

АНАЛИЗ НА ДЕНОНОЩНОТО ЕЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ В РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОСРЕДНЕНИ ТОВАРОВИ ГРАФИЦИ

Росица АНГЕЛОВА, Ангел ГЕОРГИЕВ, Тодор ГИЧЕВ

angelova@vtu.bg

д-р Р.Ангелова-доцент, ВТУ"Т.Каблешков" София1574, Гео Милев 158; инж. А. Георгиев- Централно диспечерско управление, ЕСО ЕАД, София1040, ул.Веслец 8; д-р Т. Гичев- професор УАСГ, София1000, бул. Хр. Смирненски 1
БЪЛГАРИЯ

Резюме: *Необходимостта от прогнозиране на електропотреблението е обусловена както от технологични, така и от икономически причини. В доклада, въз основа на анализ на средното денонощно електропотребление, е предложен един подход за прогнозирането му за среден работен и среден почивен ден. При зададено натоварване в 21 часа се възстановява почасовия товар в конкретен ден. Върху конкретен пример се прави сравнение на реалното и прогнозно натоварване.*

Ключови думи: *прогнозиране, почасово електропотребление*

ВЪВЕДЕНИЕ

Изучаването на свойствата на потреблението на електрическа енергия е първа стъпка в опитите да се създаде алгоритъм за неговото прогнозиране. Предложеният в работата анализ е построен на базата на представените в [1] товарови графици за 2005 година. Като основни по-нататък са приети среден работен ден и почивен ден (неделя). За всеки от тях се намира изменението на коефициентите на относително натоварване. След това при зададено натоварване в 21 часа, което е равно на максималното денонощно или близко до него, се възстановява почасовия товар в конкретен ден. Информацията за изменението на коефициентите на относително натоварване се съхранява чрез построяване на два апроксимиращи полинома от четвърта степен за всеки един от основните дни. Като приложение на получените формули се определя прогнозното средно почасово натоварване за следващите две години (2006 и 2007 г.). Върху конкретен пример се прави

сравнение на реалното и прогнозно натоварване.

1. АНАЛИЗ НА ДЕНОНОЩНОТО НАТОВАРВАНЕ В СРЕДЕН РАБОТЕН ДЕН И В ДНИТЕ ПОНЕДЕЛНИК И СЪБОТА.

Известно е, че потреблението в работните дни от вторник до петък се различава от потреблението в понеделник, събота и неделя [2, 3, 4]. Да означим почасовите товари за среден работен ден [1] от фиксиран месец на годината с $P(t, j)$, където t е часът от денонощието, а j - месецът. Те се изменят съответно от 1 до 24 и от 1 до 12. Ако $P(j)$ е натоварването в 21 часа, което е максималното за денонощието или много близко до него, то да въведем коефициент на относително натоварване

$$\alpha(t, j) = \frac{P(t, j)}{P(j)}$$

Нека $R(t, j)$ и $S(t, j)$, $t = 1, 2, \dots, 24$; $j = 1, 2, \dots, 12$, са съответно товарите в часовете от денонощието в понеделник и събота, а $R(j)$ и

$S(j)$ са техните стойности в 21 часа. Да въведем коефициентите на пропорционалност

$$\rho(j) = \frac{R(j)}{P(j)}, \quad \sigma(j) = \frac{S(j)}{P(j)} \quad \text{и величините}$$

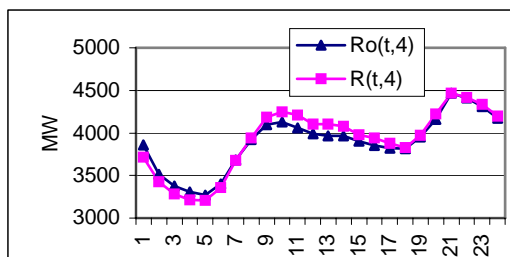
$$R_0(t, j) = P(t, j)\rho(j) = P(t, j)\frac{R(j)}{P(j)} = \alpha(t, j)R(j) \quad (1)$$

$$S_0(t, j) = P(t, j)\sigma(j) = P(t, j)\frac{S(j)}{P(j)} = \alpha(t, j)S(j).$$

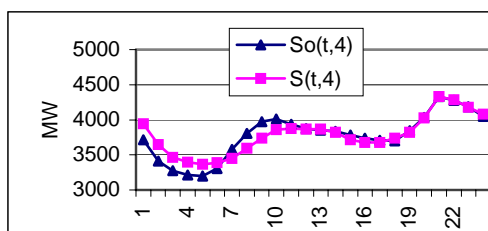
Относителните грешки от замяната на реалните товари $R(t, j)$ и $S(t, j)$ с пресметнатите стойности $R_0(t, j)$ и $S_0(t, j)$ се определят по формулите

$$\delta_R(t, j) = \frac{|R(t, j) - R_0(t, j)|}{R(t, j)} = \frac{\left| \frac{R(t, j)}{R(j)} - \frac{\alpha(t, j)R(j)}{R(j)} \right|}{\frac{R(t, j)}{R(j)}} = \frac{|\alpha_R(t, j) - \alpha(t, j)|}{\alpha_R(t, j)}$$

$$\delta_S(t, j) = \frac{|S(t, j) - S_0(t, j)|}{S(t, j)}$$



Фиг.1



Фиг.2

$$= \frac{\left| \frac{S(t, j)}{S(j)} - \frac{\alpha(t, j)S(j)}{S(j)} \right|}{\frac{S(t, j)}{S(j)}} = \frac{|\alpha_S(t, j) - \alpha(t, j)|}{\alpha_S(t, j)},$$

където с

$$\alpha_R(t, j) = \frac{R(t, j)}{R(j)} \quad \text{и} \quad \alpha_S(t, j) = \frac{S(t, j)}{S(j)}$$

са означени коефициентите на относително натоварване за понеделник и събота.

Въз основа на данните от [1] за 2005 година, като илюстрация на предложената схема, в таблица 1 за месец април са показани коефициентите на относително натоварване за работен ден $\alpha(t,4)$, стойностите на товарите $R(t,4)$ за понеделник и $S(t,4)$ за събота, съответните им пресметнати стойности $R_0(t,4)$ и $S_0(t,4)$ и относителните грешки $\delta_R(t,4)$, $\delta_S(t,4)$.

За сравнение на фиг.1 и фиг.2 са показани диаграми за понеделник и събота на реалните товари $R(t,4)$ и $S(t,4)$ и на пресметнатите по формули (1) стойности $R_0(t,4)$ и $S_0(t,4)$.

2. АПРОКСИМАЦИЯ НА ТОВАРИТЕ ЗА СРЕДЕН РАБОТЕН ДЕН.

На фиг.3 е показано изменението на коефициентите на относително натоварване $\alpha(\tau,4)$ за среден работен ден през април от 21 до 24 часа на следващия ден. Товарната графика за 24 часа може да се приближи с два полинома от четвърта степен - от 21 до 11 часа на следващия ден и от 11 до 21 часа.

За целите на по-нататъшните пресмятания часовете от денонощието са преномерирани, започвайки от нула за 21 часа, 1 за 22 часа и т.н., 24 за 21 часа на следващия ден. На фиг. 3 тази номерация е разположена непосредствено под абсисната ос. Да означим с Δ_1 и Δ_2 съответно часовете от нула до 14 и от 14 до 24 часа.

По метода на най-малките квадрати се построяват полиномите от четвърта степен

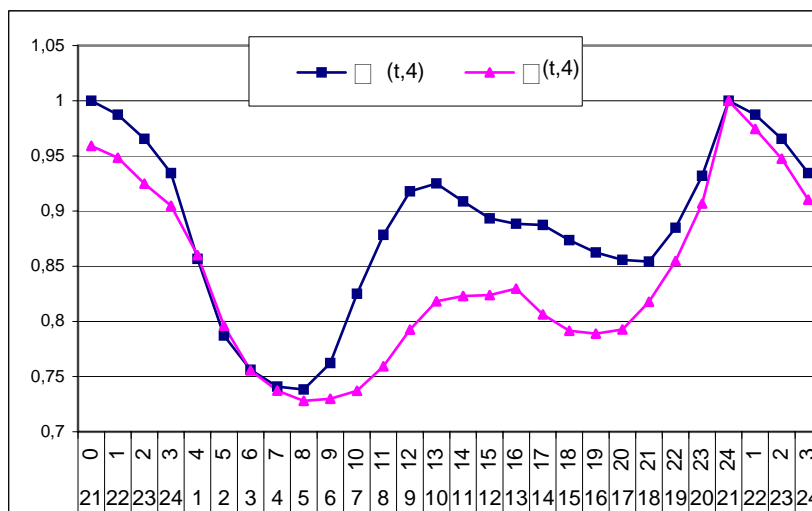
$$\tilde{\alpha}_i(\tau, j) = a_{i1}(j) + b_{i1}(j)\tau + c_{i1}(j)\tau^2 + d_{i1}(j)\tau^3 + e_{i1}(j)\tau^4, \quad (2)$$

които приближават коефициентите на относително натоварване за $\tau \in \Delta_1$ при $i=1$ и $\tau \in \Delta_2$ при $i=2$ през работен ден от месец j .

Стойностите на коефициентите a_{i1} , b_{i1} , c_{i1} , d_{i1} , e_{i1} , пресметнати за разгледания пример за среден работен ден от месец април, са дадени в таблица 2. В нея с ε_{11} и ε_{21} са означени постигнатите сумарни отклонения по метода на най-малките квадрати.

Таблица 1

t	$\alpha(t,4)$	$R(t,4)$	$S(t,4)$	$R_0(t,4)$	$S_0(t,4)$	$\delta_R(t,4)$	$\delta_S(t,4)$
час	-	MW	MW	MW	MW	-	-
1	0.8566	3715	3940	3862	3712	0.0299	0.0580
2	0.7872	3428	3643	3516	3411	0.0256	0.0640
3	0.7562	3283	3464	3377	3277	0.0286	0.0540
4	0.7410	3214	3393	3309	3211	0.0295	0.0540
5	0.7383	3210	3363	3297	3199	0.0271	0.0490
6	0.7622	3356	3391	3404	3303	0.0143	0.0260
7	0.8251	3675	3451	3685	3575	0.0027	0.0360
8	0.8784	3943	3591	3923	3806	0.0050	0.0600
9	0.9179	4183	3741	4099	3977	0.0200	0.0630
10	0.9250	4249	3863	4131	4008	0.0280	0.0400
11	0.9088	4210	3877	4059	3938	0.0360	0.0160
12	0.8934	4103	3869	3990	3871	0.0270	0.0005
13	0.8885	4101	3864	3968	3850	0.0320	0.0036
14	0.8874	4078	3820	3963	3836	0.0280	0.0042
15	0.8737	3975	3716	3902	3786	0.0180	0.0190
16	0.8626	3939	3677	3852	3738	0.0220	0.0170
17	0.8557	3880	3676	3822	3708	0.0150	0.0087
18	0.8543	3829	3735	3815	3702	0.0036	0.0088
19	0.8849	3971	3825	3952	3843	0.0048	0.0047
20	0.9320	4223	4028	4162	4043	0.0140	0.0025
21	1.0000	4466	4333	4466	4333	0.0000	0.0000
22	0.9873	4419	4285	4409	4278	0.0023	0.0016
23	0.9654	4370	4179	4311	4183	0.0130	0.0009
24	0.9344	4200	4080	4173	4049	0.0064	0.0076



Фиг.3

Таблица 2

	a_{i1}	b_{i1}	c_{i1}	d_{i1}	$e_{i1} \cdot 10^{-4}$	ε_{i1}
$i=1$	0.990589	0.04515782	-0.0356714	0.00458552	-1.64194126	0.0026
$i=2$	5.0258757	-1.0236889	0.09581005	-0.003984867	0.616258739	0.0031

3. ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПОЧАСОВОТО ДЕНОНОЩНО НАТОВАРВАНЕ ЗА СРЕДЕН РАБОТЕН ДЕН.

Да означим с $X(\tau, j)$ и $Y(\tau, j)$ товарите в час τ на месец j , съответно за 2006 и 2007 година. Часовете τ са преномерирани, при

което броенето започва от $\tau = 0$ за 21 часа. Ако $X(j)$ и $Y(j)$ са товарите в 21 часа за двете години, то прогнозното натоварване за $\tau \in \Delta_i$, $i = 1, 2$ и $j = 1, 2, \dots, 12$ се определя по формулите

$$X_0(\tau, j) = \tilde{\alpha}_i(\tau, j)X(j),$$

$$Y_0(\tau, j) = \tilde{\alpha}_i(\tau, j)Y(j), \text{ където } \tilde{\alpha}_i(\tau, j) \text{ са от}$$

(2). Като пример отново да разгледаме средния работен ден за април ($j = 4$). Получените резултати са дадени в таблица 3, където последователно в колоните са разположени часовете τ и t , реалните средни стойности $X(\tau, 4)$ и прогнозните стойности $X_0(\tau, 4)$ за 2006 година, реалните средни стойности $Y(\tau, 4)$ и прогнозните стойности $Y_0(\tau, 4)$ за 2007 година. На фигури 4 и 5 са построени графиките на реалните и прогнозни стойности съответно за 2006 и 2007 година. На тях по абцисната ос са нанесени реалните часове, започващи от 21 и преномерираните, започващи от 0 часа.

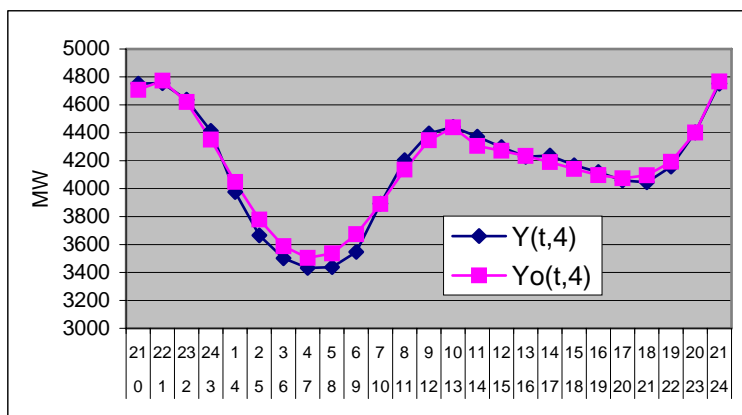
4. АНАЛИЗ НА ТОВАРА В ПОЧИВЕН ДЕН (НЕДЕЛЯ).

Аналогични разсъждения са в сила и за почивен ден. Да означим с $Q(t, j)$, $t=1, 2, \dots, 24$ и $j=1, 2, \dots, 12$, товара в час t на неделен ден от месец j , а с $Q(j)$ – стойността му в 21 часа. Коефициентите на относително натоварване

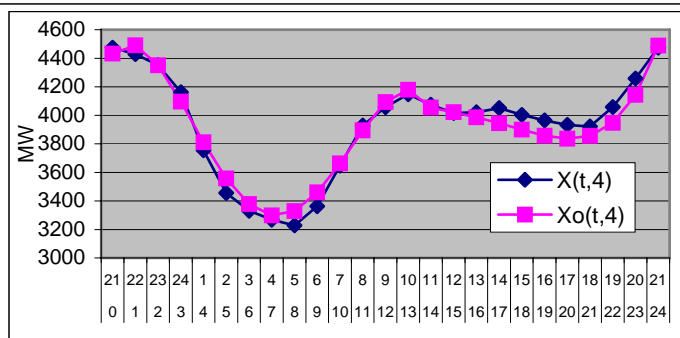
$$\text{са } \beta(t, j) = \frac{Q(t, j)}{Q(j)}.$$

Изменението на тези коефициенти за почивен ден от април е показано на фиг.3. И в този случай получената крива може да се приближи с два полинома от четвърта степен – от 21 часа на събота до 11 часа на неделния ден и от 11 до 21 часа. Отново се използва преномериране на часовете от денонощието, започвайки от нула за 21 часа.

τ	t	$X(t,4)$	$X_0(t,4)$	$Y(t,4)$	$Y_0(t,4)$
час	час	MW	MW	MW	MW
0	21	4474	4432	4752	4707
1	22	4428	4490	4755	4773
2	23	4352	4350	4637	4620
3	24	4162	4096	4413	4351
4	1	3754	3811	3976	4048
5	2	3456	3558	3666	3779
6	3	3331	3378	3502	3588
7	4	3268	3299	3433	3504
8	5	3228	3329	3438	3536
9	6	3363	3459	3547	3674
10	7	3647	3662	3892	3890
11	8	3928	3894	4203	4136
12	9	4057	4093	4395	4347
13	10	4147	4179	4442	4438
14	11	4074	4054	4371	4306
15	12	4016	4021	4298	4271
16	13	4021	3986	4228	4234
17	14	4051	3945	4237	4190
18	15	4003	3899	4167	4141
19	16	3964	3857	4118	4097
20	17	3933	3836	4058	4074
21	18	3921	3856	4045	4096
22	19	4058	3947	4158	4192
23	20	4258	4143	4403	4401
24	21	4474	4488	4752	4767



Фиг.4



Фиг.5

Таблица 4

	a_{i2}	b_{i2}	c_{i2}	d_{i2}	$e_{i2} \cdot 10^{-4}$	ε_{i2}
$i=1$	0.95286856	0.02316768	-0.0208347351	0.00242724	-0.78829284	0.0027
$i=2$	-6.4822757	1.47032643	-0.1054110429	0.00312251	-0.30914918	0.0024

По-нататък по метода на най-малките квадрати се построяват полиномите от четвърта степен

$$\tilde{\beta}_i(\tau, j) = a_{i2}(j) + b_{i2}(j)\tau + c_{i2}(j)\tau^2 + d_{i2}(j)\tau^3 + e_{i2}(j)\tau^4, \quad (3)$$

които приближават коефициентите на относително натоварване за $\tau \in \Delta_1$ при $i=1$ и $\tau \in \Delta_2$ при $i=2$ през почивен ден от месец j .

Стойностите на коефициентите a_{i2} , b_{i2} , c_{i2} , d_{i2} , e_{i2} , за разгледания пример за почивен ден от месец април, са дадени в таблица 4. В нея с ε_{12} и ε_{22} са означени постигнатите сумарни отклонения по метода на най-малките квадрати.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Ако е известен товаровият график за среден работен и среден почивен ден от даден месец, то съгласно проведения анализ е възможно за всеки от тях да се построят полиноми от четвърта степен, които приближават изменението на коефициентите на относително натоварване за тези два дни. Чрез тях, и с товара в 21 часа (максималният или близък до него) за фиксиран ден, могат да

се получат приближени прогнозни товари графици за този ден и за средни дни от съответния тип. По такъв начин задачата за прогнозиране на денонощното електропотребление се свежда до прогнозиране на потреблението в 21 часа.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Георгиев А.: Статистически данни за електропотреблението в България през 2005 година, Енергетика, бр.2-3, стр.9, 2006 г.
 [2] Khan Muhammad, Ajith Abraham, Cestmir Onadrsek: Soft Computing for Developing Short Term Load Forecasting Models in Czech Republic. Hybrid Intelligent Sytem, Australia, p. 207-221,2001
 [3] Кредов Д.: Анализ графиков електропотребления городской нагрузки при прогнозировании. Тольяттинский государственный университет, conf.bstu.ru/conf/docs/0037/1443.doc.
 [4] Kakkonda T., Tohru Ishihara, Eiichi Tsukada: Electrical Load Forecasting by Networks Considering Various Load Types, IEEE Intelligent System, Applications to Power Systems (ISAP2003).

AN ANALYSIS OF THE AROUND-THE-CLOCK ELECTRICITY CONSUMPTION IN BULGARIA USING MEAN LOAD SCHEDULES

Rositsa ANGELOVA, Angel GEORGIEV, Todor GICHEV

R. Angelova, Higher School of Transport "T. Kableshkov", Sofia 1574, Geo Milev Str.158

A. Georgiev., Sofia 1040, National Dispatching Center, Vesletz 8

T. Gichev, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia 1000 Hr. Smirnenki Str.1
BULGARIA

Abstract: The need to forecast electricity consumption is based both on technological and economical factors. In this study we propose a method for predicting consumption over an average workday and holiday that is based on an analysis of the average daytime and nighttime electricity usage. Given the load at 9pm, the hourly usage in a given day is derived. Using an example, we compare the actual to predicted usage loads.

Key words: forecasting, hourly consumption