

УДК 621.311

Кальніцький О.П., магістрант,  
Розен В.П., д.т.н., проф. керівник.

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

## КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ КІНЕТИЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

*Наведено результати досліджень керування електричним навантаженням промислових споживачів у часі з використанням кінетичних накопичувачів. Перевірено ефективність управління графіками електричних навантажень при використанні кінетичних накопичувачів енергії.*

### CONTROL OF ELECTRIC LOAD USING KINETIC ENERGY STORAGE

*Presented the results of studies of management of electric loading of industrial consumers in time with use of kinetic accumulators are resulted. The efficiency of control of electric load schedules when using kinetic energy storage devices is checked.*

**Вступ.** Добовий графік навантаження об'єднаної енергосистеми України має два піки – ранковий та вечірній, а також характеризується зниженням навантаження на систему в нічні години [1]. Вирівнювання графіку електричного навантаження сприятиме підтриманню балансу енергосистеми, заощадженню паливно-енергетичних ресурсів, зменшенню втрат електричної енергії. На практиці [2], важелів, що застосовуються на сьогодні для вирішення проблеми нерівномірності графіка електричних навантажень не вистачає. Ця проблема є актуальною для сучасного стану енергосистеми, так як є брак маневрових та мобільних джерел енергії.

**Мета та завдання.** Дослідження можливості використання кінетичних акумуляторів енергії (КНЕ) для вирівнювання графіка добового навантаження енергосистеми. Розрахунок раціональності впровадження каскаду КНЕ в енергосистему підприємства та знаходження терміну окупності.

**Матеріал та результати досліджень.** Маневрові та мобільні джерела енергії є важливою складовою для постійної та незалежної роботи підприємства та енергетичної системи всієї держави [3]. Розглянемо приклад впровадження каскаду кінетичних накопичувачів енергії на підприємстві легкої промисловості. Для розрахунку за основу візьмемо каскад кінетичних накопичувачів енергії компанії «BEACON POWER» з максимальною потужністю 98 кВт з 10 КНЕ з сумарною відданою потужністю 65 кВт до 5 год та каскад з 6 КНЕ виробництва «Amber Kinetics» 75 кВт споживання, та віддачею 40 кВт до 4 годин.

На рисунку 1 зображено графік добового споживання електроенергії підприємством в штатному режимі без впровадження каскаду кінетичних накопичувачів енергії.

Встановивши КНЕ від компанії beacon power отримуємо можливість обійти години пік вирівнявши споживання електроенергії до нічного режиму. У період з 23.00 акумулятори починають накопичувати енергію, активно споживаючи її з енергосистеми. Добове споживання електроенергії підприємством після встановлення КНЕ «BEACON POWER» зображено на рис. 2.

Максимальне споживання з урахуванням розгону маховика припадає на період з 0.30 до 1.30 години. У період з 6.00 до 11.00 система віддає накопичену енергію тим самим

згладжує стрибок споживання. Згладжування вечірнього скачка підприємство не потребує, так як робочий день закінчений.

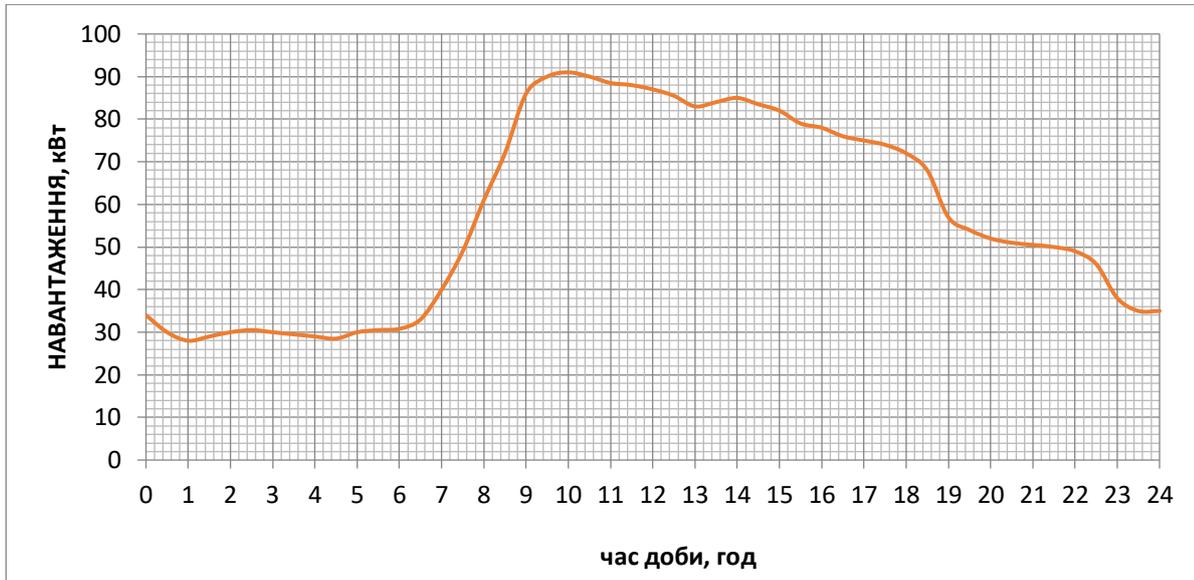


Рис. 1 – Графік добового споживання електроенергії підприємством легкої промисловості

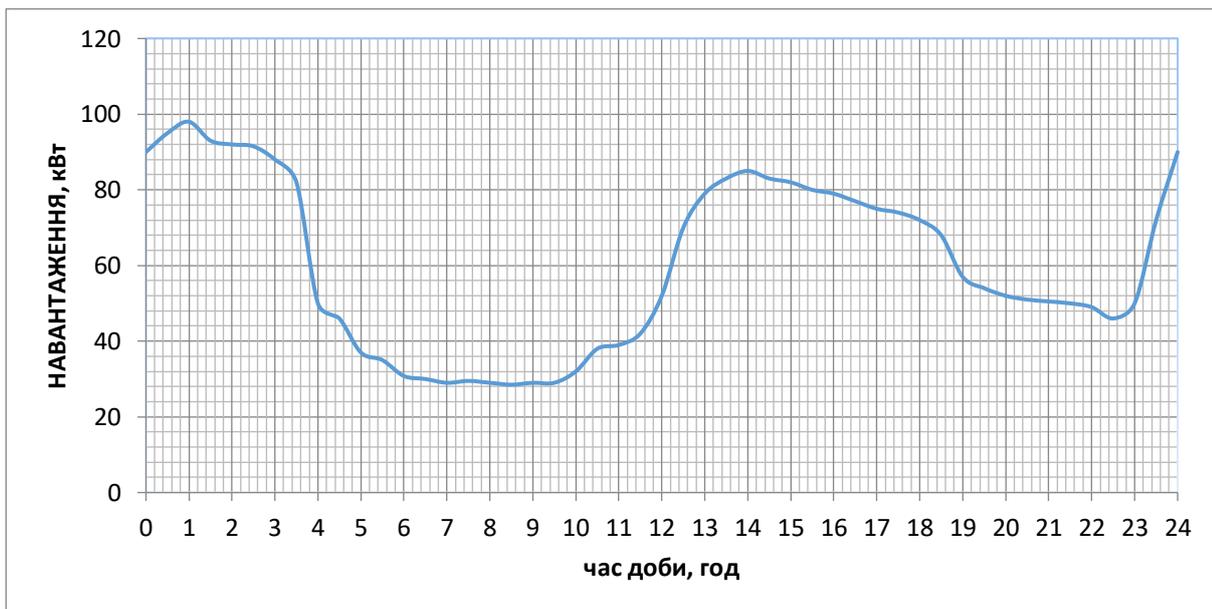
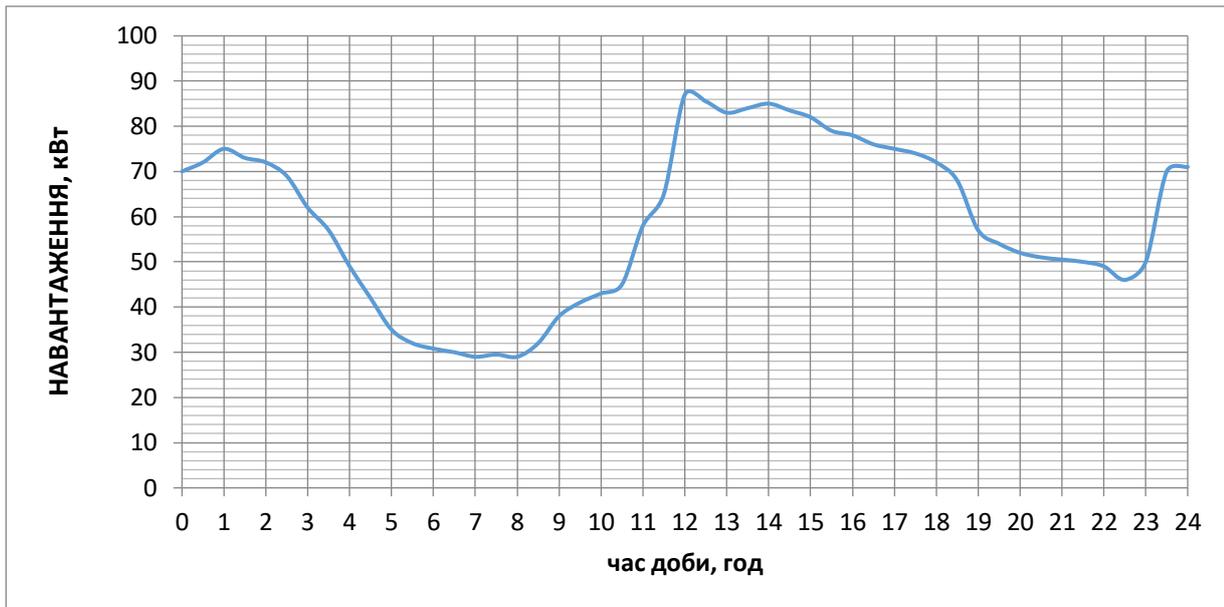


Рис. 2 – Графік добового споживання електроенергії підприємством легкої промисловості після встановлення КНЕ «BEACON POWER»

Встановивши меншу установку КНЕ «Amber Kinetics» на 6 кінетичних акумуляторів енергії отримаємо компенсацію пікового навантаження на 40 кВт та менший час дії (всього 4 години). Це не дає можливості повністю згладити стрибок споживання за той самий термін накопичення енергії. Графік добового споживання електроенергії підприємством легкої промисловості після встановлення КНЕ «Amber Kinetics» зображено на рис. 3.



**Рис. 3** – Графік добового споживання електроенергії підприємством легкої промисловості після встановлення КНЕ «Amber Kinetics»

Розрахунок економічної доцільності для підприємства

$$\Pi = a_1 \cdot W_1 + a_2 W_2 + a_3 W_3,$$

де  $a_1 = [1,68; 1,68 \cdot 0,4; 1,68 \cdot 1,5]$  – вартість електрики, [грн/кВт · год];

$W_1$  – кількість енергії, що споживається [кВт · год].

Вартість спожитої енергії без встановлення КНЕ

$$\Pi = (1,68 \cdot 0,4) \cdot 2350 + 1,68 \cdot 7820 + (1,68 \cdot 1,5) \cdot 3820 = 24345 \text{ (грн)}.$$

Вартість спожитої енергії з встановлення КНЕ від «BEACON POWER»

$$\Pi = (1,68 \cdot 0,4) \cdot 5270 + 1,68 \cdot 7520 + (1,68 \cdot 1,5) \cdot 1200 = 19199 \text{ (грн)}.$$

Вартість спожитої енергії з встановлення КНЕ від «Amber Kinetics»

$$\Pi = (1,68 \cdot 0,4) \cdot 4140 + 1,68 \cdot 7700 + (1,68 \cdot 1,5) \cdot 2150 = 21136 \text{ (грн)}.$$

Результати розрахунку економічної доцільності зображено в таблиці 1.

Таблиця 1. Економічна доцільність впровадження КНЕ на базі «BEACON POWER» та «Amber Kinetics»

	Без КНЕ	КНЕ «Amber Kinetics»	КНЕ «Beacon Power»
Вартість спожитої електроенергії	24700	21136	19199
Вартість установки		8370000	9500000
Економії в день		3564	5501
Економії в рік		1069200	1650300
Термін окупності		7,828282828	5,756529116
Термін експлуатації		до 15 років	до 15 років

**Висновки.**

1. Доведено ефективність керування графіком електричних навантажень за допомогою кінетичних накопичувачі енергії;
2. Порівнянно два накопичувача та розрахунок економічної доцільності впровадження КНЕ;
3. Головною перевагою КНЕ над іншими методами управління графіком навантажень є відсутність потреби змінювати графік роботи підприємства, відносно невелика площа розміщення, простота у використанні, автономність.

**Перелік використаних джерел**

1. ДП НЕК «Укренерго» [Електронний ресурс] / М-во палива та енергетики України. – К. : Укренерго, 2012. – Режим доступу: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/>. – Назва з екрану.
2. Находов В.Ф. Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України / В.Ф. Находов, Т.В. Яроцька, А.О. Горбоненко // Вісник Вінницького політехнічного університету. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – № 6. – С. 72 – 75.
3. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей/М-во палива та енергетики України. – К. : Укренерго, 2018.- Режим доступу: <https://ua.energy/wpcontent/uploads/2019/04/>