

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Савченко О. А., к.т.н., доц., e-mail: savoia@btu.kharkiv.ua

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. Сучасні тенденції розвитку багатьох галузей науки і техніки, таких як електроенергетика, електротранспорт, електророзподільні мережі, а також відновлювані джерела енергії, ставлять нові завдання щодо покращення як кількісних, так і якісних характеристик енергосистем. Одним з таких завдань є завдання запасання електроенергії для покращення показників ефективності, якості та стабільності джерел електроенергії. Методи запасання енергії розрізняються за багатьма параметрами, такими як вихідна потужність, кількість енергії, що запасасться, час зберігання, кількість циклів заряд/розряд, вартість, масогабаритні показники, а також за специфікою застосування. Все це обмежує сфери їх застосування, а також вимагає уваги при проектуванні енергосистем на їх основі.

Сучасним енергоефективним та високотехнологічним методом зберігання енергії є пристрій запасання кінетичної енергії – супермаховик [1]. Можливість використання маховиків як конкурентоспроможний пристрій зберігання енергії з'явилася порівняно недавно завдяки розробкам в галузях композитних матеріалів, магнітних підшипників, електричних машин та напівпровідникової електроніки.

Методи зберігання енергії мають свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при розробці та впровадженні систем запасу енергії для вирішення конкретних завдань. Через велику кількість специфічних особливостей супермаховиків, а також інших методів акумулювання енергії, завдання вибору оптимальної системи зберігання енергії є нетривіальною і потребує особливої уваги. Метою цієї роботи є порівняння супермаховиків з іншими методами запасання енергії за різними параметрами та аспектами використання, а також визначення оптимальних областей застосування супермаховиків.

Мета досліджень. Аналіз сучасних систем накопичення та зберігання енергії та оцінювання їх переваг та недоліків.

Основні матеріали досліджень. Технології накопичення енергії грають дедалі більшу роль в розвитку сучасних систем енергопостачання. Наприклад, загальна ємність накопичення енергії США вже перевищила 2 ГВт·ч, причому нещодавно щорічне збільшення об'єднаних сховищ енергії наблизилося до 50%. Галузь продовжує розвиватися, адаптуючись до змін енергетичного ландшафту та впроваджуючи нові технології.

Оскільки відсотковий вміст безперервної генерації енергії на основі вуглецю у структурі енергоспоживання поступається місцем менш стабільному виробництву енергії з відновлюваних джерел, накопичення енергії являє собою засіб, за допомогою якого спорадичні поставки можуть бути ефективно синхронізовані з коливаннями генерації та попиту протягом будь-якого дня.

Довгий час використання маховиків мало на меті лише забезпечення плавної роботи машин та механізмів. Найновіші розробки останніх років дозволили створити супермаховики – складні високотехнологічні пристрої, основним призначенням яких є запас енергії. Супермаховик запасасть енергію у вигляді кінетичної енергії обертання [1]. Кінетична енергія передається на маховик та від маховика за допомогою мотор-генератора – оборотної електричної машини, найчастіше вбудованої в конструкцію маховика. При роботі в режимі двигуна електрична енергія, що підводиться до статорних обмоток, створює крутий момент і збільшує швидкість обертання маховика. У режимі генератора має місце зворотний процес – перетворення кінетичної енергії обертання в генераторний момент на валу та згодом в електричну енергію. Для двостороннього обміну енергією мотор-генератор підключений до мережі за допомогою оборотного перетворювача.

Електрохімічні акумулятори є одним із найвідоміших способів зберігання енергії та широко використовуються в цій якості в різних додатках. Акумулятор є модульним, безшумним та відносно дешевим пристроєм [2]. Привабливим варіантом їх також робить невибагливість до робочого середовища, зручність та швидкість установки. Великі акумуляторні системи використовують інвертор для перетворення постійного струму акумулятора в змінний струм мережі. Загальна ефективність такої системи зазвичай перебуває у діапазоні 60–80% [2]. Відносно низька ефективність перетворення пояснюється тим, що акумулятори запасують енергію за допомогою електрохімічного процесу. Кожен цикл перетворення енергії неминуче супроводжується виділенням тепла, що зменшує ККД перетворення та вимагає контролю температури для запобігання зменшенню довговічності або термічного пошкодження акумулятора.

Суперконденсатори або іоністори є електрохімічним пристроєм, що поєднує переваги акумуляторних батарей і конденсаторів. Механізм запасання енергії суперконденсатором не включає хімічних реакцій, що робить цикл заряд/розряд більш швидким, надійним, що відрізняється від акумуляторів значно більшим життєвим циклом – до сотень тисяч циклів заряд/розряд [3]. Суперконденсатор також відрізняється стійкістю до зовнішніх впливів – температурним діапазоном від -40°C до $+65^{\circ}\text{C}$, вібраційною та ударною стійкістю. Головним недоліком та обмежувальним фактором застосування суперконденсаторів є відносно низька щільність енергії. У порівнянні з електрохімічними акумуляторами, типова щільність енергії може бути значно меншою.

Гідроакумуляуючі електростанції (ГАЕС) використовуються у всьому світі протягом більш ніж 70 років. Ці великомасштабні системи зберігання енергії є найбільш широко використовуваною технологією зберігання енергії, що використовується сьогодні [4]. Такі системи здатні запасати велику кількість енергії тривалий час при ефективності повного циклу близько 70-80%. Кількість енергії, що запасається, залежить тільки від місткості резервуара. Головним недоліком такого способу зберігання енергії є використання великих площ для створення резервуарів та необхідний перепад висот.

Висновок. У роботі розглянуто різні системи зберігання енергії, а також сучасний пристрій запасання кінетичної енергії – супермаховик. Проведено аналіз їх характеристик та порівняння специфічних особливостей застосування. З аналізу можна зробити висновок про те, що супермаховики є перспективним способом як запасання енергії, так і покращення якості та надійності електророзподільних мереж. Екологічна нейтральність супермаховиків також є важливою перевагою і в майбутньому все більше сприятиме їх поширенню, разом з відновлюваними джерелами енергії та «розумними» мережами електропостачання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Daoud M. I., Abdel-Khalik A. S., Massoud A., Ahmed S., Abbasy N.H. On the development of flywheel storage systems for power system applications: a survey. Proc. 20th International Conference on Electrical Machines, ICEM 2012. Marseille, France, 2012, pp. 2119–2125. doi: 10.1109/ICEMach.2012.6350175
2. Schinker R. B. Executive overview: energy storage options for a sustainable energy future. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, vol. 2, pp. 2309–2314.
3. Ultracapacitors [Electronic resource] Available at: <https://www.electronicstutorials.ws/capacitor/ultracapacitors.html> (accessed 9.11.2022).
4. Leonard W., Grobe M. Sustainable electrical energy supply with wind and pumped storage – a realistic long-term strategy or utopia. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, vol. 2, pp. 1221–1225.