

2. Zakladnyi O.M., Prakhovnyk A.V., Solovey O.I. Energy saving by means of industrial electric: Tutorial. - K: Kondor, 2005. - 408 p.

3. Zakladnyy O.M., Zakladnyy O.O. Influence of ways to manage the switch to electric conversion quality brushless // Informatsiynyy zbirnyk «Promyslova elektroenerhetyka ta elektrotekhnika» Promelektro. 2008. #3. p. 35-39.

4. Zakladnoy A. N., Peredryy V.Yu., Hrom V.V., Petyn Y.V. Development and the study matematycheskoy models the engine valve // Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya. 2004, #.2. p. 46-54.

5. Speed control of brushless dc motor by using fuzzy logic pi controller, m. V. Ramesh, j. Amarnath, s. Kamakshaiiah and g. S. Rao // vol. 6, no. 9, september 2011arpn journal of engineering and applied sciences, ISSN 1819-6608

УДК 62-83-52.003(082)

**А.Н. Закладной**, канд. техн. наук, доцент;

**О.А. Закладной**, канд. техн. наук; **В.О. Броницкий**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЁХУРОВНЕВОГО  
ПИ РЕГУЛЯТОРА С FUZZY LOGIC**

*В статье предлагается способ управления вентиляльным двигателем, обеспечивающий энергоэффективную работу привода в случае изменения нагрузки и частоты вращения. Для достижения высокого качества регулирования вентиляльного двигателя в динамических режимах предложен трёхуровневый ПИ регулятор с fuzzy logic. Выполнены исследования привода с использованием программного обеспечения Simulink. Получены результаты для переменного момента нагрузки.*

*Ключевые слова:* вентиляльный двигатель, энергоэффективность, ПИ регулятор, fuzzy logic.

Надійшла 20.11.2013

Received 20.11.2013

УДК 621.311.153

**В.П.Калінчик**, канд. техн. наук, доцент; **О.В. Скачок**

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»**

**ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІВНЮВАННЯ ГРАФІКІВ  
НАВАНТАЖЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ**

*Зроблений загальний аналіз стану енергетики України. Виявлено пріоритетну галузь в якій можна досягти максимум ефекту при мінімальних витратах і зусиллях з точки зору вирівнювання графіку електричного навантаження об'єднаної енергосистеми України. Проведений аналіз існуючої системи вирівнювання графіку електричного навантаження промислових підприємств. Проведений аналіз методів оцінки нерівномірності графіку електричного навантаження та критерію його рівномірності. Виявлені ряд недоліків як в методах оцінки нерівномірності графіку електричного навантаження так і в критерії його рівномірності. Зроблені відповідні висновки.*

*Ключові слова:* електропостачання, графік електричного навантаження, критерій рівномірності.

**Вступ.** Добовий графік електричного навантаження (ГЕН) об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України має характерну нерівномірність у часі (рисунок 1), що поділяється на три частини: зони піку, напівпіку та провалу [6].

Наведена нерівномірність ГЕН енергосистеми ускладнює забезпечення балансу попиту і пропозиції на електроенергію у вузлах її споживання та недопущення зміни частоти мережі змінного струму і розрахункового рівня напруги (тобто недопущення переходу енергосистеми до аварійного стану). Крім того, через технологічні вимоги генеруючих станцій не можливо оперативно та оптимально чітко забезпечити покриття ГЕН енергосистеми у кожній її точці доби. Це призводить до значних втрат на використання природних ресурсів при генерації електричної енергії.



Рис. 1. Типовий добовий графік навантаження енергосистеми України

Постає дуже важливе питання оптимального управління ГЕН енергосистеми з метою його вирівнювання у добовому інтервалі часу.

Графік навантаження енергосистеми являє собою суму безлічі графіків навантаження споживачів, отже, вирівняти його можна тільки за допомогою споживачів-регуляторів, які здатні до обмеження або перенесення частини своєї електричного навантаження з одних годин доби на інші (при добовому регулюванні) [9].

Пріоритетною областю з точки зору зміни режиму роботи споживачів електроенергії є промисловість [5]. У ній можна досягнути максимального ефекту при мінімальних витратах і зусиллях.

Це обумовлено низкою причин:

- по-перше, вона є найбільш потужним споживачем енергії;

За 2012 рік обсяг споживання (нетто) електричної енергії ОЕС України склав 147,5 млрд кВт·г [10]. Основними споживачами електроенергії в розрізі категорій є: промисловість 81,9 млрд кВт·г (55,5 %), населення 37,7 кВт·г (25,6 %), комунально-побутове господарство 24,5 кВт·г (16,6 %) та сільське господарство 3,4 кВт·г (2,3 %). Тобто більше половини обсягу споживання електричної енергії ОЕС України складає промисловість.

- по-друге, споживання енергії обмежене відносно невеликою кількістю споживачів.

Кількість споживачів електричної енергії промислової групи, станом на 01.01.2011 становила 48,7 тис. шт.

Загальна чисельність побутових споживачів електричної енергії в Україні станом на 01.01.2011 становила 18 719 тис. шт. [11].

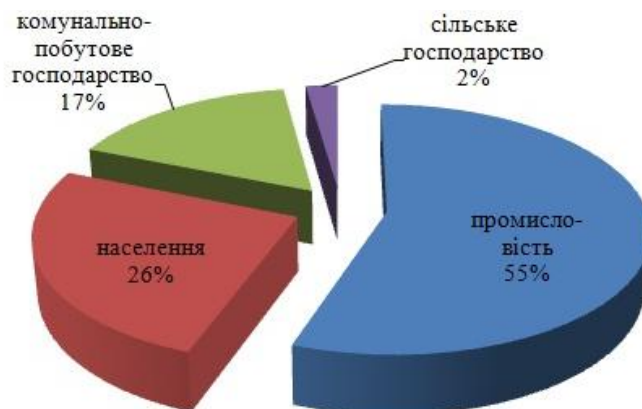


Рис. 2 Діаграма споживання електроенергії в Україні за категоріями промисловості

Таким чином, при кількості споживачів електричної енергії промислової групи, що майже в 400 раз менше ніж чисельність побутових споживачів електричної енергії, загальний об'єм споживання електроенергії промислової групи перевищує об'єм споживання електроенергії населення більше ніж в 2 рази.

Ефективно здійснити процес управління навантаженням можливо лише на основі досконалих моделей добового електроспоживання, які б давали критерій оцінювання нерівномірності графіка навантаження підприємства з точки зору впливу цього графіку на енергосистему в цілому.

**Метою роботи** є аналіз існуючих методів оцінки нерівномірності графіку навантаження підприємства та методів його вирівнювання.

**Аналіз існуючої системи вирівнювання ГЕН.** На сьогоднішній день вирівнювання нерівномірності ГЕН промислових підприємств здійснюється за допомогою тарифів на електроенергію диференційованих за періодами часу. Так, згідно Постанови НКРЕ № 1262 від 04.11.2009 в Україні діють тарифи наведені в таблиці №1 [8].

Таблиця № 1

Період часу	Нічний	Денний	Напівпіковий	Піковий
Двоступні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,4	1,5		
Тривалість періоду	23-00 до 7-00 8 год	7-00 до 23-00 16 год		
Триступні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35		1,02	1,68
Тривалість періоду	24-00 до 7-00 7 год		7-00 до 8-00 11-00 до 20-00 23-00 до 24-00 11 год	8-00 до 11-00 20-00 до 23-00 6 год

Як бачимо на сьогодні існують два види тарифів диференційовані за періодами часу, це двоступні та триступні тарифи. Графічна ілюстрація даних зон наведена на рисунках 3.1 та 3.2

При аналізі даних тарифів стає зрозуміло, що основною метою регулювання ГЕН підприємства з боку ОЕУ є економічне стимулювання підприємства до перенесення споживання електроенергії з більш завантажених періодів часу на менш завантажені. Що стосується нерівномірності споживання електроенергії в межах окремо взятої тарифної зони, то дані тарифи жодним чином не стимулюють вирівнювання ГЕН на цих відрізках графіку.

Це можна побачити на прикладі порівняльного аналізу двох ГЕН з однаковими середніми показниками споживання електроенергії в межах окремих тарифних зон та різними показниками нерівномірності споживання в межах даних зонах рисунок 4.1 та 4.2

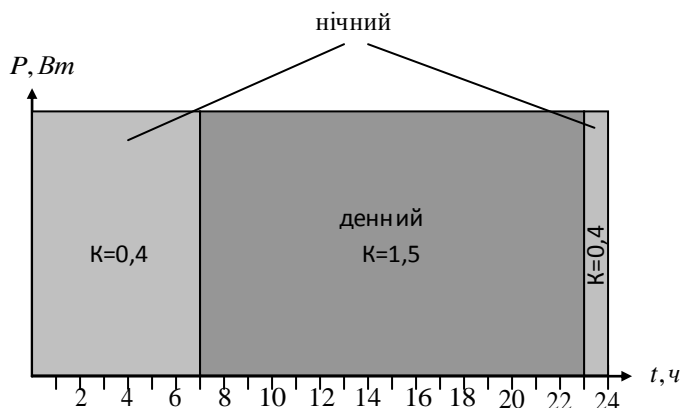


Рисунок 3.1 Двоступний тариф, диференційований за періодами часу

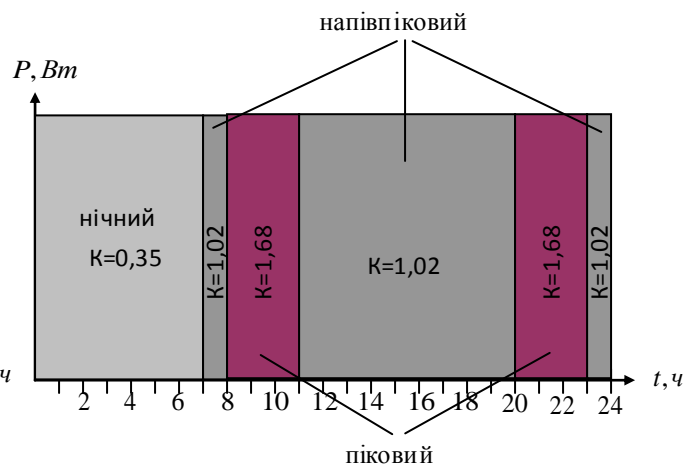


Рисунок 3.2 Триступний тариф, диференційований за періодами часу

Загальна вартість спожитої електроенергії за добу дорівнює:

$$\Sigma = \Delta W_{ніч} t_{ніч} K_{ніч} + \Delta W_{ден} t_{ден} K_{ден}, \quad (1)$$

де  $t_{ніч} = 8 \text{ год}$ ;  $t_{ден} = 16 \text{ год}$ ;  $K_{ніч} = 0,4$ ;  $K_{ден} = 1,5$ .

Тобто загальна вартість спожитої електроенергії за добу залежить виключно від середнього значення електроенергії спожитої в межах тарифних зон.

У випадку, коли середнє значення споживання електроенергії в межах однакових тарифних зон різних ГЕН буде співпадати (приклад наведено на рисунках 4.1 та 4.2, тобто  $\begin{cases} \Delta W_{ніч}^1 = \Delta W_{ніч}^2 \\ \Delta W_{ден}^1 = \Delta W_{ден}^2 \end{cases}$ ) загальна вартість спожитої електроенергії за добу цих ГЕН також буде рівною.

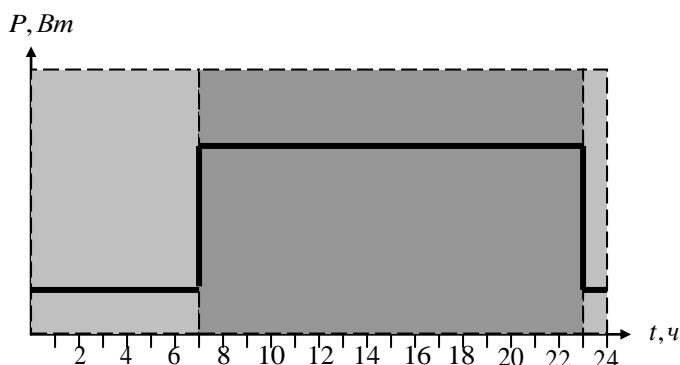


Рисунок 4.1. ГЕН з абсолютно рівномірним споживання електроенергії в межах тарифних зон

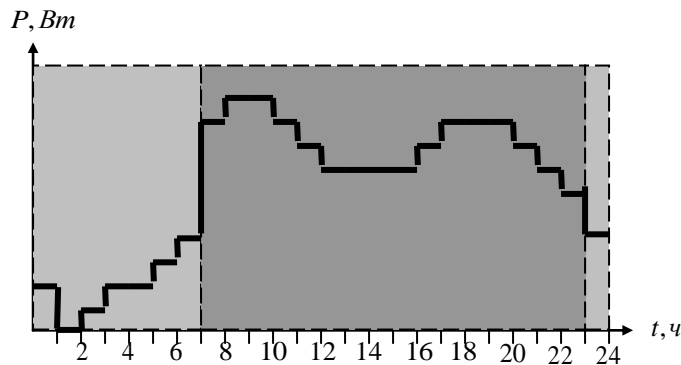


Рисунок 4.2. ГЕН з нерівномірним споживання електроенергії в межах тарифних зон

Відсутність зацікавленості у регулюванні ГЕН підприємств в межах тарифних зон з боку ОЕУ обумовлюється наявністю дуже великої кількості споживачів (близько 50 тис.)

В масштабах ГЕН ОЕУ будь яка нерівномірність споживання ГЕН підприємства згладжується за рахунок великої кількості інших споживачів.

Проведений аналіз системи стимулювання підприємств до вирівнювання ГЕН ОЕС дає зрозуміти, що для промислових підприємств основним критерієм оцінки нерівномірності свого ГЕН є загальний об'єм спожитої електроенергії в середині кожної тарифної зони (або середнє значення навантаження в кожній тарифній зоні). Лише даний показник впливає на загальну добову вартість спожитої електроенергії промислового підприємства. Жоден з показників класичної теорії оцінювання нерівномірності ГЕН не бере участь у формуванні кінцевої добової вартості спожитої електроенергії промислового підприємства.

**Аналіз існуючих методів оцінки нерівномірності ГЕН.** Розглянемо класичні показники нерівномірності ГЕН (СКВ, Кф, Кн, Км, Кз) з точки зору їх фізичного значення та критерію рівномірності. Показники нерівномірності ГЕН та методи його вирівнювання викладені у роботах В.И. Гордєєва, А.А. Федорова, Э.М. Ристхейна, А.А. Ермилова, С.Д. Волобринского [1, 2, 3, 4]

Середньо-квадратичне відхилення, яке називається також стандартом, визначається так:

$$\sigma p = \sqrt{p_{ck}^2 - p_c^2} \quad (2)$$

Відповідно, чим менше різниця між квадратом середньоквадратичного значення спожитої електроенергії та квадратом його середнього значення, тим менше буде нерівномірність ГЕН, тобто  $p(t) = p = const$ .

Коефіцієнт форми графіка навантаження:

$$k_\phi = \frac{p_{ck}}{p_c} \quad (3)$$

Вочевидь, що  $k_\phi \geq 1$ , і своє найменше значення він набуває при  $p_{ck} = p_c$ , тобто при  $p(t) = p = const$ .

Коефіцієнт максимуму як і коефіцієнт заповнення характеризують відношення годинного максимуму навантаження та середнього значення графіка один по відношенню до іншого:

$$k_M = \frac{P_{max}}{P_c}, \quad k_3 = \frac{P_c}{P_{max}} \quad (4,5)$$

Вочевидь, чим менша різниця між максимальним значенням споживання та його середнім значенням, тим більше коефіцієнти максимуму та заповнення будуть прямувати до 1. При  $P_{max} = P_c$ ,  $p(t) = p = const$

Коефіцієнт нерівномірності характеризує відношення мінімального значення навантаження до максимального:

$$k_H = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} \quad (6)$$

Чим менша різниця між максимальним значенням споживання та мінімальним, тим більше коефіцієнт нерівномірності буде прямувати до 1. При  $P_{\max} = P_{\min}$ ,  $p(t) = p = const$ .

Таким чином критерій рівномірності ГЕН з точки зору класичних коефіцієнтів оцінювання можна представити у наступному вигляді [7]:

$$\begin{cases} \delta \rightarrow 0; \\ K_{\phi} \rightarrow 1; \\ K_m \rightarrow 1; \\ K_z \rightarrow 1; \\ K_H \rightarrow 1. \end{cases} \quad (7)$$

За таких умов ГЕН буде набувати незмінного у часі споживання електроенергії,  $p(t) = p = const$ .

Проаналізувавши фізичний зміст вище вказаних розрахункових коефіцієнтів, ми можемо бачити, що жоден з них не враховує поділ ГЕН на тарифні зони. Кожен з коефіцієнтів характеризує відношення величин середнього та середньоквадратичного навантаження всього ГЕН, його максимальних або мінімальних значень. Проте в жодному з коефіцієнтів не враховані ціни на електроенергію в різних тарифних зонах ГЕН.

Вочевидь, що задача оцінки нерівномірності ГЕН та задача управління (або вирівнювання) нерівномірності ГЕН – це є ланки одного ланцюга. Для ефективного регулювання ГЕН необхідно чітко усвідомлювати характер нерівномірності ГЕН, давати повну та об'єктивну оцінку цій нерівномірності.

Проте, ми бачимо, що існуюча система вирівнювання ГЕН ОЕС (постанова Постанови НКРЕ № 1262 від 04.11.2009) та існуючі показники (коефіцієнти класичної теорії) нерівномірності ГЕН не співвідносяться між собою, тобто не мають у якості спільного знаменника величин, що давали би оцінку нерівномірності ГЕН та брали участь у формуванні кінцевої добової вартості спожитої електроенергії промислового підприємства або хоча б корелювалися з цим значенням.

Крім того, сама суть критерію рівномірності ГЕН (7) згідно класичної теорії оцінки нерівномірності, суперечить підходу управління за допомогою тарифних зон, коли критерій рівномірності ГЕН визначається самими підприємствами виходячи з економічних показників вартості добового ГЕН отриманого в наслідок перерозподілу навантаження між тарифними зонами.

#### **Висновки:**

1. Для промислових підприємств основним критерієм оцінки нерівномірності свого ГЕН є загальний об'єм спожитої електроенергії в середині кожної тарифної зони (або середнє значення навантаження в кожній тарифній зоні). Лише даний показник впливає на загальну добову вартість спожитої електроенергії промислового підприємства.

2. Жоден з коефіцієнтів оцінки нерівномірності ГЕН класичної теорії не враховує поділ ГЕН на тарифні зони.

3. Управління ГЕН промислового підприємства за допомогою критерію рівномірності класичної теорії стимулює підприємство до зведення свого ГЕН до постійного у часі споживання електричної енергії, що по своїй суті суперечить діючому підходу до управління ГЕН за допомогою поділу ГЕН на тарифні зони, при якому промислові підприємства стимулюють до споживання електричної енергії по вигідним тарифам.

4. Актуальною постає задача адаптації існуючих методів оцінки нерівномірності ГЕН а також критеріїв його рівномірності та/або створення принципово нових підходів які б корелювалися зі значеннями загальної добової вартості спожитої електроенергії та тим самим мали місце практичного застосування на рівні промислових підприємств.

#### **Список літератури**

1. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.: (Экономия топлива и электроэнергии).

2. Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий.: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1981. – 360 с.

3. Ермилова А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.

4. Волобринский С.Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий. Л., «Энергия», 1976. 128 с.
5. Праховник А.В. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення // Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / Під загальною редакцією, д.т.н., проф. А.В.Праховника. - К.: Альянс за збереження енергії, 2001. - С.169-190.
6. Мальяренко В. А., Нечмоглод І. Є., Колотило І. Д.. Нерівномірність графіку навантаження енергосистеми та способи його вирівнювання // Електроенергетика. – 2011.
7. Скачок О.В., Актуальність створення сучасних методів оцінки нерівномірності електроспоживання промислових підприємств// Энергетика: экономика, технологии, экология. Спецвыпуск 2013.
8. [http://watt.at.ua/load/postanova\\_04112009\\_n\\_1262prom\\_tarifn\\_koehf/1-1-0-11](http://watt.at.ua/load/postanova_04112009_n_1262prom_tarifn_koehf/1-1-0-11). Постанова НКРЕ № 1262 від 04.11.2009.
9. [http://www.energetika.by/arch/~page\\_\\_m21=10~news\\_\\_m21=169](http://www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169). Вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми.
10. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. Энергетика України.
11. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>. Структура споживання електричної енергії по Україні

**V. Kalinchyk, O. Skachok**

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»**

**ASSESSMENT AND ANALYSIS OF EQUALIZATION LOAD SCHEDULE PRODUCTION SYSTEMS**

*Made a general analysis of Energy of Ukraine. Identified priority area in which you can achieve maximum impact with minimal cost and effort in terms of electric load leveling graphics integrated power system of Ukraine. The analysis of the existing electric load leveling graphics industry. The analysis methods for assessing the uneven schedule of electrical loads and test its uniformity. Identified a number of shortcomings in valuation as uneven schedule electrical load and the criteria for its uniformity. Corresponding conclusions.*

**Keywords:** electricity, electrical load schedule, the criterion of uniformity.

1. Gordeev VI, Peak load regulation of industrial electrical networks. - Energoatomizdat , 1986. - 184. ( Save fuel and electricity ).
2. Fedorov AA, EM Ristheyn, Electrical industrial enterprises. : Textbook for High Schools. - Moscow: Energiya, 1981. - 360.
3. Ermilova AA, Fundamentals of industrial power. - 4th ed. Rev. and add. - Energoatomizdat, 1983. - 208.
4. Volobrinisky SD, Electrical loads and balances industrial enterprises. L., "Energy", 1976, 128.
5. Prakhovnik AV, Demand Side Management: Is-sues, problems and solution methods / / Side Management : Collection Report / under the general editorship of Dr. Sc . A.V. Prahovnyka . - K.: Alliance to Save energies , 2001. - P.169 -190.
6. Malyarenko VA, Nechmohlod IE , Kolotilo ID, Uneven load demand of energy systems and how to align // Power . - 2011.
7. Skachok OV, Actuality of modern methods of assessment irregularity of Power industry/ / Energy: economy, technology, ecology. Special Issue 2013.
8. [http://watt.at.ua/load/postanova\\_04112009\\_n\\_1262prom\\_tarifn\\_koehf/1-1-0-11](http://watt.at.ua/load/postanova_04112009_n_1262prom_tarifn_koehf/1-1-0-11). NERC № 1262 from 04.11.2009 .
9. [http://www.energetika.by/arch/~page\\_\\_m21=10~news\\_\\_m21=169](http://www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169). Aligning graphics electrically second load power .
10. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. Ukraine's energy sector.
11. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>. The structure of the electricity consumption in Ukraine.

УДК 621.311.153

**В.П.Калинчик**, канд. техн. наук, доцент; **А. В.Скачок**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

**ОЦЕНКА И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

*Сделан общий анализ энергетики Украины. Выявлено приоритетную отрасль в которой можно достичь максимум эффекта при минимальных затратах с точки зрения выравнивания графика электрической нагрузки объединенной энергосистемы Украины. Проведен анализ существующей системы выравнивания графика электрической нагрузки промышленных предприятий. Проведен анализ методов оценки неравномерности графика электрической нагрузки и критерия его равномерности.*

*Выявленные ряд недостатков как в методах оценки неравномерности графика электрической нагрузки так и в критерии его равномерности. Сделаны соответствующие выводы .*

**Ключевые слова:** электроснабжение, график электрической нагрузки, критерий равномерности.

Надійшла 9.12.2013

Received 9.12.2013

УДК 622.331

В.П. Розен, канд. техн. наук, професор; Л.Я. Кулаковський  
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ ФАКТОРНОГО ПОЛЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТОРФУ В ПАРОВИХ ТРУБЧАСТИХ СУШАРКАХ

*У статті виділено сукупність досліджуваних факторів роботи парової трубчастої сушарки, що включає 33 фактори. Зменшення кількості ознак дозволить скоротити кількість проведених дослідів до прийнятної виробництвом кількості, підвищити швидкість виконання алгоритмів, зменшити загальну похибку моделі та спростити задачу математичного моделювання. Для досягнення цієї мети розроблено методикку стиснення факторного поля для вирішення завдання управління парової трубчастої сушарки за допомогою проведення експертного оцінювання та застосування нейронних мереж, що дозволило виділити основні показники процесу сушіння.*

**Ключові слова:** парова трубчаста сушарка, математична модель, факторне поле, відбір ознак, штучні нейронні мережі.

**Вступ.** На даний час підприємства України визначили курс на розвиток високих технологій, в першу чергу спрямованих на поліпшення якості кінцевої продукції, зниження її собівартості, підвищення продуктивності існуючого обладнання [1]. Зазвичай, ручне регулювання параметрів сушіння торфу, суб'єктивність у визначенні необхідних режимів, прагнення забезпечити заданий рівень тільки кінцевої вологості сушенки призводять до високих витрат енергоносіїв, низької продуктивності процесу, його пожежонебезпеки [2, 3].

Проблема відбору ознак або формування адекватного факторного поля часто виникає через те, що на етапах постановки завдання і формування даних ще не ясно, які ознаки є надлишковими або дублюють одна одну. Природне прагнення врахувати великий обсяг потенційно корисної інформації призводить до появи надлишкових (шумових) ознак [4]. Крім того, кожна ознака має свою вимірну похибку. Відбір ознак скорочує вартість збору інформації. У практичних завданнях витрати на вимірювання або обчислення окремих ознак можуть бути сумірні з вартістю втрат від помилкових прогнозів [5].

**Метою роботи** є підвищення адекватності математичної моделі процесу сушіння шляхом відбору інформативних факторів, що мають найбільший вплив на цільові функції процесу сушіння. Це дозволить знайти необхідну кількість параметрів для побудови моделі оптимальної складності.

**Матеріали і результати дослідження.** Вирішення проблеми підвищення рівня техніко-економічної ефективності процесів сушіння торфу в парових трубчастих сушарках можливе за рахунок комплексного, всебічного, багатфакторного дослідження технології, розроблення оптимальних режимів управління. Їх основу складають математичні залежності зміни техніко-економічних показників, що адекватно описують процес сушіння торфу в установках, які досліджуються.

Аналіз технологічних, фізико-механічних факторів та техніко-економічних показників дозволив виділити вхідні регульовані або керуючі параметри, вхідні нерегульовані або некеруючі параметри та вихідні техніко-економічні показники процесу сушіння торфу в паровій трубчастій сушарці (табл. 1)

Представлений перелік параметрів і вихідних цільових функцій процесу сушіння торфу передбачає отримання складних багатовимірних математичних моделей, при цьому значно збільшується число дослідів під час проведення експериментів, які в умовах діючого виробництва складно реалізувати [6]. У зв'язку з цим є актуальним завдання об'єктивного зниження кількості вхідних показників досліджуваного