

UOT 621.311

ENERJİ SİSTEMİNİN DÜYÜNLƏRİNDƏ ELEKTRİK ENERJİSİNİN QIYMƏTLƏRİNİN HESABLANMASININ İKİ MƏRHƏLƏLİ MODELİ

¹BALAMETOV ƏSRƏF BALAMET oğlu

²XƏLİLOV ELMAN DƏMİR oğlu

³İSLAMOV İSLAM ZƏLİ oğlu

⁴İSGƏNDƏROV FAMIL GÜLƏMMƏD oğlu

Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu MMC,

1-professor, 2-dosent, 4- mühəndis

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 3-dosent

balametov.azniie@gmail.com

Açar sözlər: elektrik enerjisi bazarı, düyün qiymətləri, Lagranj əmsalları üsulu

Enerji satışı bazarında düyün qiymətlərinin müəyyənləşdirilməsinin ikimərhələli modeli işlənmişdir. Rejim məhdudiyyətlərini nəzərə almaq üçün Lagranj, enerji itkilərini hesablamaq üçün R-əvəz sxemindən və cərəyanların paylanması əmsalları üsullarından istifadə olunaraq riyazi model işlənmişdir. Azərbaycan elektroenergetika sisteminin ekvivalent sxemi nümunəsində hesablar aparılmışdır. Təklif olunan sadələşdirilmiş modelin düyünlərdə elektrik enerjisi qiymətlərinin proqnozlaşdırması məqsədi ilə istifadəsinin mümkünlüyü və effektivliyi təsdiqlənmişdir.

Giriş. Dünyanın qabaqcıl ölkələrində elektroenergetika sənayesinin islahatı elektrik enerjisi kimi bir xüsusi əmtəənin formalaşmasına gətirib çıxardı. Elektrik enerjisi digər məhsullara xas olan yığım və artan tələbatın ehtiyatlarla ödənilməsi qabiliyyəti kimi əsas xüsusiyyətə malik deyil. Bütün bunlar elektrik enerjisinin xüsusiyyətlərini nəzərə alan elektrik enerjisi bazarının formalaşmasına gətirib çıxardı [1-6]. Elektrik enerjisi bazarının təşkili zamanı elektroenergetikanın iqtisadiyyatının elektrik enerjisinin bir məhsul kimi şərtləndirdiyi aşağıdakı xüsusiyyətlərini nəzərə almaq lazımdır.

- Elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi, paylanması və istehlakı praktiki olaraq eyni vaxtda baş verir və onu böyük həcmərdə toplamaq mümkün deyil;

- Elektrik enerjisi çoxlu sayda istehsalçılar tərəfindən ümumi elektrik şəbəkələrinə çatdırılan və oradan ani olaraq müxtəlif tələbatçılar tərəfindən istehlak olunan bir məhsuldur. Ona görə də fiziki olaraq konkret tələbatçının istehlak etdiyi EE-nin hansı istehsalçı tərəfindən istehsal edildiyini təyin etmək mümkün deyil. Yalnız hər bir istehsalçının ümumi şəbəkəyə təchizatının və tələbatçıların şəbəkədən istehlakının həcminə nəzarət etmək olar.

- Enerji sistemindən istehlakçı tərəfindən alınan elektrik enerjisi digər növ məhsullarla nadir hallarda əvəz oluna bilən (məsələn, avtonom dizel elektrik stansiyasından elektrik enerjisi təchizatına keçid, elektrik istiliyinin qaz istiliyinə köçürülməsi və digər hallar) bir məhsuldur. Bu səbəbdən tələbatçılar ümumiyyətlə elektrik enerjisi təchizatında fasilələrə son dərəcə həssasdırlar və enerji sistemi lazımı etibarlılığa malik olmalıdır.

Bazarın topdan və pərakəndə satış formalarına bölünməsi topdansatış bazarında istehsalçıların arasında rəqabət mühiti yaratmağa ehtiyac yaratdı. Enerji sənayesinin islahat prosesində, bazar tədricən elektrik istehsalçıları arasında tənzimlənən rəqabətdən təbii rəqabətə əsaslanan tənzimlənməyə mülhət keçir.

Tədricən bazar mürəkkəbləşərək “bir gün öncədən” və “real zaman” sektorlarından başqa “forvard bazarı” və “fyuçers müqavilələri” kimi yeni bazar iqtisadiyyatı mexanizmlərinin meydana gəlməsinə gətirəcəkdir [1-2].

Lakin liberallaşdırma, rəqabətin kifayət qədər təmin olunduğu, yəni enerji sisteminin yükü ilə müqayisədə orta və kiçik bir çox istehsalçıların mövcud olduğu, bazar gücünə malik böyük istehsalçıların olmadığı elektrik enerjisi bazarlarında effektiv ola bilər.

Elektrik enerjisi bazarında rəqabətə keçməzdən əvvəl rəqabətə keçid şəraitinin və nəticələrinin hərtərəfli təhlili lazımdır. Mövcud ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, elektrik enerjisi sektorunda bazarın qurulmasının aşağıdakı əsas modelləri mümkündür [7]:

- Bir şirkət elektrik enerjisini monopol olaraq istehsal edir və ya zəruri hallarda müstəqil elektrik enerjisi istehsalçılarından elektrik enerjisi alır və yüksək gərginlikli elektrik şəbəkələri ilə ötürülməsini təmin edir. Şəbəkələri məxsus olduğu digər şirkətlər öz ərazilərində tələbatçılara çatdırırlar.

- Bütün elektrik stansiyaları müstəqil istehsalçılardır və vahid alıcıya elektrik satma hüququ üçün bir-biri ilə və digər müstəqil elektrik enerjisi istehsalçıları ilə rəqabət aparır.

- Bütün elektrik stansiyaları müstəqil istehsalçılardır və bir-biri ilə və digər müstəqil elektrik enerjisi istehsalçıları ilə elektrik təchizatı şirkətlərinə və böyük istehlakçılara elektrik enerjisi satmaq hüququ uğrunda mübarizə aparırlar. Enerji təchizatı şirkətləri öz "pərəkəndə" istehlakçılarına elektrik enerjisi təchizatında monopolistlərdir – tələbatçıların başqa təchizatçı seçmək hüququ yoxdur. Bu model ötürücü şəbəkələrə daxil olmağa, topdan bazarda rəqabətə və pərəkəndə bazarda rəqabətin olmamasına gətirir.

- sənayedə olan bütün elektrik stansiyaları müstəqil istehsalçılardır və topdan bazarda və pərəkəndə bazarda hər hansı bir alıcıya elektrik enerjisi satma hüququ üçün bir-biri ilə və digər müstəqil elektrik enerjisi istehsalçıları ilə rəqabət aparır. Başqa sözlə, bütün istehlakçıların təchizatçıları və əksinə seçmək imkanı var.

Hal-hazırda Azərbaycanda müxtəlif səviyyələrdə və qurumlarda "Elektrik Enerjisi Bazarı haqqında" qanun layihəsi müzakirə edilir. Beynəlxalq təcrübəyə əsaslanaraq hazırlanmış qanun layihəsi rəqabətə əsaslanan elektrik enerjisi bazarına keçid, yeni bazar iştirakçılarını təqdim etmək və Azərbaycanın transsərhəd elektrik ticarətini artırmaq məqsədini güdür.

Ekspertlərin fikrincə, "Elektrik Enerjisi Bazarı haqqında" qanun qəbul edilərsə, və tam şəkildə icra edilərsə Azərbaycanın enerji sektoru və iqtisadiyyatının inkişafına böyük köməklik göstərəcəkdir. Qanun elektrik enerjisi təchizatının keyfiyyətini artıracaq, müasir, effektiv elektrik enerjisi sistemi və şəbəkəsi üçün zəruri rəqabət mühitinə şərait yaradacaq və səmərəliliyi yüksəldəcəkdir [8-9].

Azərbaycan Respublikasında elektrik və istilik enerjisi, su və gazın inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsinə görə elektrik enerjisi üzrə topdansatış bazarı yaradılmaqla, bu sahəyə daha böyük həcmdə investisiyaların cəlb edilməsi təmin olunacaqdır [8].

Elektrik enerjisi bazarının optimallaşdırma modeli. Düyün qiymətləri miqdarlarını hesablamaq üçün məqsəd funksiyası aşağıdakı kimi müəyyən edilir [10-12]:

$$\max \left\{ \sum_{i=1}^m c_{d_i} P_{d_i} - \sum_{j=1}^n c_{g_j} P_{g_j} \right\} \quad (2)$$

Optimalaşdırma probleminin mürəkkəbliyi bərabərlik və bərabərsizlik şəklində çoxlu sayda məhdudiyyətlərin mövcud olmasıdır.

Bərabərlik şəklində məhdudiyyətlər düyünlər üzrə (j) aktiv və reaktiv güc balansı ilə müəyyən edilir:

$$\sum_i P_{ij} + \sum_g P_g - \sum_c P_c = 0 \quad (3)$$

$$\sum_i Q_{ij} + \sum_g Q_g - \sum_c Q_c = 0;$$

Bərabərsizlik şəklində məhdudiyyətlər aşağıdakıları nəzərə alır. Bazar iştirakçılarının təkliflərinə əsasən elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakına dair məhdudiyyətlər:

$$P_s^{\min} \leq \sum_{ij \in S} P_{ij} \leq P_s^{\max}$$

$$0 \leq P_g \leq P_g^{\max}; \quad (4)$$

$$0 \leq P_c \leq P_c^{\max};$$

Reaktiv güc istehsalına olan məhdudiyyətlər:

$$0 \leq Q_g \leq Q_g^{\max}; \quad (5)$$

Düyünlərdə gərginliyin səviyyələrinə olan məhdudiyyətlər:

$$U_j^{\min} \leq U_j \leq U_j^{\max} \quad (6)$$

İtkilərin nisbi artımının qiymətləndirilməsi üçün güc axınlarının paylanması üsulu.

EE-nin düyünlərdə qiymətlərinə rejimin 1 MVt düyün gücünün itkilərə təsiri ilə əlaqədarıdır ki, bunun da təzahürü itkilərin nisbi artımıdır. Güc axınlarının, itkilərin və itkilərin nisbi artımının təxmini qiymətləndirilməsi üçün cərəyanların paylanması əmsallarından istifadə etmək olar. Belə yanaşmanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, iterativ üsuldən istifadə edilmir və nəticədə, hesablamaların sürəti xeyli artmış olur.

Beləliklə, düyünlərdə EE-nin qiymətinin hesablanması problemini iki mərhələdə həll etmək məqsədəuyğundur. Birinci mərhələdə elektrik enerjisinin istehsalı və tələbatı üçün optimal tarazlaşdırılmış düyün qiymətləri, yəni P_{g_j} və P_{d_i} şəbəkədə güc itkiləri nəzərə alınmadan təyin edilir. İkinci mərhələdə təyin olunmuş düyün gücləri əsasında güc itkiləri nəzərə alınaraq, P_{g_j} və P_{d_i} qiymətləri dəqiqləşdirilir və düyün qiymətlərinə müvafiq düzəlişlər olunur.

Optimallaşdırma məsələsinin məhdudiyyətləri tərkibi kimi aşağıdakılar nəzərə alınır:

- İtkiləri nəzərə almamaqla sistemin aktiv güclərinin balansı

$$\sum_g P_g - \sum_c P_c = 0, \quad (7)$$

burada $P_g = \sum_i P_g(i)$ - təchizatçının ötürdüyü aktiv güc; $P_c = \sum_i P_c(i)$ -tələbatçının qəbul etdiyi aktiv güc.

- Bazar iştirakçılarının təkliflərinə əsasən elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakına dair məhdudiyyətlər

$$0 \leq P_g(i) \leq P_g^{bild}; \quad (8)$$

$$0 \leq P_c(i) \leq P_c^{bild},$$

burada P_g^{bild} , P_c^{bild} - müvafiq olaraq təchizatçının və tələbatçının aktiv gücünün i-ci pilləsinin həcminə uyğun bildirişləri;

- Elektrik şəbəkəsinin nəzarət olunan kəsiklərində aktiv güc axınları ilə bağlı məhdudiyyətlər

$$P_\sigma^{\min} \leq \sum_\sigma P_{ij} \leq P_\sigma^{\max}, \quad (9)$$

Burada P_{ij} -əvvəlcədən hesablanmış $[\alpha]$ matrisindən istifadə edərək güc paylanması əmsalları vasitəsilə təyin olunur [12].

Birinci mərhələnin həllinin nəticəsi, itkilər nəzərə alınmadan düyün qiymətlərinin müəyyənləşdirilən λ , ν , μ dəyişənləridir [10]:

$$C = \lambda + \nu + [\alpha]^T T \mu. \quad (10)$$

Bu halda alınan qiymətlər məqsəd funksiyasının düyündə gücün 1 MVt dəyişdiyi halı üçün artımını müəyyən edir.

Məsələnin həllinin ikinci mərhələsinin məqsədi elektrik şəbəkəsindəki itkilər nəzərə alınmaqla düyün qiymətlərinin dəqiqləşdirilməsidir. Rejimlərin optimallaşdırılması metodikasına uyğun olaraq, güc itkiləri nəzərə alınmaqla dəqiqləşdirilməsini aşağıdakı formula üzrə yerinə yetirmək olar:

$$C_d = \frac{C}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}}, \quad (11)$$

Burada $\frac{\partial \pi}{\partial P_j}$ - güc itkilərinin xüsusi artımıdır.

Elektrik şəbəkəsindəki aktiv güc itkilərini təxmini olaraq belə hesablamaq olar:

$$\pi = \frac{\sum_s (P_s^2 + Q_s^2) \cdot R_s}{U_{nom}^2} = \frac{(1 + tg^2 \varphi^2) \sum_s P_s^2 \cdot R_s}{U_{nom}^2}, \quad (12)$$

Burada U_{nom} - hesabat sxeminin nominal gərginliyi; $tg\varphi$ – ortalama güc əmsəlidir.

Budaqlarda güc axınları P_s , birinci mərhələdə düyünlərdə təyin olunan güclər əsasında matris tənliyi ilə təyin edilir:

$$P_s = [\alpha]P. \quad (13)$$

Rejimlərin optimallaşdırılması nəzəriyyəsiindən məlum olduğu kimi, itkilərin xüsusi artımı təxmini formul ilə müəyyən edilə bilər:

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_j} = \frac{2(1 + tg^2 \varphi)}{U_H^2} \cdot \sum_s P_s \cdot R_s, \quad (14)$$

Burada hər hansı bir qrup budaqlar üçün balanslaşdırıcı düyün ilə əlaqəli olan düyünləri birləşdirən hər hansı qrup budaqlar üçün hesablanır və qrupdakı gərginlik itkiləri

$\Delta U_j = U_j - U_b$ ilə mütənasib olacaq.

Ümumi halda (15) ifadəsi aşağıdakı şəklə gətirilə bilər:

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_j} = \frac{2(1 + tg^2 \varphi)}{U_H^2} \cdot Y^{-1} \cdot P, \quad (15)$$

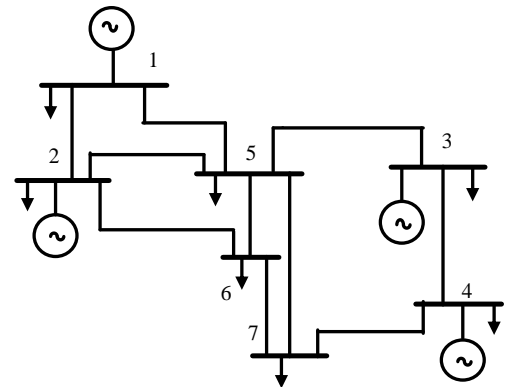
Y^{-1} - R-sxemli dövrə üçün düyün keçiriciliyinin tərs matrisi; P – düyün güclərinin vektorudur.

Generasiya-istehlak modelinin dəqiqləşdirilməsi üçün (15) ifadəsi ilə budaqlarda hesablanmış güc itkiləri balans tənliklərində nəzərə alınmalıdır.

Rejim yenidən hesablandıqda güc itkiləri balanslaşdırıcı düyünə əlavə olunacaqdır. Bu da EVX məhdudiyətlərinin pozulmasına səbəb ola bilər.

Modelləşdirmə. Azərbaycan EES-nin 7-düyünlük (10 budaq) ekvivalent sxemi üzərində hesabatlar yerinə yetirilmişdir. Həmin sxem şəkil 1-də təsvir olunmuşdur.

Ekvivalent sxemin hesabat modelinin ilkin məlumatları cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.



Şəkil 1. Azərbaycan EES 7-düyünlük ekvivalent sxemi

*Enerji sisteminin düyünlərində elektrik enerjisinin qiymətlərinin
hesablanması üçün iki mərhələli modeli*

Cədvəl 1.

Düyünlər üzrə ilkin məlumatlar

Nö	P_Y	Q_Y	P_G	Q_G
1	800	360	1600	640
2	500	225	500	200
3	300	135	400	160
4	100	45	300	120
5	400	180	0	0
6	350	157.5	0	0
7	250	112.5	0	0

Cədvəl 2.

Elektrik verilişi xətləri üzrə ilkin məlumatlar

EVX əvvəli	EVX sonu	R, Om	X, Om	B, Sim
1	5	4.52	43.41	1661.66
2	6	18.47	126.22	198.46
5	7	21.20	144.86	56.94
6	7	15.77	107.75	42.36
1	2	12.93	88.37	723.76
4	7	3.63	23.04	22.92
3	4	11.04	70.14	69.91
3	5	9.69	66.24	26.04
5	6	2.66	16.92	37.89
2	5	10.48	71.61	142.50

Cədvəl 3-də elektrik verilişi xətləri üzrə qərarlaşmış rejimin güc axınları (MVt və MVar) verilmişdir.

Cədvəl 3.

Elektrik verilişi xətləri üzrə qərarlaşmış rejimin güc axınları

Xəttin əvvəli	Xəttin sonu	P_{ij}	Q_{ij}	P_{ji}	Q_{ji}
1	5	527.74	-256.14	-523.16	-157.48
2	6	86.79	-19.45	-86.28	-31.30
5	7	24.02	-20.63	-23.96	5.28
6	7	-8.27	-36.89	8.33	25.69
1	2	181.43	-120.83	-179.87	-67.96
4	7	235.34	143.70	-234.36	-143.97
3	4	35.39	-15.41	-35.34	-4.28
3	5	64.61	71.61	-64.28	-76.64
5	6	256.16	82.98	-255.45	-88.80
2	5	93.07	-28.74	-92.74	-8.23

Aktiv gücün paylanması əmsalları cədvəl 4-də verilib.

Cədvəl 4.

Aktiv gücün paylanması əmsalları

Budaqlar/ Düyünlər	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	-0.4927	-0.7530	-0.7477	-0.7579	-0.7289	-0.7459
2	0	0.1654	-0.0954	-0.1104	-0.0812	-0.1636	-0.1153
3	0	-0.0073	-0.1311	-0.2737	0.0036	-0.0370	-0.3206
4	0	0.0140	-0.1653	-0.3330	-0.0069	0.0706	-0.3881
5	0	-0.5073	-0.2470	-0.2523	-0.2421	-0.2711	-0.2541

Cədvəl 4. (ardı)

1	2	3	4	5	6	7	8
6	0	-0.0066	0.2964	0.6068	0.0033	-0.0336	-0.2913
7	0	-0.0066	0.2964	-0.3932	0.0033	-0.0336	-0.2913
8	0	0.0066	0.7036	0.3932	-0.0033	0.0336	0.2913
9	0	-0.1514	-0.0699	-0.2227	0.0744	-0.7658	-0.2728
10	0	0.3273	-0.1516	-0.1419	-0.1608	-0.1074	-0.1388

Bu matrisə $\vec{P}_s = PTDF \cdot \left(\vec{P}_{inj} \right)$ əməliyyatını tətbiq etməklə xətlərdə güc axınlarını tapmaq olar, burada $\vec{P}_{inj} = \left(\vec{P}_{gen} - \vec{P}_{yuk} \right)$. Həmin nəticələr cədvəl 5-də verilib.

Cədvəl 5.

EVX üzrə (i-j) aktiv güc axınları (P_{ij})

i-j	1-5	2-6	5-7	6-7	1-2	4-7	3-4	3-5	5-6	2-5
P _{ij}	519.96	86.98	23.79	-8.06	180.04	234.27	34.27	65.73	254.96	93.06

Bu qiymətlər qərarlaşmış rejimin nəticələrinə yaxındır. Fərqi xəttləşdirmənin nəticəsi kimi qəbul etmək olar.

İki mərhələli metodla EE-nin düyünlər üzrə hesablamalarının nəticələri şərti vahidlərdə cədvəl 6-da verilmişdir.

Cədvəl 6.

EE-nin düyünlər üzrə hesablamalarının nəticələri

Düyünlər	1	2	3	4	5	6	7
EE qiyməti	42.00	21.21	18.00	22.65	37.20	33.06	24.10

Müxtəlif üsullardan istifadə edərək qiymət təkliflərinin rəqabətli seçilməsinin nəticələrini təhlil edərkən, elektrik verilişi xətlərində qəza zamanı şəbəkənin konfigurasiyası dəyişir, nəticədə, ucuz elektrik enerjisi mənbələrindən artan yollara gətirib çıxarır ki, bu da daha bahalı generatorların yüklənməsinə və düyün qiymətlərinin artmasına səbəb olur.

Nəticə. 1. Enerji satışı bazarında düyün qiymətlərinin müəyyənləşdirilməsi məqsədi ilə iterasiya hesablamalarını tələb etməyən iki mərhələdən ibarət sadələşdirilmiş modeli təklif olunur. Birinci mərhələdə düyün qiymətlərinin müəyyənləşdirilməsi üçün balans tənlikləri və məhdudiyyətlər nəzərə alınır. İkinci mərhələdə isə enerji itkiləri nəzərə alınaraq düyün qiymətləri dəqiqləşdirilir.

2. Rejim məhdudiyyətlərini nəzərə almaq məqsədilə Lagranj üsulundan, cərəyanların paylanması əmsalları üsulu və enerji itkilərinin hesablanması üçün EES R- əvəz sxemindən istifadə olunaraq riyazi model işlənmişdir.

3. Azərbaycan EES ekvivalent sxemi nümunəsində hesablar aparılmışdır. İkimərhələli modelin düyünlərdə elektrik enerjisi qiymətlərinin proqnozlaşdırılması məqsədi ilə istifadəsinin mümkünlüyü və effektivliyi təsdiqlənmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Stoff S. (2002). Power System Economics: Designing Markets for Electricity. I. Wiley and Sons.
2. Беляев Л.С. Проблемы электроэнергетического рынка. Новосибирск: Наука, 2009, 296 с
3. Hogan W. Contract networks for electric power transmission // Energy and Environmental Policy Center, Harvard University, September 1990.
4. Bialek J.W. Tracing the Flow of Electricity, IEE Proc-Gener., Transm. and Distrib., Jul. 1996vol. 143, pp.310-320.
5. Гамм А. З. Узловые средневзвешенные цены на электроэнергию /А.З.Гамм [и др.] // Электричество. №10, 2005, с.17-24.

6. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. О прослеживании путей передачи мощностей в энергосистемах Баку // Проблемы энергетики. №4. 2011, с.10-17.
7. Айзенберг Н.И. Модели рынков несовершенной конкуренции: приложения в энергетике. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015, с.286.
8. Azərbaycan Respublikasında kommunal xidmətlərin (elektrik və istilik enerjisi, su və qaz) inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi. Bakı, 2016.
9. Azərbaycanın energetikası. Statistik məcmuə. Bakı, 2018, 155 s.
10. Бартоломей П. И., Груздев П. П., Паниковская Т. Моделирование ценовых заявок на конкурентном рынке электроэнергии // Вестник, № 13, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005.
11. Васильковская Т.А. Возможность управления свободными ценами рынка электроэнергии путем изменения параметров электрической сети и энергопринимающего оборудования // Известия РАН. Энергетика. 2014, № 3, с.3-7.
12. Булатов Б.Г., Каркунов В.О. Упрощенная модель определения узловых цен на рынке электроэнергии. // Вестник ЮУрГУ. Серия Энергетика. вып. 12. № 34. 2009.

РЕЗЮМЕ

ДВУХЭТАПНАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЗЛОВЫХ ЦЕН НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ

Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Исламов И.З., Искендеров Ф.Г.

Ключевые слова: рынок электроэнергии, узловые цены, метод неопределенных коэффициентов Лагранжа.

Разработана двухэтапная модель определения узловых цен на электроэнергию на энергетическом рынке. Для учета режимных ограничений использован метод Лагранжа, а для расчета потерь электроэнергии – R-схема и коэффициенты токораспределения. Проведены расчеты на примере эквивалентной схемы Азербайджанской электроэнергетической системы. Подтверждена возможность и эффективность предложенной упрощенной модели с целью прогнозирования цен на электроэнергию.

SYMMARY

TWO-STAGE MODEL FOR DETERMINING ELECTRIC ENERGY PRICES IN THE ENERGY SYSTEM NODES

Balametov A.B., Khalilov E.D., Islamov I.Z. Isgandarov F.G.

Key words: electricity market, nodal prices, method of Lagrange coefficients.

A two-step model has been developed for determining the nodal prices for electrical energy in the energy market. A mathematical model was developed using the Lagrange method and the power transfer distribution factors to account for mode constraints. The equivalent scheme of the Azerbaijan power system was used for simulation . The possibility and effectiveness of the proposed simplified model for the purpose of forecasting electricity prices was confirmed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.12.2018
	Son variant	27.03.2019