

УДК 621.311.153

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ НЕРІВНОМІРНОСТІ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

В. П. Калінчик, В. П. Розен, О. В. Скачок

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»
вул. Борщагівська 115, г. Київ, 03056, Україна. E-mail: askachok@mail.ru

Проведений аналіз існуючої системи вирівнювання графіку електричного навантаження промислових підприємств. Встановлена залежність загальної вартості спожитої електроенергії за добу виключно від середнього значення обсягу електроенергії спожитої в середині тарифних зон. Запропонований підхід до аналізу графіків навантаження на базі спрощених моделей. Проведений аналіз класичного методу оцінки нерівномірності графіку електричного навантаження та критерію його рівномірності. На базі спрощених моделей проведений розрахунок класичних показників нерівномірності графіку навантаження та його економічні показники. Зроблений порівняльний аналіз класичних показників нерівномірності графіку навантаження та його економічних показників. Виявлена невідповідність між класичними показниками нерівномірності графіку навантаження та його економічними показниками. Виявлена низка 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.

АНАЛІЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. П. Калінчик, В. П. Розен, А. В. Скачок

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»
ул. Борщаговская 115, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: askachok@mail.ru

Проведен анализ существующей системы выравнивания графика электрической нагрузки промышленных предприятий. Установлена зависимость общей стоимости потребленной электроэнергии за сутки исключительно от среднего значения объема потребленной электроэнергии в середине тарифных зон. Предложен подход к анализу графиков нагрузки на базе упрощенных моделей. Проведен анализ классического метода оценки неравномерности графика электрической нагрузки и критерия его равномерности. На базе упрощенных моделей осуществлен расчет и сравнительный анализ классических показателей неравномерности графика нагрузки и его экономических показателей. Выявлено несоответствие между классическими показателями неравномерности графика нагрузки и его экономическими показателями. Выявлены 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.

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

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) [2]. Крім того, через технологічні вимоги генеруючих станцій не можливо оперативної 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.

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 наванта-

ження з одних годин доби на інші (при добовому регулюванні) [3].

Пріоритетною областю з точки зору зміни режиму роботи споживачів електроенергії є промисловість [4]. У ній можна досягнути максимального ефекту при мінімальних витратах і зусиллях.

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 проведення порівняльного аналізу показників нерівномірності існуючих методів оцінки графіку навантаження підприємства з його економічними показниками.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. 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 [5] в Україні діють тарифи наведені в табл. 1.

Як бачимо на сьогодні існують два види тарифів диференційованих за періодами часу, це двозонні та тризонні тарифи.

Таблиця 1 – Тарифи на електроенергію

Період часу	Нічний	Денний	Напів-піковий	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

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 показниками кількості спожитої електроенергії в межах окремих тарифних зон та різними показниками нерівномірності навантаження в межах даних зон [6].

У випадку двоступного регулювання, загальна вартість спожитої електроенергії за добу дорівнює:

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

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

Тобто загальна вартість спожитої електроенергії за добу залежить виключно від середнього значення навантаження (ΔP) або кількості спожитої електроенергії (W) в межах тарифних зон. При цьому кількість спожитої електроенергії дорівнює:

$$W = \Delta P t. \quad (2)$$

У випадку, коли споживання електроенергії в межах тарифних зон різних ГЕН буде співпадати (тобто $\begin{cases} W_{ніч}^1 = W_{ніч}^2 \\ W_{ден}^1 = W_{ден}^2 \end{cases}$) загальна вартість спожитої електроенергії за добу цих ГЕН також буде рівною.

Відсутність зацікавленості у регулюванні ГЕН підприємств у межах тарифних зон з боку ОЕУ обумовлюється наявністю дуже великої кількості споживачів (близько 50 тис.) [7].

У масштабах ГЕН ОЕУ будь-яка нерівномірність споживання ГЕН підприємства в середині тарифної зони згладжується за рахунок великої кількості інших споживачів.

Таким чином, подальший аналіз нерівномірності ГЕН можна проводити за спрощеною формою, де основним показником буде середнє значення навантаження або кількість спожитої електроенергії в межах кожної тарифної зони.

Перехід до спрощеної форми ГЕН, де основними показниками буде діапазон тарифних зон та кількість спожитої електроенергії в межах даних тарифних зон, дає нам набір стандартних ідеалізованих форм ГЕН.

У випадку триступного регулювання маємо сім форм ГЕН, наведених на рис. 1–7.

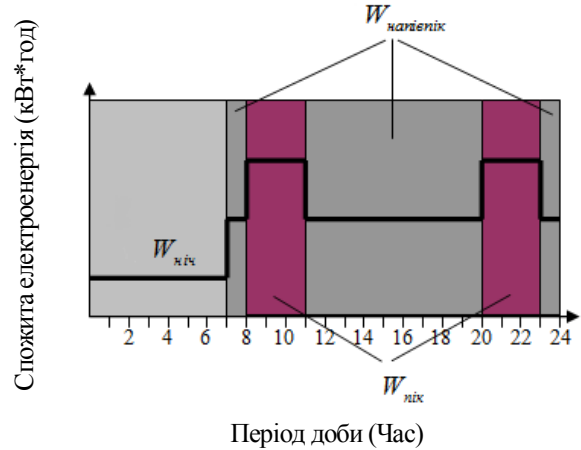


Рисунок 1 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 1 ($W_{ніч} < W_{напієвий} < W_{пієвий}$)

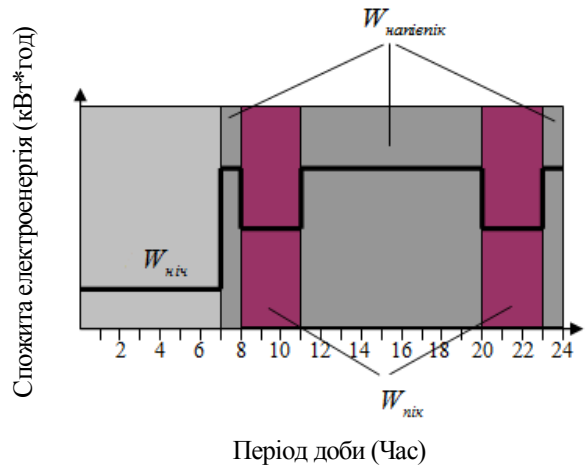


Рисунок 2 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 2 ($W_{ніч} < W_{пієвий} < W_{напієвий}$)

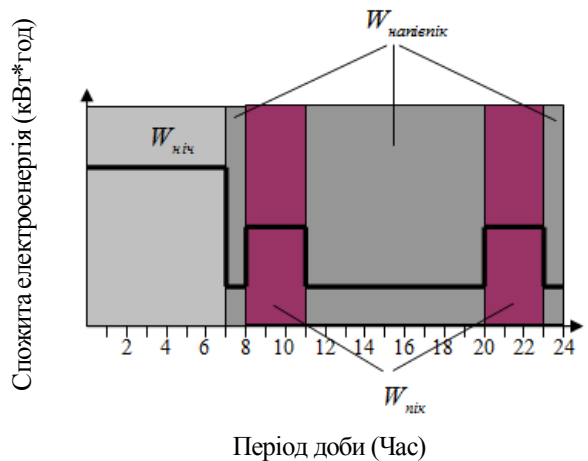


Рисунок 3 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 3 ($W_{напієвий} < W_{пієвий} < W_{ніч}$)

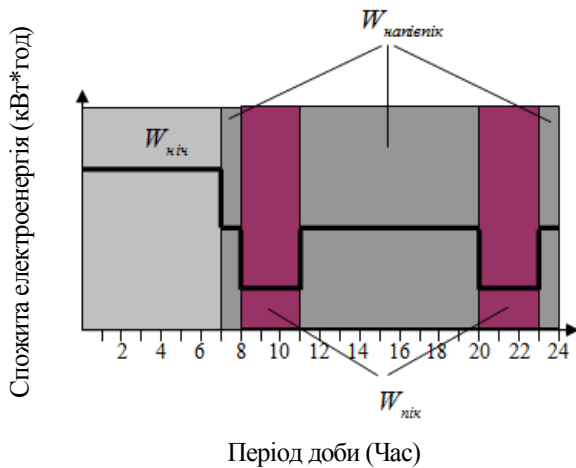


Рисунок 4 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 4 ($W_{нік} < W_{навісник} < W_{ніч}$)

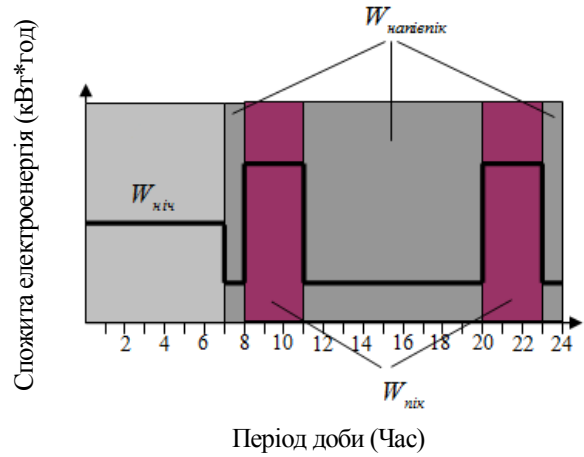


Рисунок 6 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 6 ($W_{навісник} < W_{ніч} < W_{нік}$)

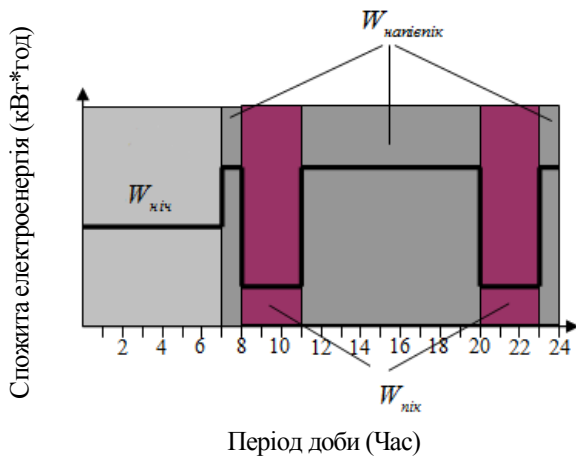


Рисунок 5 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 5 ($W_{нік} < W_{ніч} < W_{навісник}$)

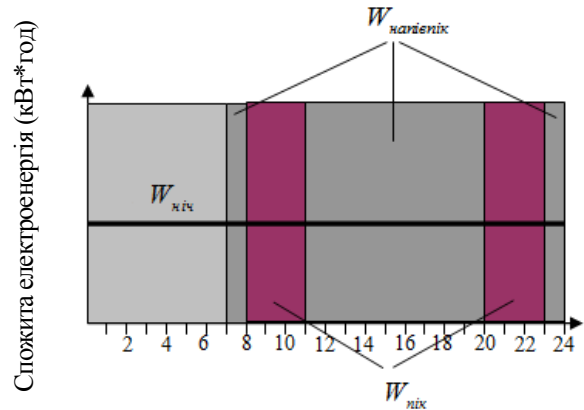


Рисунок 7 – Графічна ілюстрація спрощеної форми ГЕН № 7 ($W_{ніч} = W_{нік} = W_{навісник}$)

Розглянемо класичні показники оцінки нерівномірності ГЕН (σ , K_f , K_n , K_m , K_z) з точки зору їх фізичного значення та критерію рівномірності [8, 9, 10, 11].

Середньоквадратичне відхилення, яке називається також стандартом, визначається так:

$$\sigma = \sqrt{P_{ck}^2 - P_c^2} \quad (3)$$

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:

$$k_\phi = \frac{P_{ck}}{P_c} \quad (4)$$

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:

$$k_M = \frac{P_{max}}{P_c}, \quad k_z = \frac{P_c}{P_{max}} \quad (5,6)$$

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:

$$k_H = \frac{P_{min}}{P_{max}} \quad (7)$$

Чим менша різниця між максимальним значенням споживання та мінімальним, тим більше коефіцієнт нерівномірності буде прямувати до одиниці. 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 [12]:

$$\begin{cases} \delta \rightarrow 0; \\ K_{\phi} \rightarrow 1; \\ K_m \rightarrow 1; \\ K_z \rightarrow 1; \\ K_n \rightarrow 1. \end{cases} \quad (8)$$

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

На базі спрощених форм ГЕН тризонного регулювання розрахуємо класичні показники нерівномірності, а саме: P_c , $P_{ск}$, σ , K_{ϕ} , K_n , K_m , K_z .

Задасмо довільними значеннями годинного середнього значення навантаження підприємства в різних тарифних зонах ГЕН, при умові, що сумарне значення спожитої електроенергії різних ГЕН буде співпадати (табл. 2).

Таблиця 2 – Дані середнього годинного навантаження та сумарного значення спожитої електроенергії

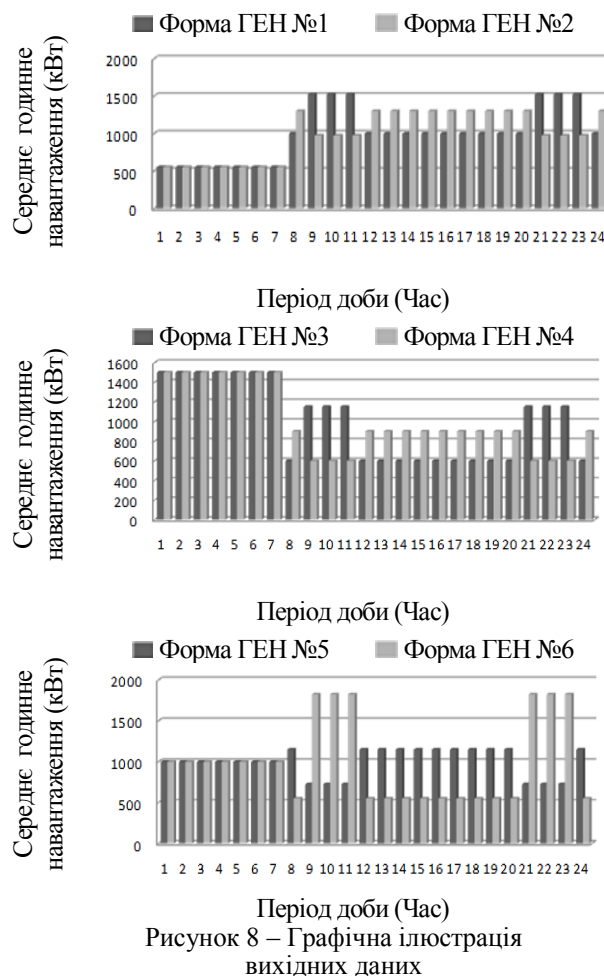
	№ години	Форма ГЕН №1	Форма ГЕН №2	Форма ГЕН №3	Форма ГЕН №4	Форма ГЕН №5	Форма ГЕН №6	Форма ГЕН №7
Середнє значення навант., кВт	1	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	2	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	3	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	4	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	5	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	6	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	7	550	550	1500	1500	1000	1000	1000
	8	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	9	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	10	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	11	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	12	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	13	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	14	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	15	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	16	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	17	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	18	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	19	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	20	1000	1300	600	900	1150	550	1000
	21	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	22	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	23	1525	975	1150	600	725	1825	1000
	24	1000	1300	600	900	1150	550	1000
ΣW (кВт год)		24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000

Обраховувавши дані з таблиці 2 за допомогою формул (3)–(7) отримаємо класичні показники нерівномірності ГЕН, що наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Розрахункові дані класичних показники нерівномірності ГЕН

Коеф. нерівномірності ГЕН	Форма ГЕН № 1	Форма ГЕН № 2	Форма ГЕН № 3	Форма ГЕН № 4	Форма ГЕН № 5	Форма ГЕН № 6	Форма ГЕН № 7
P_c (кВт)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
$P_{ск}$ (кВт)	1062	1049	1073	1057	1014	1123	1000
σ (кВт)	357	316	389	342	170	512	0
K_{ϕ}	1,062	1,049	1,073	1,057	1,014	1,123	1
K_m	1,525	1,3	1,5	1,5	1,15	1,825	1
K_z	0,655	0,769	0,666	0,666	0,869	0,547	1
K_n	0,360	0,423	0,4	0,4	0,630	0,301	1

Проаналізувавши отримані дані з табл. 3 можна побачити, що форма ГЕН № 7 дає найкращі показники розрахункових коефіцієнтів. Натомість форми ГЕН № 6, № 3 і № 1 дають найгірші результати. Це обумовлюється найбільшим відхиленням довільно взятих значень навантаження від ідеальної форми ГЕН, $P(t) = P = const$. (графічна ілюстрація даних різних моделей та відхилення форм ГЕН від ідеалізованої за класичною теорією форми наведена на рис. 8).



Проте, проаналізувавши фізичний смисл 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 частинах ГЕН.

Порівняємо отримані результати оцінки ГЕН за допомогою вище вказаних розрахункових коефіцієнтів з економічними показниками, тобто загальною вартістю спожитої електроенергії у випадку тих самих спрощених форм ГЕН з ідентичними значеннями середнього навантаження.

Взявши за основу тарифи, наведені в Постанові НКРЕ № 1262 від 04.11.2009 (табл. 1), розрахуємо загальну вартість спожитої електроенергії ГЕН, середнє значення годинних показників навантаження яких наведені в табл. 2.

Розрахунок будемо проводити за формулою:

$$\Sigma = \Delta P_{ніч} t_{ніч} K_{ніч} + \Delta P_{напієнік} t_{напієнік} K_{напієнік} + \Delta P_{нік} t_{нік} K_{нік}, \text{ де} \quad (9)$$

$$t_{ніч} = 7 \text{ год}; t_{напієнік} = 11 \text{ год}; t_{нік} = 6 \text{ год}; K_{ніч} = 0,35; K_{напієнік} = 1,02; K_{нік} = 1,68.$$

Таким чином, підставивши значення $\Delta P_{ніч}$; $\Delta P_{напієнік}$; $\Delta P_{нік}$ отримаємо наступні результати, що наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Загальна добова вартість спожитої електроенергії різних форм ГЕН

	Форма ГЕН № 1	Форма ГЕН № 2	Форма ГЕН № 3	Форма ГЕН № 4	Форма ГЕН № 5	Форма ГЕН № 6	Форма ГЕН № 7
Вартість спожитої елект. енергії (грн.)	7823	7213	6159	5549	6345	7564	6650

Як бачимо, з точки зору економічних показників, моделі № 4, № 3 дають кращі результати.

Це обумовлюється тим, що в моделях № 4 і № 3 споживання електроенергії у нічний період перевищує споживання електроенергії у періоди піку та напівпіку.

Враховуючи те, що ціна на спожиту електроенергію в нічний період значно нижче на відмінність від періодів піку та напівпіку, загальна вартість спожитої електроенергії за добу, вочевидь, зменшується.

Порівняємо економічні результати оцінки ГЕН з розрахунковими коефіцієнтами класичної теорії за допомогою таблиці 5.

Як бачимо, розрахункові коефіцієнти класичної теорії виділяють форму ГЕН № 7 як кращу, з точки зору її рівномірності, проте економічний аналіз показує, що по економічним показникам дана форма уступає принаймні трьом формам ГЕН (№ 3–№ 5).

Таблиця 5 – Порівняльна таблиця класичних показників нерівномірності ГЕН та економічних результатів оцінки

Коеф. нерівномірності ГЕН	Форма ГЕН № 1	Форма ГЕН № 2	Форма ГЕН № 3	Форма ГЕН № 4	Форма ГЕН № 5	Форма ГЕН № 6	Форма ГЕН № 7
Рс (кВт)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Рск (кВт)	1062	1049	1073	1057	1014	1123	1000
СКВ (кВт)	357	316	389	342	170	512	0
Кф	1,062	1,049	1,073	1,057	1,014	1,123	1
Км	1,525	1,3	1,5	1,5	1,15	1,825	1
Кз	0,655	0,769	0,666	0,666	0,869	0,547	1
Кн	0,360	0,423	0,4	0,4	0,630	0,301	1
Вартість спожитої елект. енергії (грн.)	7823	7213	6159	5549	6345	7564	6650

І навпроти, форми ГЕН № 3 і № 4, які є кращими за економічними показниками, з точки зору оцінки класичної теорії показують досить посередні результати, уступаючи по розрахункових показниках формі ГЕН № 1, яка має найгірші економічні показники зі всіх моделей.

ВИСНОВКИ. Таким чином, взявши до уваги те, що для промислових підприємств на сьогоднішній час основною одиницею вимірювання нерівномірності ГЕН є загальна вартість спожитої електроенергії, які підприємства сплачують згідно з приборами обліку електроенергії, оцінювання нерівномірності ГЕН підприємства за допомогою розрахункових коефіцієнтів класичної теорії з економічної точки зору є неефективним і дає скоріш хибні результати у протиставленні з економічними показниками оцінки.

Отже, дуже актуальною постає задача адаптації існуючих методів оцінки нерівномірності ГЕН а також критеріїв його рівномірності та/або створення принципово нових підходів які б давали реальну оцінку нерівномірності ГЕН в умовах поділу ГЕН на тарифні зони та мали місце практичного застосування на рівні промислових підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малярєнко В. А., Нечмоглод І. С., Колотіло І. Д. Нерівномірність графіку навантаження енергосистеми та способи його вирівнювання // Електроенергетика. – 2011. – С. 61–66.
2. An optimization mode for industrial load management / S. Ashok, R. Banerjee // IEEE Transactions on power systems. – 2001. – Vol. 16, № 4. – PP. 879–884.
3. Вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми [Електронний ресурс]: науково-виробничий журнал «Енергетика і ТЕК». –

2008. – Режим доступу: <http://www.energetika.by/arch/~pagem21=10~news m21=169>. – Назва з екрану.

4. Праховник А.В. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення // Управління енерговикористанням: збір. доповідей / Під заг. ред. д.т.н., проф. А.В. Праховника. – К.: Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 169–190.

5. Постанова НКРЕ № 1262 від 04.11.2009 [Електронний ресурс]: Нормативна база НКРЕ. – 2009. – Режим доступу: http://watt.at.ua/load/postanova_04112009_n_1262prom_tarifn_koehf/1-1-0-11. – Назва з екрану.

6. Скачок О.В. Оцінка та аналіз методів вирівнювання графіків навантаження виробничих систем // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013. – С. 38–44.

7. Енергетика України [Електронний ресурс]: Електронна енциклопедія. – 2014. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/Енергетика_України. – Назва з екрану.

8. Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи // Відновлювальна енергетика. – 2010. – №1 (20). – С. 65–70.

9. Кудрин Б.И., Стратегия электроэнергетики и стратегия электрики России до конца 21 века // Вести в электроэнергетике. – 2012. – № 3. – С. 18–29.

10. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Теплотехник, 2009. – 698 с.

11. Шкрабець Ф.П., Плешков П.Г. Основи електропостачання. – Кировоград: КНТУ, 2010. – 211 с.

12. Скачок О.В., Актуальність створення сучасних методів оцінки нерівномірності електропоживання промислових підприємств // Енергетика: економіка, технології, екологія. Спецвипуск 2013. – С. 35–40.

ANALYSIS OF THE LOAD CURVES UNEVENNESS INDICATORS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.P. Kalinchik, V.P. Rosen, O.V. Skachok

Institute of Energy Saving and Energy Management of National Technical University of Ukraine “KPI”
vul. Borshagovska 115, Kiev, 03056, Ukraine.

This paper gives an analysis of an existing electrical load curve equalization system of industrial enterprises. It demonstrates the dependence of the total cost of electricity consumed per day exceptionally from the average amount of consumed electricity in the middle of the tariff zones. Attention is also drawn to an approach to the analysis of production curves based on simplified models. Analysis of the classical method for electrical load curve irregularity assessment and the criteria of its uniformity are held. Based on simplified models the classic indicators of the load curve irregularity and its economic performance are calculated. Further the paper describes a comparative analysis of the classical indicators of load curve irregularity and its economic performance. It also reveals the difference between the classical indicators of load curve irregularity and its economic performance. A number of shortcomings both in the electricity load curve irregularity assessment methods and in the criteria for its uniformity are identified. Appropriate conclusions are drawn.

Key words: power supply, electrical load curve, the criteria of uniformity.

REFERENCES

1. Malyarenko, V.A., Nechmohlod, I.E., Kolotilo, I.D., (2011), *Power system uneven schedule load and it's aligning ways*, Electric Power Industry, pp. 61–66.

2. Ashok, S., Banerjee, R., (2001), *An optimization mode for industrial load management*, IEEE Transactions on power systems, vol. 16, NO. 4, pp. 879–884.

3. “Power system electrical schedule load alignment”, (2008), Scientific production magazine “Power and TPC”, [Electronic resource] available at: <http://www.energetika.by/arch/~pagem21=10~news m21=169>.

4. Prakhovnik, A.V., (2001), “Energy using management: problems, objectives and solution methods”, *Energy using management: Proceedings*, ed. by Prakhovnik, A.V., Energy save alliance, pp. 169–190.

5. “NERC decision № 1262 from 04.11.2009”, (2009), NERC regulatory framework, [Electronic resource] available at: http://watt.at.ua/load/postanova_04112009_n_1262prom_tarifn_koehf/1-1-0-11.

6. Skachok, O.V., (2013), “Production systems analysis methods load schedules alignment”, *Energy: economy, technology, ecology*, pp. 35–40.

7. “Ukraine's energy sector”, (2014), Online digital library, [Electronic resource] available at: http://ru.wikipedia.org/wiki/Енергетика_України

8. Rosen, V.P., Davydenko, L.V., Davydenko, V.A., (2010), “Comprehensive approach to the energy saving problem and enterprise's water supply energy efficiency evaluation as a complex system”, *Renewable Energy*, no. 1 (20), pp. 65–70.

9. Kudrin, B.I., (2012), “Electric power industry strategy until the end of the century”, *Electric power industry news*, pp. 18–29.

10. Kudrin, B.I., (2009), *Energосnabzhenie promyshlennykh predpriyatii* [Industrial enterprises power supply], Teplotekhnik, Moscow, Russia.

11. Shkrabets, F.P., Plyeshkov, P.G., (2010), *Osnovy elektropostachannia* [Basics of power supply], KNTU, Kirovograd, Ukraine.

12. Skachok, O.V., (2013), “Relevance of evaluation industrial enterprises uneven power consumption modern methods”, *Energy: economy, technology, ecology*, Special issue, pp. 35–40.

Стаття надійшла 24.01.2014.