

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ЗБЕРІГАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ВІД ЗОВНІШНЬОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто технічні, енергетичні та економічні аспекти впровадження установок зберігання електроенергії (УЗЕ) на промислових підприємствах. Показано, що сучасні системи накопичення енергії є ефективним інструментом для підвищення енергоефективності, стабілізації добових енергетичних коливань, оптимізації внутрішніх енергопотоків та зниження залежності від зовнішньої електричної мережі. Проведено аналіз основних переваг УЗЕ, принципів їх роботи, технічних вимог та економічної доцільності впровадження. Встановлено, що інтеграція УЗЕ у виробничу інфраструктуру підприємства створює умови для підвищення надійності електропостачання, зменшення пікових навантажень і підвищення фінансової стабільності за рахунок оптимізації споживання електроенергії.

Ключові слова: установка зберігання електроенергії, енергоефективність, промислове підприємство, добовий енергетичний баланс, енергетична незалежність, стабілізація навантаження.

Abstract

The article considers the technical, energy, and economic aspects of implementing electricity storage facilities (ESFs) at industrial enterprises. It shows that modern energy storage systems are an effective tool for improving energy efficiency, stabilizing daily energy fluctuations, optimizing internal energy flows, and reducing dependence on the external power grid. The main advantages of ESS, their operating principles, technical requirements, and economic feasibility of implementation are analyzed. It is established that the integration of ESS into the production infrastructure of an enterprise creates conditions for improving the reliability of electricity supply, reducing peak loads, and increasing financial stability by optimizing electricity consumption.

Keywords: energy storage facility, energy efficiency, industrial enterprise, daily energy balance, energy independence, load stabilization.

Вступ

Поступове зростання частки відновлюваних джерел енергії та збільшення тарифів на електроенергію створюють потребу у впровадженні технологій, здатних забезпечити ефективне управління енергопотокami на підприємствах. Одним із ключових рішень у цьому напрямі є використання установок зберігання електроенергії (УЗЕ), що дозволяють акумулювати електроенергію під час періодів низького навантаження або високої генерації та віддавати її у години пікового споживання [1-5].

Підприємства, які використовують великі обсяги електроенергії, стикаються зі значними коливаннями навантаження протягом доби. У таких умовах впровадження УЗЕ стає стратегічно важливим для підвищення ефективності енергоспоживання та мінімізації витрат.

Результати досліджень

На сучасних промислових підприємствах часто виникають такі проблеми:

- значні добові коливання навантаження;
- пікові вечірні та ранкові навантаження, які призводять до збільшення витрат на електроенергію;
- залежність від зовнішньої електромережі та можливі перебої у живленні;
- неефективне використання енергії, виробленої власними джерелами генерації (якщо вони наявні);
- зниження надійності роботи технологічного обладнання через перепади напруги.

УЗЕ дозволяє вирішити ці проблеми шляхом оптимального розподілу енергетичних потоків.

Сучасні УЗЕ базуються переважно на літій-залізо-фосфатних (LiFePO₄) акумуляторах, що мають високу енергоемність, екологічність та тривалий ресурс роботи. Вони забезпечують швидке заряджання та розряджання, стабільні характеристики під час циклічної роботи, низькі втрати енергії при зберіганні, підвищений рівень електробезпеки.

Завдяки інтегрованим системам керування - BMS (Battery Management System) та EMS (Energy Management System) - УЗЕ можуть працювати в різних режимах:

- накопичення надлишкової електроенергії;
- покриття пікових навантажень;
- аварійне живлення;
- оптимізація роботи з різними тарифними зонами;
- стабілізація внутрішньої напруги.

Використання установок зберігання електроенергії забезпечує низку ключових переваг:

1. **Підвищення частки власного споживання.** Надлишкова генерація або енергія, закуплена за низькими тарифами, може використовуватися для покриття вечірніх піків.
2. **Стабілізація внутрішніх енергопотоків.** УЗЕ згладжує різкі зміни навантаження, що зменшує знос електрообладнання.
3. **Зменшення залежності від зовнішньої мережі.** Підприємство отримує можливість автономної роботи впродовж певного часу.
4. **Зниження витрат на електроенергію.** Використання тарифних «вікон» та оптимізація пікового споживання суттєво зменшують фінансові витрати.
5. **Підвищення енергетичної безпеки.** При аварійних відключеннях підприємство може підтримувати роботу критичних систем.

Економічний ефект від впровадження установки зберігання електроенергії формується за рахунок:

- зниження закупівлі електроенергії в години пікового навантаження;
- зменшення штрафів за перевищення договірної потужності;
- використання дешевої електроенергії нічних тарифів;
- оптимізації внутрішніх енергетичних потоків;
- уникнення втрат від простою обладнання.

У середньому строк окупності УЗЕ для промислових підприємств становить 3–5 років, залежно від режимів роботи та тарифних умов.

Добовий графік навантаження підприємства та генерації ФЕС зображено на рис.



Рис. Графіки навантаження та генерації ФЕС

Загальне добове споживання – 3 148 кВт·год.

Загальна добова генерація ФЕС – 3 281 кВт·год.

Профіцит виробітку (втрата без УЗЕ) – 363 кВт·год – це обсяг електроенергії, який не може бути використаний підприємством.

Дефіцит (закупівля з мережі) – 496 кВт·год – це мінімальна добова потреба у зовнішній електроенергії.

Небаланс електроенергії згенерованої ФЕС – $(496 / 3\,281) \cdot 100\% = 15,12\%$ - ці втрати можуть бути повністю поглинуті УЗЕ.

Проведений аналіз показує, що навіть за достатньої встановленої потужності ФЕС значна частина її потенціалу не використовується через фізичну розбіжність графіків генерації та споживання. Добовий профіцит у 496 кВт·год, який у поточній конфігурації втрачається, може бути повністю акумульований системою зберігання енергії.

Висновки

УЗЕ є важливим елементом сучасної енергетичної інфраструктури підприємств. Системи накопичення дозволяють оптимізувати взаємодію із зовнішньою електричною мережею та зменшити ризики, пов'язані з її нестабільністю. Інтеграція УЗЕ підвищує рівень енергетичної автономії підприємства та забезпечує гнучкість в управлінні споживанням. Технологія є економічно доцільною та забезпечує довгостроковий позитивний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. IEC 62933-1-1:2022 Electrical energy storage systems – Terminology.
2. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії : Закон України від 15.02.2022 р. № 2046-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2022. № 15. Ст. 85.
3. 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.
4. Розвиток систем акумулювання енергії в Україні : аналіт. записка / ГО «Діксі Груп». Київ, 2020. 34 с. URL: https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2020/06/Energy_Storage_web.pdf (дата звернення: 05.12.2023).
5. Aguilera J., Kim T. Battery Energy Storage Systems for Renewable Integration // Energy Reports, 2021.

Шкуран Анна Володимирівна – студентка групи ЕСЕ-24м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ann.shkuran@gmail.com.

Науковий керівник: **Бурбело Михайло Йосипович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Shkuran Anna Volodymyrivna – student of group ESE-24m, Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ann.shkuran@gmail.com.

Supervisor: **Burbelo Mykhailo J.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Electrical Engineering Systems of Electricity Consumption and Energy Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia