

Мирутенко П.П., аспірант
Лістовщик Л.К., канд. техн. наук
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ГРАВІТАЦІЙНІ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

У статті розглянуто обладнання для гравітаційного зберігання енергії, як ключового елемента ланцюга електропостачання. Необхідність зберігання енергії виникла на початку створення мереж, а при їх активному розвитку, необхідність тільки зростає.

За останні роки найбільший вплив на розвиток гравітаційного зберігання енергії спричинило збільшення вимог до норм викидів парникових газів в атмосферу, які безпосередньо впливають на екологічність генерування електроенергії за допомогою паливних енергоносіїв.

Результати, отримані в статті, дозволять визначити необхідність використання того чи іншого виду гравітаційного накопичувача в залежності від особливостей проектування енергосистеми або модернізації наявної, що дає можливість для раціонального накопичення, зберігання та віддавання електроенергії в мережу.

Ключові слова: гравітаційний накопичувач енергії, генерування, енергосистема, енергоспоживання.

Вступ. При експлуатації електромереж потрібно постійно контролювати співвідношення між генерацією та споживанням електроенергії задля забезпечення стабільності енергосистеми. Дві складові, які характеризують генерацію та споживання, повинні бути максимально збалансовані, це попит та пропозиція. Попит електроенергії можна передбачити, вранці та ввечері - зростання, вдень - більш лінійне, а в ночі – зниження споживання, виходячи з цього, енергосистема повинна бути максимально гнучка. Гнучкість забезпечують системні оператори, які в залежності від попиту регулюють вихідну потужність.

Забезпечити стабільності роботи в години пік можливо досягти за допомогою гравітаційних накопичувачів енергії, які можуть миттєво відреагувати на дефіцит потужності та почати віддавати електроенергію в мережу.

Мета та завдання. Метою роботи є аналізування різних видів гравітаційних накопичувачів енергії та можливості застосування в системі електропостачання.

Відповідно до поставленої мети, повинні бути вирішені наступні задачі:

1. Типізувати інформацію про гравітаційні накопичувачі енергії.
2. Визначення особливостей гравітаційних накопичувачів, їх види та принцип дії.

Матеріал і результати досліджень

Гравітаційний накопичувач енергії являє собою обладнання, яке працює за рахунок зберігання потенційної енергії. Принцип дії досить простий, в години низького попиту, накопичувач використовує електроенергію з мережі для підняття вантажу, а в години високого попиту, вивільняє збережену енергію шляхом опускання вантажу, в цей час електродвигуни працюють в режимі генератора та стабілізують енергосистему. Поєднання гравітаційного накопичувача разом з відновлювальними джерелами енергії дає суттєвий ефект для енергосистеми, наприклад сонячні панелі генерують максимальну потужність вдень, коли споживання помірне, то енергію можливо використати для «заряджання» гравітаційного накопичувача, такий ж приклад використання в поєднанні з вітряками, потужний вітер може бути в будь яку пору доби, тому важливо з максимальною ефективністю використати генеруючу енергію.

Нижче представлені концепти гравітаційних накопичувачів енергії:

1) *Гравітаційний накопичувач енергії від компанії Energy Vault [1]*

Відділ розробки компанії Energy Vault представив власне запатентоване рішення для концепції використання гравітації та потенціальної енергії, зображено на рис.1. Принцип роботи полягає в підйомі та опусканні композитних блоків для зберігання та розподілу електроенергії. Також вони

пропонують автономну координацію збалансованого накопичення та розподілу електроенергії для мережі.

До основних характеристик накопичувача можна віднести:

- довга тривалість (можливість зберігання енергії від 2 до 18 годин з ефективністю понад 80%);
- довговічність (використання мобільного композитного блока);
- інтегрованість (швидка інтеграція в мережу та можливості підключення відновлювальних джерел енергії);
- економічність (можливість використання більшості компонентів місцевого виробництва, що дає економічний ефект для тієї місцевості, де здійснюється впровадження проекту);
- екологічність (використання перероблених відходів для виготовлення композитних блоків).

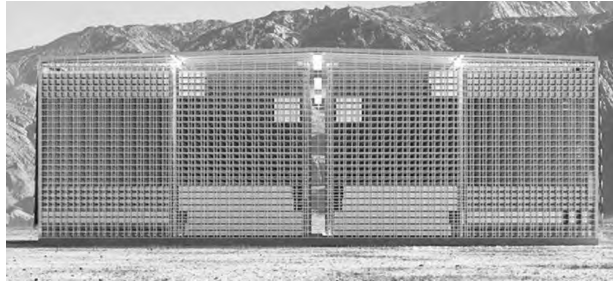


Рисунок 1 – Гравітаційний акумулятор [1]

2) Гравітаційний накопичувач енергії від компанії ARES North America

Компанія представила проект по накопиченню енергії - технологія ARES (англ. Advanced Rail Energy Storage) [2], на рис.2 зображено концепт накопичувача, який використовує залізничні колії та мобільну генеруючу платформу, яка рухається по них. Принцип роботи повторює попередній зразок, описаний в даній статті, але в даному випадку використовується похилий схил. Перевагами даної технології є висока ефективність системи, швидка реакція на дисбаланс в мережі та можливість застосування в засушливих районах. До недоліків можна віднести використання досить великої площі території.

До основних характеристик накопичувача можна віднести:

- ефективність (складає понад 85%);
- довговічність (термін експлуатації 20-40 років, мінімальний знос матеріалів);
- надійність (тривалість безвідмовної роботи більше 95%, негорючість матеріалів)
- гнучкість (тривалість від 15 хв. до 12 годин);
- інтегрованість (поєднання роботи разом з відновлювальними джерелами енергії).
-



Рисунок 2 – Технологія ARES [2]

3) Гравітаційний накопичувач енергії від компанії Gravitricity

Реалізований демонстраційний проект (рис.3, а) від компанії, установка включає в себе чотириох поверхову шахту ліфта, генеруюче та талеве обладнання, троси тощо.

Принцип роботи максимально схожий з проектом від компанії Energy Vault, але в даному випадку використовується тільки одна шахта. Вантаж вагою близько 50 тон рухається до гори при зберіганні енергії, а вниз при віддаванні в мережу. Короткострокова потужність може сягати до 250 кВт протягом 11 с., але з меншою швидкістю опускання відповідно і нижче вивільнена потужність [3].

4) Також від даної компанії є ще один концепт гравітаційного накопичувача (рис.3, б), всі попередньо розглянуті накопичувачі включають в себе розміщення на поверхні землі, а цей

використовує підземний простір. Використання підземного простору дає велику перевагу перед іншими накопичувачами, так як можуть бути використані шахтні стволи на законсервованих шахтах [4].

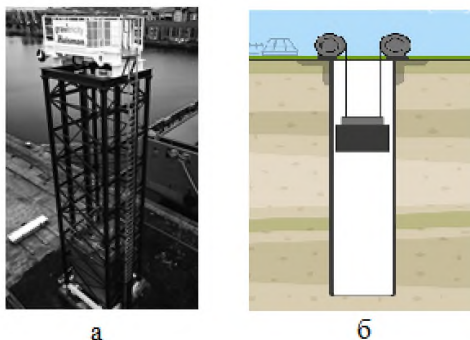


Рисунок 3 – Гравітаційний накопичувач

Висновки. Система гравітаційного накопичення енергії забезпечує та підвищує стабільність енергосистеми, має можливість інтеграції для відновлювальних джерел енергії, чим самим підвищується ефективність самого накопичувача. Відсутність в необхідності використання викопних ресурсів, відмінно впливає на екологічність даної системи, а також використання композитних блоків від компанії Energy Vault.

Кожне рішення представлене в статті може бути застосовано та інтегровано до будь-якої енергосистеми в залежності від таких характеристик: потужність; швидкість реагування; місцевість для використання а також гнучкість інтеграції.

Розвиток накопичувачів гравітаційного типу дозволить створити надійну та ефективну мережу систем з накопичення, яка зможе максимально швидко або стабільно довго адаптуватись до змін в енергосистемах, забезпечуючи пропозицію на рівні попиту.

Список використаних джерел

1. Energy Vault [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.energyvault.com/ides>
2. Gravity energy storage [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://habr.com/en/post/377425/>
3. Gravity-based batteries try to beat their chemical cousins with winches, weights, and mine shafts [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.science.org/content/article/gravity-based-batteries-try-beat-their-chemical-cousins-winches-weights-and-mine-shafts>
4. Gravity storage [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://graviticity.com/technology/>