

УДК 621.311.26

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ГІБРИДНА СИСТЕМА ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ
З ФУНКЦІЄЮ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ КРИТИЧНИХ
СПОЖИВАЧІВ**

Колос Д.М. – ЕЕЕ-21001, бакалавр, 2004kolosden@gmail.com

Павленко В.М. – к.т.н., доц., v.pavlenko@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Метою роботи є розробка технічно обґрунтованого рішення щодо впровадження інтелектуальної гібридної системи зберігання енергії (СЗЕ) з функцією резервного живлення, здатної забезпечити безперервне електропостачання критичних споживачів в умовах енергетичної нестабільності. Сучасні виклики в енергетиці, пов'язані з нестабільністю централізованого енергопостачання та необхідністю інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зумовлюють підвищені вимоги до резервного електроживлення, особливо для критичних споживачів. До таких об'єктів належать медичні заклади, центри обробки даних, елементи оборонної інфраструктури, диспетчерські системи та об'єкти безпеки. Для забезпечення їхньої безперебійної роботи актуальним напрямом дослідження є впровадження інтелектуальних гібридних систем зберігання енергії (СЗЕ) з функцією резервного живлення, які здатні ефективно поєднувати швидкодію, надійність та гнучкість роботи в децентралізованих умовах.

Основною особливістю запропонованої системи є комбінована архітектура, що включає акумуляторні батареї на базі літій-залізо-фосфатної технології, суперконденсатори для миттєвої реакції на стрибки навантаження та водневі паливні елементи для тривалої автономної роботи. Такий підхід дозволяє об'єднати переваги кожної з технологій, компенсуючи їхні окремі недоліки та забезпечуючи збалансовану систему зберігання. Важливим компонентом системи є інтелектуальний модуль керування на базі прогнозної аналітики, що оперує даними про поточне енергоспоживання, стан накопичувачів, параметри навколишнього середовища та прогнози генерації ВДЕ.

У рамках проєкту було здійснено моделювання режимів роботи системи у середовищі PowerFactory, зокрема переходу з основного на резервне живлення, реакції на короточасні коливання напруги та циклів заряд/розряд. Було встановлено, що інтеграція суперконденсаторів дозволяє зменшити час реакції системи до 10–15 мс, що відповідає технічним вимогам до живлення

Платформа: ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ. ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

високочутливого обладнання. Використання водневих паливних елементів як третього компонента забезпечило тривалий режим автономної роботи – до 8 годин – без суттєвого зниження ефективності.

З метою обґрунтування ефективності рішення було проведено тестування на п'яти пілотних об'єктах різного типу: офісній будівлі, медичному центрі, приватному будинку, промисловому об'єкті та серверному центрі. За результатами випробувань, запропонована система забезпечила на 37% вищу надійність енергопостачання у порівнянні з традиційними рішеннями резервного живлення на основі лише АКБ або дизель-генераторів. При цьому ефективність використання накопиченої енергії зросла на 24% за рахунок впровадження прогнозного керування, а термін служби основних елементів системи збільшився на 18–22%.

Порівняльна характеристика систем накопичення енергії наведена в табл.1.

Таблиця 1 – Порівняння енергетичних технологій у складі гібридної СЗЕ

Технологія	Час реакції	Тривалість роботи	ККД	Термін служби	Вартість/ кВт·год
Літій-залізо-фосфат (LiFePO ₄)	0,1–0,5 с	до 4 годин	~92%	8–10 років	помірна
Суперконденсатори	<0,01 с	<1 хв	~95%	>15 років	висока
Водневі паливні елементи	10–30 с	4–10 годин	~50–60%	5–7 років	висока

Хоча комбіновані системи мають вищу початкову вартість, економічний аналіз показав зниження загальної вартості експлуатації на 18–23% протягом 10 років. Це досягається за рахунок зменшення витрат на обслуговування, підвищення енергоефективності та зниження кількості відмов.

Висновок. Таким чином, інтелектуальні гібридні СЗЕ становлять перспективний напрям розвитку автономних енергетичних систем, забезпечуючи високу надійність, адаптивність до режимів навантаження та стійкість до збоїв.

Л і т е р а т у р а

1. Колосок, С., Шимошенко, А., & Сагер, Л. (2024). ОЦІНЮВАННЯ КРАЩИХ ПРАКТИК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ІНТЕГРУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. *Економіка та суспільство*, (70). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-106>