

Використання блокчейн технології в локальній електричній мережі з модульною сонячно-вітряною електростанцією

Давно відомі блочні електростанції та котельні, змонтовані на базі побутових вагончиків або контейнерів. Їх перевагами, у порівнянні зі звичайними електростанціями та ТЕЦ, є простота розгортання та значно менша вартість виготовлення в порівнянні з будівництвом.

Такі електростанції використовуються як основні або резервні джерела електроенергії у важкодоступних місцях для повного або часткового покриття електричних навантажень промислових, житлових і соціальних об'єктів. Силowymi установками в блочних електростанціях до недавньої пори були двигуни внутрішнього згоряння або газові турбіни.

Подальший розвиток мобільних модульних електростанцій пішов у напрямку використання альтернативних джерел енергії. Прикладом такої установки є мобільна сонячно-вітряна електростанція [MASWES™](#) яка була розроблена в компанії [PATRIOT-NRG](#). Вона призначена для забезпечення електроенергією невеликих господарств або громад, і може використовуватися як в режимі підключення до центральної електромережі, так і повністю автономно від неї.

До складу MASWES™ входять два вітрогенератори, набір сонячних панелей, відповідні інвертори, акумуляторні батареї з контролерами заряду та станції заряду електромобілів. Потужність таких модульних сонячно-вітряних зарядно-генеруючих станцій складає 59, 32, і 20,5 кВт. Перший етап практичних випробувань прототипу такої електростанції потужністю 20,5 кВт вже завершено в умовах гірського району Закарпаття. Ця електростанція впродовж місяця забезпечувала живлення об'єкту готельного типу.

Впровадження подібних модульних електростанцій різної потужності дозволяє об'єднувати окремих споживачів електроенергії, створюючи локальні електричні мережі різної конфігурації із підключенням мобільних електростанцій як безпосередньо до окремого споживача, так і на шини низької напруги трансформаторної підстанції, знижуючи таким чином залежність від централізованих мереж. Слід зазначити, що до складу такої мережі можуть входити сонячні та вітряні електростанції приватних домогосподарств і приватні віртуальні електростанції.

Для інтеграції MASWES™ до складу локальної електричної мережі територіальної громади потрібно вибрати спосіб управління мережею який би забезпечив надійність, оптимальне використання ресурсів, економічні вигоди та стійкість до відключень. Можливі варіанти управління локальними мережами до складу яких входять кілька джерел відновлюваної енергії, кілька віртуальних електростанцій та інші джерела енергії умовно можна розділити на три групи. Це:

1. блокчейн платформи для торгівлі енергією,
2. централізовані платформи без блокчейну, і
3. платформи для peer-to-peer (P2P) торгівлі енергією.

До першої групи відносяться відомі платформи:

- WePower (WPR) – це блокчейн-платформа, що токенизує енергію, дозволяючи її купувати, продавати та інвестувати в проекти відновлюваної енергетики через смарт-контракти.
- Electron – це британська розробка, яка використовує блокчейн для управління децентралізованими енергетичними ринками. Вона зосереджується на ефективному

балансуванні енергосистеми, і інтерактивних мікромережах.

- Power Ledger – це блокчейн-платформа для децентралізованої торгівлі енергією.

До другої групи централізованих платформ без блокчейну можна віднести:

- AutoGrid – аналізує споживання та виробництво енергії для оптимізації мікромереж.
- Schneider Electric (EcoStruxure Microgrid Advisor) – інтелектуальна система управління мікромережею, що дозволяє вибирати джерела енергії для мінімізації витрат.
- Платформи P2P, головна мета яких тільки торгівля електроенергією:
- Grid Singularity – децентралізована біржа для торгівлі енергією.
- SunContract – P2P-платформа для продажу енергії без посередників.

Попередній аналіз показав, що кожна з цих платформ має свої переваги і недоліки, але у випадку, пов'язаному з інтегруванням мобільної сонячно-вітрової електростанції MASWES™ у житлову громаду, одне із можливих рішень - блокчейн платформа Power Ledger. Вона формує однорангові транзакції енергії, записуючи як генерацію, так і споживання всіма учасниками платформи в режимі реального часу.

Power Ledger має гібридну блокчейн-архітектуру, яка включає два можливі варіанти:

- Ethereum (публічний блокчейн) – використовується для токенизації активів та фінансових розрахунків.
- EcoChain (приватний блокчейн) – використовується для обліку мікротранзакцій енергії.

Виробництво та використання енергії здійснюється за попередньо встановленими ставками. Працюючи на двох рівнях блокчейну Power Ledger використовує дві монети: токени Power Ledger (POWR) і Sparkz, які мають різні функції в обох блокчейнах.

- POWR – основний токен, що використовується для доступу до мережі Power Ledger.
- Sparkz – внутрішній токен для обліку електроенергії, прив'язаний до місцевої валюти.

Токени дозволяють купувати/продавати електроенергію між користувачами (peer-to-peer) та автоматизувати платежі через смарт-контракти. Коли споживач хоче купити енергію, система автоматично виконує угоду через смарт-контракт. При цьому генерується транзакція з обраною ціною та обсягом, перевіряється баланс та доступність енергії, якщо умови виконані, записується обмін:

- Покупець отримує енергію (у фізичній мережі).
- Продавець отримує токени Sparkz.

Токени Sparkz можна обміняти на фіатні гроші або POWR-токени.

Платформа Power Ledger передбачає інтегрування зі смарт-лічильниками або IoT-сенсорами, які реєструють в реальному часі.

- генерацію електроенергії (сонячні панелі, вітряні турбіни),
- залишок заряду акумуляторів,
- споживання електроенергії кожним учасником мережі,
- вартість електроенергії у централізованій системі.

Дані з лічильників записуються в блокчейн, забезпечуючи прозорість транзакцій. Система підтримує динамічне ціноутворення, що дозволяє користувачам торгувати енергією залежно

від попиту та пропозиції.

Використання Smart Contracts Power Ledger дозволяє визначати найбільш економічно вигідне для споживача джерело електроенергії. Наприклад, можна встановити правило:

- Якщо генерація сонячної енергії достатня → Використовуємо її,
- Якщо вітряна генерація достатня - Використовуємо її,
- Якщо недостатня, але заряд акумуляторів високий → Використовуємо акумулятори,
- Якщо альтернативні джерела не можуть покрити потреби → Підключаємо централізовану мережу.

Інтеграція в Smart Contracts прецедентного метода машинного навчання може зробити вибір джерела енергії більш ефективним для прогнозування споживання електроенергії на основі історичних даних, генерації енергії з урахуванням погоди, відслідковування тарифів на електроенергію.

Power Ledger вже застосовується у багатьох країнах для P2P-торгівлі енергією, віртуальних електростанцій (VPP) та балансування енергомереж. Ось кілька реальних кейсів:

1. Проєкт у місті Фремонтл (Австралія) – Power Ledger підтримує торгівлю сонячною електроенергією між домогосподарствами, які тепер можуть продавати надлишки енергії своїм сусідам за вигіднішим тарифом, ніж пропонував традиційний оператор.
2. Проєкт у Бангкоку (Таїланд) - Учасники мікромережі можуть купувати і продавати електроенергію через смарт-контракти на блокчейні.
3. Віртуальна електростанція (VPP) у США - за допомогою Power Ledger було створено віртуальну електростанцію (VPP) в декількох містах США, де використовували сонячні панелі та акумулятори для накопичення енергії, а потім продавали її в мережу за динамічними тарифами.
4. Проєкт в Японії - Power Ledger використали блокчейн для автоматичної оптимізації ціни на енергію в режимі реального часу залежно від попиту та пропозиції.

Для інтеграції MASWES™ в локальну мікромережу громади потрібно передбачити можливість автоматичного вибору джерела енергії між сонячно-вітряною електростанцією та централізованою мережею, при цьому Power Ledger повинна забезпечити:

По перше, P2P-торгівлю: якщо кілька споживачів підключені до мікромережі, вони можуть продавати/купувати енергію між собою.

По друге, динамічне ціноутворення: можна автоматично вибирати найвигідніше джерело електроенергії.

По третє, балансування мікромережі: при надлишку генерації енергію можна продавати, а при дефіциті – купувати з мережі.

Технічна інтеграція Power Ledger у мережу за участі MASWES™ потребує взаємодії енергетичних активів, алгоритмів машинного навчання, смарт-контрактів та блокчейн-інфраструктури Power Ledger.

Смарт-контракти Power Ledger автоматично виконують транзакції між покупцем та продавцем, автоматично перевіряють чи абонент може продати/купити енергію, визначають оптимальну ціну і реєструють угоди в блокчейні Power Ledger. Транзакції закінчуються автоматичним списання/нарахування токенів (POWR або Sparkz).

URL джерела: <https://www.patriot-nrg.com/uk/content/vykorystannya-blokcheyn-tehnologiyi-v->

lokalniy-elektrychniy-merezhi-z-modulnoyu-sonyachno