

ПОШУК СПОЖИВАЧІВ-РЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ МОРФОМЕТРИЧНОГО ПІДХОДУ ПРИ УПРАВЛІННІ ДОБОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Запропоновано метод пошуку споживачів-регуляторів навантаження промислового підприємства на основі морфометричного підходу та розроблено відповідну комп'ютерну об'єктно-орієнтовану модель. Здійснено оцінку можливості практичного використання запропонованого методу на прикладі групи приймачів електроенергії.

Вступ. Відомо, що добова нерівномірність навантаження негативно впливає на процес виробництва, передачі та розподілу електричної енергії [2, 6, 7]. Ефективність заходів із вирівнювання навантаження залежить від вибору споживача-регулятора (СР) і організації режиму його роботи, тому задача розробки методів пошуку споживачів-регуляторів є актуальною.

Споживач може стати споживачем-регулятором лише за наявності певних технологічних умов: він може чинити значний вплив на сумарне добове навантаження підприємства, і зміна його режиму роботи не привносить негативних змін у технологічний процес.

Для виявлення СР на підприємстві необхідно з множини споживачів електричної енергії відокремити ті, які можуть відносно вільно змінювати свій режим роботи та відповідно графік енергонавантаження (ГЕН). В якості оцінки зміни графіка навантаження слід вибрати критерій, що дозволить виявити і охарактеризувати щонайменші відхилення в зміні ГЕН споживача. В основі існуючих методів оцінки нерівномірності ГЕН використовується дисперсія [1, 2, 5, 7, 8]. У роботах [3, 4] показано, що використання морфометричного апарата має ряд переваг, які дають змогу здійснити детальнішу оцінку.

Постановка задачі. Метою дослідження є розробка морфометричних методів пошуку споживачів-регуляторів, що дозволить підвищити ефективність управління СЕП.

Матеріали дослідження. Розглянемо задачу пошуку СР на прикладі виробничого цеху підприємства, який складається з трьох технологічних агрегатів, що формують його сумарне добове навантаження. Графіки оплати (ГО) за спожиту електричну енергію цих споживачів відповідно до [10] (II клас напруги (менше 35 кВ) – тризонний тариф) зображені на рис. 1. ГО на відміну від ГЕН дають змогу здійснити оцінку нерівномірності з врахуванням тризонного тарифу оплати за електроенергію.

Для аналізу нерівномірності наведених графіків використовуємо морфометричні параметри. Вони дозволяють детально оцінити нерівномірність [3, 4], зокрема: округлість (M_1) – оцінює співвідношення між мінімальним та максимальним навантаженням, характеризуючи екстремуми процесу добового споживання електричної енергії; видовження (M_2) – оцінює співвідношення між навантаженням в нічний провал/напівпік та піковим навантаженням, характеризуючи відносне співвідношення дешевої та дорогої спожитої енергії (у відповідності з диференційованим тарифом); випуклість (M_3) – оцінює співвідношення величини споживання електричної енергії, яке було б, якби споживач працював тільки з заданими максимальними навантаженнями, до реальної величини споживання електроенергії, тобто характеризує недозавантаженість електропередавального обладнання; компактність (M_4) – характеризує загальну добову нерівномірність графіка навантаження, динаміку і величину зміни значень навантаження.

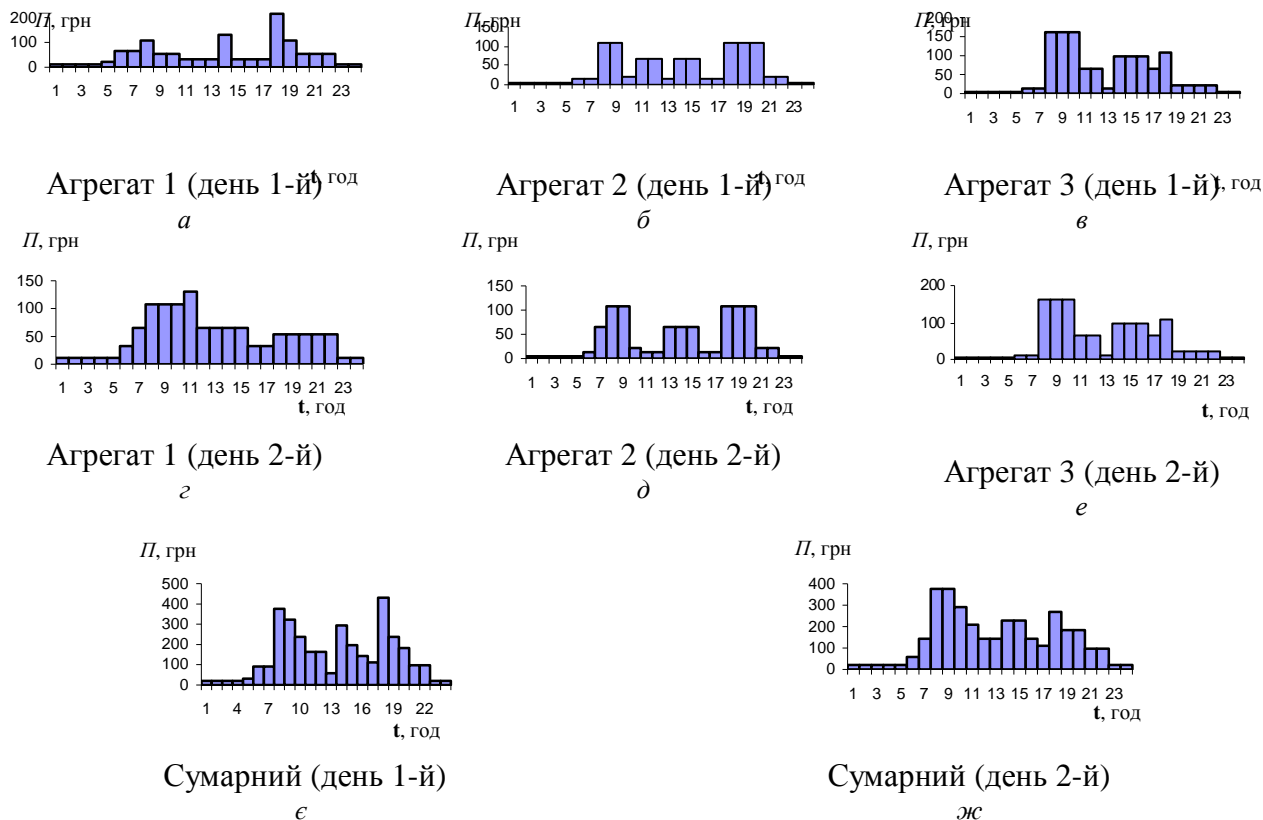


Рис. 1

Результати розрахунку морфометричних параметрів зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Графік/показник	Округлість (M_1)	Видовження (M_2)	Випуклість (M_3)	Компактність (M_4)
Агрегат 1 (день 1-й)	0,143	0,352	0,443	0,167
– “ – 2 (день 1-й)	0,069	0,615	0,538	0,109
– “ – 3 (день 1-й)	0,041	0,383	0,71	0,239
– “ – 1 (день 2-й)	0,363	0,663	0,751	0,354
– “ – 2 (день 2-й)	0,085	0,611	0,785	0,186
– “ – 3 (день 2-й)	0,041	0,383	0,71	0,239
ГЕН сумарний (день 1-й)	0,025	0,304	0,606	0,205
ГЕН сумарний (день 2-й)	0,357	0,519	0,779	0,365
Ідеально рівномірний ГЕН	1	1	1	1

Аналіз результатів розрахунку показує, що вирівнюванню ГЕН відповідає одночасне збільшення морфометричних показників M_1, M_2, M_3, M_4 :

$$M_1 \rightarrow 1; M_2 \rightarrow 1; M_3 \rightarrow 1; M_4 \rightarrow 1. \quad (1)$$

На основі виразу (1) побудуємо узагальнений (інтегральний) показник, який враховує зміни всіх вказаних морфопараметрів. Оскільки в (1) істотну роль відіграє збільшення їх абсолютних значень, то для вирівнювання ГЕН доцільно побудувати мультиплікативний показник і модель вирівнювання запишеться таким чином:

$$F(M) = \prod C_i M_i, \quad (2)$$

де C_i – ваговий коефіцієнт i -го морфопараметра; M_i – числове значення i -го морфопараметра.

Вважаючи, що всі показники (1) мають однакову вагу, значення відповідних вагових коефіцієнтів можна прийняти рівними 1. Отже, на основі виразів (1), (2) модель вирівнювання запишеться таким чином:

$$F(M) = \prod C_i M_i = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 \rightarrow 1. \quad (3)$$

Очевидно, якщо $F(M) = 1$, добове споживання енергії є рівномірним, а зі спадом $F(M)$ до 0 – зростає добова нерівномірність.

Для кожної доби і кожного приймача (рис. 1, табл. 1) проведемо розрахунки значень $F(M)$ на всій множині часу спостереження:

$$F(\text{день 1-й, агрегат 1}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,143 \cdot 0,352 \cdot 0,443 \cdot 0,167) \cdot 100\% = 0,37\% ;$$

$$F(\text{день 1-й, агрегат 2}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,069 \cdot 0,615 \cdot 0,538 \cdot 0,109) \cdot 100\% = 0,25\% ;$$

$$F(\text{день 1-й, агрегат 3}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,041 \cdot 0,383 \cdot 0,71 \cdot 0,239) \cdot 100\% = 0,27\% ;$$

$$F(\text{день 2-й, агрегат 1}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,363 \cdot 0,663 \cdot 0,751 \cdot 0,354) \cdot 100\% = 6,4\% ;$$

$$F(\text{день 2-й, агрегат 2}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,085 \cdot 0,611 \cdot 0,785 \cdot 0,186) \cdot 100\% = 0,76\% ;$$

$$F(\text{день 2-й, агрегат 3}) = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = (0,041 \cdot 0,383 \cdot 0,71 \cdot 0,239) \cdot 100\% = 0,27\% .$$

У результаті аналізу розрахунків видно, що, по-перше, агрегат 1 у день 1-й має графік менш рівномірний, ніж у день 2-й, на величину 6,03; по-друге, агрегат 2 у день 1-й має графік менш рівномірний, ніж у день 2-й, на величину 0,51; по-третє, графік агрегату 3 є незмінним.

Очевидно, що приймачі з найбільшим розсіюванням $F(M)$ можна використати як споживачі-регулятори. Для оцінки змін цього розсіювання розрахуємо дисперсію значень критерію моделі вирівнювання (3):

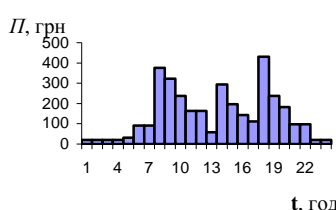
$$\delta = \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{агрегат}_1 [\text{день}_1; \text{день}_2] \\ \text{агрегат}_2 [\text{день}_1; \text{день}_2] \\ \text{агрегат}_3 [\text{день}_1; \text{день}_2] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D(0,37; 6,4) \\ D(0,25; 0,76) \\ D(0,27; 0,27) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18,18 \\ 0,13 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Очевидно, споживача з максимальним значенням дисперсії можна вважати споживачем-регулятором:

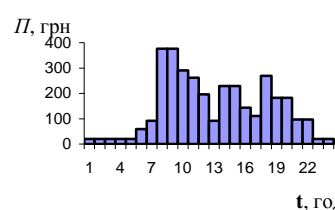
$$\arg \left(\max \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} \right) = \arg \left(\max \begin{pmatrix} 18,18 \\ 0,13 \\ 0 \end{pmatrix} \right) = 1, \quad (5)$$

де $\arg D_i = i$.

Оскільки властивості споживача-регулятора має перший споживач, то з метою покращення рівномірності сумарного ГЕН доцільно використати можливість зміни ГЕН 1-го споживача (технологічний режим другого дня). Результат цього використання показано на рис. 2 а, б.



Сумарний – до зміни (день 1-й)



Сумарний – після зміни (день 2-й)

Розрахунки морфопараметрів сумарного графіка до і після зміни наведено в табл. 2.

Таблиця 2

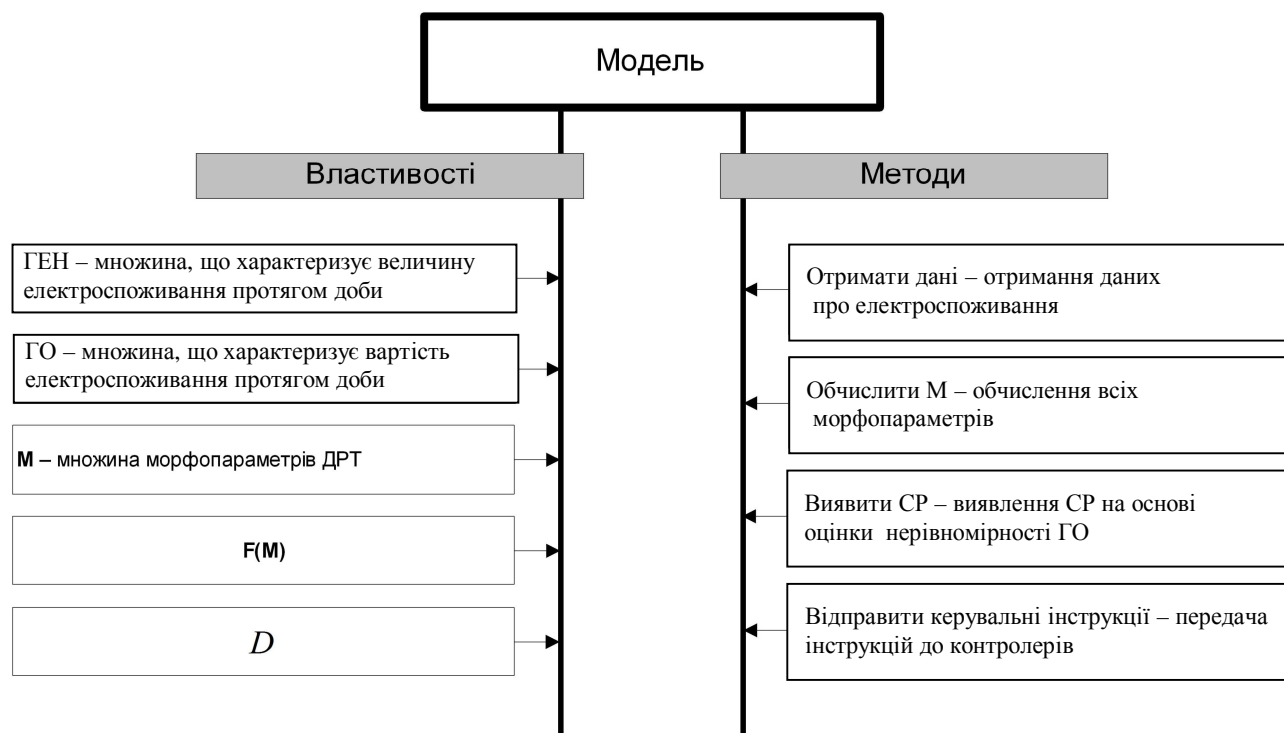
Показник	Значення до зміни (день 1-й)	Значення після зміни (день 1-й)
M_1	0,025	0,126
M_2	0,304	0,433
M_3	0,606	0,728
M_4	0,205	0,279
$F(M)$	0,094 %	1,11 %

У результаті зміна мультиплікативного показника складає $F(M) = 1,11 - 0,094 = 1,016\%$.

Таким чином, оплата за електроенергію у відповідності з ГЕН така: до зміни – 3444,32 грн/день; після зміни – 3423,51 грн/день.

Зменшення оплати складає 20,81 грн/день, або 5 223 грн/рік.

На основі виразів (3)...(5) створено комп'ютерну об'єктно-орієнтовану модель пошуку СР і визначення його доцільного режиму роботи (рис. 3). У ній наведено ряд властиво-



стей – параметрів моделі, що характеризують нерівномірність, та ряд методів – процедур розрахунків, комунікацій, функцій, що забезпечують функціонування моделі.

Рис. 3

Для розв'язання задачі пошуку СР на основі використання моделі (рис. 3) необхідно здійснити ряд кроків за алгоритмом, наведеним на рис. 4. При цьому для збору, передачі та аналізу інформації про електроспоживання доцільно використати клієнт-серверну технологію та радіоконтролери електроспоживання [9]. Контролери передають інформацію

про електроспоживання приймачами електричної енергії на сервер, де здійснюються її обробка та зберігання.

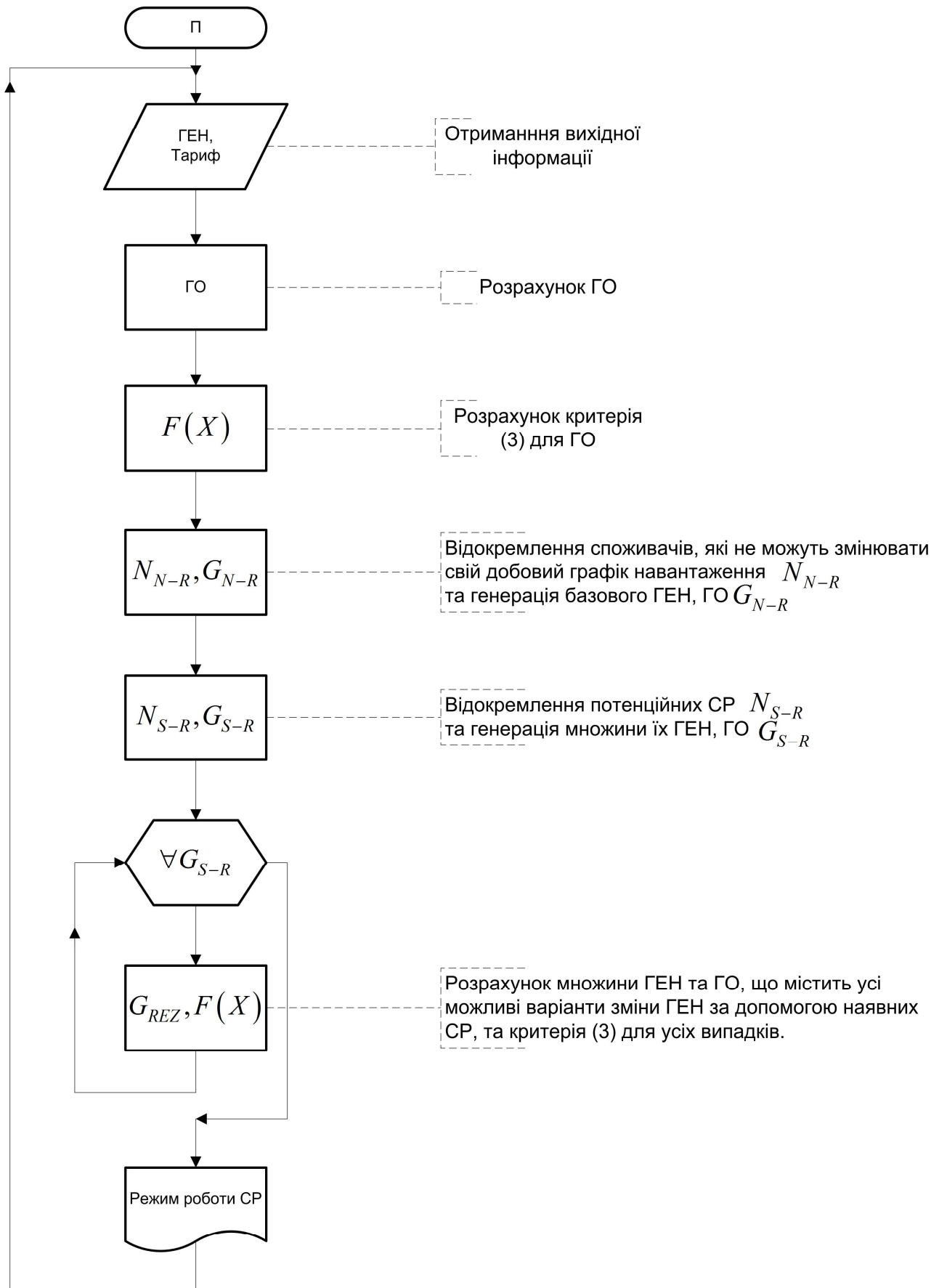


Рис. 4

Висновки. 1. Запропоновано модель ідентифікації споживачів-регуляторів шляхом виявлення споживачів з максимальним значенням розсіювання мультиплікативного морфо-параметричного критерію, реалізація якої дозволяє раціоналізувати процес електроспоживання та зменшити оплату за електроенергію промисловим підприємством.

2. Розроблені комп'ютерна модель та алгоритм пошуку споживачів-регуляторів можуть бути легко інтегровані в сучасні системи управління виробництвом.

Предложен метод поиска потребителей-регуляторов нагрузки промышленного предприятия на основании морфометрического подхода и разработана соответствующая компьютерная объектно-ориентированная модель. Осуществлена оценка возможности практического использования предложенного метода на примере группы потребителей электроэнергии.

The customer-regulator search method of the daily industrial enterprise's load was proposed and relevant computer object-oriented model was developed. An estimation of the proposed method practical using possibility on the electrical energy users' group example was done.

1. Указания по регулированию режимов электропотребления на предприятиях угольной промышленности. – М.: Минуглепром СССР, 1981.
2. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 182 с.
3. Демов О.Д., Коменда Н.В., Коменда Т.І. Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень // Промелектро. – 2008. – № 4. – С. 22–25.
4. Демов О.Д., Коменда Т.І., Коменда Н.В. Морфометрія графіка електричних навантажень // Енергетика та електрифікація. – 2009. – № 8. – С. 59–62.
5. Дикмаров С.В., Садовский Г.Г. Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии. – К.: Техніка, 1981. – 126 с.
6. Долінський А.А. Энергозбереження та екологічні проблеми енергетики // Вісн. НАН України. – 2006. – № 2. – С. 24–32.
7. Праховник А.В. Управление электропотреблением // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. – 1990. – № 1. – С. 5–16.
8. Разумный Ю.Т., Рухлов А.В. Классификация графиков электрической нагрузки по группам электроприемников угольной шахты // Наук. вісн. НГУ. – 2009. – № 12. – С. 63–65.
9. Radio/router module for Kamstrup electricity meters/. – Режим доступу до журн.: <http://www.kamstrup.com/media/794/file.pdf>
10. Розміри діючих тарифів на електроенергію на березень 2010 року/. – Режим доступу до журн.: <http://www.oblenergo.kharkov.ua/tarif.htm>.

Надійшла 25.02.2010