.91 kVa	99.52 A	6.36 kV	0.9	0.5	✓	20-07-2020 12:54:25
Cənub yst 5 sayılı xətt	6 KV	15073 kVt / 32512 kVt	1196.66 kVt	458.03 kVar	1813.22 kVa	123.52 A	6.28 kV	0.9	0.4	✓	20-07-2020 12:23:55
Cənub yst 6 sayılı xətt	6 KV	21823 kVt / 42814 kVt	1261.48 kVt	584.09 kVar	1967.65 kVa	134.04 A	6.33 kV	0.9	0.4	✓	20-07-2020 12:56:22
Cənub yst 7 sayılı xətt	6 KV	5281 kVt / 23852 kVt	74.13 kVt	181.84 kVar	278.32 kVa	18.96 A	6.34 kV	0.4	0.9	✓	20-07-2020 12:55:05
Cənub yst 754-1 sayılı	35 KV	41579 kVt / 77692 kVt	2831.57 kVt	1575.43 kVar	4585.23 kVa	53.55 A	36.55 kV	0.9	0.5	✓	20-07-2020 12:54:20

Şəkil 5.

Nəticə. Elektroenergetika sisteminin paylayıcı elektrik şəbəkəsində reaktiv gücün lokal kompensasiyasının hesabı verilmişdir. Güc əmsali $\cos\phi$ qiymətinin artırılması üçün reaktiv gücün zəruri miqdarda kompensasiya olunması hesablanmışdır. Bu metodikadan istifadə etməklə reaktiv induktiv güclərin tələb olunan kompensasiyasının yerinə yetirilməsi və kondensator batareyalarının və ya sinxron kompensatorların kifayət edən sayda qoşulması dəqiqləşdirilərək, onlara da qənaət edilmişdir. Paylayıcı elektrik şəbəkəsində mövcud olan enerji itkilərinin azalması üçün elektrik enerjisinə avtomatlaşdırılmış nəzarət və idarəetmə çevikliyinə artırılmasının davam edilməsi təklif olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov E. M. Sənaye elektrik təchizatı. Bakı, dərs vəsaiti, “AzTU”, 2015, 72 s.
2. Məmmədov A. B. Elektron - rəqəmsal elektrik enerji sayğacları. Bakı, Metodiki vəsait, “Bakı Elektrikşəbəkə” ASC”, 2010, 68 s.
3. Paşayev Ə. M., Hüseynov M. Ə., Atalıyev N. Ə. Elektrik enerjisinin uçotunun qurulması və istehlakına nəzarət. Bakı, Dərs vəsaiti, “Bakı Elektrikşəbəkə” ASC”, 2014, 130 s.
4. Calallı Ə. X. Texniki itkilər və reaktiv gücün kompensasiyası. Bakı, Metodiki vəsait, “Azərişiq” ASC”, 2016, 23 slayd.
5. Тимофеев Д. В. Электроснабжение. Расчет нагрузок. Москва, учебное пособие, “Энергия”, 2020, 358 с.
6. Seyidov F. İ. Elektrik dövrələri nəzəriyyəsinin əsasları. Bakı, dərs vəsaiti, “Çaşıoğlu”, 2003, 388 s.
7. Sadiqli B.M., Əliyev Ş.R., Hüseynova G.O., Rəsulzadə A.İ. İnnovativ istehlak sistemində avtomatik nəzarət və idarəetmə çevikliyinə artırılması üsulları. Bakı, AzTU-nun tələbə və gənc mütəxəssislərinin konfransı, “AzTU-nun nəşriyyatı”, 2023, may, s.125-132.

ENERJİ SİSTEMİNİN PAYLAYICI ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ AVTOMATİK NƏZARƏTİN VƏ İDARƏETMƏ ÇEVİKLİYİNİN ARTIRILMASI

B.M.Sadiqli, İ.M.Abdullazadə, G.Q.İbrahimli, A.B.Məmmədzadə

Xülasə. Enerji sistemlərinin paylayıcı elektrik şəbəkələrində avtomatik nəzarətinin və idarəetmə çevikliyinin artırılması üçün elektrik enerjisi itkilərinin dəqiqləşdirilmiş hesabı vacibdir və böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ölkəmizdə də, bu məsələ aktualdır və son illər elektrik enerjisi itkilərinin azaldılmasına geniş diqqət yetirilir. Məqalədə enerji sisteminin paylayıcı elektrik şəbəkələrində innovativ istehlak sisteminin qurulması ilə elektrik enerjisi itkilərinin səbəblərindən olan reaktiv güclər və onların zəruri miqdarda kompensasiyasının hesabı göstərilmişdir. Güc əmsalının yüksəldilməsilə onun yaxşılaşdırılmasının və bununla da, elektrik enerjisi itkilərinin azalmasının dəqiqləşdirilmiş hesabatları keçirilmişdir. Bu tədqiqatlar “Azərişiq” ASC-nin uçot sisteminin səmərəliliyinin, onun paylayıcı şəbəkələrində intellektual şəbəkələrinin avtomatik nəzarətinin və idarəetmə çevikliyinin artırılmasına gətirib çıxarır. Son illər “Azərişiq” ASC sistemində həyata keçirilən belə tədbirlər nəticəsində hava elektrik verilişi xətlərində elektrik enerjisinin itkilərinin azaldılması ilə enerji qənaəti müşahidə olunmaqdadır.

Açar sözlər: paylayıcı elektrik şəbəkəsi, reaktiv gücün kompensasiyası, güc əmsalı, idarəetmə çevikliyi.

Accepted: 16.05.2024