

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ КРИПТОМАЙНІНГОВИХ КОМПАНІЙ В БАЛАНСУВАННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено огляд підходів до використання електричних потужностей криптомайнінгових компаній в балансуванні електроенергетичних систем. Визначено в яких саме програмах балансування електроенергетичних систем приймають участь криптомайнінгові компанії. Розглянуто причини та фактори, які сприяють співпраці між криптомайнінговими та енергокомпаніями.

Ключові слова: резерв стабілізації частоти, відповідь на попит, майнінг криптовалют, балансування електроенергетичних систем, відновлювальна енергетика.

Abstract

A review of approaches to the use of electrical capacities of crypto mining companies in balancing power systems has been conducted. It identifies the specific programs in which crypto mining companies participate in balancing power systems. The reasons and factors that facilitate cooperation between crypto mining and energy companies are examined.

Keywords: Frequency Containment Reserve, Demand Response, cryptocurrency mining, balancing power systems, renewable energy.

Вступ

Волатильність цін на криптовалюту та електроенергію має значний вплив на компанії, що займаються видобутком криптовалют, змушуючи їх шукати стратегії для оптимізації витрат та підвищення ефективності своєї діяльності. Участь у програмах резервів стабілізації частоти (Frequency Containment Reserve, FCR) та відповіді на попит (Demand Response, DR) стала одним із способів, яким криптомайнінгові компанії можуть адаптуватися до цих викликів і приймати участь у балансуванні електроенергетичних систем.

Результати дослідження

За останні 10 років потужність, що використовується для майнінгу криптовалют, значно зросла. В період з 2010 по 2020 роки кількість електроенергії для глобального майнінгу збільшилася, враховуючи зміни вартості електроенергії, покращення хешувальних технологій та активність хешування [1]. Слід відзначити, що потужність, виділена для майнінгу біткоїну, майже подвоїлася між 2019 та 2021 роками (рис. 1), і наразі її щорічне світове споживання становить близько 131 ТВт-год [2].

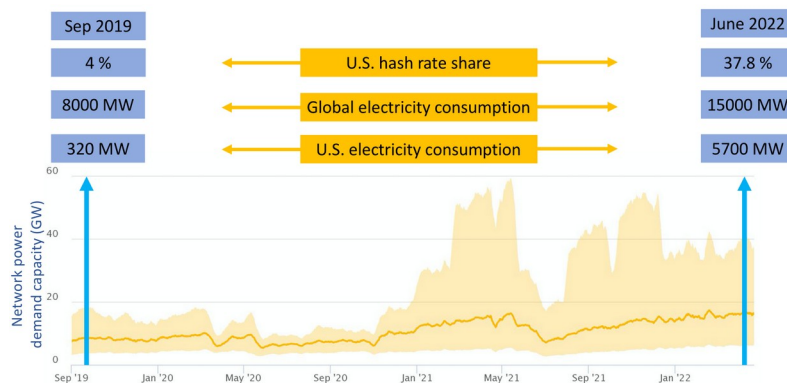


Рис. 1. Частка США в глобальному споживанні енергії і хешрейті при майнінгу біткоїна [2]

Відповідь на попит (DR) та резерви стабілізації частоти (FCR) — це концепції в галузі електротехніки та управління енергетикою, що зосереджені на підтриманні балансу між постачанням та споживанням електроенергії, а також забезпеченні стабільності енергосистеми.

Відповідь на попит (DR) — це стратегія управління попитом споживачів на електроенергію. Вона заохочує споживачів зменшувати своє споживання електроенергії під час пікових періодів попиту відповідно до цінових сигналів, стимулів або запитів оператора мережі. Це може допомогти стабілізувати мережу, запобігти відключенням та зменшити потребу в дорогих пікових електростанціях. DR може бути добровільним або обов'язковим, залучаючи комерційних, промислових та домашніх користувачів. Він відіграє важливу роль у підвищенні гнучкості та ефективності енергосистеми, інтеграції відновлювальних джерел енергії та підтримці надійності електричних мережі.

Резерви стабілізації частоти (FCR), також відомі як первинні резерви, є частиною системних послуг, необхідних для підтримання стабільності частоти енергосистеми. Резерви FCR активуються автоматично та швидко (протягом секунд) у відповідь на відхилення частоти, які можуть виникати через раптові зміни в постачанні або попиті. Електростанції або інші ресурси, такі як батареї або навантаження, здатні до відповіді на попит, забезпечують ці резерви, збільшуючи або зменшуючи свій вихід, щоб протидіяти відхиленню частоти, тим самим допомагаючи відновити баланс між постачанням та споживанням.

Компанії, що займаються видобутком криптовалют, з їх значним та гнучким споживанням енергії, все частіше беруть участь у програмах резервів стабілізації частоти (FCR) та відповіді на попит (DR), реалізуючи своє унікальне становище, як значних споживачів енергії та суб'єктів, здатних швидко адаптувати свій попит на енергію згідно з вимогами мережі або економічними сигналами.

Беручи участь у програмах DR, компанії з видобутку криптовалют можуть отримувати фінансову вигоду за рахунок зниження вартості електроенергії або платежів за участь у цих програмах. Це може допомогти компенсувати їхні операційні витрати, особливо під час періодів високих цін на електроенергію або невігідного стану ринку криптовалют [3].

Операції з видобутку криптовалют можуть майже миттєво регулювати своє навантаження, надаючи критично важливу послугу для мережі, допомагаючи підтримувати баланс між постачанням та попитом. Це особливо важливо для FCR, де потрібна швидка відповідь для протидії відхиленням частоти та забезпечення стабільності енергосистеми. На рис. 2 показано співвідношення часу реакції на відхилення частоти між ресурсами у різних типах резервів та програмах FCR відповідно до правил європейського регулятора ENTSO-E [4].

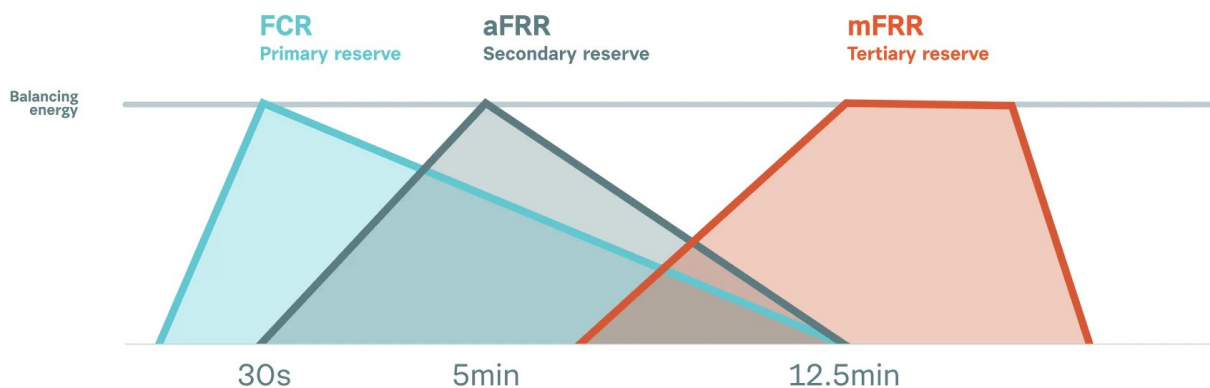


Рис. 2. Час реакції в залежності від типу резерву FCR [4]

Деякі компанії з видобутку криптовалют розташовують свої операції поблизу джерел відновлювальної енергії або укладають угоди про купівлю енергії з проектами відновлювальної енергії. Це не лише зменшує їхній вуглецевий слід, але й дозволяє їм діяти як гнучке навантаження, яке може регулюватися на основі доступності відновлювальної енергії, додатково підтримуючи ініціативи DR та FCR [5].

На енергетичних ринках Європи та Північної Америки майнери криптовалют стають все більш витонченими в своєму підході до управління енергією, включаючи участь у торгівлі енергією та схемах управління з боку попиту. Це включає використання алгоритмів для оптимізації майнінгової діяльності на основі цін на енергоринку в реальному часі та сигналів попиту мережі [6].

Висновки

В роботі проведено аналіз актуальності досліджуваної теми. Здійснено огляд підходів до використання електричних потужностей криптомайнінгових компаній в балансуванні електроенергетичних систем. Визначено в яких саме програмах балансування електроенергетичних систем приймають участь криптомайнінгові компанії. Розглянуто причини та фактори, які сприяють співпраці між криптомайнінговими та енергокомпаніями.

Активна участь у програмах DR та FCR може знижувати витрати на електроенергію. Криптомайнінгові компанії можуть отримувати компенсації за надання послуг FCR або участь у програмах DR, що забезпечує додатковий потік доходів. Гнучкість в управлінні споживанням електроенергії дозволяє криптомайнінговим компаніям адаптуватися до ринкових умов, підвищуючи їхню стійкість до волатильності цін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Yo-Der Song, Tomaso Aste (2020). The Cost of Bitcoin Mining Has Never Really Increased. Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbloc.2020.565497/pdf>
2. Ali Menati, Kiyeob Lee, and Le Xie (2022). Modeling and Analysis of Utilizing Cryptocurrency Mining for Demand Flexibility in Electric Energy Systems: A Synthetic Texas Grid Case Study. Режим доступу: <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2207.02428>
3. David Chernis, Mike Hourihan (2022). Demand Response Provides a Competitive Edge Through Optimal Crypto Mining Energy Consumption. Режим доступу: <https://cpowerenergy.com/demand-response-provides-a-competitive-edge-through-optimal-crypto-mining-energy-consumption/>
4. Frequency Control Reserve (FCR). Режим доступу: <https://nanoenergies.eu/knowledge-base/frequency-control-reserve-fcr>
5. Freya Pratty (2022). Renewable energy companies have a lucrative new side hustle: mining bitcoin. Режим доступу: <https://sifted.eu/articles/renewable-energy-crypto-mining>
6. Mitch Klee (2022). Demand Response And Curtailment Through Bitcoin Mining. Режим доступу: <https://foreman.mn/blog/demand-response/>

Бондарчук Олексій Валерійович — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: alexey.bondarchuk@aleax.me;

Мокін Борис Іванович — академік НАПН України, д-р техн. наук, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій e-mail: borys.mokin@gmail.com.

Bondarchuk Oleksii V. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: alexey.bondarchuk@aleax.me;

Mokin Borys I. — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies e-mail: borys.mokin@gmail.com.