**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ**

**СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ У СУЧАСНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ**

**PROSPECTS FOR THE USE OF COMPRESSED AIR SYSTEMS
IN MODERN ENERGY SECTOR**

Науковий керівник: доктор філософії, в.о. завідувача кафедри
теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
Марисюк Богдан Олександрович

Магістр Войченко Дмитро Ігорович

Supervisor: Ph. D., Acting Head of the Department of
Theoretical General and Nonconventional Power Engineering

Marysiuk Bohdan

Master Voychenko Dmytro

**Анотація:** Розглянуто перспективи застосування систем стисненого повітря (CAES) як ефективного способу накопичення енергії у відновлюваній енергетиці. Проаналізовано принцип роботи, типи систем, їх переваги та обмеження. Зазначено високу масштабованість і екологічність CAES, особливо в адіабатичному варіанті. Визначено потенціал технології для інтеграції з сонячними й вітровими джерелами енергії в умовах декарбонізації енергетики.

**Ключові слова:** стиснене повітря, накопичення енергії, відновлювана енергетика, енергетична ефективність.

**Annotation:** The paper explores the prospects of Compressed Air Energy Storage (CAES) systems as an effective method of energy storage in renewable energy. It analyzes the operating principles, system types, their advantages and limitations. CAES is noted for its high scalability and environmental safety, particularly in the adiabatic configuration. The technology’s potential for integration with solar and wind energy sources is emphasized in the context of energy sector decarbonization.

**Keywords:** compressed air, energy storage, renewable energy, energy efficiency.

У контексті зростаючих потреб у гнучких, масштабованих та екологічних рішеннях для зберігання енергії все більшого значення набувають системи стисненого повітря (Compressed Air Energy Storage – CAES). Вони забезпечують можливість накопичення надлишкової енергії з подальшим її використанням, особливо в умовах нестабільного виробництва електроенергії від відновлюваних джерел (сонячних та вітрових електростанцій).

Метою роботи є аналіз принципу роботи систем CAES, їх технічних характеристик, класифікації, переваг і недоліків, а також перспектив використання в сучасній енергетиці. Системи CAES є механічними установками, які акумулюють енергію шляхом стискання атмосферного повітря за допомогою електроенергії у періоди її надлишку. Стиснене повітря зберігається у підземних або наземних резервуарах і у моменти підвищеного споживання направляється до газових турбін або інших механізмів, де, розширюючись, генерує електроенергію. Цикл включає три етапи: компресію, зберігання та вивільнення енергії.

Класифікація систем CAES:

* Традиційні CAES-системи – потребують зовнішнього джерела тепла (зазвичай газ) для підігріву повітря перед подачею до турбіни;
* Адіабатичні системи (AA-CAES) – зберігають тепло, що утворюється під час компресії, в спеціальних теплових резервуарах, яке потім використовується для нагріву повітря при розширенні. Ці системи є повністю безвуглецевими;
* Ізотермічні CAES – стискання та розширення відбуваються майже за сталої температури, що знижує енергетичні втрати.

CAES-системи характеризуються широким діапазоном потужностей – від десятків до сотень мегават, часом роботи до 10 годин та реакцією на навантаження за 10–60 секунд. Тривалість служби сховищ сягає понад 30 років. ККД традиційних систем складає 40–55%, а адіабатичних – до 70%.

CAES має високу масштабованість і довговічність, низькі експлуатаційні витрати та потенціал для повної декарбонізації в адіабатичному варіанті. Разом з тим, технологія вимагає наявності геологічно придатних умов для підземного зберігання, значних капіталовкладень на початковому етапі та демонструє нижчий ККД у традиційній конфігурації. Вона малоефективна для малих об’єктів.

У контексті декарбонізації енергетики та зростання частки ВДЕ, CAES стає особливо актуальною технологією. У Європі, США та Китаї реалізуються проекти гібридних енергосистем, де CAES поєднується з сонячною або вітровою генерацією. Подальше зниження витрат на обладнання, розвиток ізотермічних та адіабатичних технологій забезпечує перспективу широкого поширення CAES в найближчі роки.

Таким чином, системи стиснення повітря – це надійна та екологічно безпечна технологія зберігання енергії, здатна ефективно вирішувати задачі балансування навантаження, забезпечення резервного живлення та інтеграції ВДЕ. При наявності відповідних геологічних умов та достатнього фінансування CAES є конкурентоспроможним рішенням на ринку систем накопичення енергії.

**Список літератури**

1. Бойко, В. С. Альтернативні джерела енергії. – Київ: Наукова думка, 2020. – 280 с.

2. Петров, І. В., Савченко, О. М. Енергоефективні технології в будівництві. – Харків: Технопрес, 2019. – 312 с.