

УДК 517.4: 621.316.1

А. В. Волошко, канд. техн. наук, доц.; Т. М. Лутчин, асп.

## ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНИХ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Реалізовано можливість визначення форми графіків електричних навантажень і знаходження кількості та оціночної величини піків шляхом нормалізації вейвлет-перетворених вихідних значень.*

### Вступ

В наш час вейвлет-перетворення отримали широке застосування для аналізу складних інформаційних сигналів для розв'язання задач стиснення, перевірки, прогнозування даних. Доцільність їх використання в електроенергетиці пояснюється тим, що графіки електричних навантажень (ГЕН) носять нестационарний характер [1]. В електроенергетиці використовуються методи стиснення інформації, основані на типових графіках навантаження та коефіцієнтах форми. Припустимо, що для прогнозування рівня споживання електроенергії на основі методу типових графіків електричних навантажень проводиться оцінка величини очікуваного максимуму попиту. Для режимних зимових та літніх діб типові графіки навантаження зберігаються і будуються у відсотках від максимуму навантаження зимової доби. В деяких випадках необхідно і достатньо оперувати значенням коефіцієнта форми графіка. Для цього визначається ефективне навантаження  $P_y$ , ГЕН

$$P_e(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}, \quad (1)$$

де  $T$  – межі регулювання можуть бути взяті за цикл, добу, рік.

Коефіцієнт форми індивідуального або групового графіка за активною потужністю визначається як відношення ефективної потужності  $P_y$  до середньої  $P_c$

$$k_f = \frac{P_e}{P_c}. \quad (2)$$

У разі постійного навантаження  $k_f = 1$ . Для реальних графіків навантаження зазвичай  $k_f = 1,05 \dots 1,3$ . Числові значення, яких може набувати  $k_f$  у реальних умовах, відповідають складності визначення форми вихідного графіка.

Можливим шляхом вирішення завдання є нормування вихідної інформації [2]. Найпоширенішими видами нормування вибірок даних є мінімаксна нормалізація і нормалізація за допомогою стандартного відхилення [2]. Для подальших рішень беремо мінімаксну нормалізацію, так як вона повністю вписується в діапазон [0; 1].

$$X'_i = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}, \quad (3)$$

де  $X_i$  – поточне значення вибірки  $X$ ;  $\max(X_i)$ ,  $\min(X_i)$  – максимальне і мінімальне значення вибірки  $X$ , відповідно.

*Мета роботи* – підвищити інформативність нормалізованих параметрів ГЕН, використовуючи вейвлет-перетворення до значень реальних ГЕН.

### Матеріали і результати досліджень

Розв'язання задачі виконується з урахуванням часових значень енергоспоживання за добу  $P_1, \dots, P_{24}$  в режимний літній день такими структурами: 1 – паливною, 2 – машинобудівною, 3 – хімічною та нафтохімічною, 4 – харчовою, 5 – будівельних матеріалів та 6 – іншими га-

лузями промисловості України (рис. 1).

Значення вихідних вибірок ГЕН перераховуються відповідно до виразу (3)

$$P'_i = \frac{P_i - \min(P_i)}{\max(P_i) - \min(P_i)}. \quad (4)$$

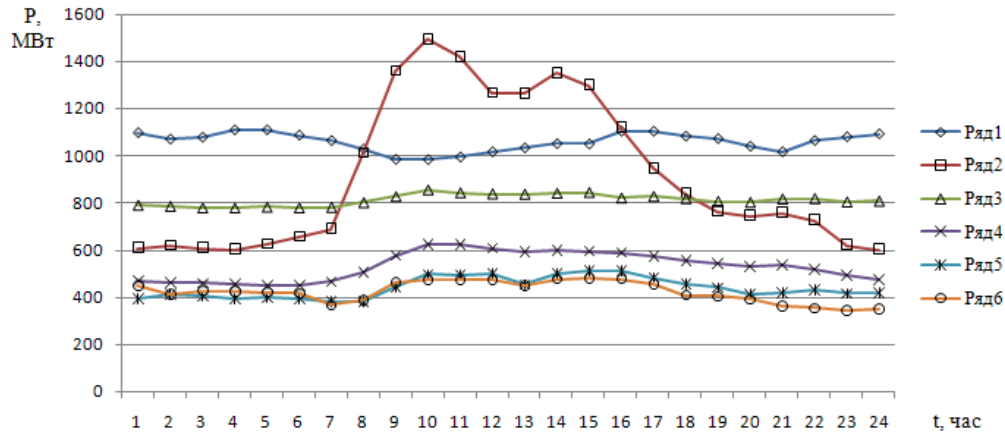


Рис. 1. Значення реальних рівнів енергоспоживання галузями промисловості України

Результати розрахунку (4)  $P'_i$  подано графічно на рис. 2.

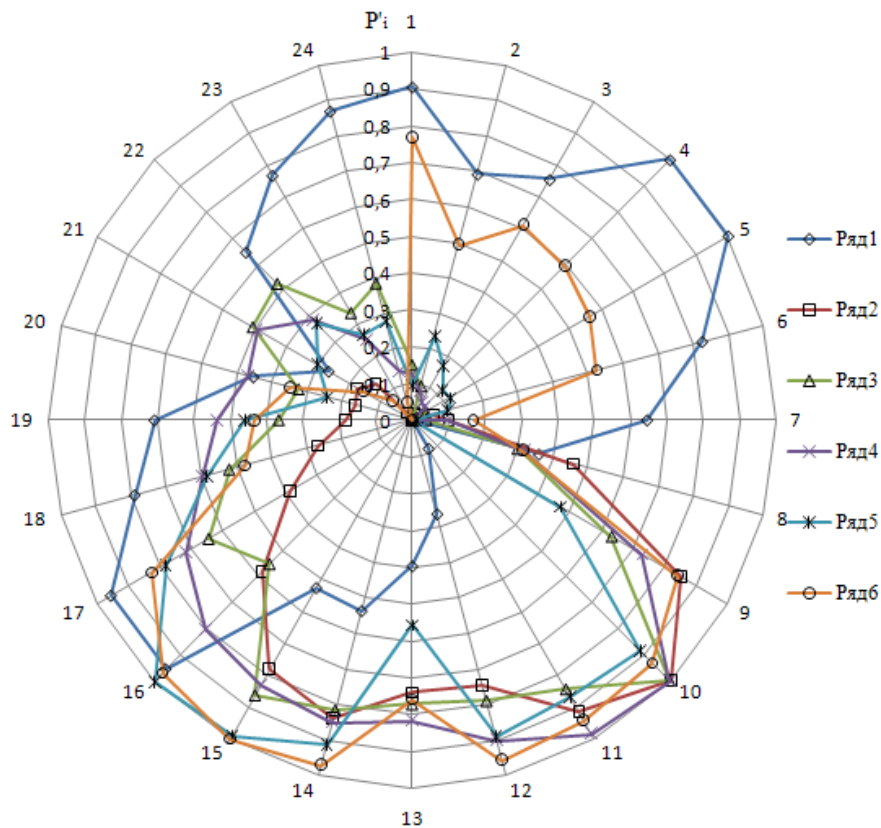


Рис. 2. Нормалізовані значення реальних графіків електричних навантажень

Зазначимо, що використовуючи мінімаксу нормалізацію до реальних ГЕН, можна виявити лише місцезнаходження провалу або піку рівня енергоспоживання. З рис. 2 випливає, що частота появи граничних значень 0 і 1 для вихідних ГЕН відрізняється. Для визначення наступного провалу або піку здійснюється пошук або повторюється рішення без урахування попередніх граничних показників.

Для підвищення інформативності параметрів ГЕН використовується вейвлет-аналіз для виявлення піків і провалів енергоспоживання, а також розкиду навантаження. Спочатку формується вектор ознак ГЕН. Далі розраховуються вейвлет-коефіцієнти (апроксимуючі та де-

талізуючі) в межах кожної субполоси розкладання  $(k_{m,n}(i))$  [3], де  $m$  – крок розкладання;  $n$  – порядковий номер вейвлет-коефіцієнта на певному кроці розкладання. Для п'ятого кроку розкладання ( $m = 5$  – особливість вейвлет-перетворення, яка залежить від обсягу вихідної вибірки даних) відобразимо значення вейвлет-коефіцієнтів (рис. 3).

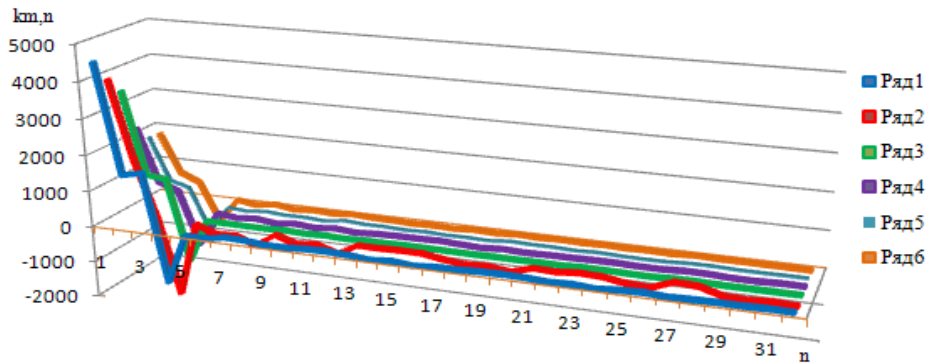


Рис. 3. Вейвлет-перетворені графіки електричних навантажень

На наступному кроці обчислення проводиться нормалізація вейвлет-коефіцієнтів аналогічно (4), але за рахунок наявності негативних величин в досліджуваній вибірці даних виконується процедура підсумовування, а не вирахування:

$$k'_{5,n} = \frac{k_{5,n} + \min(k_{5,n})}{\max(k_{5,n}) + \min(k_{5,n})}. \quad (5)$$

В результаті розрахунку визначено, що кожен перший вейвлет-коефіцієнт дорівнює 1, а мінімальне значення кожної вибірки обов'язково відповідає позиції  $k'_{5,4}$ . Дані розрахунку зведені в таблицю.

**Мінімальні нормалізовані вейвлет-коефіцієнти вибірок графіки електричних навантажень**

| № ряду     | 1     | 2     | 3    | 4     | 5     | 6     |
|------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| $k'_{5,4}$ | -0,94 | -2,07 | -1,1 | -1,43 | -1,35 | -1,07 |

З табличних значень випливає, що максимальне відхилення – 2,07 належить другому ряду – машинобудівної промисловості, для рівня споживання якої властива наявність двох піків з різкими перегинами. Зіставивши результати нормалізації вейвлет-перетворених (5) і початкових значень ГЕН (див. рис. 1) можна зробити висновок, що: чим більша величина нормалізованого четвертого вейвлет-коефіцієнта останнього рівня розкладання відхиляється від -1, тим вище ймовірність розкиду навантаження. Даний прояв викликано особливістю алгоритму вейвлет-перетворення – знаковміністю груп значень ГЕН, які використовуються в розрахунку (рис. 4).

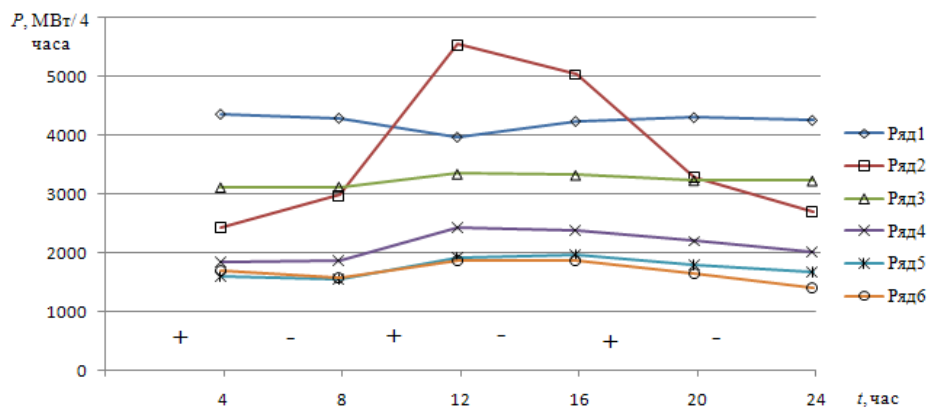


Рис. 4. Величини рівнів енергоспоживання за 4 години: «+» і «-» – знаки, з якими беруться до розрахунку групи рівнів енергоспоживання, отримані за період 4 години

В математичному вигляді для ГЕН:

$$k_{5,4} = f\left(\sum_{i=1}^4 P_i, \sum_{i=5}^8 P_i, \sum_{i=9}^{12} P_i, \sum_{i=13}^{16} P_i, \sum_{i=17}^{20} P_i, \sum_{i=21}^{24} P_i\right). \quad (6)$$

Дані міркування справедливі тільки для розрахунку четвертого коефіцієнта вейвлет-перетвореного значення останнього рівня розкладання вихідної вибірки даних.

Вейвлет-коефіцієнт  $k_{5,4}$  можна використовувати для визначення вигляду дійсного графіка підприємства. Часто виникають ситуації, у яких заявлені величини енергоспоживання різко відрізняються від реальних (або в робочий день об'єкт працює згідно з графіком енергоспоживання вихідного дня) — результат технічних несправностей, економічного впливу або дії інших факторів. Для відомого значення  $k_{5,4}$  певного ГЕН здійснюється оптимальний вибір методів аналізу та обробки даних.

### Висновки

Якісні та кількісні характеристики піків і провалів реальних графіків електричних навантажень, отримані шляхом визначення четвертого вейвлет-коефіцієнта останнього рівня розкладання, істотно спрощують завдання аналізу режимів роботи споживачів різних галузей. Нормалізовані вейвлет-перетворені ГЕН за запропонованим способом дозволяють диспетчерським службам енергосистеми всього через один параметр проводити детальну первинну оцінку роботи споживачів. Використовуючи запропонований підхід до оброблення графіків електричних навантажень, значний економічний ефект досягається істотним скороченням переданих даних, підвищенням надійності приймально-передавального каналу і збільшенням швидкодії операційних пристроїв.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошко А. В. Кластеризация информационных сигналов / А. В. Волошко, Т. Н. Лутчин // КДУ. — 2010. — С. 421—423.
2. Алгоритм ближайшего соседа [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.basegroup.ru>
3. Дворников С. В. Метод распознавания на основе вейвлет-пакетов / С. В. Дворников, А. М. Сауков // Научное приборостроение, 2004. — Т. 14, № 1. — С. 57—65. — Библиогр. : с. 60.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 10.10.11  
Рекомендована до друку 24.11.11

**Волошко Анатолій Васильович** — доцент, **Лутчин Тетяна Миколаївна** — аспірант.

Кафедра електропостачання, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ