**В. Калінчик, О. Алгаєв**

**(Київ, Україна)**

**РОЛЬ ГРАВІТАЦІЙНИХ АКУМУЛЯТОРІВ У РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Проблема ефективного зберігання енергії є однією з найактуальніших у сучасному світі, особливо в контексті переходу до відновлюваних джерел енергії. Сонячні та вітрові електростанції виробляють електроенергію нестабільно, залежно від погодних умов. Для забезпечення безперебійного енергопостачання необхідні ефективні системи накопичення енергії.

Гравітаційні акумулятори пропонують інноваційне рішення цієї проблеми. Їхній принцип роботи заснований на перетворенні електричної енергії в потенціальну енергію шляхом підняття важких вантажів на певну висоту. Коли виникає потреба в електроенергії, вантажі опускаються, приводячи в дію генератор.

Актуальність гравітаційних акумуляторів для України зумовлена наявністю сприятливих умов для розвитку відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова. Для ефективного використання енергії, виробленої цими джерелами, необхідні системи зберігання. Крім того, географічні особливості нашої країни, зокрема перепади висот у різних регіонах, створюють сприятливі умови для будівництва гравітаційних акумуляторів. А розвиток власних технологій зберігання енергії дозволить зменшити нашу залежність від імпорту енергоресурсів та підвищити енергетичну безпеку країни підвищити

**Принцип роботи гравітаційних акумуляторів**

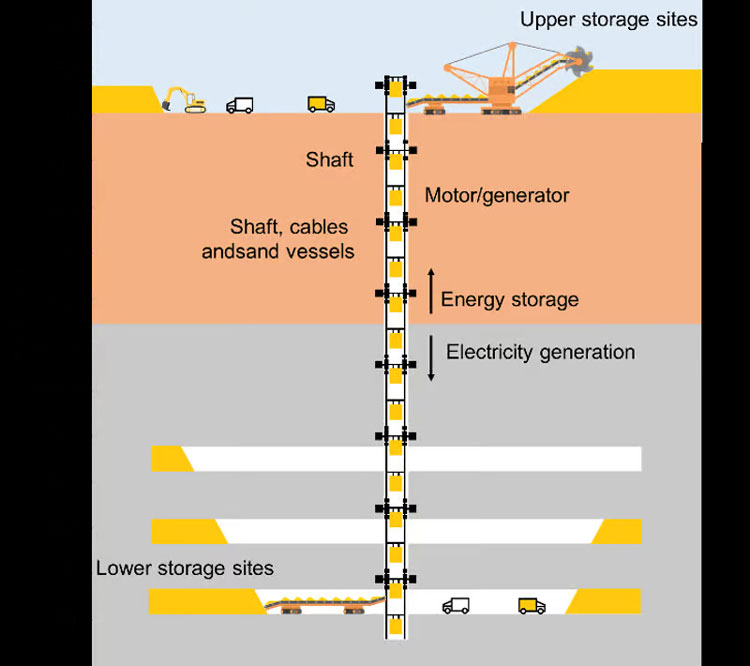
Гравітаційний акумулятор складається з декількох основних елементів:

* Шахта або колодязь: Вертикальна конструкція, в якій рухається вантаж.
* Вантаж: Масивний об'єкт, який піднімається і опускається.
* Електродвигун/генератор: Перетворює електричну енергію в механічну під час підйому вантажу та навпаки – під час його опускання.
* Система управління: Контролює роботу всіх елементів акумулятора.



**Процес роботи:**

1. Накопичення енергії: Під час надлишку електроенергії в мережі, електродвигун використовує цю енергію для підняття вантажу на висоту. Потенціальна енергія вантажу пропорційна його масі та висоті підйому.
2. Вивільнення енергії: Коли виникає дефіцит електроенергії, вантаж опускається під дією сили тяжіння, приводячи в дію генератор, який виробляє електричну енергію.



**Переваги:**

* Висока ефективність: ККД гравітаційних акумуляторів може досягати 80-90%.
* Довгий термін служби: Відсутність рухомих частин, крім вантажу, забезпечує високу надійність і довгий термін експлуатації.
* Екологічність: Не використовують шкідливих речовин, не створюють відходів.
* Масштабованість: Можуть бути побудовані різного розміру, від невеликих систем для домашнього використання до великих промислових комплексів.

**Недоліки:**

* Висока вартість будівництва: Потребують значних інвестицій на початковому етапі.
* Обмежена швидкість заряджання/розряджання: Швидкість підйому і опускання вантажу обмежує швидкість заряджання і розряджання акумулятора.
* Високі вимоги до рельєфу місцевості: Найкраще підходять для районів з перепадами висот.

**Порівняння з іншими технологіями:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Гравітаційні акумулятори** | **Літій-іонні батареї** | **ПГА(насосні гідроакумулюючі станції)** |
| Екологічність | Висока | Середня | Висока |
| Довговічність | Висока | Середня | Висока |
| Швидкість заряджання/розряджання | Середня | Висока | Середня |
| Вартість | Висока (початкові інвестиції) | Середня | Висока (початкові інвестиції) |

**Стан та перспективи в Україні**

В Україні існують всі передумови для розвитку гравітаційних акумуляторів:

* Наявність відповідних географічних умов: Закинуті шахти, кар'єри, природні улоговини можуть бути використані для будівництва гравітаційних акумуляторів.
* Потреба в енергетичній безпеці: Розвиток вітчизняних технологій зберігання енергії сприяє енергетичній незалежності України.
* Підтримка держави: Державна політика в галузі енергетики може стимулювати розвиток цього напрямку.

**Можливі напрямки розвитку:**

* Використання закинутих шахт: Глибокі шахти можуть бути переобладнані під великомасштабні гравітаційні акумулятори.
* Створення невеликих локальних систем: Для забезпечення енергонезалежності віддалених населених пунктів.
* Інтеграція в енергетичну систему: Гравітаційні акумулятори можуть стати важливим елементом енергетичної системи України, забезпечуючи балансування виробництва і споживання електроенергії.

Реалізація проектів з будівництва гравітаційних акумуляторів в Україні стикається з низкою викликів. По-перше, це значні фінансові витрати, необхідні для спорудження таких об’єктів. По-друге, відсутність чіткої нормативно-правової бази ускладнює розвиток цього напрямку, оскільки для стимулювання інвестицій та забезпечення безпечної експлуатації таких систем потрібні відповідні законодавчі акти. Крім того, відчувається гостра нестача фахівців, які мають досвід у проектуванні та обслуговуванні гравітаційних акумуляторів.

**Висновки**

Гравітаційні акумулятори представляють собою перспективну технологію для зберігання енергії, яка може значно покращити ефективність використання відновлюваних джерел енергії в Україні. Їхні переваги, такі як висока ефективність, довговічність і екологічність, роблять їх привабливими для інвесторів.

Щоб гравітаційні акумулятори успішно розвивалися в Україні, необхідно створити сприятливі умови для інвестицій у цю галузь. Також важливо розробити довгострокову державну програму, яка підтримуватиме розвиток цих технологій.

Співпраця з науковими установами дозволить створювати нові, ефективніші рішення, а підготовка кваліфікованих кадрів забезпечить безперебійну роботу та подальший розвиток цієї сфери.

Розвиток гравітаційних акумуляторів допоможе Україні стати більш енергонезалежною країною, зменшити залежність від імпорту енергії та збільшити використання екологічно чистих джерел енергії.Реалізація цих заходів дозволить Україні стати лідером у галузі розвитку гравітаційних акумуляторів та забезпечити енергетичну безпеку країни.

**Література:**

1. Gravitational storage: Old and new technologies for storing electricity. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.enel.com/company/stories/articles/2024/03/gravity-storage.
2. Malayil, J. Two massive gravity batteries are nearing completion in the US and China. .[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://interestingengineering.com/innovation/two-massive-gravity-batteries-are-nearing-completion-in-the-us-and-china>.
3. Із занедбаних шахт вчені запропонували зробити гравітаційні акумулятори. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vsviti.com.ua/news/146203>.