

ЗАСТОСУВАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Наконечний В.О., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Електрична енергія, яка постачається споживачам, згідно з ГОСТ 13109-97, повинна мати певні якісні показники. До показників, що визначають якість електричної енергії належать відхилення частоти та ряд показників, що пов'язані з режимом напруги електричної мережі. Дані показники не тільки визначають якість електроенергії, а й ефективність та економічність режиму роботи мережі.

Постійна зміна навантаження споживачів призводить до безперервної зміни відхилень напруги від їх номінальних значень у вузлах електричної мережі [1]. Відхилення напруги від нормованих значень може призвести до погіршення умов експлуатації електрообладнання постачальників та споживачів. Тому наявність засобів регулювання напруги в електричній мережі є необхідною.

Нові можливості регулювання напруги в електричній мережі з'являються з впровадженням потужних накопичувачів електроенергії. За рахунок накопичення електричної енергії під час її надлишкового виробництва та видачі електроенергії під час її нестачі, накопичувачі дозволяють вирівняти графік електричного навантаження.

Мета роботи. Показати необхідність і можливість застосування накопичувачів електроенергії для регулювання напруги в електричній мережі, визначити можливості їх використання для забезпечення нормованих відхилень напруги у мережі.

Матеріали і результати досліджень. Нормально допустиме та гранично допустиме значення усталеного відхилення напруги:

$$\delta U = \frac{U - U_{НОМ}}{U_{НОМ}} \cdot 100 \%$$

на виводах споживачів електроенергії, відповідно до ГОСТ 13109-97, повинні бути рівними $\pm 5 \%$ та $\pm 10 \%$ відповідно. Однак через безперервну зміну електричних навантажень відбувається постійне відхилення та коливання напруги за дозволеними межами, що призводить до ряду негативних наслідків: зміна освітленості робочих поверхонь; погіршення технічних характеристик працюючого обладнання; підвищення питомої втрати енергії; погіршення технологічних процесів; погіршення умов праці та збільшення кількості випадків, що становлять загрозу для життя та здоров'я людей; збільшення браку та собівартості виробленої продукції тощо [2].

Тому для забезпечення потрібних техніко-економічних показників режиму роботи електричної мережі потрібно регулювати напругу.

На сьогодні застосовують наступні засоби для регулювання напруги:

- генератори на електростанціях, трансформатори з пристроями регулювання напруги під навантаженням (РПН) та без навантаження (ПБВ);
- компенсуючі пристрої, які виробляють (батареї конденсаторів, синхронні компенсатори в режимі перезбудження) та споживають (реактори, синхронні компенсатори в режимі недозбудження) реактивну потужність;
- лінійні регулятори та вольтододаткові трансформатори [1];
- накопичувачі електричної енергії (електромагнітні, механічні, теплові, хімічні та інші).

Інтеграція відновлювальних джерел енергії в електричну мережу дозволила би забезпечити регіони з обмеженими енергоресурсами відновлювальною екологічною електроенергією, знизити вироблення електричної енергії неекологічним шляхом та знизити витрати на передачу електроенергії від джерела до споживача. Однак змінний режим виробництва електричної енергії відновлювальними джерелами є однією з головних проблем для їхньої інтеграції в електричну мережу.

Найкращим вирішенням даної проблеми є встановлення потужних накопичувачів, які б могли зберігати електричну енергію з можливістю її видачі протягом тривалого часу. Оскільки в мережах необхідно регулювати енергетичні потоки величиною в десятки або й сотні МВт, доцільним є використання потужних накопичувачів. Встановлення таких пристроїв в мережах, які містять відновлювальні джерела енергії, дозволить забезпечити безперебійне електропостачання та потрібну якість електроенергії, зниження коливань потужності, вирівнювання змінних графіків роботи.

Продемонструємо графік електричних навантажень при наявності накопичувача енергії та при його відсутності (Рисунок 1):

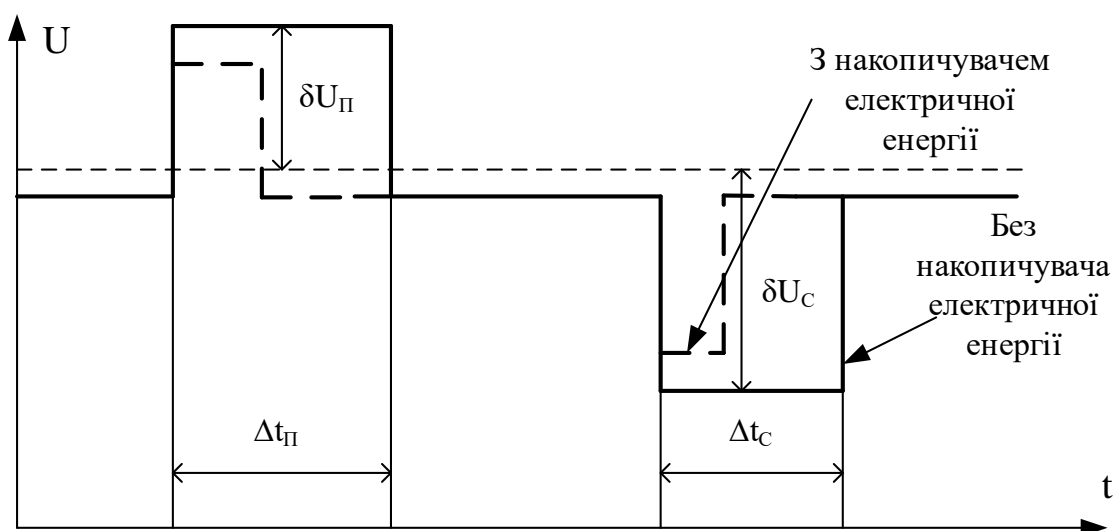


Рисунок 1 – Графік електричних навантажень

δU_C – величина спаду напруги; δU_{II} – величина підйому напруги

Δt_C – час, протягом якого відбувся спад напруги;

Δt_{II} – час, протягом якого відбувся підйом напруги

Для вирівнювання графіку навантаження, накопичувач енергії повинен віддавати накопичену потужність під час пікових навантажень, а в періоди, коли навантаження падає – накопичувати та зберігати енергію.

Накопичувачі електричної енергії з'єднуються з ЕЕС двома способами – шунтова або лінійна схема підключення (Рисунок 2 А), Б)):



Рисунок 2 – Схема підключення накопичувача електричної енергії

При послідовному підключенні накопичувача енергії до мережі через накопичувач передається електрична енергія споживачу та одночасно відбувається її накопичення [4].

До основних видів накопичувачів електричної енергії належать: кінетичні накопичувачі (маховики), суперконденсатори, надпровідникові індуктивні накопичувачі та акумуляторні батареї великої потужності. Розглянемо більш докладно принципи роботи та область застосування кожного з них.

Кінетичні накопичувачі. Принцип дії махового накопичувача оснований на перетворенні кінетичної енергії в електричну та навпаки. При його заряді йде розкручення масивного колеса до високої швидкості. Висока маса потрібна для збереження накопиченої енергії протягом тривалого проміжку часу за рахунок інерції. При розряді кінетичний накопичувач обертає привод генератора до моменту поки втрати на тертя і перетворення кінетичної енергії в електричну повністю не погасять цю інерцію. Даний вид накопичувачів доцільно використовувати в системах з вітровими джерелами енергії.

Суперконденсатори. Даний імпульсний електричний пристрій виконує накопичення електроенергії електростатичним шляхом, поляризуючи розчин електроліту. Суперконденсатори є накопичувачами короткого часу, вони мають компактні розміри, просту конструкцію та більший термін експлуатації, ніж у звичайних конденсаторів. Доцільно їх використовувати в гібридних схемах з акумуляторами. Такі системи використовують для підвищення якості електричної енергії, яку вироблено традиційними електроустановками та електроустановка на базі ВДЕ.

Надпровідникові індукційні накопичувачі. Даний пристрій накопичує енергію магнітного поля, яку створив струм, що циркулював у надпровідній котушці. Накопичена енергія зберігається протягом тривалого часу та може миттєво бути видана в мережу по необхідності. Перевагами його є швидкодія, велика вихідна потужність та великий ККД. Вище зазначений накопичувач найкраще використовувати в мережах, в яких є різко змінне навантаження.

Акумуляторні батареї великої потужності. Даний пристрій представляє собою з'єднання двох і більше акумуляторів, які використовуються як джерело електричної енергії. При його заряді електрична енергія електрохімічним шляхом перетворюється хімічну. При розряді накопичена енергія видається в процесі оберненої реакції. До таких накопичувачів належать: свинцево-кислотні, нікель-кадмієві та нікель-металогідридні та літій-іонні акумулятори. Через швидке введення в роботу, відносно низьку ціну та високу надійність доцільно їх застосовувати для забезпечення безперебійного електропостачання 1-ї категорії [3].

На сьогодні є досить актуальною тема впровадження накопичувачів електричної енергії, оскільки їхнє розповсюдження може призвести до суттєвих змін на ринку електроенергії. Основними факторами, що розвивають ринок накопичувачів ЕЕ є збільшення частки ВДЕ в структурі генерації, зниження витрат на підвищення виробництва, вдосконалення електромереж, фінансові стимули, прагнення до автономності. Основними перешкодами для поширення ринку електричних накопичувачів є занадто великі ціни, застаріла регуляторна практика та структура ринку, розмитість визначення накопичувача енергії та дефіцит стандартів. Підвищує популярність даних пристроїв те, що збереження електричної енергії не обмежується тільки інтеграцією допуску до енергії сонця та вітру, а й дозволяє підвищити ефективність та стабільність всієї системи, не залежно від джерела генерації [5].

На даний момент встановлена потужність накопичувачів енергії в світі становить близько 122 ГВт. Найбільшого поширення вони отримали в США - близько 20% від всієї встановленої потужності накопичувачів в світі. Крім цього, в США найбільша потреба в накопичувачах - згідно з розрахунками НДІ Електроенергетики США (EPRI), поточні потреби північноамериканського ринку в стаціонарних накопичувачах енергії вартістю до 500 дол. США / 1 кВт * год становлять близько 34 ГВт [6].

Таблиця 1 – Приклади застосування накопичувачів електроенергії у світі [6]

Країна	Виробник накопичувача	Застосування	Потужність накопичувача
Чілі	A123 Systems	Регулювання частоти	12 МВт
США	A123 Systems	Регулювання частоти	2 МВт
США	Altair Nano	Резервування	1 МВт
США	-	Регулювання частоти	1 МВт
Данія	-	Smart Grid	15-120 кВт
Японія	NGK	Інтеграція з ВДЕ	34 МВт
Японія	NGK	Інтеграція з ВДЕ	1.5 МВт
Німеччина	NGK	Інтеграція з ВДЕ	2 МВт

Батарейні накопичувачі можуть зіграти важливу роль в зміні структури накопичувачів електричної енергії. Вони мають переваги в їх використанні для регулювання напруги в ЕЕС, а також в можливостях їх відносно швидкого виробництва та побудови установок різної потужності. Крім цього від розвитку батарейних накопичувачів залежить перспектива розвитку електромобілів, які на сьогодні стрімко поширюються у світі [7].

Висновки. Необхідність безперебійного електропостачання та високої якості електроенергії потребує регулювання напруги в електричній мережі. Накопичувачі електричної енергії мають великий діапазон енергоємності та високу швидкодію, тому вони можуть використовуватися як для вирівнювання графіків навантаження і регулювання напруги, так і для підвищення надійності та стійкості ЕЕС а також для інтегрування ВДЕ в електричну мережу.

Перелік посилань

1. Костин, В.Н. Электропитающие системы и электрические сети: учебно-методический комплекс (учебное пособие) / В.Н. Костин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – с. 104-106
2. Карташев, И. И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / И. И. Карташев. – Москва : Издательство МЭИ, 2000. – с. 57-61
3. Накопители электрической энергии для их использования в энергоустановках на возобновляемых источниках энергии (учебно-методический комплекс для специальности 140202 – Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии), Москва 2012
4. Астахов, Ю. Н. и др. Накопители энергии в электрических системах: Учеб, пособие для электроэнергетических спец. вузов/ Ю. Н. Астахов, В. А. Веников, А. Г. Тер-Газарян. - Москва: Высш. шк., 1989. – с. 43
5. Challenges and opportunities in global battery storage markets [Electronic resource]. - Access mode: <https://www2.deloitte.com/by/en/pages/energy-and-resources/articles/gx-global-energy-storage-renewable-energy-storage.html>
6. Мировой рынок накопителей энергии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mig-energo.ru/kineticheskie-nakopiteli-energii/mirovoj-rynok-nakopitelej-energii/>
7. Накопители в электроэнергетике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/16882.pdf> - с. 16