

УДК 621.316.7:519.863

Н. В. Коенда

МОРФОМЕТРИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запропоновано метод класифікації графіків електричного навантаження (ГЕН) на основі морфометричного підходу, що допомагає вирівнювати навантаження для різних груп споживачів. На основі розробленого методу здійснено класифікацію ГЕН галузей промисловості Волинського регіону.

Вступ та постановка задачі

Добова нерівномірність навантаження негативно впливає на процес виробництва, передачі та розподілу електричної енергії [1—3]. Процес вирівнювання навантаження складний і тісно пов'язаний зі внесеністю до технологічного процесу. Здійснювати таке вирівнювання можна, виходячи із попередньо проведеної класифікації графіків електричного навантаження (ГЕН), шляхом групування на основі схожих характеристик їх нерівномірності.

В основі відомих методів оцінки нерівномірності ГЕН використовується дисперсія ГЕН [2—5]. В [6, 7] показано, що використання морфометричного апарату має низку переваг і дозволяє здійснити комплексну і детальну оцінку форми ГЕН.

Метою дослідження є розробка методу морфометричної класифікації графіків електричних навантажень на основі схожих ознак нерівномірності. Наявність таких груп дозволить використовувати однакові шляхи вирівнювання навантаження для різних підприємств.

Матеріали дослідження

Для класифікації ГЕН використаємо морфопараметри, які дозволяють детально оцінити нерівномірність ГЕН, зокрема: *Видовження* (M_1) — визначається як відношення між довжинами перпендикуляра до головної осі діаграми та головною віссю діаграми; оцінює співвідношення між навантаженням в нічний провал/напівпік та піковим навантаженням, у відповідності до диференційованого тарифу; *Компактність* (M_2) — визначається як відношення між площею і периметром діаграми радарного типу; характеризує загальну добову нерівномірність графіка навантаження, динаміку і величину зміни значень навантаження.

Для виявлення схожості ГЕН за нерівномірністю проведемо їх аналіз в системі координат (M_1, M_2). Для цього виконано розрахунок морфопараметрів графіків навантаження промислових підприємств Волинського регіону (літо, 2006 р.). Отримані результати показано у таблиці та на рис. 1.

Очевидно, що точкам з близькими значеннями координат відповідають ГЕН з більш схожим характером добової нерівномірності, для вирівнювання яких в подальшому можна буде використовувати однакові способи.

За результатами розрахунків (див. табл.) та аналізу графіка (див. рис. 1) можна відмітити, що ГЕН зі значним споживанням енергії в пік знаходяться в інтервалі 0...0,5 значень M_1 , а ГЕН зі значною загальною нерівномірністю — в інтервалі 0...0,5 значень M_2 .

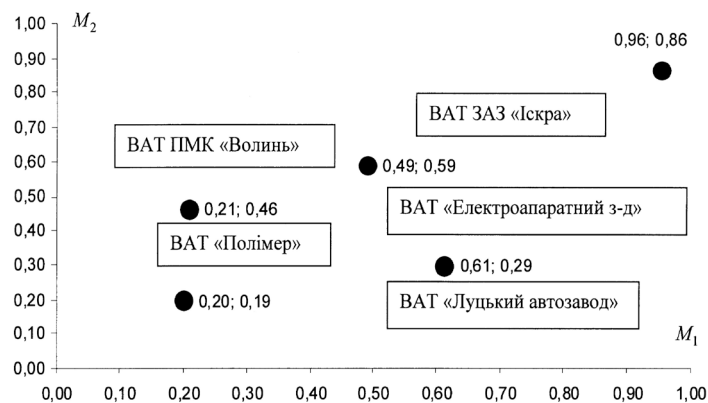
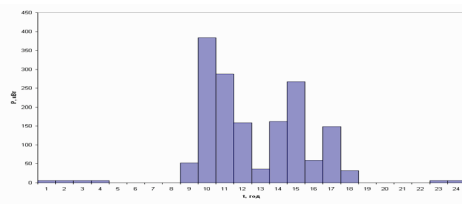
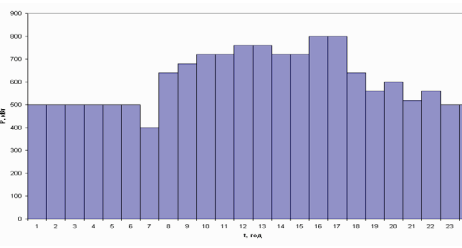
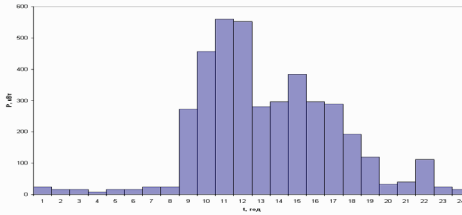
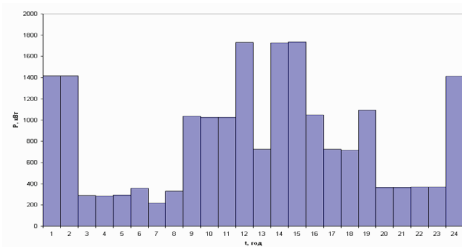
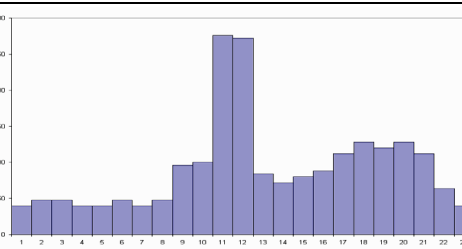
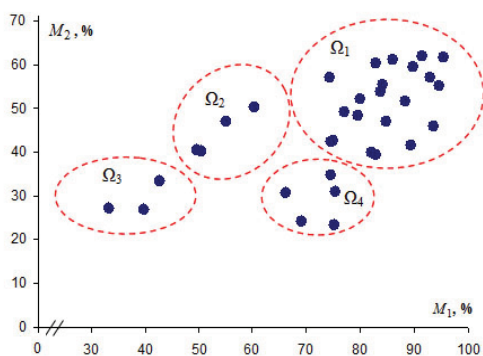


Рис. 1

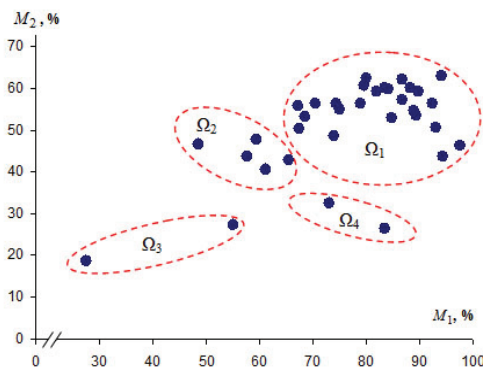
Результати розрахунку морфопараметрів графіків навантаження промислових підприємств Волинського регіону (літо, 2006 р.)

Підприємство	ГЕН	M_1	M_2
ВАТ «Полімер»		0,20	0,19
ВАТ ЗАЗ «Іскра»		0,96	0,86
ВАТ «Електроапаратний завод»		0,49	0,59
ВАТ «Луцький автозавод»		0,61	0,29
ВАТ ПМК «Волинь»		0,21	0,46

У відповідності до розрахунків морфометричних параметрів для 34 галузей промисловості Волинського регіону на рис. 2а зображені точки, що відповідають ГЕН для періоду літо 2006 р., а на рис. 2б — для періоду зима 2006 р.



а)



б)

В результаті отримано сконцентровані групи точок (множини) $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \Omega_4$, що відповідають заданим графікам. Цим групам відповідають групи галузей промисловості зі схожою нерівномірністю ГЕН. Зокрема:

- множина Ω_1 утворюється з точок з найбільшими значеннями M_1 та M_2 ;
- множина Ω_2 — з точок з найменшими значеннями M_1 та найбільшими значеннями M_2 ;
- множина Ω_3 — з точок з найменшими значеннями M_1 та M_2 ;
- множина Ω_4 — з точок з найбільшими значеннями M_1 та найменшими значеннями M_2 .

Оскільки морфопараметри (M_1, M_2) групи Ω_3 мають найменші значення, то ГЕН цієї групи є найнерівномірнішими. Згідно з вихідними даними вони відповідають підприємствам галузей:

- Літо 2006 — М08 Торфяна, М29 Верстатобудівна, М66 Інші виробництва;
- Зима 2006 — М29 Верстатобудівна, М64 Комунально-побутове водопостачання.

Таким чином, можна зробити висновок, що доцільно першочергово здійснювати управління електричним навантаженням підприємств верстатобудівної галузі.

Задачу класифікації ГЕН можна сформулювати як типову задачу кластерного аналізу [8] таким

чином: задано множину розрахованих морфометричних характеристик ГЕН

$$\mathcal{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_p\},$$

де p — кількість ГЕН промислових підприємств.

Необхідно задану вибірку \mathcal{X} розбити на підмножини (кластери), що не перетинаються $\Omega_1, \dots, \Omega_k$, таким чином, щоб забезпечити мінімізацію відстаней між відповідними координатами кластерних центрів $\Omega_{jц}$ та координатами точок кластера \mathcal{X}_i :

$$D(i, j) = |\mathcal{X}_i - \Omega_{jц}|,$$

$$\text{де } i = [1, \dots, p]; j = [1, \dots, 4].$$

Таким чином, модель формування груп ГЕН (кластерів):

$$\mathcal{X}_i \in \Omega_j, \text{ якщо } |\mathcal{X}_i - \Omega_{jц}| \rightarrow \min. \quad (2)$$

Класифікацію здійснюємо за допомогою алгоритму — методу k -середніх Мак-Кіна [8]. Для заданого прикладу $k = 4$.

Алгоритм процесу класифікації, що реалізує наведену метрику — мінімізацію відстані, у відповідності до (1) зображено на рис. 3. Він дозволяє визначити відношення точки до кластера через розрахунок множини відстаней від неї до усіх кластерних центрів. Мінімальна відстань до кластерного центру j визначає належність точки цьому кластеру. Після перерахунку належності

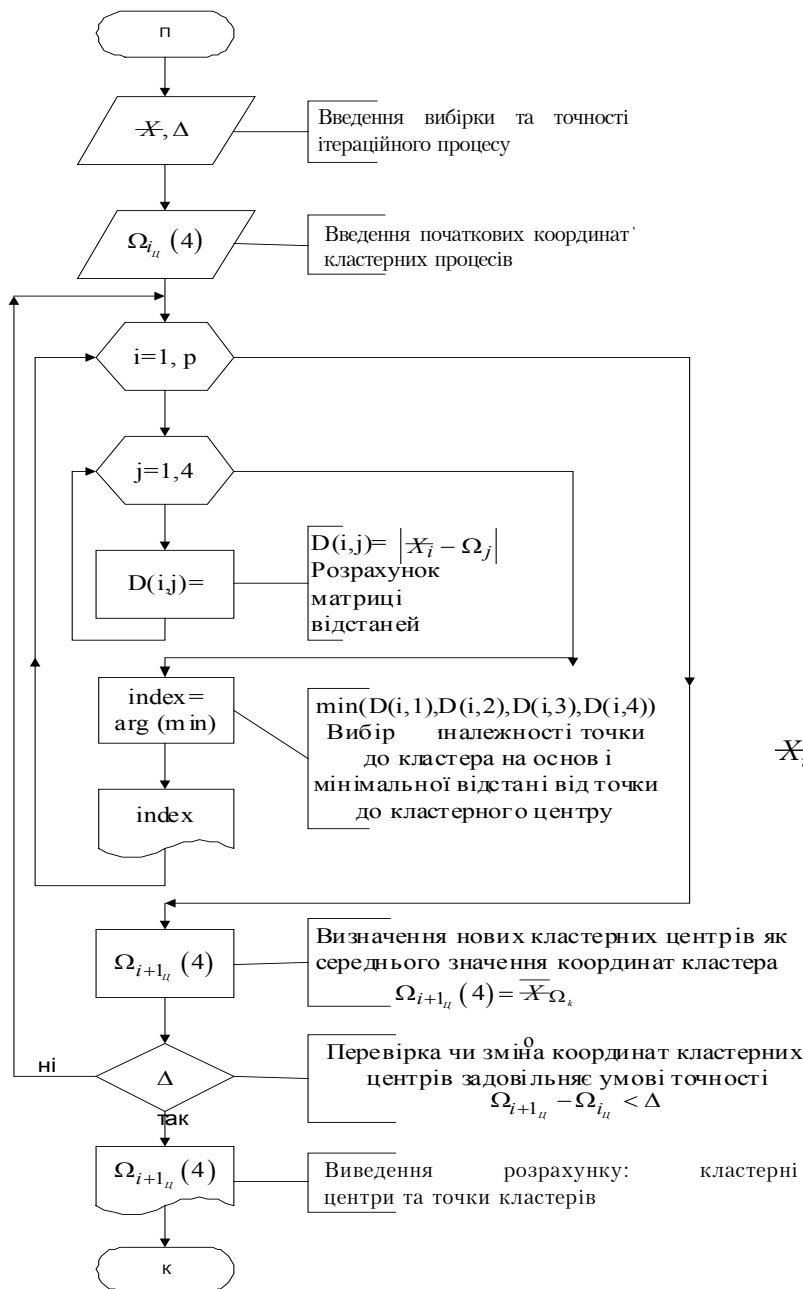


Рис. 3

точок до кластерів здійснюється визначення нових координат кластерних центрів як середніх значень координат точок, що належать кластеру.

Ітераційний розрахунок належності точок до кластерів здійснюємо допоки зміна поточних координат кластерних центрів не буде меншою від наперед заданої точності Δ .

Очевидно, що застосування кластерного аналізу дасть можливість на основі розробленого програмного забезпечення формувати кластери/групи. На основі запропонованої моделі формування груп ГЕН доволі просто створити комп'ютерну реалізацію, що дозволить легко інтегрувати її із сучасними системами управління виробництвом.

Висновки

1. Запропонований метод морфометричної класифікації ГЕН дозволяє групувати графіки зі схожими ознаками нерівномірності, що дає можливість вибирати спосіб вирівнювання електричного навантаження підприємств різних галузей.

2. Проведений морфометричний аналіз ГЕН галузей промисловості Волинського регіону показав, що найдоцільніше здійснювати управління електричним навантаженням в першу чергу на підприємствах торф'яної, верстатобудівної галузей та водопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дикмаров С. В. Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии / С. В. Дикмаров, Г. Г. Садовский. — К. : Техніка, 1981. — 126 с.
2. Праховник А. В. Методика та алгоритм автоматичної системи класифікації графіків електричних навантажень з урахуванням нестационарності режиму електроспоживання / А. В. Праховник, В. М. Миколаєнко; Ін-т енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ». — Київ, 2005. — 16 с.
3. Bobric E. C. Clustering Techniques in Load Profile Analysis for Distribution Stations / E. C. Bobric, G. Cartina, G. Grigoras // *Advances in Electrical and Computer Engineering*. — ISSN: 1582-7445, e-ISSN: 1844-7600. Digital Object Identifier : 10.4316/AECE.2009.01011. — Vol. 9, Issue: 1. — 2009. — P. 63—66.
4. Разумный Ю. Т. Классификация графиков электрической нагрузки по группам электроприемников угольной шахты / Ю. Т. Разумный, А. В. Рухлов // *Науковий вісник НГУ*. — 2009. — № 12. — С. 63—65.
5. Gerbec D. Comparison of Different Classification Methods for the Consumers' Load Profile Determination / D. Gerbec, S. Gasperic, and F. Gubina // *17th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, Barcelona, vol. Session 6, 2003*.
6. Демов О. Д. Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень / О. Д. Демов, Н. В. Коменда, Т. І. Коменда // *Промелектро*. — 2008. — № 4. — С. 22—25.
7. Демов О. Д. Морфометрія графіка електричних навантажень / О. Д. Демов, Т. І. Коменда, Н. В. Коменда // *Енергетика та електрифікація*. — 2009. — № 8. — С. 59—62.
8. Лагутин М. Б. Наглядная математическая статистика / М. Б. Лагутин. — М. : П-центр, 2003.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та електричного менеджменту

Стаття надійшла до редакції 4.02.11

Рекомендована до друку 18.02.11

Коменда Наталя Володимирівна — асистент кафедри електропостачання.

Луцький національний технічний університет, Луцьк