УДК 620.92, 662.769.2

А.О. Салогуб, магістрант
Кафедра Автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО ВОДНЮ

Анотація. *У статті розглянуто актуальну проблематику використання відновлюваних джерел енергії для виробництва екологічно чистого водню. Представлено огляд літератури щодо сучасних технологій та методів, які дозволяють ефективно використовувати енергію відновлюваних джерел для перетворення води на водень. Аналізуються переваги та виклики, пов'язані з цим підходом, а також висвітлюються потенційні можливості для подальшого вдосконалення систем виробництва водню з урахуванням екологічних та сталого розвитку.*

Ключові слова: *відновлювані джерела енергії, водень, енергетика, екологія, сталий розвиток.*

Вступ. В умовах зростаючих екологічних проблем та необхідності стрімкого переходу до сталої енергетики, питання використання відновлюваних джерел енергії для виробництва екологічно чистого водню стає більш нагальним та актуальним. Водень вважається одним з потенційно важливих векторів енергетичного майбутнього, оскільки він може виступати у ролі чистого та безвідходного джерела енергії для автомобільного транспорту, промисловості, та будівництва.

Виділення водню шляхом використання відновлюваних джерел енергії не лише допомагає зменшити викиди парникових газів та залежність від нестабільних джерел енергії, але й відкриває шлях до створення карбон-нейтральних енергетичних систем, що є одним з ключових завдань для подолання кліматичних викликів.

Мета та завдання. Метою даної статті є вивчення та систематизація новітніх методів та технологій, використання відновлюваних джерел енергії для створення екологічно чистого водню.

Матеріал і результати досліджень.

Використання екологічно чистого водню як палива має багато переваг, але для покращення технологій його виробництва, зберігання, транспортування та переробки потрібні великі зусилля. Важливо також враховувати вартість виготовлення та розвиток інфраструктури, щоб повністю використати його переваги. Незважаючи на це, зелений водень все більше розглядається як стійке та чисте рішення для задоволення майбутніх потреб у електроенергії, що привертає значну увагу на сучасному етапі розвитку відповідних технологій.

Різні типи водню класифікуються за кольором, включаючи синій, сірий, коричневий, чорний і зелений, на основі технології виробництва водню, джерела енергії та їх впливу на навколишнє середовище. Таблиця 1 показує відмінності між різними типами водню [1].

Таблиця 1 – Типи водню та їх технологія, вартість та викиди CO_2

Колір водню	Технологія виробництва	Вартість	Викиди CO_2
Синій	Паровий риформінг природного газу з уловлюванням і зберіганням вуглецю	Помірна	9–12 кг CO_2 /кг H_2
Сірий	Паровий риформінг природного газу без уловлювання та зберігання вуглецю	Низька	16–18 кг CO_2 /кг H_2
Коричневий	Газифікація вугілля або іншої багатої на вуглеводні сировини	Помірна	19–25 кг CO_2 /кг H_2
Чорний	Газифікація вугілля з виділенням водню та інших газів, що викидаються в атмосферу	Висока	24–28 кг CO_2 /кг H_2
Зелений	Електроліз води з використанням відновлюваних джерел енергії	Висока	Нульові викиди CO_2

Для виробництва екологічно чистого водню використовуються різноманітні методи та технології, серед яких електроліз води, сонячне випромінювання, біохімічний процес та інші. Електроліз води є одним з найпоширеніших методів, який дозволяє розділити воду на водень та кисень за допомогою електричного струму. При цьому важливою умовою є використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна (рис. 1), вітрова (рис. 2) чи гідроенергія, для живлення цього процесу з метою зменшення викидів парникових газів.

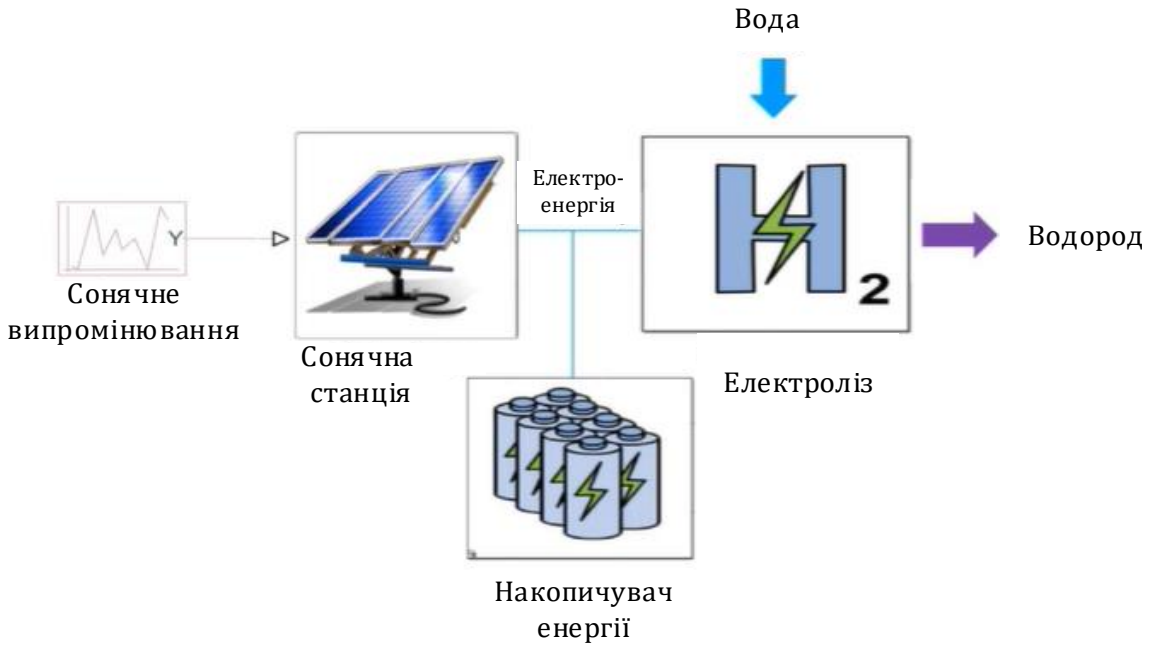

Рисунок 1 – Виробництво водню за допомогою сонячної енергії

Рисунок 2 – Виробництво водню за допомогою вітрової енергії

Системи накопичення енергії зберігають надлишок електроенергії, виробленої відновлюваними джерелами в періоди високої генерації, і подають її до електролізерів, коли виробництво відновлюваної енергії є низьким або періодичним [2].

Зберігання енергії в батареях: системи накопичення енергії в батареях зберігають надлишкову електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел, і розряджають її, коли потреба в електроенергії на заводі з виробництва екологічно чистого водню перевищує поточну потужність виробництва.

Зберігання водню: окрім зберігання надлишкової електроенергії, вироблений зелений водень також можна зберігати для використання в майбутньому. Системи зберігання водню, такі як резервуари зі стисненим воднем або підземні каверни, забезпечують засоби для зберігання великих кількостей зеленого водню.

Виробництво водню та кисню шляхом електролізу води – найвідоміша технологія виробництва хімічних речовин з електрики. Проходження електричного струму через воду розщеплює молекули, в результаті чого утворюються чистий водень і кисень (рис. 3). Цей процес має мінімальний вплив на викиди парникових газів [3].

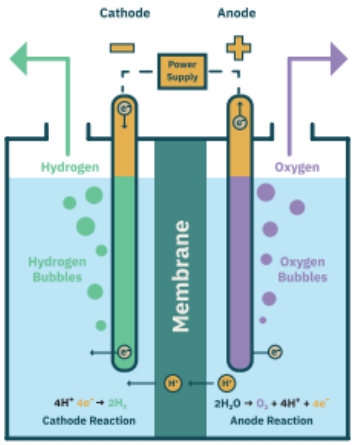

Рисунок 3 – Електролізна комірка для виробництва газоподібного водню

Наступна реакція являє собою розщеплення молекул води з утворенням водню і кисню. (Розщеплення води є ендотермічною реакцією (потребує енергії)):

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2. \quad (1)$$

Мінімальна енергія, необхідна для реакції з утворення одного кілограма водню, становить близько 40 кВт/год за стандартної температури 25°C.

Висновки. Використання відновлюваних джерел енергії для створення екологічно чистого водню відкриває нові можливості для розвитку сталої енергетики. Дослідження у цій області базується на пошуку ефективних інноваційних рішень, які сприятимуть зменшенню викидів та покращенню якості довкілля. Додаткові дослідження та розвиток технологій у цьому напрямку є ключовими завданнями для досягнення екологічно чистого майбутнього.

Список використаних джерел

1. Marouani, I., Guesmi, T., Alshammari, B. M., Alqunun, K., Alzamil, A., Alturki, M., & Hadj Abdallah, H. *Integration of Renewable-Energy-Based Green Hydrogen into the Energy Future. Processes*, 2023, 11(9), 2685. https://doi.org/10.3390/pr11092685

2. Qusay Hassan, Ammar M. Abdulateef, Saadoon Abdul Hafedh, Ahmed Al-samari, Jasim Abdulateef, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Ali Khudhair Al-Jiboory, Szymon Wieteska, Marek Jaszczur, Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 48, Issue 46, 2023, Pages 17383-17408, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.175.

3. Reda, B., Elzamar, A.A., AlFazzani, S. *et al.* Green hydrogen as a source of renewable energy: a step towards sustainability, an overview. *Environ Dev Sustain*, 2024. https://doi.org/10.1007/s10668-024-04892-z.

Науковий керівник: к.т.н., доцент А.В. Босак

UDC 620.92, 662.769.2

Artem Salogub, master student
Department of Automation of electrical and mechatronic complexes
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE CREATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HYDROGEN

Abstract. *The article deals with the actual problem of using renewable energy sources to produce environmentally friendly hydrogen. A literature review of modern technologies and methods that allow efficient use of renewable energy for the conversion of water into hydrogen is presented. The advantages and challenges associated with this approach are analyzed, and potential opportunities for further improvement of hydrogen production systems regarding environmental and sustainable development are highlighted.*

Keywords: *renewable energy sources, hydrogen, energy, ecology, sustainable development.*

References

1. Marouani, I., Guesmi, T., Alshammari, B. M., Alqunun, K., Alzamil, A., Alturki, M., & Hadj Abdallah, H. *Integration of Renewable-Energy-Based Green Hydrogen into the Energy Future. Processes*, 2023, 11(9), 2685. https://doi.org/10.3390/pr11092685
2. Qusay Hassan, Ammar M. Abdulateef, Saadoon Abdul Hafedh, Ahmed Al-samari, Jasim Abdulateef, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Ali Khudhair Al-Jiboory, Szymon Wieteska, Marek Jaszczur, Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 48, Issue 46, 2023, Pages 17383-17408, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.175.
3. Reda, B., Elzamar, A.A., AlFazzani, S. *et al.* Green hydrogen as a source of renewable energy: a step towards sustainability, an overview. *Environ Dev Sustain*, 2024. https://doi.org/10.1007/s10668-024-04892-z.

Scientific supervisor: Cand.Tech.Sc., Associate professor Alla Bosak