

УДК 621.391

А. Волошко, канд. техн. наук.;  
Т. Лутчин

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»*

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МІРИ СТИСНЕННЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

**Резюме.** Розглянуто одну з найважливіших переваг вейвлет-аналізу – можливість стиснення інформації. Проведено оцінювання міри стиснення збережених і переданих сигналів залежно від заданої точності. Визначено вплив від використання наведених методик на результати обробки графіків електричних навантажень.

**Ключові слова:** вейвлет-аналіз, стиснення інформації, точність відновлення, графіки електричних навантажень, вейвлет-перетворення.

A. Voloshko; T. Lutchyn

## ANALYSIS OF COMPRESSION DEGREE EFFICIENCY OF SCHEDULES OF ELECTRIC LOADINGS

**The summary.** In this paper considers one of the important property of wavelet - analysis such as compression of the information. It is made estimation opportunities of compression of stored and transmitted signals depending on setting degrees of accuracy. Influence has determined from usage of the induced techniques of processing on schedules of electric loadings.

**Key words:** wavelet-analyze, compression of the information, accuracy, schedules of electric loadings, wavelet-transformation.

**Постановка проблеми.** З розвитком прогресивних технологій чітко простежується тенденція екстенсивного зростання показників, необхідних для створення більш інформативних і чітких у конструктивній побудові баз даних. Передові розробки свідчать, що використання вейвлет-перетворення дає можливість трансформувати реальні графіки до зручного виду для застосування класичних методів обробки графіків електричних навантажень (ГЕН).

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вейвлет-перетворення дозволяють вирішувати складні завдання, насамперед, пов'язані з оптимальною класифікацією і систематизацією даних [1, 2]. У цьому випадку необхідними умовами є мінімальна втрата інформації у процесі її обробки й оптимальна точність наступного відновлення вхідних даних [3].

**Мета роботи.** Оцінити вплив міри стиснення інформації на точність відновлення вейвлет-перетворених даних.

**Постановка завдання.** Використання розглянутих у даній статті математичних методів обробки графіків електричних навантажень дозволяє спростити існуючий алгоритм розрахунку вейвлет-коефіцієнтів, отриманих у результаті вейвлет-розкладу [4]. Як базовий метод вейвлет-аналізу прийнятий кратномасштабний аналіз ГЕН. Вейвлет-обробка вихідних даних дозволяє істотно скоротити час обчислень з метою стиснення й відновлення даних з мінімальними втратами точності [5]. Таким чином, відновлений сигнал не є абсолютно достовірним, тобто присутня похибка стиснення. Величина похибки стиснення є нормованою похибкою відповідно між вхідним і відновленим сигналами. Зниження точності переданого сигналу пов'язане з

необхідністю збільшення пропускної здатності каналів передавання інформації й обмеженістю баз зберігання даних.

**Викладення матеріалу і результати.** Необхідно створити деяку схему опрацювання інформації для досягнення оптимальних результатів, тобто оцінити межі допусків між мінімізацією обсягів вибірок даних і точністю відновлення значень. Для цього пропонується розглянути методику обробки з використанням вейвлет-коефіцієнтів, яка складається з таких етапів:

1. Здійснюється перетворення вхідних графіків споживання електроенергії за допомогою кратномасштабного аналізу у ряди вейвлет-коефіцієнтів.

2. За допомогою класифікації встановлюється класова відповідність отриманих рядів.

3. У межах власних груп (залежно від виду вхідного графіка споживання: рівномірний, один або кілька піків, а також від величини відповідного піка) розраховується базова вибірка для подальших обчислень шляхом визначення середнього арифметичного значення

$$k_{5nc} = \frac{\sum_{p=1}^q k_{5np}}{q}, \quad (1)$$

де  $n \in [0; 31]$  – порядковий номер вейвлет-коефіцієнта у загальній вибірці однієї групи;  $q$  – кількість вибірок, які входять до розглянутої групи.

4. Визначається коректуючий коефіцієнт

$$k = \frac{k_{50i}}{k_{50c}}, \quad (2)$$

де  $k_{50i}$  і  $k_{50c}$  – відповідно апроксимуючі коефіцієнти  $i$ -ої і базової вибірок  $p$ 'ятого рівня вейвлет-перетворення.

5. Відновлення вибірки проводиться з урахуванням коректуючого коефіцієнта  $k$  і сформованої базової групи, до якої відноситься ГЕН.

У результаті:

– Залежно від виду вихідного графіка споживання відновлення вхідної інформації здійснюється з точністю до 10–20 %.

– Ряд із вейвлет-коефіцієнтів, що представлений на  $p$ 'ятому кроці розкладу 32 коефіцієнтами, можна скоротити до одного значення (сумарне споживання пропорційне  $k_{50}$ ) або з метою збереження вірогідності відновлення інформації застосовувати у вигляді трьох чисел ( $k_{51}, k_{52}, k_{53}$ ), за допомогою яких у результаті математичних обчислень визначається перше значення  $k_{50}$ .

– Для визначення достовірності інформації після її відновлення необхідно виконувати перерахунок для визначення базової групи за умов змінності навантаження. Тобто варто розрізняти дві ситуації, коли має місце циклічна змінність споживання (наприклад, робочі дні й вихідні) або періодична корекція репрезентативної вибірки (при незначній зміні технологічного процесу). У першому випадку потрібна примітка щодо класової відповідності ГЕН у перетвореній формі запису: добовий графік представляють набором даних  $P^*$  відносно значення рівня енергоспоживання за розрахунковий період (рис. 1). У другому – автоматичний набір репрезентативних вибірок для створення нової скоректованої базової групи.

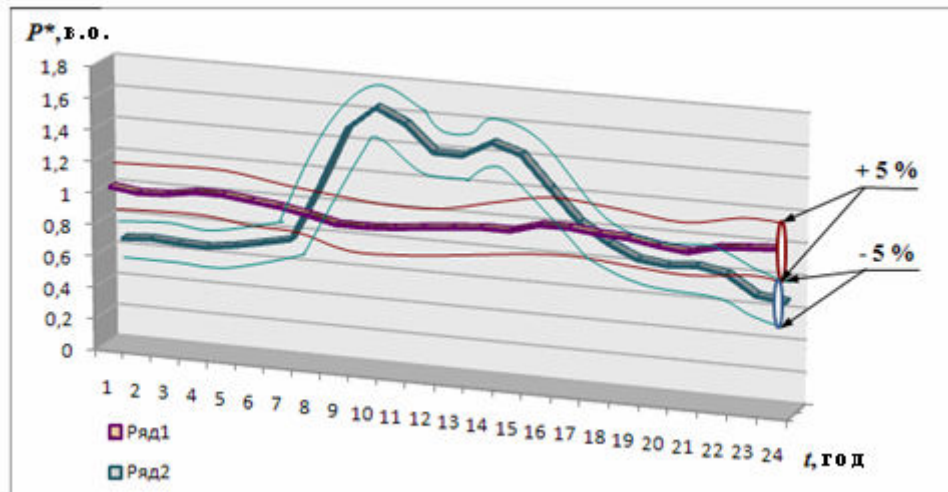


Рисунок 1. Репрезентативна вибірка даних споживання енергосистеми у відносних одиницях

Спочатку представимо вхідний добовий графік споживання у відносних одиницях (тобто стосовно середнього рівня енергоспоживання). Відомо, що залежно від того, з якою похибкою будуть змінені вейвлет-коефіцієнти, з такою мірою точності будуть відновлені вхідні значення (тобто, якщо вейвлет-коефіцієнти змінити на  $\pm 5\%$ , то точність відновлення кожного елемента вибірки  $P_i$  не перевищить  $90\%$ ).

Розглянемо методику розрахунку для значень реальних ГЕН.

З огляду на основну мету – стиснення інформації й спрощення алгоритмів у результаті аналізу вейвлет-коефіцієнтів – було запропоноване використання  $k_{51i}, k_{52i}, k_{53i}$ . Тому що застосування даних в абсолютних одиницях ускладнює точне оцінювання класової відповідності, варто розглядати ті ж самі коефіцієнти у відносному або процентному вигляді.

Для наочного відображення використовується діаграма відповідної рядової побудови інформативних вейвлет-коефіцієнтів (рис. 2).

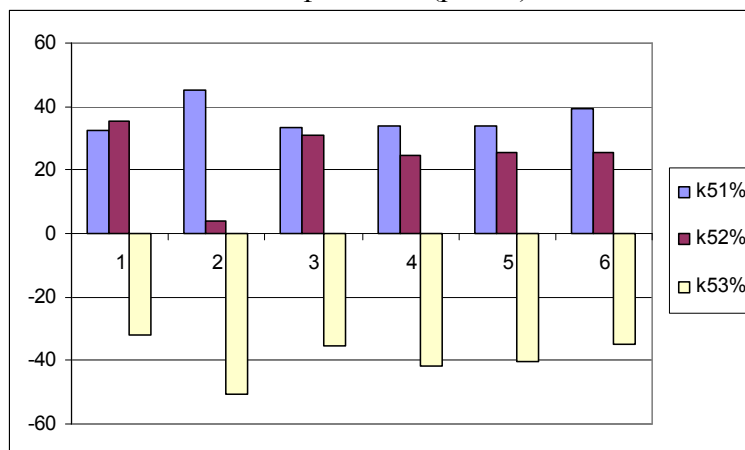


Рисунок 2. Процентне відношення інформативних коефіцієнтів до  $k_{50}$

**Відновлення бази даних без втрати точності інформації.** У результаті застосування запропонованих математичних обчислень спрощена схема існуючого алгоритму, яку можна застосувати без втрати достовірності інформації, що опрацьовується. Для вирішення поставленого завдання безпосередньо використовуються вейвлет-коефіцієнти. У цьому випадку результати показали, що повного відновлення вхідних даних можна досягти при скороченні кількості вейвлет-коефіцієнтів п'ятого рівня на  $25\%$ .

Дане стиснення інформації дозволить не тільки знизити обсяги інформації у первинній базі даних, але й збільшити пропускну здатність ліній зв'язку.

**Відновлення бази даних з 10 (20) % похибкою.** Проводиться відповідно до методики відновлення вейвлет-коефіцієнтів, визначених у результаті кратномасштабного аналізу. При цьому результат досягається за наявності заданої інформації у розмірі трьох відсотків (задається тільки коефіцієнт  $k_{50}$ ). Результируюча похибка не перевищує 20 %. Слід зазначити, що існують такі графіки споживання електроенергії, для яких можна обнулити 18,75% даних базової групи. Наприклад, під час перерви виробництва (період від повної зупинки до початку підготовки технологічного циклу) навантаження залишається практично постійним, величина відхилення від середнього значення споживання цього діапазону значно менша похибки відновлення даних. На прикладі це буде виглядати у такий спосіб. Припустимо, з  $23^{00}$  до  $6^{00}$  коливання рівня енергоспоживання відносно середнього значення перебуває у межах  $\pm 5\%$ . Таким чином, можна враховувати тільки середнє значення енергоспоживання, якщо похибка відновлення бази даних не повинна перевищувати 10 %.

Вхідна вибірка для методики відновлення даних може бути задана двома варіантами:

1. Загальною величиною споживання за розглянутий період  $k_{50}$  або даними, за якими можна відновити  $k_{50}$ , і базовою групою відносних середніх значень від репрезентативних вибірок даних, приведених до  $k_{50}$ .

2. Коректуючим коефіцієнтом  $k$  і базовою групою даних у вигляді абсолютних даних, які відповідають середньому значенню інформативних вибірок даних енергоспоживання.

Результат наведеної методики стиснення розглянуто на прикладі споживання енергосистеми (рис. 3).

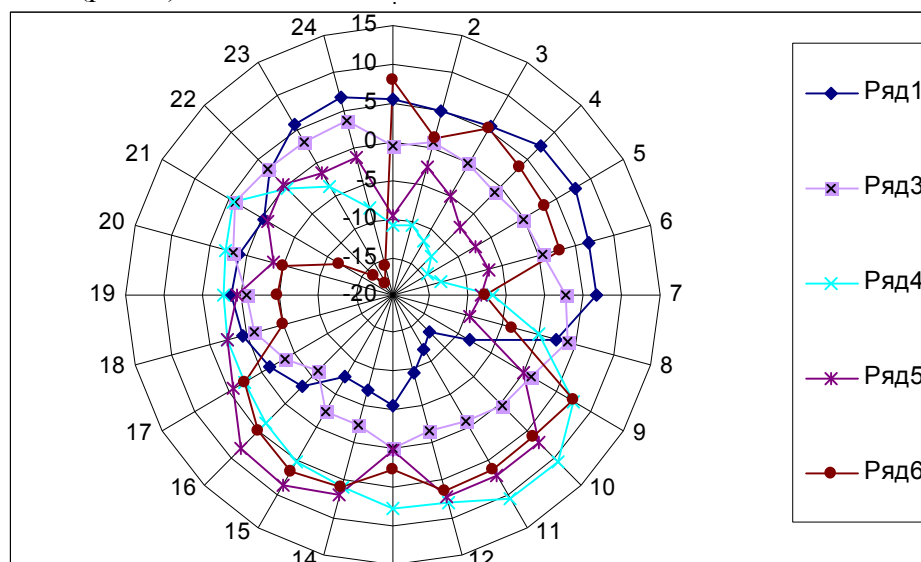


Рисунок 3. Похибка відновлення величини споживання енергосистеми

Таким чином, для наочного схематичного відображення наведених методик можна скористатися блок-схемою (рис. 4).

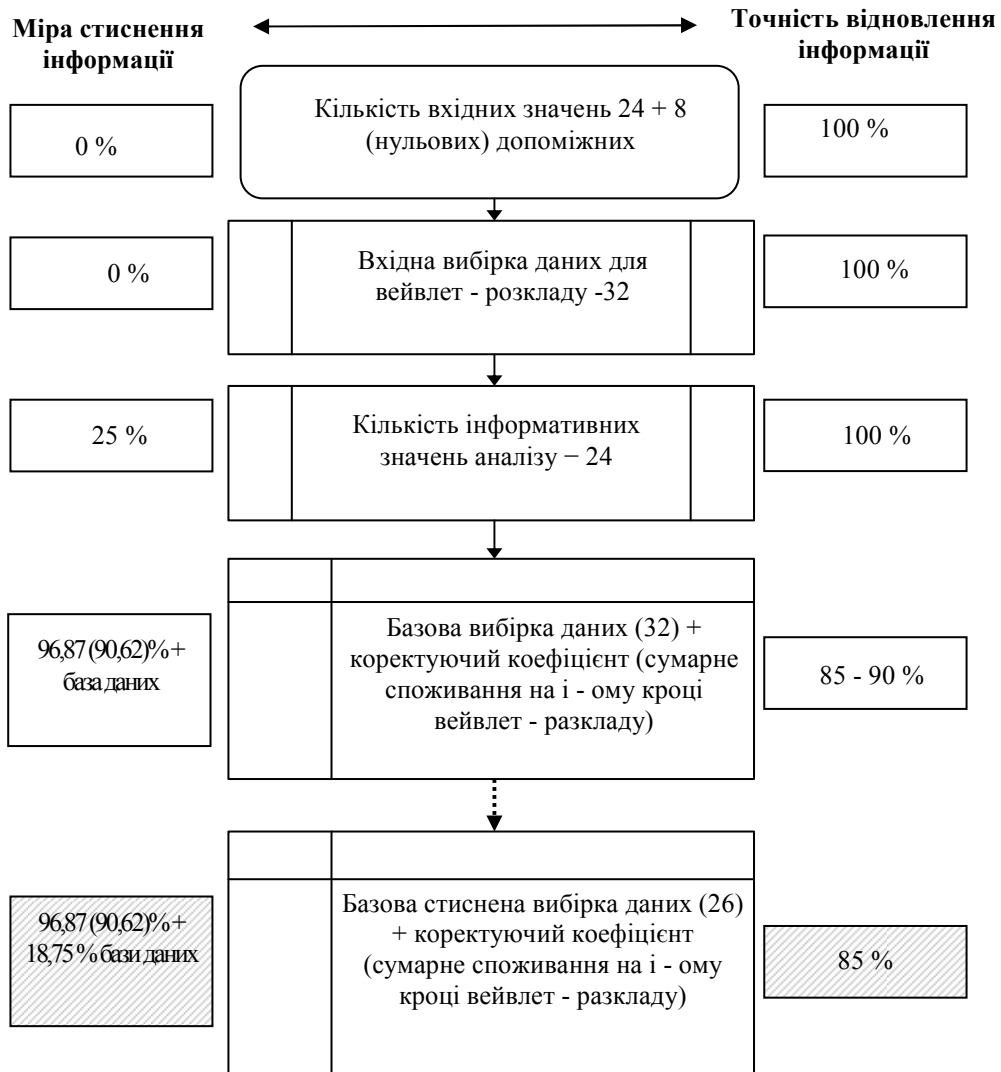


Рисунок 4. П'ятирівнева блок-схема стиснення інформації залежно від необхідної точності відновлення вхідної інформації

Виходячи з аналізу графіка, можна відзначити, що залежно від розв'язуваних задач (а саме, з яким ступенем точності необхідно отримати відновлюваний результат), застосовуються методики з різними вхідними мірами стиснення. Під мірою стиснення розуміють кількість значень, якими можна знехтувати у повній вибірці даних. Таким чином, знаходиться компромісне вирішення між обсягом збереженої (переданої) інформації і точністю результуючих величин.

Розглянемо детальніше схематичне відображення властивостей методик на прикладі четвертого рівня у загальному переліку рис. 4. Відповідно міра стиснення інформації становить 96,87 % від вейвлет-перетворених даних. Тобто використовується для подальших дій тільки один параметр, а саме  $k_{50}$  (відповідно до першого пункту задавання вихідної вибірки для методики відновлення даних). Далі наведено значення 90,62 % міри стиснення інформації – те ж саме, що й у попередньому випадку, відмінність полягає у репрезентативних результуючих параметрах. Мається на увазі, що результати обробки будуть включати більш інформативні значення  $k_{51}, k_{52}, k_{53}$  (пункт 2 останнього рівня рис. 4).

Для позначення комплексності результуючих значень умовно використовується знак «+». Під ним розуміється наявність певного зв'язку між складовими «суми». Перша складова відповідає обсягу стисненої інформації, друга – відповідає за

резервування або зберігання репрезентативної вибірки, яка містить типові форми розподілу значень для певного результату класифікації ГЕН. Слід зазначити, що база резервованих даних не змінюється, а її склад залежить від необхідного ступеня точності відновлення інформації.

Точність відновлення інформації визначається відносно первинних значень, отриманих після визначення за відомими параметрами вибірки вейвлет-коефіцієнтів з її подальшим перетворенням до показників рівня енергоспоживання.

**Висновки і напрямки подальших досліджень.** У результаті досліджень розроблена структура оцінювання інформативності відновлення вхідного ряду ГЕН залежно від початкового вибору методики обробки досліджуваних параметрів. Запропоновані методи надають можливість використовувати спрощені бази даних представлення ГЕН, які значно скорочують обсяги переданої і збереженої інформації. Також наведені способи обробки даних залежно від заданого ступеня точності, на підставі чого можуть бути створені обчислювальні комплекси для широкого спектра розв'язуваних задач, що виникають в енергосистемі. Математично обґрунтований взаємозв'язок між точністю відновлення і ступенем стиснення інформації.

#### **Література**

1. Фокин, Ю.А. Вероятностно-статистические методы в расчетах систем электроснабжения [Текст] / Ю.А. Фокин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 240 с.
2. Волошко, А.В. Статистическая кластеризация информационных сигналов на основе вейвлет-преобразования [Текст] / А.В. Волошко, Т.Н. Лутчин // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2009. – №1. – С. 80–86.
3. Петров, А.П. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований: учеб. пособие [Текст] / А.П. Петров. – Курган: Изд-во Курганского гос. Ун – та, 1998. – 85 с.
4. Волошко, А.В. Метод формирования признаков классификации графиков электрических нагрузок на основе вейвлет-преобразования [Текст] / А.В. Волошко // Промелектро. Научн. журнал, двухмес. – 2009. – № 1. – С. 39–43.
5. Prakhovnik A.V. Development of Techniques for Daily Load Prediction of Power Systems Using Adaptive Methods of Forecasting// Report of Delt University of Technology, Netherlands, 1977. – 66 p.

*Отримано 01.11.2011*