

СТАН ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Анотація. У роботі наведено короткий огляд систем накопичення енергії (СНЕ), які знаходяться на різних етапах розробки та впровадження. Проведено аналіз технічних вимог до СНЕ, які впливають на режими роботи системи передачі. Узагальнено інформацію щодо різних технологій акумулювання енергії. На основі проведеного аналізу сформульовано рекомендації відносно ефективного застосування окремих видів накопичувачів в електроенергетиці.

Ключові слова: система накопичення енергії, технічні вимоги, накопичувач, встановлена потужність.

Вступ. Застосування систем накопичення електричної енергії створює нові можливості для підвищення якості керування електричними режимами і покращення функціонування електроенергетичних систем. На сьогодні все більше застосовуються нові типи накопичувачів енергії, які мають свої персональні набори характеристик і можуть застосовуватися в тих чи інших випадках де відповідний набір характеристик найбільш підходить для вирішення поставлених задач.

Відповідно до своїх технічних можливостей і місць підключення сформовані основні моделі застосування СНЕ в енергосистемі. Але використання СНЕ потребує відповідної підтримки на законодавчому рівні, особливо в умовах дії ринкових відносин в електроенергетичній галузі. За останні роки в нашій державі було прийнято ряд законодавчих ініціатив щодо вирішення проблеми належного фінансування проектів з СНЕ.[1]

Мета та завдання. Дослідити сучасний стан впровадження технологій зі зберігання енергії та проаналізувати нормативно правове забезпечення в Україні та світі, що регулює діяльність систем накопичення енергії.

Матеріал і результати досліджень.

Згідно даних, сьомого видання European Market Monitor on Energy Storage (EMMES), попит на сховища в Європі, останнім часом був більшим, ніж будь-коли: **близько 4,5 ГВт нових установок у 2022 році** та ще більш позитивний прогноз на **більш ніж 6 ГВт у 2023 році**.

Загальноєвропейська енергетична криза, підтримка національного уряду, зростаючий напрям розвитку проекту Front of the Meter і загальний **позитивний напрям політики на майбутнє на рівні ЄС прискорюють процеси впровадження технологій зберігання енергії.** [2]

Лідерами на світовому ринку систем накопичення виступають, Корея, Китай, США та Німеччина. Понад 60% встановленої потужності СНЕ у 2019 році. У 2021 році по всьому світу було встановлено близько 10 ГВт (22 ГВт-год) нових систем накопичення енергії, серед яких були технології літій-іонних батарей.[3]

Як показав аналіз сучасного стану впровадження технологій зі зберігання енергії, домінуючими на сьогодні є технології накопичувачів на основі літій-іонних акумуляторів.

Можна виділити наступні типи технологій які користуються популярністю:

- LFP (Літій-залізо-фосфатний) – для накопичувачів, які не вимагають видачі великої потужності в короткий проміжок (з видачею повної потужності не менше ніж за 1 годину);
- LTO (Літій-титан) – для видачі потужності на невеликих інтервалах.

NMC (Літій-нікель-марганець-кобальт-оксидний) є досить дорогим рішенням і не має явних переваг у енергетиці ні перед відносно дешевим LFP, ні перед значно дорожчими, але які мають більш унікальні властивості, LTO.

Тому на практиці, найкращим рішенням буде використовувати або одне з рішень або комбінацію (гібрид).

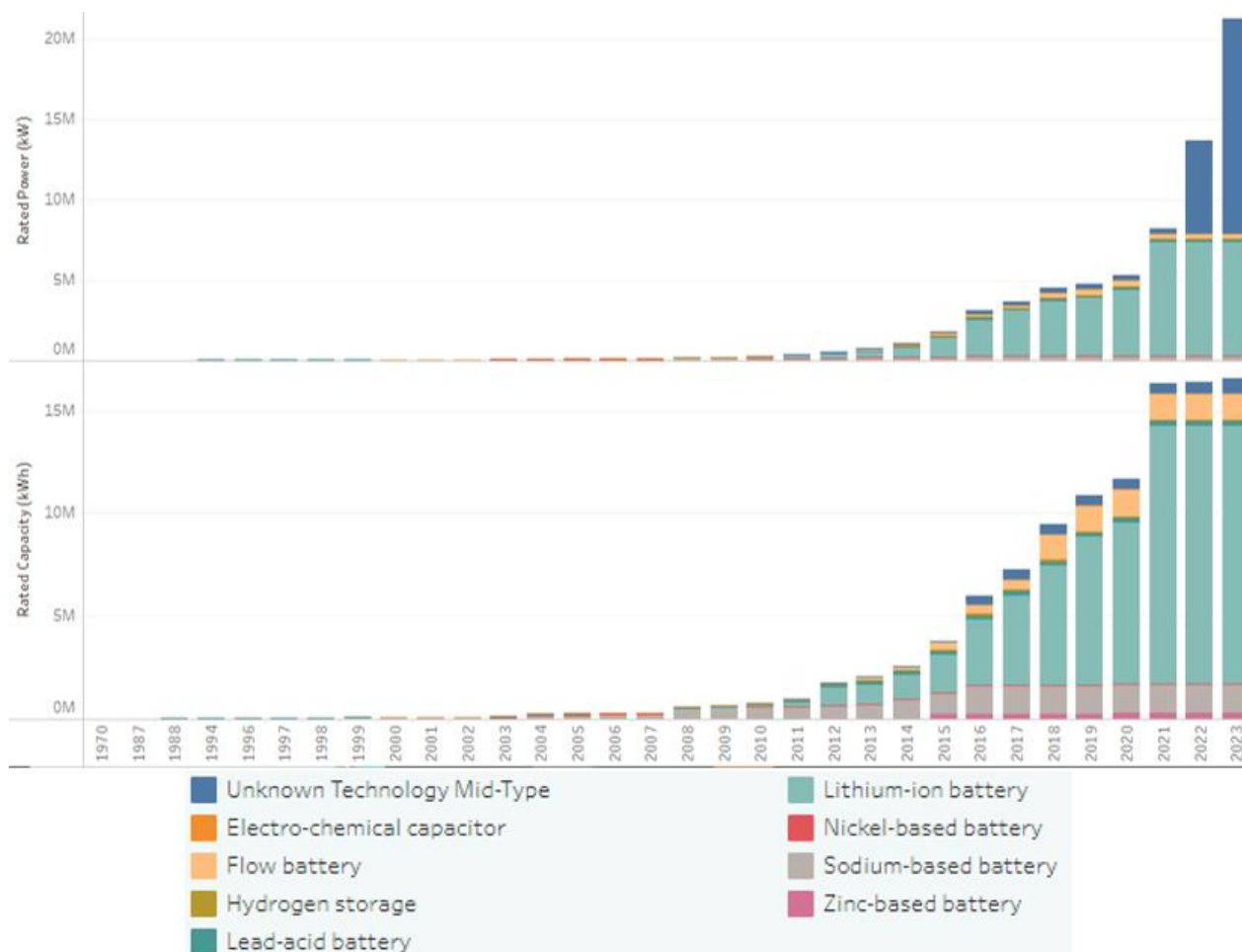


Рис. 1 – Загальна сумарна потужність СНЕ у світі за роками [4]

Враховуючи активний розвиток та впровадження технологій накопичення енергії, це потребує напрацювання нормативної бази, яка сформує правила інтеграції даних систем в енергетичні системи і забезпечить позитивний клімат для інвесторів.

Основні положення документів, наведених в таблиці 1, ставлять перед собою мету підвищення ефективності та надійності енергосистем, зменшення навантаження на електромережі, а також зменшення екологічного впливу.

Основні вимоги до систем накопичення енергії, які встановлюються нормативно-правовими актами та директивами, можна узагальнити наступним чином:

- Наявність механізмів балансування мережі, що дозволяє підтримувати стабільність роботи енергосистеми.
- Забезпечення стабільності роботи енергосистеми в умовах збільшення обсягів відновлюваної енергії.
- Забезпечення можливості регулювання потужності, що передається до мережі, залежно від потреб споживачів та стану енергосистеми.
- Мінімізація втрат енергії при зберіганні та перетворенні її з однієї форми в іншу.
- Надійність та безпека систем накопичення енергії.
- Зменшення викидів парникових газів та інших шкідливих речовин у процесі генерації та використання електроенергії.

В українському законодавстві основним документом, який направлений на врегулювання особливостей та функціонування СНЕ є постанова НКРЕКП, від 16 вересня 2021 року № 1546 «Про затвердження Змін до Кодексу системи передачі». В даному документі класифікують СНЕ за чотирма категоріями відповідно до рівня напруги їхньої точки приєднання та їхньої максимальної потужності відпуску, а саме:

- **тип А1** - точка приєднання з напругою нижче 110 кВ і $P_{\text{max.вп.}}$ до 0,1 МВт включно;
- **тип А2** - точка приєднання з напругою нижче 110 кВ і $P_{\text{max.вп.}}$ до 1 МВт включно, крім тих, що відносяться до класу А1;
- **тип В** - точка приєднання з напругою нижче 110 кВ і $P_{\text{max.вп.}}$ від 1 МВт до 20 МВт включно;
- **тип С** - точка приєднання з напругою нижче 110 кВ і $P_{\text{max.вп.}}$ від 20 МВт до 75 МВт включно;

• **тип D** - точка приєднання з напругою 110 кВ або вище. СНЕ також належить до типу D, якщо її $P_{\text{max.вп.}}$ становить вище 75 МВт.

Також визначаються технічні вимоги до СНЕ, які впливають на режими роботи системи передачі:

- технічні вимоги щодо стабільності частоти;
- технічні вимоги щодо надійності СНЕ;
- технічні вимоги щодо стабільності напруги;
- технічні вимоги щодо управління системою передачі;
- технічні вимоги щодо відновлення системи передачі.

Таблиця 1. Аналіз нормативно правової бузи, що регулює діяльність систем накопичення енергії.

Нормативно - правові документи	Вміст
Директива ЄС 2019/944 про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії, від 5 червня 2019 року.	Викладені вимоги до систем накопичення енергії в контексті забезпечення стабільності електричних мереж та забезпечення максимальної ефективності використання відновлювальних джерел енергії.
Регуляція ЄС 2019/943 про створення внутрішнього ринку електроенергії, від 5 червня 2019 року.	
Закон про зміни до законодавства США про енергетику (Energy Act of 2020), прийнятий у грудні 2020 року.	Містить вимогу до розвитку нових технологій зберігання енергії, включаючи системи накопичення, які можуть зменшити використання вугілля та інших шкідливих для навколишнього середовища джерел енергії.
Директива ЄС 2018/2001 про споживачів електроенергії, від 11 грудня 2018 року.	Наведені вимоги до систем накопичення енергії пов'язані з підтримкою розвитку "активних споживачів" електроенергії, які можуть забезпечити гнучкість та резерви у роботі енергетичних систем, включаючи системи накопичення.
Закон про відновлювану енергетику в Китаї (Renewable Energy Law of the People's Republic of China), прийнятий у травні 2021 року.	Визначає регулювання технічного з'єднання відновлюваних джерел енергії до мережі та сприяє розвитку систем накопичення енергії для забезпечення стабільності електромережі.
Закон про розвиток відновлюваної енергетики в Індії (The Electricity (Amendment) Bill, 2021), прийнятий у березні 2021 року.	Передбачає сприяння використанню систем накопичення енергії для забезпечення стабільної роботи електричних мереж та підвищення ефективності відновлюваної енергетики. Закон також надає правову базу для розвитку електромобільності та інших технологій, які можуть використовувати системи накопичення енергії.

Висновки

Встановлено, що впровадження систем накопичення енергії дають змогу забезпечити надійну роботу енергосистеми. За їх допомогою відбувається більш легка інтеграція енергооб'єктів «зеленої» генерації в енергосистему та забезпечується надійність виконання планового графіку видачі потужності в мережу.

Розробка нормативно-правових актів та інтеграція європейського законодавства в країні дозволить більш широко використовувати систем накопичення енергії, що збалансує роботу енергосистеми та підвищить стабільність електропостачання для споживачів.

Список використаних джерел:

1. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолук О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36475/1/Monohrafia.pdf>
 2. European Market Monitor on Energy Storage (EMMES 7.0) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ease-storage.eu/publication/emmes-7-0-march-2023/>
 3. Energy Transition Expertise Centre (EnTEC), Study on Energy Storage, 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/333409>
- DOE Global Energy Storage Database [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/index.html>

STATUS OF ENERGY STORAGE SYSTEMS IMPLEMENTATION

Abstract. *The paper provides a brief overview of energy storage systems (ESS) that are at various stages of development and implementation. An analysis of the technical requirements for ESS was conducted, which affects the operation modes of the transmission system. Information on different energy storage technologies was summarized. Based on the analysis, recommendations were formulated regarding the effective use of specific types of storage devices in the power industry.*

Key words: *energy storage system, technical requirements, accumulator, installed power.*