

УДК 621.316.7:519.863

Н.В. Коменда
РЕАЛІЗАЦІЯ МОРФОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ГРАФІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ПРИКЛАДІ ЦЕХУ
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Запропонована реалізація морфометричної моделі графіка електричного навантаження системи електропостачання на прикладі цеху промислового підприємства, що дозволяє вирішувати питання покращення режимів роботи мереж на основі управління їх навантаженням.

Ключові слова: морфометрія, графік електричного навантаження, управління навантаженням.

Табл. 1. Рис. 4. Форм. 3. Літ. 7.

Н.В. Коменда
РЕАЛИЗАЦИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦЕХА
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Предложена реализация морфометрической модели графика электрической нагрузки системы электроснабжения на примере цеха промышленного предприятия, которая позволяет решать вопросы улучшения режимов работы сетей посредством управления их нагрузкой.

Ключевые слова: морфометрия, график электрических нагрузок, управление нагрузкой.

N.V. Komenda
REALIZATION OF THE POWER SYSTEM'S ELECTRICAL LOAD GRAPH MORFOMETRIC
MODEL OF THE ON THE EXAMPLE OF INDUSTRIAL PLANT DEPARTMENT

Realization of the power systems loads graph morphometric model on example of industrial plant department was proposed. It allows solving questions of networks modes improvements based on their load management.

Keywords: morphometry, electrical load graph, loads management.

Вступ. Морфометричні параметри дають нові можливості для характеристики нерівномірності графіка електричного навантаження (ГЕН) [1-7]. Вони характеризують форму ГЕН, відображаючи як загальну нерівномірність, так і співвідношення споживання електроенергії в різні години доби. На основі їх аналізу нами отримано висновок [1-7], що детальну комп'ютеризовану оцінку добової нерівномірності доцільно здійснювати із застосуванням власне морфометричних параметрів.

Матеріали та результати досліджень. Групуючи вибрані морфопараметри (їх детальний опис наведено в працях [1-7]), отримуємо критерій оцінки нерівномірності ГЕН, що дозволить комплексно оцінювати нерівномірність ГЕН, характеризуючи при цьому:

- загальну добову нерівномірність ГЕН, динаміку і величину змін значень навантаження на основі параметра M_1 ;
- співвідношення споживання електроенергії, яке було б, якби споживач працював лише з заданими максимальними навантаженнями, з реальною величиною споживання електроенергії на основі параметра M_2 ;
- співвідношення між навантаженням у періоди нічного провалу/напівпіку та пікового навантаження, показуючи наближене співвідношення дешевої та дорогої спожитої енергії (згідно з диференційованим тарифом) на основі параметра M_3 ;
- детально загальну добову нерівномірність ГЕН, динаміку і величину зміни значень навантаження, як відношення всіх піків і провалів ДРТ на основі M_4 .

Комплексний морфометричний показник рівномірності ГЕН набуде наступного вигляду:

$$F = (M_1; M_2; M_3; M_4), \quad M_1, M_2, M_3, M_4 \in [0, 1]. \quad (1)$$

Він є вектором, координати якого характеризують нерівномірність ГЕН у відповідності з суттю відповідного морфометричного параметра. Якщо значення $F = (0, 0, 0, 0)$, то ГЕН має значну нерівномірність, при $F = (1, 1, 1, 1)$ має місце рівномірне споживання електроенергії

протягом доби.

У даному показнику рівномірності ГЕН (1) M_1 спадає, найбільш реагуючи на збільшення кількості значних піків і провалів; M_2 спадає, найбільш реагуючи на збільшення локальних екстремумів; M_3 спадає, найбільш реагуючи на накладання симетричних піків/провалів; M_4 спадає, найбільш реагуючи на збільшення незначних коливань або значні перепади значень. Тобто, в залежності від поставленої задачі ми можемо гнучко задавати межі, до яких прямує та чи інша складова критерію (1), що дозволяє більш чітко визначати цілі вирівнювання та здійснювати адекватну оцінку:

$$F = (M_1 \rightarrow a_1; M_2 \rightarrow a_2; M_3 \rightarrow a_3; M_4 \rightarrow a_4), \quad M_1, M_2, M_3, M_4 \in [0,1], \quad (2)$$

де

a_1, a_2, a_3, a_4 – значення меж для кожного компонента критерію F , $a_1, a_2, a_3, a_4 \in [0,1]$.

Якщо, для прикладу, в нас є ГЕН з оцінкою нерівномірності $M_1 = 30\%$, $M_2 = 40\%$, $M_3 = 20\%$, $M_4 = 10\%$ і нас цікавить зменшення великих піків і провалів ГЕН на 5%, зменшення нерівномірності в цілому на 10%, зменшення співвідношення споживання пік /провал та напівок на 15%, зменшення піків ГЕН на 20%, то (2) запишеться наступним чином:

$$F = (M_1 \rightarrow 0,35; \quad M_2 \rightarrow 0,5; \quad M_3 \rightarrow 0,35; \quad M_4 \rightarrow 0,3). \quad (3)$$

Отже, спираючись на формули (2) та (3), доцільно утворити морфометричну математичну модель оцінки добової нерівномірності ГЕН та її об'єктно-орієнтовану реалізацію, що дозволяє здійснювати детальну оцінку нерівномірності та може бути легко інтегрована в сучасні системи управління виробництвом.

Об'єктно-орієнтований підхід (ООП) дає змогу створювати моделі елементів систем як об'єктів згідно з принципами ООП на засадах об'єктно-орієнтованої композиції з подальшим формуванням із цих об'єктів моделі системи в цілому. Особливої актуальності це набуває для моделювання систем електропостачання (СЕП) та їх елементів і процесів, що відбуваються в них, зокрема ГЕН. Це дозволяє значно спростити процес створення комп'ютерних моделей систем, у яких задіяні складні, з точки зору математичного опису, елементи, адже користувач такої моделі оперуватиме нею як об'єктом, а не окремими рівняннями, які його описують.

Таким чином, за допомогою підходів ООП створюємо морфометричну модель ГЕН та її об'єктно-орієнтовану реалізацію – клас **Графік**. Використовуючи термінологію ООП, модель об'єкта чи явища називається класом. Ієрархія спроектованого класу наведена на рис. 1.

Одним із найважливіших принципів ООП є абстрагування, яке полягає у виділенні абстракцій – важливих характеристик об'єкта або групи об'єктів, які відрізняють їх від усіх інших видів об'єктів, чітко визначаючи особливості цих об'єктів у перспективі їхнього подальшого розгляду, аналізу та моделювання. В теорії ООП абстрагування застосовується у формуванні класів, що описують типи об'єктів, операції, які можна здійснити з об'єктами, та операції, що їх можуть здійснити самі об'єкти.

Класи будують за ієрархічним принципом. Головним типом відношень між класами є успадкування (inheritance). Воно виникає тоді, коли один клас (нащадок) використовує структуру чи функціональну частину одного або кількох інших класів (відповідно констатуються проста та множинна спадковості).

Стан об'єкта характеризують переліком усіх можливих його параметрів (властивостей) і їхніх значень. До параметрів об'єкта належать ті його характеристики, які роблять його унікальним (індивідуальним) і які в процесі функціонування об'єкта набувають певних значень.

Для прикладу розгортання класу на промисловому підприємстві розглянемо схему механічного цеху інструментального та ремонтного господарств одного з промислових підприємств з інтеграцією засобів збору й аналізу інформації про електроспоживання – рис. 2.

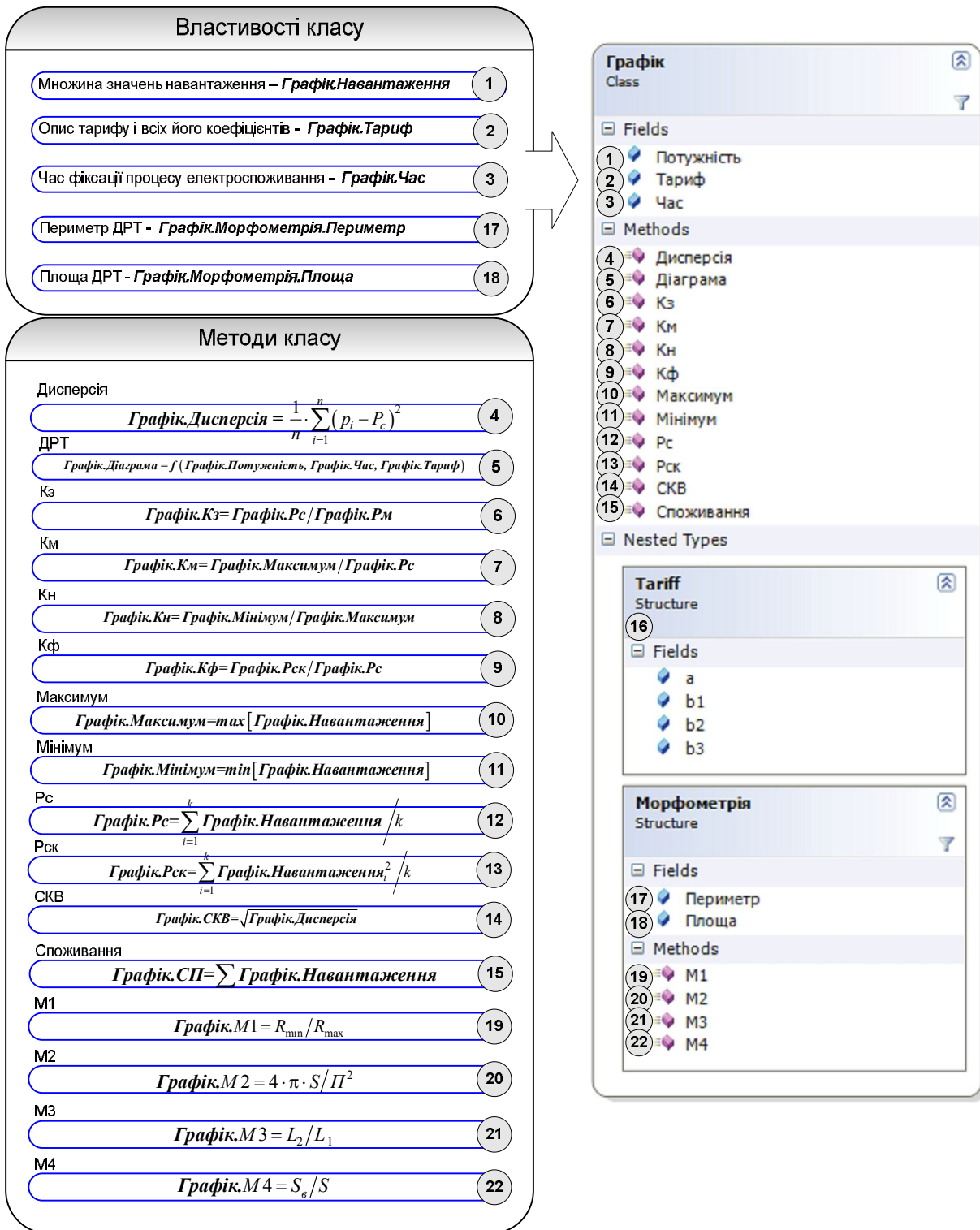
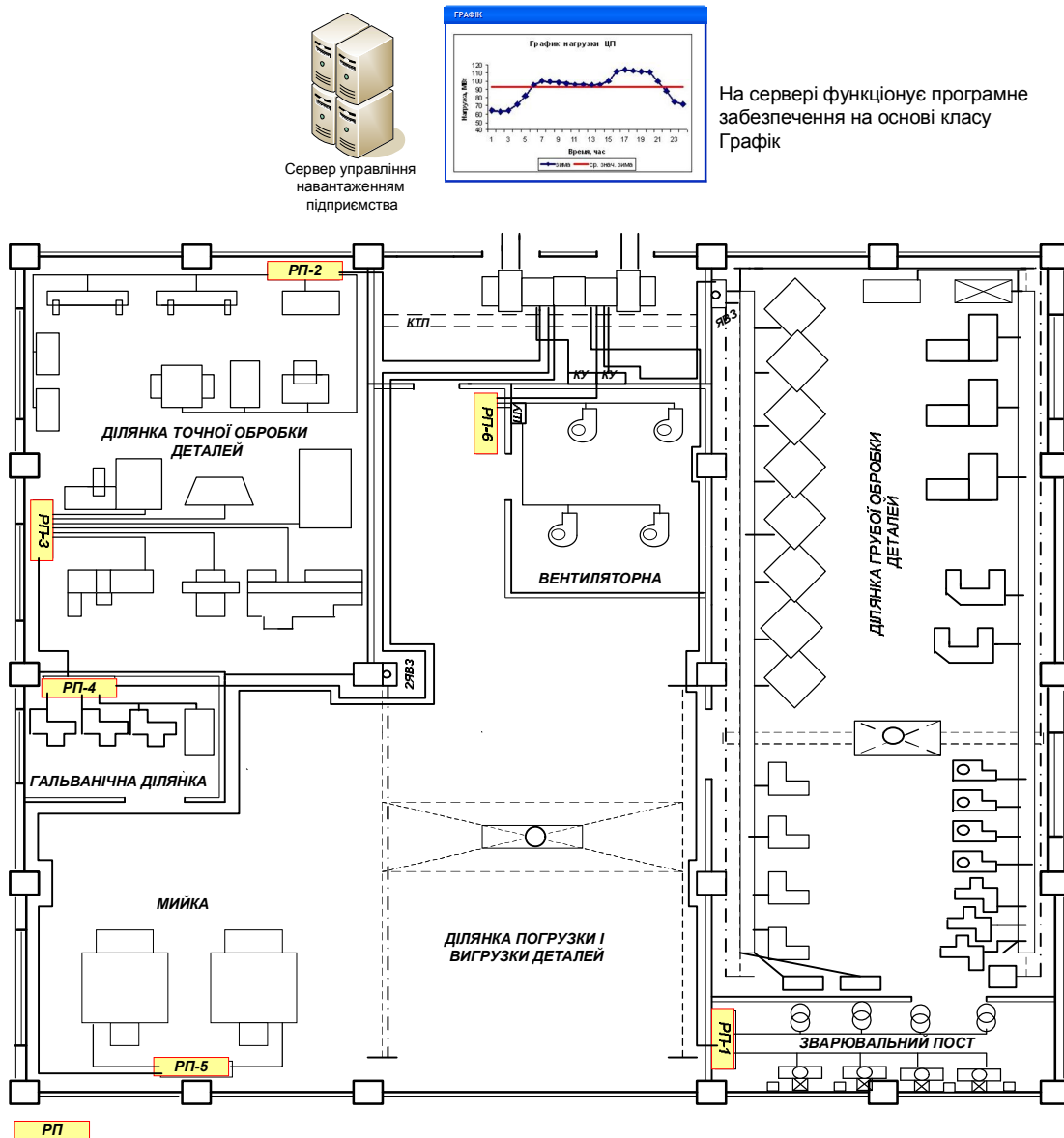


Рис. 1. Ієрархія класу Графік

В класі **Графік** наявні ряд властивостей і методів. Здійснимо їх абстрагування і сформуємо його стан. Властивості класу дозволяють здійснити загальний опис характеристик ГЕН, а методи – розрахувати показники його нерівномірності, як на основі класичного підходу, так і на основі морфометричного.

Варто зауважити, що клас **Графік** є базовим, і на його основі шляхом наслідування можна створити субкласи з базовими і розширеними методами та властивостями для моделювання графіків навантаження цехів, підрозділів та окремих споживачів електричної енергії промислових підприємств.



На місцях під'єднання споживачів (розподільчі пункти) здійснюється збір та передача інформації про електроспоживання на сервер управління навантаженням підприємства

Рис. 2. Схема цеху

Для схеми (рис. 2) ієрархія структури класів набуде наступного вигляду – рис. 3. У даній ієрархічній схемі класи мають вільний доступ до інформації, що міститься в кожному з них, що дозволяє здійснювати моделювання ієрархічних систем, та виконувати автоматичний перерахунок параметрів моделей в режимі реального часу. Крім цього, можливий доступ до будь-яких характеристик процесів операторів, що працюють з системою.

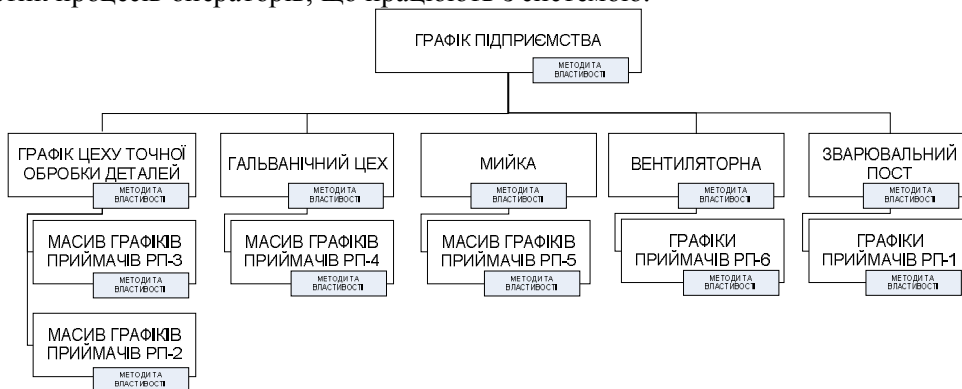


Рис. 3. Ієрархічна схема реалізації класу Графік

В об'єктно-орієнтованій моделі добового ГЕН виділимо ряд властивостей і методів, які описують стан і параметри процесу (табл. 1).

Таблиця 1. Властивості та методи класу **Графік**

Назва	Детальний опис
<i>Графік.Час</i>	Множина значень часу
<i>Графік.Навантаження</i>	Множина значень навантаження
<i>Графік.Тариф</i>	Опис тарифу і всіх його коефіцієнтів
<i>Графік.Мінімум</i>	Мінімум навантаження
<i>Графік.Максимум</i>	Максимум навантаження
<i>Графік.Споживання</i>	Добове споживання електричної енергії
<i>Графік.Рс</i>	Середнє значення навантаження
<i>Графік.Рск</i>	Середньоквадратичне значення навантаження
<i>Графік.Дисперсія</i>	Дисперсія навантаження
<i>Графік.СКВ</i>	Середньоквадратичне відхилення навантаження
<i>Графік.Кф</i>	Коефіцієнт форми
<i>Графік.Км</i>	Коефіцієнт максимуму
<i>Графік.Кз</i>	Коефіцієнт заповнення
<i>Графік.Кн</i>	Коефіцієнт нерівномірності
<i>Графік.Діаграма</i>	Діаграма радарного типу
<i>Графік.Морфометрія</i>	Морфометричні показники
<i>Графік.Морфометрія.Периметр</i>	Периметр
<i>Графік.Морфометрія.Площа</i>	Площа
<i>Графік.Морфометрія.ЦентрВаги</i>	Центр ваги діаграми радарного типу
<i>Графік.Морфометрія.М1</i>	Округлість
<i>Графік.Морфометрія.М3</i>	Видовження
<i>Графік.Морфометрія.М4</i>	Випуклість
<i>Графік.Морфометрія.М2</i>	Компактність
<i>Графік.Критерій</i>	Оцінка нерівномірності на основі (2.8)

Процес оцінки нерівномірності на основі класу **Графік** є доволі простим і в типових випадках виглядає наступним чином (рис. 4). Відбувається він за допомогою розробленого програмного забезпечення.



Рис. 4. Процес оцінки нерівномірності ГЕН

Дане програмне забезпечення дозволяє на основі отриманої інформації розраховувати та аналізувати характер добової нерівномірності ГЕН технологічних агрегатів, виробничих цехів та промислового підприємства в цілому, що дозволяє отримати цілісну картину процесу електроспоживання та вдосконалити його.

Висновки. Для управління навантаженням системи електропостачання необхідно використовувати морфометричну модель, що в результаті приведе до зменшення оплати за електроенергію та зменшення втрат електроенергії від нерівномірності добового навантаження в мережах. Об'єднання аналізу нерівномірності, пошуку шляхів її зменшення та економічної оцінки процесу електроспоживання дозволяє оперативно моделювати процес електроспоживання та визначати шляхи його покращення. На основі запропонованих моделей та сучасної .NET технології створені комп'ютерні програми, які використовують сучасні бібліотеки введення, обробки та представлення інформації, дозволяючи інтегрувати їх в сучасні системи управління виробництвом.

1. Komenda T. Morphometrical analysis of daily load graphs/ Komenda T., Komenda N. // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. Volume 42, Issue 1, November 2012. P.721-727. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>
2. Коменда Н. В. Морфометричний розрахунок навантажувальних втрат електроенергії / Н. В. Коменда, Т. І. Коменда // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №6. – С. 110-113.
3. Коменда Н. В. Морфометрична оцінка та критерій рівномірності графіка електричних навантажень / Н. В. Коменда // Вісн. нац. ун-ту „Львівська політехніка”. – 2010. – №666. – С. 42-46. (Електроенергетичні та електромеханічні системи).
4. Коменда Н. В. Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств / Н. В. Коменда // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №1. – С. 67-70.
5. Коменда Н.В. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства / Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, О.Д. Демов // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2010. – № 27. – С. 22-26.
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.

Стаття надійшла до редакції 26.09.2013.