

Старинець Ю. О.
Лесько В. О.
Юхимчук М. С.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ НАДЛИШКОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У статті розглянуто потенціал використання водню як засобу для зберігання надлишкової електроенергії, що виробляється з відновлюваних джерел. Проаналізовано технології електролізу, сценарії впровадження в Україні, а також техніко-економічні та екологічні переваги водневих рішень.

Ключові слова: водень, акумулювання енергії, електроліз, відновлювана енергія, зелений водень.

Abstract.

The article examines the potential of hydrogen as a means of storing surplus electricity generated from renewable sources. Electrolysis technologies, implementation scenarios in Ukraine, and the techno-economic and environmental benefits of hydrogen solutions are analyzed.

Keywords: hydrogen, energy storage, electrolysis, renewable energy, green hydrogen.

Вступ

Зміни клімату, зростання попиту на чисту енергію та необхідність скорочення викидів парникових газів стимулюють трансформацію світової енергетики. Особливо актуальним стає питання зберігання надлишкової електроенергії з ВДЕ, яка в пікові періоди перевищує попит.

Одним з ефективних рішень є виробництво «зеленого» водню шляхом електролізу води. Водень можна зберігати тривалий час і використовувати як паливо чи енергетичний носій. Це сприятиме енергетичній безпеці України та зменшенню імпортової залежності.

Згідно з Водневою стратегією України, країна має значний потенціал у цій сфері завдяки потужностям ВДЕ, інфраструктурі та близькості до ринку ЄС. [1, 2, 3]

Мета роботи — проаналізувати перспективи використання водневих технологій для акумулювання надлишкової електроенергії в Україні.

Результати дослідження

ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Серед найбільш розвинених технологій електролізу:

- Alkaline (AEL) — доступна за ціною, підходить для тривалих навантажень.
- Proton Exchange Membrane (PEM) — висока швидкодія, зручно для змінної генерації.
- Solid Oxide (SOEC) — ефективна при високих температурах.

Формула оцінки маси водню з електроенергії:

$$E_{H_2} = n \cdot \Delta H$$

де — n маса водню (в кг), а $\Delta H \approx 33.3 \text{ кВт} \cdot \text{год/кг}$.

ПЕРЕВАГИ ВОДНЕВОГО АКУМУЛЮВАННЯ

Порівняння з іншими технологіями зберігання:

Технологія	ККД (%)	Тривалість зберігання	Екологічність
Літій-іонні батареї	90	Години/дні	Середня
Водень	40–60	Тижні/місяці	Висока
Гідроакмуляція	75	Дні	Висока

ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ

Україна має значні можливості для виробництва водню завдяки:

- високому потенціалу ВДЕ,
- наявності промислової інфраструктури,
- географічній близькості до ринку ЄС.

Очікується, що до 2040 року Україна зможе виробляти до 5–10 млн тонн H_2 на рік, забезпечуючи до 25% потенційного експорту водню до ЄС.

ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Собівартість «зеленого» водню знижується: з \$4.5/кг у 2020 році до прогнозованих \$1.5/кг до 2035 року. При цьому використання водню замість традиційного палива дозволяє скоротити викиди CO_2 майже до нуля.

Висновки

Водневі технології є перспективним напрямком для акумулювання надлишкової енергії, що дозволить забезпечити:

- стабільність енергосистеми,
- зниження викидів,
- економічну доцільність виробництва,
- потенціал для експорту і створення робочих місць.

Необхідним є подальший розвиток нормативної бази та стимулювання інвестицій у водневу інфраструктуру України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hydrogen energy systems: A critical review of technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121004688>
2. Green hydrogen from renewable surplus: Production and storage potential. International Journal of Hydrogen Energy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319925025066>
3. Hydrogen Ukraine. Draft Hydrogen Strategy of Ukraine. <https://hydrogen.ua/en/news/1792-the-ministry-of-energy-has-published-the-draft-hydrogen-strategy-of-ukraine>
4. An overview of hydrogen storage technologies. Materials Today: Proceedings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058424008356>
5. Assessment of power-to-power renewable energy storage based on the hydrogen cycle. International Journal of Hydrogen Energy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031992201388X>
6. Unlocking Ukraine's Hydrogen Opportunity: A Roadmap. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/unlocking-ukraines-hydrogen-opportunity-a-roadmap>
7. Hydrogen technologies for energy storage: A perspective. MRS Energy & Sustainability. <https://link.springer.com/article/10.1557/mre.2020.43>
8. Curtailed Electricity Surplus from Renewables for Hydrogen: Economic and Environmental Analysis. ERIA. https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/RPR-2021-19/16_Chapter-10-Curtailed-Electricity-Surplus-from-Renewables-for-Hydrogen_Economic-and-Environmental-Analysis.pdf
9. What green hydrogen is and how Ukraine plans to produce it. RBC-Ukraine. <https://newsukraine.rbc.ua/news/water-energy-what-green-hydrogen-is-and-how-1722242520.html>
10. Hydrogen energy systems: Technologies, trends, and future prospects. Science of The Total Environment. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724037690>
11. 1. Стрембіцький П., Юхимчук М., Лесько В., Перепелиця С. (2025). Централізований моніторинг інфраструктури з використанням системи THANOS: перспективи та виклики. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 347(1), 417-422. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-57>
12. 2. ПЕРЕПЕЛИЦЯ, С., ЮХИМЧУК, М., & ЛЕСЬКО, В. (2025). МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ НЕГАТИВНИХ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ. MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES, (1), 7–12. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-1>
13. 3. INTEGRATION OF TECHNICAL SAW AND ARTICLE INTELLIGENCE SYSTEMS FOR AUTOMATED IMAGE RECOGNITION IN ENERGY SUPPLEMENTS (<https://scholar.google.com.ua/scholar?oi=bibs&cluster=14671619364537646885&btnI=1&hl=uk>). (<https://scholar.google.com.ua/scholar?oi=bibs&cluster=14671619364537646885&btnI=1&hl=uk>) М Юхимчук, В Лесько - Міжнародна науково-технічна конференція з оптико-електронних інформаційних технологій "ФОТОНІКА – ODS 2025" , 2025 (https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ods/ods_2025/paper/view/23067)https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ods/ods_2025/paper/view/23067

Старинець Юрій Олександрович — студент групи ІЕСМ-236, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: starinecurij@gmail.com

Лесько Владислав Олександрович — к.т.н. доц. кафедри ЕСС e-mail: Leskovlad@ukr.net

Юхимчук Марія Сергіївна — д.т.н. професор кафедри Комп'ютерних систем управління,
e-mail: umcmasha@gmail.com

Науковий керівник: **Лесько Владислав Олександрович** — к.т.н. доц. кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Starinets Yurii Oleksandrovych — student of group 1ESM-23b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,
e-mail: starinecurij@gmail.com

Lesko Vladyslav Oleksandrovych — phd in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems and Networks, e-mail: Leskovlad@ukr.net

Yukhymchuk Mariia Serhiivna — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Control Systems, e-mail: umcmasha@gmail.com

Scientific supervisor: **Lesko Vladyslav Oleksandrovych** — phd in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems and Networks, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia