

ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКІВ ЗГЕНЕРОВАНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ МАЙНІНГУ КРИПТОВАЛЮТ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено огляд підходу до використання надлишків згенерованої сонячної енергії для майнінгу криптовалют на прикладі малої домашньої СЕС та проведено порівняння з продажем цієї енергії за зеленим тарифом та за тарифом “активний споживач”. Розглянуто причини та фактори, які сприяють такому підходу.

Ключові слова: майнінг криптовалют, балансування електроенергетичних систем, відновлювальна енергетика, сонячна електростанція, зелений тариф, активний споживач.

Abstract

An overview of the approach to using surplus generated solar energy for cryptocurrency mining was conducted based on the example of a small-scale residential solar power system, and a comparison was made with selling this energy under the green tariff and the “active consumer” tariff. The reasons and factors contributing to this approach were examined.

Keywords: cryptocurrency mining, balancing power systems, renewable energy, solar power plant, green tariff, active consumer.

Вступ

Сучасні світові тенденції свідчать про стрімке зростання попиту на відновлювані джерела енергії та цифрові активи. Сонячна енергетика, яка раніше розглядалася як додаткове джерело живлення, нині перетворюється на один із ключових складників енергетичних систем багатьох країн [1]. Одночасно набув популярності майнінг криптовалют, що потребує значних обсягів електроенергії [2,3]. Зі зростанням кількості малих та середніх сонячних електростанцій (СЕС) з'являється проблема надлишкової генерації у години пікового сонячного випромінювання, що часто не використовується власниками. Замість продажу невикористаної енергії за низькою ставкою або втрат через неможливість ефективного збуту, постає питання про її раціональне застосування. Одним із перспективних напрямів може стати використання надлишків енергії для майнінгу криптовалют.

Метою дослідження є оцінка економічної та екологічної ефективності використання надлишків згенерованої сонячної енергії для майнінгу криптовалют у порівнянні з продажем цієї енергії в мережу.

Актуальність дослідження

У звіті [4] Інтернаціональної агенції відновлювальної енергетики (International Renewable Energy Agency, IRENA) містяться актуальні статистичні дані щодо потужностей відновлюваної енергетики у світі, підтверджуючи тенденцію до зниження вартості (рис. 1) та збільшення встановлених обсягів сонячних електростанцій. Завдяки зниженню вартості сонячних панелей та сприятливим державним програмам підтримки, усе більше домогосподарств та підприємств встановлюють сонячні електростанції.

Незважаючи на волатильність ринків, криптовалюти дедалі активніше інтегруються в світову фінансову систему, що стимулює розвиток майнінг-індустрії — згідно дослідження [5] ринкової структури криптовалют, що ілюструє причини їх популяризації та вплив поведінкових чинників на зростання цього сегмента цифрових активів.

У денний час, особливо в періоди низького споживання, СЕС генерують більше енергії, ніж здатні спожити локальні споживачі, створюючи тим самим надлишок. У роботі [6] розглянуто питання інтеграції сонячної енергії в домогосподарствах, у тому числі випадки пікового надлишку генерації та шляхи його оптимізації.

Ціна продажу надлишкової енергії в мережу (за зеленим тарифом) поступово знижується в багатьох країнах. Стаття [7] аналізує вплив тарифної політики на розвиток сонячної енергетики та

економічні чинники, що визначають рентабельність продажу надлишків у мережу. У той же час майнінг може пропонувати вищу прибутковість, хоча й супроводжується значними ризиками.

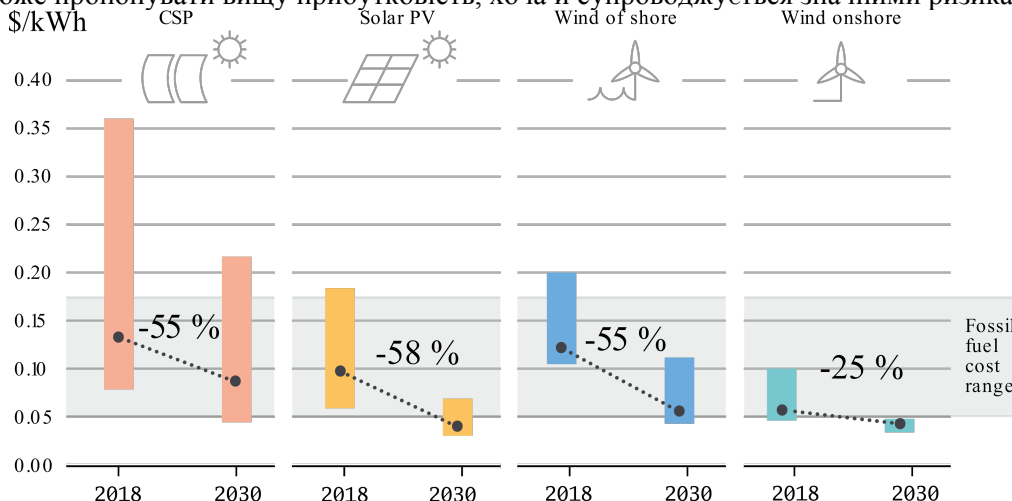


Рис. 1. Прогноз зниження вартості впровадження джерел альтернативної енергетики[1]

Проблеми надлишкової генерації і продажу енергії в енергосистему

Типовим рішенням, що пропонувалось в Україні для встановлення були off-grid системи з інвертором потужністю 5-6кВт та акумуляторною батареєю ємністю 5-6 кВт·год. Такі системи без навантаження споживають від 15 до 100 Вт, що за рік виливається в споживання в межах 131-876 кВт·год лише для забезпечення чергового режиму. Для часткової компенсації цих втрат рекомендується встановлювати 1-2 сонячні панелі. Проте, якщо є можливість для розміщення, і зважаючи на значне зниження вартості самих панелей можна побудувати сонячне поле, по максимуму можливостей сонячного входу інвертора. Для наведеного прикладу, зазвичай, це ті самі 5-6 кВт.

Проте протягом половини весни, літа, та половини осені така система буде генерувати в 2-2,5 рази більше сонячної енергії, ніж споживає таке “типове” домогосподарство (рисунк 2). Продаж надлишкової енергії в енергосистему можливий за двома програмами — “зелений тариф” або “активний споживач”. Порівняємо ці програми між собою, та з підходом заснованим на використанні надлишково згенерованої енергії для майнінгу криптовалюти.

Power production estimate for off-grid PV system

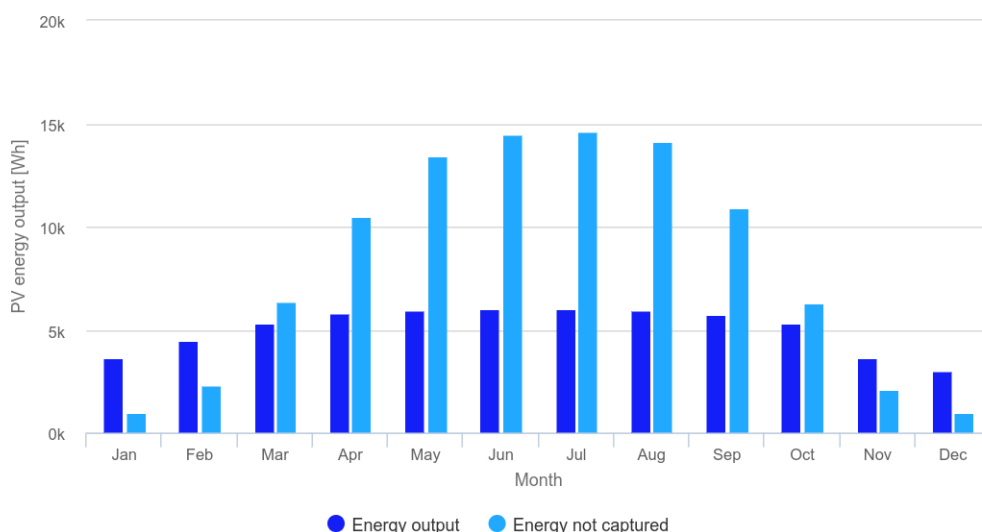


Рис. 2. Розрахунок річного балансу генерації для малої CEC 5кВт для м. Вінниця за допомогою он-лайн калькулятора “PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM” [8]

Результати дослідження

Використаємо параметри 5 кВт системи наведені в попередньому розділі. Типове середнє добове

споживання такого домогосподарства становить 6 кВт·год. Згідно калькулятора [8] у серпні місяці надлишкова середня добова генерація становитиме 14,6 кВт·год.

Продаж згенерованої електроенергії одразу в мережу, за зеленим тарифом становитиме 4,43 грн за кВт·год після сплати податків. Оскільки в такому випадку згенерована енергія не зберігається в акумуляторі, ККД інвертора при заряджанні і розряджанні можна знехтувати. Інакше, слід враховувати ці втрати — 20-25%. Також зберігається тенденція до зниження вартості закупівлі електроенергії за зеленим тарифом, проблеми не виплат, і той факт, що в денний мінімум споживання, додаткова сонячна генерація не дуже і потрібна в енергосистемі (за умови її нормальної стабільної роботи).

Продаж електроенергії, як “активний споживач”, можливий за ціною не вище 4,32 грн за кВт·год. Віднімемо ПДВ та податок на прибуток і отримаємо 2,77 грн за кВт·год. Слід враховувати, що максимальний тариф можливий лише в пікові періоди — ранок і вечір, коли сонячна генерація мала або відсутня. Продаючи енергію з акумулятора необхідно врахувати втрати на перетворенні 20-25%, тому отримаємо 2,1 грн за кВт·год. Також необхідно врахувати потребу збільшити ємність акумулятора, щоб зберегти всю надлишкову генерацію на вечірній або вранішній піки споживання.

При розрахунку майнінгу криптовалют звернемо увагу на те, що різні апаратні пристрої мають різну ефективність. Візьмемо поточне середня значення для актуальних, морально не застарілих Bitmain Antminer серії S19 — 0,1\$ за кВт·год витраченої енергії.

Отже, при надлишковій генерації в 14,6 кВт·год середній добовий дохід становитиме:

- для зеленого тарифу — 64,67 грн;
- для активного споживача за умови продажу в пікові години — 30,66 грн;
- для майнінгу криптовалюти — 59,86 грн.

Висновки

Використання надлишкової сонячної енергії для майнінгу криптовалют може бути більш прибутковим, ніж її продаж у мережу за зниженим зеленим тарифом. Однак цей підхід потребує ретельного аналізу ринкових умов і початкових інвестицій.

Реалізація рішення вимагає встановлення додаткового обладнання для майнінгу та систем керування генерацією. При цьому недостатня пропускна спроможність мереж та коливання виробітку Сонця є чинниками ризику.

Зміни у законодавстві, коливання тарифів, а також позиція державних органів щодо криптовалют мають суттєвий вплив на економічну доцільність та стійкість проекту.

Використання відновлюваної енергії для енергоємного майнінгу криптовалют потенційно знижує негативний вплив на довкілля порівняно з традиційними джерелами електроенергії.

Майбутні дослідження можуть зосереджуватись на оптимізації алгоритмів керування потоками енергії в режимі реального часу, порівнянні різних криптовалют з точки зору енергоефективності майнінгу та оцінці довгострокової рентабельності подібних проєктів з урахуванням сценаріїв розвитку ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 [Електронний ресурс] // IRENA – International Renewable Energy Agency. – Режим доступу: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf – Назва з екрана.
2. Are energy consumption and carbon emission caused by Bitcoin? A novel time-varying technique [Електронний ресурс] / Meng Qin [та ін.] // Economic Analysis and Policy. – 2023. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.08.004> – Назва з екрана.
3. Bitcoin electricity consumption: an improved assessment - News & insight - Cambridge Judge Business School [Електронний ресурс] // Cambridge Judge Business School. – Режим доступу: <https://www.jbs.cam.ac.uk/2023/bitcoin-electricity-consumption/> – Назва з екрана.
4. Renewable capacity statistics 2023 [Електронний ресурс] // IRENA – International Renewable Energy Agency. – Режим доступу: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2023.pdf – Назва з екрана.

5. AlNemer H. A. Time-Varying Nexus between Investor Sentiment and Cryptocurrency Market: New Insights from a Wavelet Coherence Framework [Електронний ресурс] / Hashem A. AlNemer, Besma Hkiri, Muhammed Asif Khan // Journal of Risk and Financial Management. – 2021. – Т. 14, № 6. – С. 275. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/jrfm14060275> – Назва з екрана.

6. Shufian A. Integrated rooftop solar PV-based residential advanced energy management system: An economic involvement of energy systems for prosumers [Електронний ресурс] / Abu Shufian, Shaikh Anowarul Fattah // Cleaner Energy Systems. – 2024. – Т. 9. – С. 100150. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.cles.2024.100150>. – Назва з екрана.

7. A review of hybrid renewable energy systems: Solar and wind-powered solutions: Challenges, opportunities, and policy implications [Електронний ресурс] / Qusay Hassan [та ін.] // Results in Engineering. – 2023. – С. 101621. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101621> – Назва з екрана.

8. JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission [Електронний ресурс] // JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. – Режим доступу: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.3 – Назва з екрана.

Бондарчук Олексій Валерійович — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації Вінницького національного технічного університету, e-mail: alexey.bondarchuk@aleax.me.

Науковий керівник: **Мокін Борис Іванович** — академік НАПН України, д-р техн. наук, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій.

Bondarchuk Oleksii V. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis and Information Technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation of Vinnytsia National Technical University, e-mail: alexey.bondarchuk@aleax.me.

Supervisor: **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.