

БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЇ У ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Товт Ф.Ф., аспірант, Державний біотехнологічний університет

Науковий керівник – канд. тех. наук, доцент Сорокін М.С.

(61052, Україна, м. Харків, вул. Різдва, 19, каф. електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки), E-mail: sorokin.ekt@gmail.com

The possibilities of using blockchain technologies in the field of autonomous and decentralized energy supply have been investigated. The basic principles of blockchain, its advantages and potential challenges in implementation in energy systems are considered. Particular attention is paid to smart contracts as a tool for automating calculations and managing energy flows.

Сучасні енергетичні системи стикаються з численними викликами, зокрема залежністю від централізованих генераторів, нестабільністю мереж, високими втратами під час транспортування енергії та проблемами з довірою до постачальників. Водночас розвиток відновлюваних джерел енергії та розподілених енергетичних систем відкриває можливості для переходу до автономного та децентралізованого енергопостачання. Однак для ефективного управління такими системами потрібні нові технологічні підходи, що забезпечують прозорість, безпеку та автоматизацію процесів обміну енергією між учасниками мережі.

Одним із перспективних рішень є використання блокчейн-технологій, які можуть забезпечити децентралізований облік операцій, створення смарт-контрактів для автоматизації транзакцій та підвищення надійності енергетичних мікромереж. Завдяки блокчейну стає можливим розвиток peer-to-peer (P2P) ринків енергії, де споживачі можуть безпосередньо купувати та продавати електроенергію, мінімізуючи участь посередників та підвищуючи ефективність розподілу ресурсів.

Блокчейн - це децентралізована технологія розподіленого реєстру (DLT, Distributed ledgers), яка дозволяє зберігати, передавати та перевіряти дані у захищеному, прозорому та незмінному форматі. В енергетичному секторі блокчейн може забезпечити автоматизацію транзакцій та безпечний обмін даними між учасниками енергетичного ринку. Блокчейн складається з послідовного ланцюга блоків, кожен з яких містить інформацію про транзакції та має унікальний криптографічний хеш. Головними перевагами цієї технології є децентралізація, прозорість і незмінність, безпека транзакції.

Одним із ключових напрямів використання блокчейну є створення децентралізованих енергетичних ринків, де власники відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячні панелі чи вітрогенератори, можуть продавати надлишкову енергію безпосередньо іншим споживачам. Особливої уваги для систем енергопостачання слід приділити смарт-контрактам. Це самовиконувані програми, що працюють у блокчейн-мережі та автоматизують виконання угод між учасниками. У контексті енергетики вони дозволяють автоматично здійснювати платежі за спожиту або вироблену енергію, контролювати дотримання умов постачання енергії та її розподілу в мікромережах, впроваджувати

гнучкі тарифні моделі, що враховують попит, пропозицію та доступність енергії в реальному часі.

Розглянемо приклад використання смарт-контракту P2P торгівлі електроенергією між домогосподарствами. Домогосподарство 1 має сонячні панелі і виробляє більше електроенергії, ніж споживає. Домогосподарство 2 не має власного генератора і купує електроенергію від постачальника. Використання смарт-контракту дозволяє автоматизувати продаж надлишкової електроенергії від Домогосподарство 1 до Домогосподарство 2 без посередників. Домогосподарство 1 підключає свій сонячний інвертор та "розумний" лічильник до блокчейн-мережі. Лічильник автоматично реєструє надлишки виробленої енергії. Домогосподарство 2 реєструється в блокчейн-мережі та вказує, що готова купувати електроенергію за певною ціною. Смарт-контракт виконує наступні дії:

- Фіксує кількість енергії, яку Домогосподарство 1 може продати.
- Порівнює це з попитом від Домогосподарство 2.
- Якщо параметри співпадають (ціна та обсяг енергії), то контракт автоматично укладає угоду.
- В момент купівлі система списує токени (або цифрові кошти) з рахунку Домогосподарство 2 та переводить їх на рахунок Домогосподарство 1.
- Лічильники обох користувачів оновлюються автоматично, а транзакція зберігається у блокчейні.

Переваги цього підходу полягають у відсутності посередників, тобто учасники мережі напряму обмінюються електроенергією без традиційних постачальників. Кожна транзакція записується в блокчейн і не може бути змінена. Угоди виконуються без необхідності взаємодії між сторонами.

Наведена технологія має декілька пілотних проваджень у різних країнах світу такі як Brooklyn Microgrid (США), Power Ledger (Австралія) та WePower (ЄС). Усі ці проекти представляють собою локальну енергетичну мережу, де жителі району можуть продавати та купувати електроенергію між собою через блокчейн-систему.

Розвиток енергетики вимагає нових підходів до управління виробництвом, розподілом та споживанням електроенергії. Традиційні централізовані моделі енергопостачання все частіше виявляють свою неефективність через зростання попиту, нерівномірний розподіл ресурсів та необхідність інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Блокчейн-технології, зокрема смарт-контракти, стають важливим інструментом для вирішення цих проблем, забезпечуючи автономність, безпеку та прозорість енергетичних процесів.

Смарт-контракти змінюють традиційну модель енергетичного ринку, забезпечуючи автоматизацію, прозорість і ефективність. Вони дозволяють створювати незалежні децентралізовані енергетичні ринки, скорочувати витрати та підвищувати енергоефективність. Однак для їх масового впровадження потрібна широка інтеграція з «розумними» лічильниками та вирішення питань регулювання криптотранзакцій у сфері енергетики.