

## II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.311

Серебренніков Б. С.<sup>1</sup>, Петрова К. Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>Канд. екон. наук, доцент, Національний технічний університет України «КПІ», Україна<sup>2</sup>Аспірант, Кіровоградський національний технічний університет, Україна, E-mail: kate\_flash@mail.ru

### УПРАВЛІННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕСУРСУ

*Доведено дієвість техніко-технологічного методу формування добового графіка електричних навантажень промислових споживачів. Наведено алгоритм розрахунку параметрів сітьової моделі технологічного процесу та управління режимом електроспоживання. Показана придатність методу для зменшення втрат у електромережах та оплати електроенергії.*

**Ключові слова:** графік електричних навантажень, управління режимом електроспоживання, регулювання технологічного процесу, втрати електроенергії.

#### ВСТУП

Найбільш потужним сегментом за електроспоживанням і, водночас, гнучким в плані управління режимом, є промислові підприємства, споживання котрих становить близько 45 % від загального складу навантаження об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України [1], тому переважно саме їх графік електричних навантажень (ГЕН) формує нерівномірність ГЕН ОЕС. Характер ГЕН промислових підприємств в значній мірі визначається технологічним процесом (ТП) і може бути змінений в результаті варіювання параметрів ТП.

На сьогодні ОЕС та виробники електричної енергії (ЕЕ) прагнуть до вирівнювання режиму електроспоживання в часі, натомість споживачі найбільше зацікавлені у такому регулюванні, яке б призводило до економії плати за ЕЕ.

#### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Для промислових споживачів (ПС) найбільш притаманними є техніко-технологічні [2], нормативні [3] та організаційні [4] методи управління режимом електроспоживання.

В [4] розглянуто перспективи використання організаційного пріоритетно-крокового методу для вирівнювання сумарних ГЕН при взаємному зміщенні їх складових. Більшого ефекту від застосування пріоритетно-крокового методу можна було б досягти попередньо вирівнявши ГЕН найбільш потужних ПС. Оскільки майже всі ТП можуть бути реалізовані в режимі управління споживанням ЕЕ [5], то попереднє вирівнювання ГЕН раціонально здійснювати з використанням саме технологічного ресурсу ПС.

Недостатня участь промисловості у підтриманні балансу між генерацією та споживанням ЕЕ обумовлюється слабкою економічною мотивацією до регулювання, а також складністю відомих методів та засобів регулювання ТП.

Таким чином, аналіз досліджень та публікацій свідчить про актуальність подальших пошуків простих інженерних методів управління ГЕН та дієвих стимулів для зменшення нерівномірності добового електроспоживання.

**Метою роботи** є адаптація техніко-технологічних методів управління режимом електроспоживання промислових підприємств до вирішення завдань вирівнювання графіків електричних навантажень, зменшення втрат у електромережах та оплати електричної енергії.

#### ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ

Традиційно удосконалення ТП спрямовується на підвищення продуктивності та якості продукції, а проблема нерівномірності ГЕН вважається другорядною. Натомість, запропонована нами перебудова ТП, здійснюється заради цілеспрямованого управління режимом електроспоживання.

Розглянемо добовий ГЕН реального цеху, приведений на рис. 1. Нерівномірність електроспоживання у часі обумовлюється структурою ТП, енергоємністю і тривалістю технологічних операцій. Розкладемо ГЕН на прямокутники, ширина котрих дорівнюватиме тривалості  $t$  відповідної операції, а висота – споживаній при цьому електричній потужності  $P$ . Таким чином, площа кожної фігури на рис. 1 характеризуватиме ЕЕ  $W_{i-j}$ , необхідну для виконання операції « $i - j$ ». У базі ГЕН лежать прямокутники енергій для послідовності операцій максимальної тривалості  $t_{MAX}=24$  год (на рис. 1 вони позначені потовщеною лінією).

Зменшимо загальну нерівномірність ГЕН, застосувавши для цього один з техніко-технологічних методів (ТТМ) – метод сітьового планування та управління (СПУ) [6]. Головним елементом методу СПУ є сітьова модель (СМ), що відображає всі технологічні взаємозв'язки й результати операцій (рис. 2), необхідні для досягнення кінцевого продукту. Крім цього, вихідні дані, потрібні для

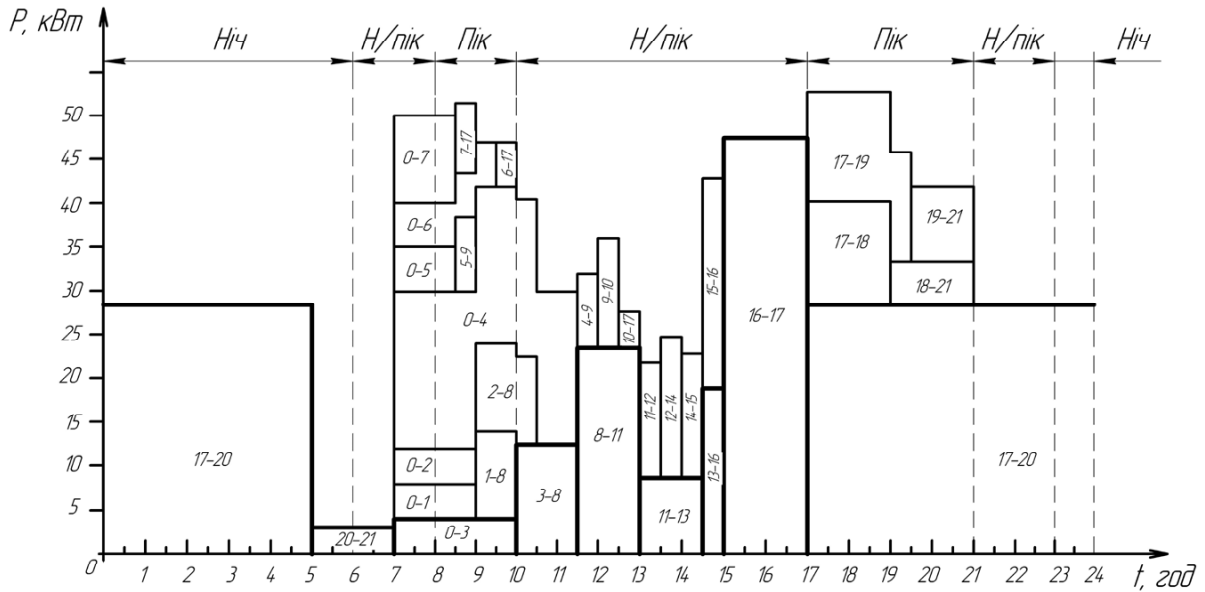


Рис. 1. Вихідний графік електроспоживання ТП цеху (номерама «i – j» позначені шифри технологічних операцій, пунктирною лінією – межі тарифних зон)

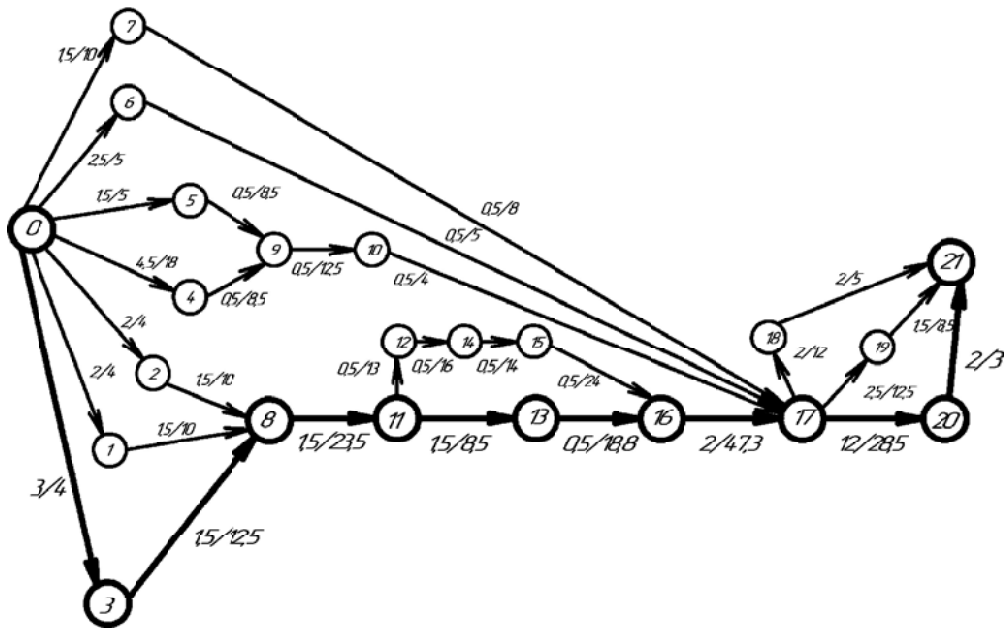


Рис. 2. Схема сітьової моделі ТП (у чисельнику дробів  $t/P$  – тривалість  $t$  операції, год; у знаменнику – споживана електрична потужність  $P$ , кВт)

проведення регулювань, становлять: перелік технологічних операцій, послідовність їх виконання, потужність електронавантаження та тривалість кожної з них. Така незначна кількість вихідної інформації щодо ТП, яка не потребує специфічних досліджень його особливостей, обумовлює універсальність методу СПУ і можливість його застосування до будь-якої галузі промисловості. На основі вихідних даних щодо ТП цеху складемо схему СМ (рис. 2).

СМ має розгалужену структуру; напрямлені відрізки графічно зображують технологічні операції, що поєднують події (результати операцій), які позначено номерами від 0 до 21. Потовщеною лінією позначено послідовність операцій максимальної тривалості  $t_{MAX}$ , кот-

ра є лімітуючою для ТП. Всі інші послідовності мають меншу тривалість, що й обумовлює наявність резервів часу  $R_t$ , в межах яких можна зміщувати ту чи іншу операцію відносно лімітуючої.

Управління режимом електроспоживання включає два етапи: на 1-му проводиться оцінка показників СМ й визначення  $R_t$ ; після цього приступають до 2-го етапу – безпосередньо управління по переміщенню певних електронавантажень із пікової зони ГЕН до інших зон. При цьому ефективність управління оцінюється за значенням показників нерівномірності ГЕН, скороченням втрат ЕЕ та мінімізації її оплати за диференційованим тарифом [7].

1. Визначення лімітуючої послідовності операцій та її тривалості.

Тривалість лімітуючої послідовності 0–3–8–11–13–16–17–20–21 складається із суми тривалостей найдовших операцій ТП, котрі утворюють цю послідовність (рис. 2):

$$t_{LIM} = \sum t_{MAX} (i-k) = t_{(0-3)} + t_{(3-8)} + t_{(8-11)} + t_{(11-13)} + t_{(13-16)} + t_{(16-17)} + t_{(17-20)} + t_{(20-21)} = 3 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 0,5 + 2 + 12 + 2 = 24 \text{ год.}$$

2. Визначення найбільш раннього з можливих та найбільш пізнього із допустимих термінів початку та закінчення подій.

Оскільки сусідні події на рис. 2 можуть набувати будь-яких цілих значень з ряду 0...21 залежно від обраної послідовності операцій, позначимо три сусідні події «*h*», «*i*», «*j*»; при цьому через «*h*» позначимо передуючу до «*i*» подію, а через «*j*» – наступну після «*i*».

Раннім терміном  $T_i^P$  здійснення події «*i*» є момент часу, до якого завершаться всі причетні до події «*i*» операції, що передують цій події; тобто,  $T_i^P$  визначається максимальною тривалістю послідовності операцій у напрямі від стартової події «0» до обраної «*i*»:

$$T_i^P = \max_{(h;i) \in U_h^+} \left( \sum t_{(h-i)} \right) = \max_{\forall (h,i)} (T_h^P + t_{(h-i)}), \quad (1)$$

де  $U_h^+$  – множина всіх операцій, котрі передують події «*i*»;  $t_{(h-i)}$  – тривалість операції «*h-i*»;  $T_h^P$  – ранній термін здійснення події «*h*», передуючої «*i*», з множини  $U_h^+$ .

Розрахунок  $T_i^P$  проводиться для всіх подій, тобто від «1» до «21».

Для прикладу розглянемо подію «9», яка є найбільш показовою для розрахунків, оскільки є вузловою і не лежить на лімітуючій послідовності. До події «9» ведуть дві послідовності – «0–4–9» та «0–5–9» (рис. 2); довшою з них є «0–4–9», оскільки  $t_{(0-4-9)} = t_{(0-4)} + t_{(4-9)} = 4,5 + 0,5 = 5 \text{ год}$ , а  $t_{(0-5-9)} = t_{(0-5)} + t_{(5-9)} = 1,5 + 0,5 = 2 \text{ год}$ . Тобто, ранній термін настання події «9», згідно (1), становить  $T_9^P = 5 \text{ год}$ .

Пізній термін  $T_i^H$  здійснення події «*i*» визначається у зворотному порядку – у напрямі від фінальної події «*k*» (на рис. 2  $k = 21$ ) до стартової. Пізнім терміном  $T_i^H$  здійснення події «*i*» є найпізніший момент часу, після котрого встигають здійснитися всі операції, які слідує за подією «*i*»; тобто  $T_i^H$  визначається різницею між  $t_{LIM}$  та довжиною максимально довгої послідовності операцій  $t_{MAX}(k-i)$ , що веде від фінальної події «*k*» до обраної «*i*»:

$$T_i^H = t_{LIM} - t_{MAX}(k-i), \quad (2)$$

Для прикладу, визначимо пізній термін настання події  $T_9^H$ . Подія «9» і фінальна подія «21» поєднані трьома послідовностями – «9–10–17–18–21», «9–10–17–19–21», «9–10–17–20–21» з довжинами:

$$\begin{aligned} t_{(9-10-17-18-21)} &= t_{(9-10)} + t_{(10-17)} + t_{(17-18)} + t_{(18-21)} = \\ &= 0,5 + 0,5 + 2 + 2 = 5 \text{ год,} \\ t_{(9-10-17-19-21)} &= t_{(9-10)} + t_{(10-17)} + t_{(17-19)} + t_{(19-21)} = \\ &= 0,5 + 0,5 + 2,5 + 1,5 = 5 \text{ год,} \\ t_{(9-10-17-20-21)} &= t_{(9-10)} + t_{(10-17)} + t_{(17-20)} + t_{(20-21)} = \\ &= 0,5 + 0,5 + 12 + 2 = 15 \text{ год.} \end{aligned}$$

Тому, згідно (2),  $T_9^H$  становить:

$$T_9^H = t_{LIM} - t_{MAX}(21-20-17-10-9) = 24 - 15 = 9 \text{ год.}$$

3. Визначення резерву часу подій.

Резерв часу *i*-ої події  $Rt_i$  показує, на який гранично допустимий час може затриматись здійснення події «*i*» без порушення терміну виконання ТП в цілому:

$$Rt_i = T_i^H - T_i^P. \quad (3)$$

Резерв часу для події «9»:  $Rt_9 = T_9^H - T_9^P = 9 - 5 = 4 \text{ год}$ . Тобто, якщо початок ТП припадає на 7 годину ранку (рис. 1), то подія «9», яка зазвичай настає о 12 год, за рахунок резерву  $Rt_9$  може відбутися в межах від 12 до 16 години.

4. Ранні строки старту та фінішу операцій.

$T_{(i-j)}^{PP}$  виконання операції «*i-j*» визначається раннім моментом здійснення відповідної події «*i*»:

$$T_{(i-j)}^{PP} = T_i^P. \quad (4)$$

Отже, для операції «9–10» ранній старт:

$$T_{(9-10)}^{PP} = T_9^P = 5 \text{ год.}$$

Ранній фініш операції «*i-j*» визначатиметься сумою раннього моменту здійснення вихідної події даної операції та тривалості цієї операції:

$$T_{(i-j)}^{P3} = T_i^P + t_{(i-j)}. \quad (5)$$

Для операції «9–10» ранній фініш:  $T_{(9-10)}^{P3} = T_9^P + t_{(9-10)} = 5 + 0,5 = 5,5 \text{ год}$ .

5. Пізні строки старту та фінішу операцій визначаються в зворотному порядку – від завершальної події до початкової.

Пізній старт  $T_{(i-j)}^{HH}$  виконання операції «*i-j*» визначатиметься різницею між пізнім моментом  $T_j^H$  здійснення події «*j*» та тривалістю цієї операції:

$$T_{(i-j)}^{HH} = T_j^H - t_{(i-j)}. \quad (6)$$

Так, для операції «9–10» (див рис. 2, табл. 1):

$$T_{(9-10)}^{III} = T_{10}^{II} - t_{(9-10)} = 9,5 - 0,5 = 9 \text{ год.}$$

Пізній фініш  $T_{(i-j)}^{III}$  операції « $i - j$ » визначається пізнім моментом здійснення кінцевої події даної операції:

$$T_{(i-j)}^{III} = T_j^{II}. \quad (7)$$

Для операції «9–10»  $T_{(i-j)}^{III}$  дорівнюватиме:

$$T_{(9-10)}^{III} = T_{10}^{II} = 9,5 \text{ год.}$$

6. Повний резерв часу  $R_{(i-j)}^{II}$  операції « $i - j$ » – максимальна кількість часу, на яку можна змістити моменти старту та фінішу операції « $i - j$ »:

$$R_{(i-j)}^{II} = T_j^{II} - T_i^P - t_{(i-j)}. \quad (8)$$

Тоді повний резерв часу для операції «9–10»:

$$R_{(9-10)}^{II} = T_{10}^{II} - T_9^P - t_{(9-10)} = 9,5 - 5 - 0,5 = 4 \text{ год.}$$

Отже, якщо початок ТП припадає на 7 годину ранку, то за рахунок резерву  $R_{(9-10)}^{II}$  операція «9–10» може бути зміщеною максимум на 4 год, тобто – розпочатися в межах від 12 до 16 години (рис. 1).

Результати розрахунку параметрів СМ для всіх подій та операцій досліджуваного ТП (рис. 2) зведемо до табл. 1, 2.

7. Формування ГЕН шляхом перебудови ТП.

Управління ГЕН можна здійснювати способами:

а) використовуючи резерв події  $Rt_i$  змінювати тривалість перебігу операцій за рахунок варіювання продуктивності виробництва;

б) за рахунок резервів операцій  $R^{II}$  здійснювати адитивний зсув операцій в часі.

Для реалізації способу «а» проведемо регулювання ТП шляхом перерозподілу фінішів операцій, «розтягуючи» їх у часі згідно даних табл. 1 таким чином (рис. 3), аби показники ГЕН свідчили про вирівнювання режиму електроспоживання. Наприклад, зафіксувавши момент старту операції « $i - j$ », збільшуємо її тривалість одночасно зменшуючи у стільки ж разів споживану потужність (для збереження незмінною енергії  $W_{i-j} = \text{const}$ ).

Так, шляхом реалізації наявного резерву події  $Rt_9$  (табл. 1) операція «9–10» з вихідними параметрами  $t=0,5$  год,  $P=12,5$  кВт (рис. 1) при збільшенні її тривалості удвічі (наприклад, якщо замість 2-х паралельно працюючих агрегатів залишити в роботі один) набуде нових характеристик, а саме:  $t'=1$  год,  $P'=6,25$  кВт (рис. 3). Зазначимо, що «розтягування» операцій «4–9» та «9–10» призвело до зсуву в часі наступної за ними операції «10–17», змістивши її початок з 12:30 на 14 год тощо (див. рис. 3).

Аналогічним чином формуються нові параметри й інших операцій (табл. 3).

Використаємо спосіб «б» для регулювання ТП шляхом перерозподілу операцій в межах наявних резервів

Таблиця 1. Параметри СМ технологічного процесу для подій

№ події	$T^P$ , год	$T^I$ , год	$Rt_i$ , год	№ події	$T^P$ , год	$T^I$ , год	$Rt_i$ , год	№ події	$T^P$ , год	$T^I$ , год	$Rt_i$ , год
1	2	3	1	8	4,5	4,5	0	15	7,5	7,5	0
2	2	3	1	9	5	9	4	16	8	8	0
3	3	3	0	10	5,5	9,5	4	17	10	10	0
4	4,5	8,5	4	11	6	6	0	18	12	22	10
5	1,5	8,5	7	12	6,5	6,5	0	19	12,5	22,5	10
6	2,5	9,5	7	13	7,5	7,5	0	20	22	22	0
7	1,5	9,5	8	14	7	7	0	21	24	24	0

Таблиця 2. Параметри СМ технологічного процесу для операцій

Шифр операції	$t_{(i-j)}$ , год	$T^{PI}$ , год	$T^{PII}$ , год	$T^{PIII}$ , год	$T^{PIV}$ , год	$R^{II}$ , год	Шифр операції	$t_{(i-j)}$ , год	$T^{PI}$ , год	$T^{PII}$ , год	$T^{PIII}$ , год	$T^{PIV}$ , год	$R^{II}$ , год
0–1	2	0	1	2	3	1	11–13	1,5	6	6	7,5	7,5	0
0–2	2	0	1	2	3	1	12–14	0,5	6,5	6,5	7	7	0
0–3	3	0	0	3	3	0	14–15	0,5	7	7	7,5	7,5	0
0–4	4,5	0	4	4,5	8,5	4	13–16	0,5	7,5	7,5	8	8	0
0–5	1,5	0	7	1,5	8,5	7	15–16	0,5	7,5	7,5	8	8	0
0–6	2,5	0	7	2,5	9,5	7	16–17	2	8	8	10	10	0
0–7	1,5	0	8	1,5	9,5	8	10–17	0,5	5,5	9,5	6	10	4
1–8	1,5	2	3	3,5	4,5	1	6–17	0,5	2,5	9,5	3	10	7
2–8	1,5	2	3	3,5	4,5	1	7–17	0,5	1,5	9,5	2	10	8
3–8	1,5	3	3	4,5	4,5	0	17–18	2	10	20	12	22	10
4–9	0,5	4,5	8,5	5	9	4	17–19	2,5	10	20	12,5	22,5	10
5–9	0,5	1,5	8,5	2	9	7	17–20	12	10	10	22	22	0
9–10	0,5	5	9	5,5	9,5	4	18–21	2	12	22	14	24	10
8–11	1,5	4,5	4,5	6	6	0	19–21	1,5	12,5	22,5	14	24	10
11–12	0,5	6	6	6,5	6,5	0	20–21	2	22	22	24	24	0

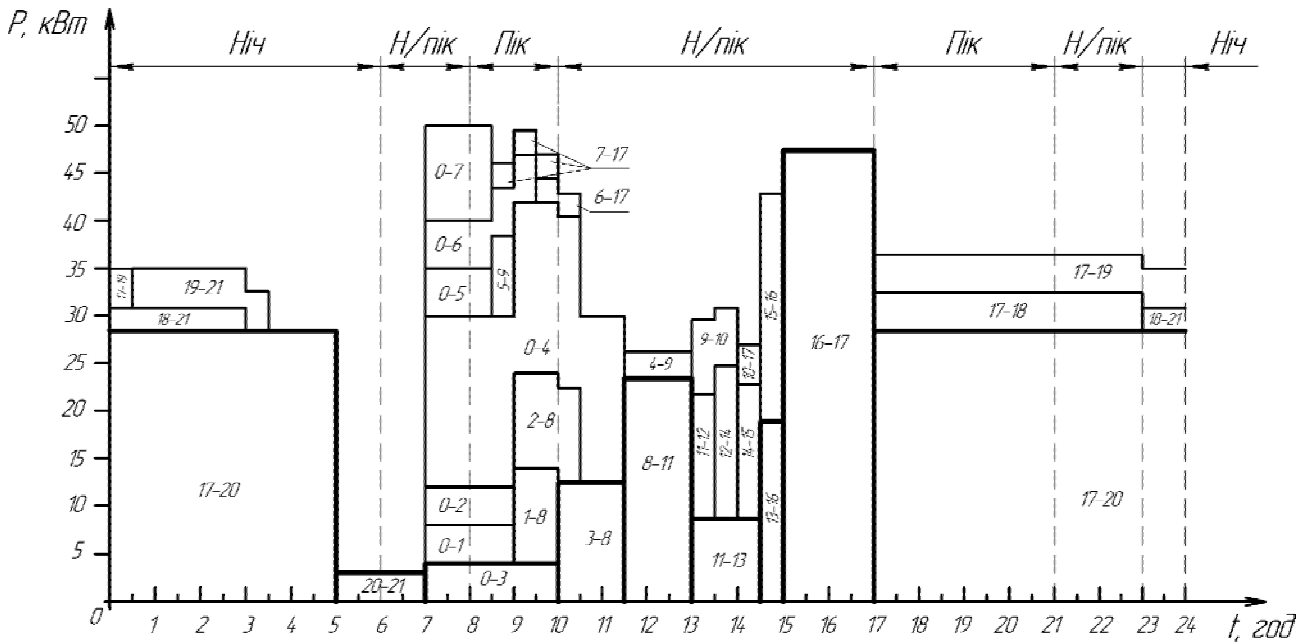


Рис. 3. Графік електроспоживання після регулювання ТП зміною тривалості перебігу операцій

Таблиця 3. Параметри операцій при регулюванні ТП зміною тривалості їх перебігу

Номер операції	Вихідні параметри операції		Параметри операції після регулювання	
	$t$ , год	$P$ , кВт	$t'$ , год	$P'$ , кВт
4-9	0,5	8,5	1,5	2,83
6-17	0,5	5	1	2,5
7-17	0,5	8	1,5	2,67
9-10	0,5	12,5	1	6,25
17-18	2	12	6	4
17-19	2,5	12,5	7,5	4,17
18-21	2	5	4	2,5
19-21	1,5	8,5	3	4,25

$R^{\Pi}$  (табл. 2). Саме  $R^{\Pi}_{(i-j)}$  дозволяє проводити управління режимом електроспоживання шляхом адитивного зсуву окремих операцій в часі.

Синтезуємо новий ГЕН (рис. 4) перерозподіляючи моменти стартів та фінішів операцій за критеріями зменшення нерівномірності добового ГЕН і плати за ЕЕ. Для цього раціонально в першу чергу зміщувати саме ті операції, які лежать у піковій зоні і є найбільш енергоємними.

Так, при реалізації наявних резервів  $R_{i-k}^{\Pi} = 0 \dots 10$  год (табл. 2), нами переміщено час виконання шести операцій енергоємністю  $W_{i-k} = 78$  кВт·год (9,5% від  $W_{\text{ДОБ}}$ ) в межах  $\Delta t = 4 \dots 5$  год (див. рис. 4).

8. Аналіз результатів регулювання ГЕН.

З порівняння конфігурацій ГЕН на рис. 1, 3, 4 видно, що в результаті регулювань ТП відбулося підвищення

рівномірності добового ГЕН, про що свідчать основні показники нерівномірності, наведені у табл. 4.

Набуте вирівнювання ГЕН (рис. 3, 4) сприяє зменшенню втрат ЕЕ в мережах ПС у порівнянні з вихідним варіантом (рис. 1). За відомими значеннями коефіцієнтів форми до і після вирівнювання ГЕН (табл. 4) при середній величині втрат електроенергії в мережах ПС 20,7% [8] від усієї споживаної ТП електроенергії  $W_{\text{ДОБ}} = 822,5$  кВт·год (рис. 1), обчислимо величину зменшення втрат ЕЕ за добу аналогічно [7] і результати зведемо до табл. 4.

Окрім електрозбереження в мережах, вирівнювання ГЕН призводить до економії в оплаті ЕЕ  $\Pi_E$  за діючим дифтарифом (табл. 4).

Слід зазначити, що економія в оплаті ЕЕ ( $\Pi_{E3} = 854$  грн) досягається також при адитивному зсуві всього ТП в часі на реально можливу 1 годину ліворуч [4] (тобто розпочинаючи ТП не о 7-й годині як на рис. 1, а о 6-й).

Співвідношення оплат за диференційованим 3-зонним тарифом [1] до ( $\Pi_{E0} = 865$  грн) і після регулювань свідчить на користь більш глибокого регулювання:  $\Pi_{E0} > \Pi_{E3} > \Pi_{E1} > \Pi_{E2}$  (де  $\Pi_{E1}$  – оплата при регулюванні ТП зміною швидкості перебігу операцій (рис. 3);  $\Pi_{E2}$  – оплата ЕЕ після регулювання ТП адитивним зсувом операцій в часі (рис. 4)).

Отже, аналіз динаміки комплексу показників всіх розглянутих варіантів регулювання ГЕН свідчить про повне виконання умов системи (9) і однозначне покращення режиму електроспоживання [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} (Dp, K_{\Phi}, K_M, \Pi_E) \downarrow; \\ (K_{3Г}, K_{НР}) \uparrow. \end{array} \right. \quad (9)$$

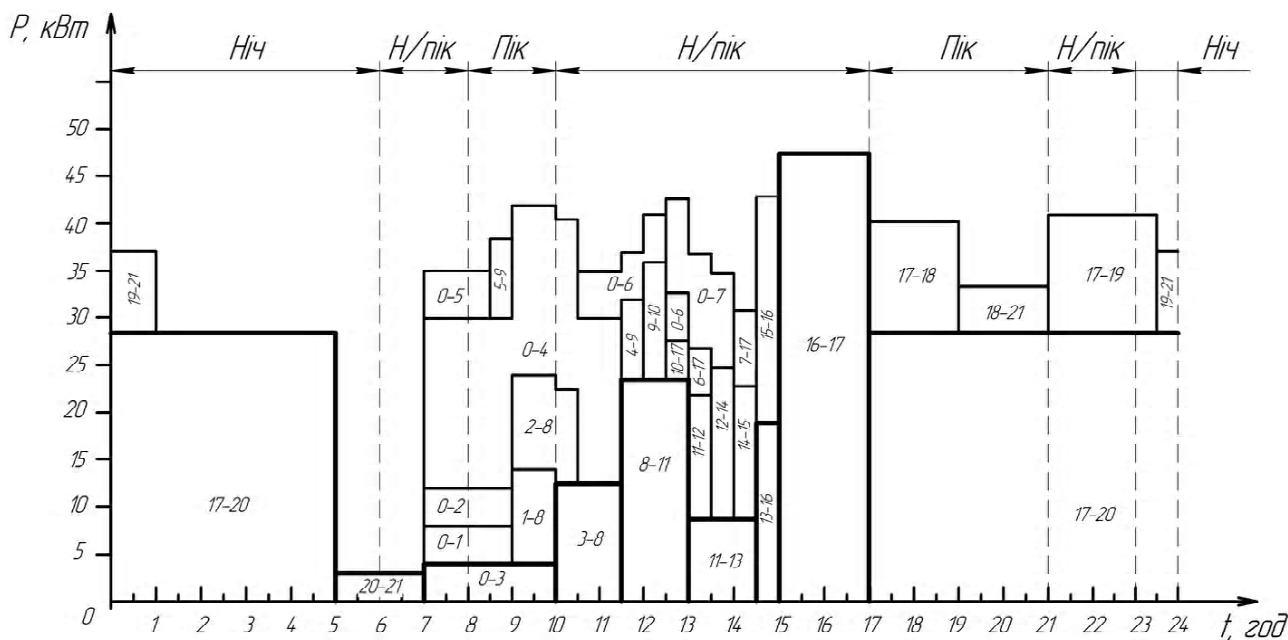


Рис. 4. Графік електроспоживання після регулювання ТП адитивним

Таблиця 4. Порівняння показників регулювання режиму електроспоживання

Варіанти режиму споживання ЕЕ	Показники нерівномірності ГЕН					Зменшення втрат ЕЕ за добу, кВт·год	Оплата ЕЕ $P_E$ , грн
	Коефіцієнт заповнення, $K_{ЗГ}$	Коефіцієнт максимуму, $K_M$	Коефіцієнт нерівномірності, $K_{НР}$	Коефіцієнт форми, $K_{Ф}$	Дисперсія, $D_p$		
Вихідний (рис. 1)	0,6466	1,5465	0,0566	1,5206	183,3	–	865
Після регулювання «а» (рис. 3)	0,6854	1,4589	0,06	1,494	136,2	5,9	817
Після регулювання «б» (рис. 4)	0,7245	1,3801	0,06342	1,4835	147,1	8,2	814

**ВИСНОВКИ**

1. При формуванні графіку електричних навантажень, зокрема, при його вирівнюванні, раціонально використовувати техніко-технологічний метод (метод СПУ), універсальність якого обумовлена незначною кількістю вихідної інформації щодо технологічного процесу, простою реалізації алгоритму управління режимом електроспоживання і можливістю застосування до будь-якої галузі промисловості.

2. Потрібної конфігурації графіків електричних навантажень можна досягти в результаті використання виявлених технологічних резервів часу і відповідних регулювань шляхом «розтягування» в часі або адитивного зсуву електронавантажень. Вирівнювання графіків супроводжується зменшенням втрат в електромережах промислових споживачів і економією в оплаті спожитої електричної енергії.

3. Подальшого посилення впливу на режим електроспоживання промислових споживачів можна досягти за рахунок комплексного використання всіх способів управління та поширення регулювань на всі енергоємні цехи промислових підприємств.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДП «НЕК «Укренерго» [Електронний ресурс] / М-во палива та енергетики України. – К. : Укренерго, 2012. – Режим доступу: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/>. – Назва з екрану.
2. Розен В. П. Використання внутрішніх резервів технологічних процесів при керуванні режимами електроспоживання промислових підприємств / В. П. Розен, М. В. Прокопець // Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – № 1 (22). – С. 26–30.
3. Находов В. Ф. Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України / В. Ф. Находов, Т. В. Яроцька, А. О. Горбоненко // Вісник Вінницького політехнічного університету. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – № 6. – С. 72–75.
4. Серебренніков С. В. Удосконалення критеріїв пріоритетно-крокового методу регулювання електроспоживання / С. В. Серебренніков, К. Г. Петрова // Електро-техніка та електроенергетика, 2012. – № 1. – С. 65–69.

5. Михайлов В. В. Тарифы и режимы электропотребления / В. В. Михайлов. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
6. Серебренников С. В. Підвищення економічної ефективності електроспоживання промислових споживачів методами сітьового планування та управління в умовах дії диференційованих тарифів / С. В. Серебренников, К. Г. Петрова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ : СХУ, 2012. – № 11 (182), Ч.2. – С. 208–217.
7. Серебренников Б. С. Формування динамічних цін на електроенергію залежно від нерівномірності графіку електроспоживання / Б. С. Серебренников, К. Г. Петрова // Енергетика та електрифікація. – 2012. – № 10. – С.18–23.
8. Енергопостачальна компанія ПАТ «Кіровоградобленерго» [Електронний ресурс] / М-во палива та енергетики України. – Кіровоград : ПАТ «Кіровоградобленерго», 2012. – Режим доступу: <http://kiroe.com.ua/>. – Назва з екрану.

Стаття надійшла до редакції 10.01.2013.  
Після доробки 28.01.2013.

Серебренников Б. С.<sup>1</sup>, Петрова Е. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Канд. екон. наук, доцент, Национальный технический университет Украины «КПИ», Украина

<sup>2</sup>Аспирант, Кировоградский национальный технический университет, Украина

#### УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА

*Доказана дійсність техніко-технологічного методу формування суточного графіка електричних навантажень промислових потребителів. Приведен алгоритм розрахунку параметрів мережової моделі технологічного процесу та управління режимом електропотреблення. Показано застосування методу для зменшення втрат в електросетях та оплати електроенергії.*

**Ключевые слова:** графік електричних навантажень, управління режимом електропотреблення, регулювання технологічного процесу, втрати електроенергії.

Serebrennikov B. S.<sup>1</sup>, Petrova K. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD (Econ.), Assoc. Prof., National Technical University of Ukraine «KPI», Ukraine

<sup>2</sup>P.G., Kirovograd National Technical University, Ukraine

#### THE CONTROL OF THE ELECTRIC POWER CONSUMPTION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES WITH THE USE OF THE TECHNOLOGICAL RESOURCE

*The researches showed that at development of technological processes the questions of energetic efficiency and electric power savings are not enough taken into account; at the same time, industrial consumers always have possibility to optimize their load-graph on this criterion. Therefore the actual is a search of simple and demonstrative methods of power characteristics analysis of technological processes, in particular – to the method of the network planning for electric power integral consumption control in time under the conditions of limited information on a technological process. In order to level the scheme of electric power consumption of industrial enterprises in time it is necessary to expose the limited ways of technological process and analyze the energy capacity and mobility of limiting operations; it allows to find available time reserves due to which it is possible to realize a post-operational time shift.*

**Keywords:** schedule of electrical loads, controlling of electric power consumption, control of technological process, energy losses.

#### REFERENCES

1. DP «NEK «Ukrenergo» [Elektronnyj resurs], M-vo palyva ta energetyky Ukrainy. Kyiv, Ukrenergo, 2012, Rezhym dostupu: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>, Nazva z ekranu.
2. Rozen V. P., Prokopec' M. V. Vykorystannja vnutrishnih rezerviv tehnologichnyh procesiv pry keruvanni rezhymamy elektrospozhyvannja promyslovyh pidpryjemstv, *Avtomatyzacija vyrobnychyh procesiv*, 2006, No. 1 (22), pp. 26–30.
3. Nahodov V. F., Jaroc'ka T. V., Gorbonenko A. O. Metodologija analizu ta koreguvannja vplyvu dyferencijovanyh taryfiv na konfiguraciju grafikiv navantazhennja energosystemy Ukrainy, *Visnyk Vinnyts'kogo politehničnogo universytetu, Vinnytsja*, VNTU, 2011, No. 6, pp. 72–75.
4. Serebrennikov S. V., Petrova K. G. Udoskonalennja kryterii v prioritytno-krokovogo metodu reguljuvannja elektrospozhyvannja, *Elektrotehnika ta elektroenergetyka*, 2012, No. 1, pp. 65–69.
5. Myhajlov V. V. Taryfy y rezhymy jelektropotreblenja. Moscow, Jenergoatomyzdat, 1986, 216 p.
6. Serebrennikov S. V., Petrova K. G. Pidvyshhennja ekonomichnoi' efektyvnosti elektrospozhyvannja promyslovyh spozhyvachiv metodamy sit'ovogo planuvannja ta upravlinnja v umovah dii' dyferencijovanyh taryfiv, *Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu im. V. Dalja, Lugans'k, SNU*, 2012, No. 11 (182), Ch.2, pp. 208–217.
7. Serebrennikov B. S., Petrova K. G. Formuvannja dynamichnyh cin na elektroenergiju zalezno vid nerivnomirnosti grafiku elektrospozhyvannja, *Energetyka ta elektryfikacija*, 2012, No. 10, pp. 18–23.
8. Energopostachal'na kompanija PAT «Kirovogradoblenenergo» [Elektronnyj resurs], M-vo palyva ta energetyky Ukrainy, Kirovograd, PAT «Kirovogradoblenenergo», 2012, Rezhym dostupu: <http://kiroe.com.ua/>, Nazva z ekranu.