

Підвищення ефективності системи електропостачання шляхом встановлення установок зберігання енергії

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено комплексний аналіз застосування установок зберігання енергії для підвищення ефективності функціонування системи електропостачання. Досліджено добову динаміку цін на ринку «на добу наперед», визначено інтервали мінімальних та максимальних тарифів і сформовано оптимальні режими заряджання та розряджання УЗЕ з урахуванням цінових коливань. Виконано економічний аналіз доцільності впровадження УЗЕ та оцінено потенціал зменшення витрат на електроенергію за рахунок добового цінового арбітражу.

Ключові слова: система електропостачання, установка зберігання енергії, УЗЕ, енергоефективність, добовий ціновий профіль, ринок «на добу наперед», ціновий арбітраж, оптимізація електроспоживання.

Abstract

The paper provides a comprehensive analysis of the use of energy storage systems to improve the efficiency of the power supply system. The daily dynamics of prices on the day-ahead market were studied, the intervals of minimum and maximum tariffs were determined, and optimal charging and discharging modes for ESS were formed, taking into account price fluctuations. An economic analysis of the feasibility of implementing ESS has been performed, and the potential for reducing electricity costs through daily price arbitrage has been assessed.

Keywords: power supply system, energy storage facility, ESS, energy efficiency, daily price profile, day-ahead market, price arbitrage, electricity consumption optimization.

Вступ

У сучасних умовах функціонування енергетичних систем значне коливання споживання електроенергії та нестабільність ринкових цін створюють потребу у впровадженні ефективних рішень для балансування навантажень та оптимізації роботи електропостачальної інфраструктури. Традиційні методи регулювання, зокрема маневрування генераторними потужностями або централізоване управління споживанням, не завжди забезпечують економічну та технічну ефективність. Використання установок зберігання енергії дозволяє акумулювати електроенергію у періоди низьких тарифів і подавати її у пікові години, що забезпечує оптимізацію режимів роботи, підвищення стабільності напруги та зниження витрат на електропостачання [1, 2]. Аналіз добових цінових профілів і режимів роботи мережі є ключовим для визначення параметрів накопичувачів та режимів їх заряджання і розряджання.

Результати дослідження

В умовах функціонування сучасного ринку електричної енергії України промислові підприємства дедалі частіше стикаються з необхідністю оптимізації витрат на електропостачання в умовах погодинного ціноутворення. Для споживачів групи А, які розраховуються за погодинними цінами ринку «на добу наперед», значну частину витрат формують пікові години з підвищеною вартістю електроенергії. У зв'язку з цим актуальним є пошук технічних рішень, що дозволяють гнучко керувати споживанням та зменшувати вплив цінових коливань на загальні витрати підприємства.

Одним із ефективних інструментів підвищення економічної ефективності систем електропостачання є впровадження установок зберігання енергії. УЗЕ надають можливість акумулювати електричну енергію у години мінімальних тарифів та використовувати її у періоди пікового навантаження, реалізуючи механізм цінового арбітражу. Крім того, для активних споживачів УЗЕ створює передумови не лише для зменшення власного споживання в дорогі години, але й для продажу електричної енергії в мережу у періоди пікових цін, що додатково підвищує економічну привабливість таких рішень.

У даній роботі розглянуто підхід до підвищення ефективності системи електропостачання промислового підприємства шляхом впровадження установки зберігання енергії з урахуванням статусу активного споживача. Дослідження базується на реальних погодинних графіках електроспоживання та сезонних цінах ринку «на добу наперед», що дозволяє оцінити технічний та економічний ефект від роботи УЗЕ як у режимі покриття власного навантаження, так і у режимі відпуску електроенергії в мережу у пікові години.

Для наочності ефективності використання УЗЕ наведемо графік зміни ціни електроенергії протягом доби на основі погодинних даних купівлі-продажу на РДН за листопад 2025 року (рисунок 1) [3].

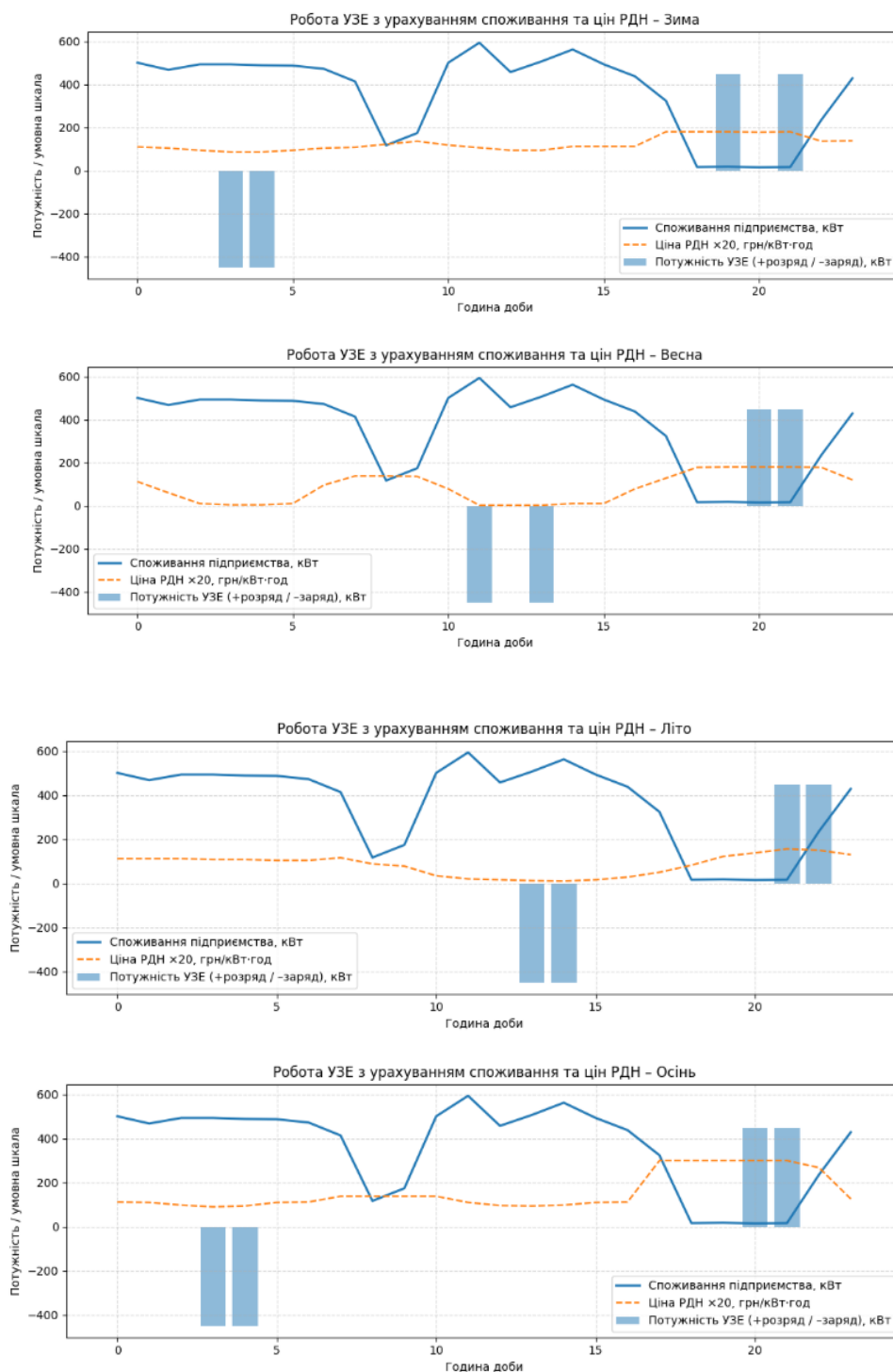


Рис. 1. Графік зміни ціни електроенергії протягом доби

Побудовані погодинні графіки відображають взаємозв'язок між профілем електроспоживання підприємства, режимами роботи установки зберігання енергії та сезонними цінами ринку «на добу наперед». Для підвищення наочності цінові криві масштабовано, що дозволяє одночасно оцінювати вплив тарифів на вибір режимів заряджання та розряджання УЗЕ.

Зимовий період. У зимовий період мінімальні значення цін РДН спостерігаються у нічні години, що обумовлює доцільність заряджання УЗЕ саме в цей часовий інтервал. Розряд установки відбувається у вечірні години, коли ціна електроенергії досягає пікових значень. При цьому УЗЕ частково компенсує споживання підприємства в

години найбільшої вартості електроенергії, що дозволяє зменшити загальні витрати без зміни технологічного режиму роботи.

Весняний період. Весняний період характеризується найбільшою диференціацією погодинних цін РДН, з наявністю годин із наднизькою вартістю електроенергії. На графіку чітко видно, що заряджання УЗЕ відбувається саме у ці часові інтервали, тоді як розряд припадає на вечірні пікові години. Такий режим забезпечує максимальний ефект цінового арбітражу та формує найбільшу добову економію серед усіх сезонів.

Літній період. У літній період спостерігається зниження цін РДН у денні години та їх зростання у вечірній час. Робота УЗЕ узгоджується з цією тенденцією: заряд здійснюється у години з мінімальною вартістю електроенергії, а розряд — у періоди підвищення цін. При цьому УЗЕ ефективно згладжує вечірні піки споживання, що сприяє зменшенню навантаження на мережу та стабілізації графіка електроспоживання.

Осінній період. Осінній період характеризується найвищими піковими цінами РДН протягом доби. На графіку видно, що розряд УЗЕ повністю співпадає з годинами максимальних тарифів, тоді як заряд відбувається у години значно нижчих цін. Це створює найсприятливіші умови для реалізації економічного потенціалу УЗЕ, а також відкриває можливість активному споживачу не лише зменшувати власне споживання, але й здійснювати відпуск електроенергії в мережу у пікові години.

Загальний аналіз графіків підтверджує, що режими роботи УЗЕ чітко корелюють з динамікою погодинних цін РДН. Установка зберігання енергії виконує функцію гнучкого елемента системи електропостачання, який дозволяє:

- мінімізувати споживання електроенергії у години максимальних тарифів;
- реалізовувати механізм цінового арбітражу;
- підвищувати економічну ефективність діяльності активного споживача;
- створювати передумови для продажу електроенергії в мережу у пікові години.

Отримані результати підтверджують доцільність впровадження установки зберігання енергії як ефективного інструменту управління електроспоживанням та витратами промислового підприємства в умовах погодинного ринку електроенергії.

Висновок

Дослідження показало, що впровадження сучасних установок зберігання енергії (УЗЕ) підвищує стабільність і надійність електропостачання та дозволяє економічно ефективно управляти споживанням електроенергії за рахунок добового цінового арбітражу. Аналіз погодинних цін на РДН підтвердив доцільність зарядки в періоди низьких тарифів і розрядки у пікові години. Разом із перевагами, такими як автоматизація та інтеграція з існуючими системами, впровадження УЗЕ обмежується високими початковими витратами, необхідністю модернізації мережі та підготовки персоналу. В цілому, використання УЗЕ забезпечує баланс між технічною надійністю та економічною вигодою, підтверджуючи їх практичну ефективність для промислових підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Блінов І. В., Трачук А. В., Парус Є. В. Дослідження режимів роботи ОЕС України з установками зберігання енергії. Технічна електродинаміка. 2020. № 4. С. 56–62.
2. Системи накопичення електричної енергії. Підручник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2020. – 219 с.
3. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/pricectr> (дата звернення 08.12.2025).
4. Установки зберігання енергії (УЗЕ) URL: <https://sunexim.com.ua/services/systemy-zberigannya-elektroenergiyi/> (дата звернення: 05.11.2025).

Засць Владислав Сергійович — студент групи ЕСЕ-24м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vladzaiets2003@gmail.com.

Міщенко Олександр Васильович — студент групи ЕМ-24м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: Лобода Юрій Васильович – Ph. D., доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: loboda@vntu.edu.ua.

Vladyslav Serhiyovych Zaiets — student of the ESE-24m group, Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladzaiets2003@gmail.com.

Oleksandr Vasyliovych Mishchenko – student of the EM-24m group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Academic supervisor: Yuriy Vasylovych Loboda — Ph.D., Associate Professor, Department of Electrical Power Systems and Energy Management, e-mail: loboda@vntu.edu.ua.