

УДК 621.311.243; 621.311.245

DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.2\(57\).40-46](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.2(57).40-46)

ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ В СКЛАДІ АВТОНОМНИХ ЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ

В.І. Будько^{1,2}, канд. техн. наук, доцент, **С.О. Кудря**^{1,2}, чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, професор, **М.О. Будько**^{1,2}, канд. техн. наук, старший викладач, **В.Ю. Іванчук**^{1,2}

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» 03056 м. Київ, пр-т Перемоги, 37

²Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 02094 м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20А

Проаналізовано існуючі варіанти застосування відновлюваних джерел енергії до технологій виробництва водню та встановлено, що для умов України електроліз води із застосування енергії вітру та Сонця дозволить збільшити використання енергопотенціалу даних джерел за умови розвитку електричного транспорту на паливних елементах. З двох найбільш широко використовуваних комерційно електролізних технологій виробництва водню, а саме лужного та протонобмінного електролізу, для поєднання з вітроелектричним та фотоелектричними установками найбільш підходить друга, що пояснюється кращими маневровими режимами роботи, які виникатимуть в наслідок стохастичного характеру виробітку електроенергії. В результаті аналізу вітчизняного та закордонного досвіду реалізації комплексів виробництва водню з використанням відновлюваних джерел запропоновано схему автономної заправної станції електромобілів на паливних елементах в якій первинним генератором електричної енергії виступає вітроелектрична установка. Запропонована схема при правильному виборі генеруючих потужностей та акумулюючих ємностей (буферного акумулятору та системи зберігання водню) дозволяє реалізовувати гарантовану заправку електромобілів на паливних елементах в межах року не зважаючи, як на добові, так і на сезонні коливання енергії вітру. Відмічена необхідність розроблення математичного опису системи «вітроелектрична установка – електролізер – буферний акумулятор енергії» для оцінки ефективності роботи запропонованої схеми на основі експериментальних даних швидкості вітру. Бібл. 6, табл.1, рис. 2.

Ключові слова: вітроелектрична установка, автономна зарядна станція, електромобіль, паливний елемент.

USE OF WIND TURBINE FOR PRODUCE HYDROGEN IN THE COMPOSITION OF AUTONOMOUS FILLING STATIONS OF ELECTRIC VEHICLES ON FUEL CELLS

V. Budko^{1,2}, candidate of technical science, associate professor, **S. Kudria**^{2,1}, corresponding member of the NAS of Ukraine, doctor of technical science, professor, **M. Budko**^{1,2}, candidate of technical science, senior lecturer, **V. Ivanchuk**^{1,2}

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» 03056, 37 Peremohy Avenue, Kyiv, Ukraine

²Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine 02094, 20A Hnata Khotkevycha Street, Kyiv, Ukraine.

The existing variants of the renewable energy sources with respect to hydrogen production technology were analyzed and it was established that for conditions of Ukraine, electrolysis of water with use of wind and solar energy will enable the increased energy potential use of given energy sources within the condition of electric transport development on fuel elements. Among two most widely commercially used electrolytic technologies of the hydrogen production, namely alkaline and proton exchange electrolysis, for combination with wind and photovoltaic installations, the second one is the most suitable, which can be explained by better maneuvering regimes of work that resulted from the stochastic nature of electricity generation. As result of analysis on the domestic and foreign experience within realization of hydrogen production complexes using renewable sources, a scheme of autonomous fuel station for electrical vehicles on fuel cells in which the primary generator of electric energy is wind power plant was proposed. Given scheme, with proper selection of generating and accumulating capacities (buffer accumulator and hydrogen storage system), allows realizing the guaranteed fuelling of electric vehicles on fuel cells within the year without taking into consideration of both daily and seasonally fluctuations of wind energy. The necessity of developing a mathematical description of the system “wind power installation – electrolyser – buffer accumulator of energy” is highlighted for the estimation of the proposed scheme efficiency base on experimental wind speed data. Ref. 6, tabl. 1, fig. 2.

Keywords: wind turbine, autonomous charging station, electric vehicle, full cell.



*V.I. Будько
V. Budko*

Відомості про автора: доцент кафедри Відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу вітроенергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», інженер-технолог за фахом «Технічна електрохімія».

Наукова сфера: Системи накопичення і зберігання енергії на основі електрохімічних акумуляторів; комплексні системи енергозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії; підвищення ефективності роботи автономних вузлів енергопостачання на основі відновлюваних джерел енергії.

Публікації: 56, патенти: 3.

ORCID: 0000-0002-6219-4221

Контакти: +38 (044) 204-81-91

e-mail: solar_budko@ukr.net

Автор information: Associate Professor of the Department of Renewable Energy of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Igor Sikorsky KPI), PhD of Technical sciences, senior researcher the Department of Wind Energy the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", engineer-technologist in the specialty "Technical Electrochemistry".

Research area: Systems of accumulation and storage of energy based on electrochemical battery; Integrated energy supply systems based on renewable energy sources; Increasing the efficiency of autonomous power supply units on the basis of renewable energy sources.

Publications: 56, patents: 3.

ORCID: 0000-0002-6219-4221

Contacts: +38 (044) 204-81-91

e-mail: solar_budko@ukr.net



*S.O. Кудря
S. Kudria*

Відомості про автора: директор Інституту відновлюваної енергетики НАН України, виконувач обов'язки завідувача кафедри відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, професор кафедри відновлюваних джерел енергії КПІ ім. Ігоря Сікорського

Освіта: Київський політехнічний інститут, інженер-технолог за спеціальністю «Технології електрохімічних виробництв».

Наукова сфера: комплексні системи енергозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії; системи акумулювання та перетворення енергії відновлюваних джерел.

Публікації: 332, патенти: 45, монографії: 11.

ORCID: 0000-0002-4798-6853

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: sa.kudria@gmail.com

Автор information: Director of the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Acting Head of the Department of Renewable Energy Sources of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute), Corr. NAS of Ukraine, Doctor of Technical sciences, Professor of the Department of Renewable Energy Sources of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Education: Kyiv Polytechnic Institute, engineer-technologist on the specialty "Technologies of electrochemical manufactures".

Research area: integrated power supply systems based on renewable energy sources; systems of energy storage and conversion of renewable sources.

Publications: 332, patents: 45, monographs: 11.

ORCID: 0000-0002-4798-6853

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: sa.kudria@gmail.com



*M.O. Будько
M. Budko*

Відомості про автора: кандидат технічних наук, старший викладач кафедри відновлюваних джерел енергії факультету електроенерготехніки та автоматики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), старший науковий співробітник відділу відновлюваних органічних енергоносіїв Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», інженер-біотехнолог за фахом «Промислова біотехнологія».

Наукова сфера: Підвищення ефективності застосування рідких біопалив, як в чистому вигляді так і в суміші з традиційним паливом; удосконалення технологій виробництва рідких біопалив із рослинної сировини.

Публікації: 22.

ORCID: 0000-0003-0928-1657

Контакти: +38 (044) 204-81-91

e-mail: fialka93@gmail.com

Автор information: Philosophy Doctor, Senior Lecturer of the Department of Renewable Energy Sources of the Faculty of Electric Power Engineering and Automatics of the Faculty of Electrical Engineering and Automation of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute), Senior Researcher of Renewable Organic Energy sources Department of the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", engineer-biotechnologist in the specialty "Industrial biotechnology".

Research area: Improving the efficiency of the use of liquid biofuels, both in pure form and in combination with traditional fuels; improvement of technologies for the production of liquid biofuels from plant raw materials.

Publications: 22.

ORCID: 0000-0003-0928-1657

Contacts: +38 (044) 204-81-91

e-mail: fialka93@gmail.com



В.Ю. Іванчук
V. Ivanchuk

Відомості про автора: студент НТУУ «Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського»
Наукова сфера: відновлювана енергетика.
Публікації: 10.
ORCID: 0000-0002-0585-9610
Контакти: +38 (096) 533-03-86
e-mail: vlad.ivanchuk.13@gmail.com

Author information: student of NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».
Research area: renewable energy.
Publications: 10.
ORCID: 0000-0002-0585-9610
Contacts: +38 (096) 533-03-86
e-mail: vlad.ivanchuk.13@gmail.com

Перелік використаних позначень та скорочень:

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
АЗС – автономна зарядна станція;

ВЕУ – вітроелектрична установка;
ЕМПА (FCEV) – електромобіль на паливних елементах (full cell electric vehicle).

Вступ. Наявний технічно-досяжний потенціал відновлюваних джерел енергії України, що становить 68,9 млн. т. н. е. на рік [1] ставить завдання перед вітчизняними науковцями в пошуку нових варіантів його як найшвидшого освоєння та відповідно отримання додаткового виробітку екологічно чистої енергії. Одним з таких шляхів є використання енергії відновлюваних джерел для заряду електромобілів різних типів.

Як відомо, «чистий» електромобіль – це вид транспорту, який приводиться в рух за рахунок живлення електричного двигуна від автономного джерела електричної енергії, в якості якого можуть виступати акумуляторні батареї (BEV), або паливні елементи (FCEV). Електромобілі на акумуляторних батареях (BEV) заряджаються від зовнішнього джерела електричної енергії, тоді як електромобілі на паливних елементах (FCEV) заправляють воднем (H_2) у спеціально вмонтовані баки. При окисленні водню в паливних елементах отримується електричний струм для живлення електродвигуна.

Метою даної роботи є розширення можливостей застосування енергетичного потенціалу вітру шляхом розробки ефективної схеми інтеграції вітроелектричної установки в склад автономної заправної станції електромобілів на паливних елементах.

Водень може бути отриманий різними шляхами з використанням широкого діапазону технологій. Деякі з них використовують усталені промислові процеси, тоді як інші перебувають ще

на стадії лабораторних досліджень; деякі можуть досить швидко реалізовуватись при виникненні потреби створення системи постачання воднем; інші вимагають значних досліджень і розвитку.

Розглянемо варіанти виробництва водню із використанням відновлюваних джерел, що дозволяє розширити технології освоєння наявного енергетичного потенціалу відновлюваних джерел відмічену вище. Електрична енергія для виробництва водню і подальшого заряду електромобілів на паливних елементах (FCEV) може вироблятися сонячними, вітровими, біогазовими, геотермальними та гідроелектростанціями. Водень можна отримати декількома шляхами із залученням ВДЕ. Зокрема (рис. 1):

1. з енергії сонячної радіації – термохімічне розщеплення, фотокаталіз;
2. з біомаси та біогазу – газифікація води з надкритичним тиском, піроліз та газифікація, анаеробне зброджування, темнова ферментація та конверсія метану водяним паром;
3. з електричної енергії, що вироблена за рахунок ВДЕ що витрачається для проходження процесу електролізу.

На сьогоднішній день найбільш промислово освоєними шляхами виробництва водню із залученням ВДЕ можна вважати конверсію метану (отриманого з біогазу) водяним паром, протон-обмінний (PEM) та лужний (ALK) електроліз із електроживленням від енергоустановок, що перетворюють енергію від відновлюваних джерел в електричний струм.

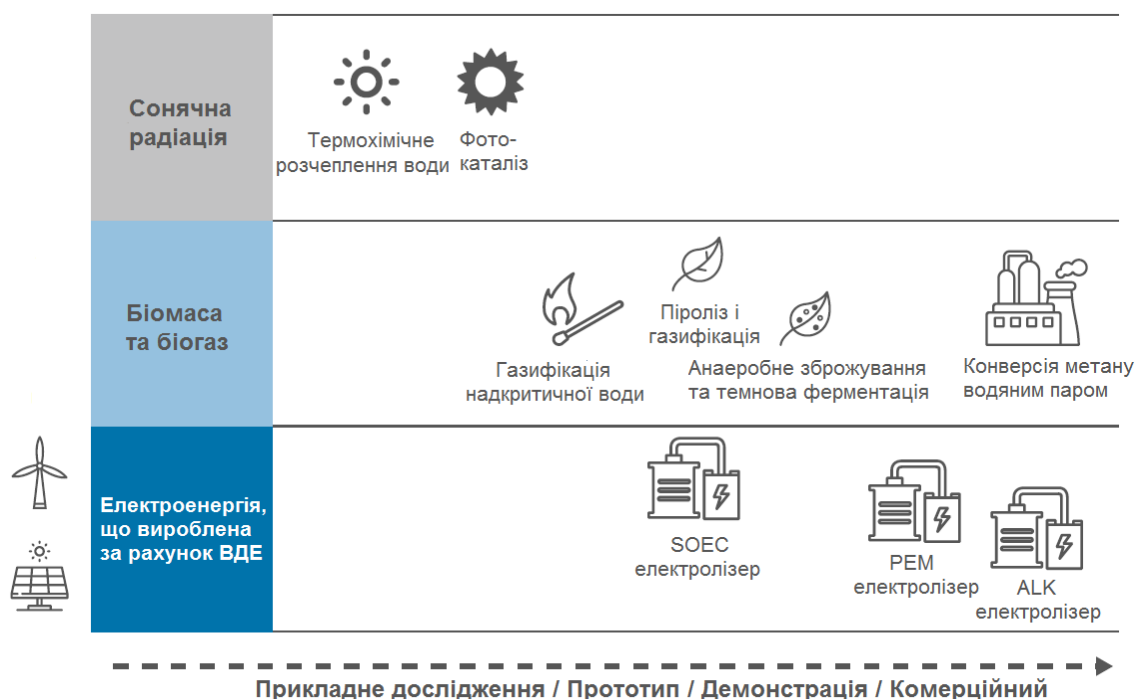


Рис. 1. Шляхи виробництва водню з відновлюваних джерел та сучасний їх рівень розвитку [2].

Fig. 1. Ways of hydrogen production from renewable sources and their current level of development.

На даний час найбільш широко використовуються дві основні комерційно доступні електролізні технології виробництва водню. Перша з них – це лужний електроліз (Alkaline electrolyzers, ALK), що використовується вже близько століття. Друга технологія полягає у застосуванні протонобмінних мембран (Proton exchange membrane, PEM).

Аналіз даних показує, що технологія лужного електролізу все ще є кращою за протонобмінний електроліз по витраті електроенергії на одиницю виробленого водню та терміну служби електролізних блоків. Поруч з цим, PEM електролізери є дещо простішими в експлуатації, мають менші розміри при виробництві однієї і тієї ж

кількості продукції та видають водень під тиском до 30 бар, що зменшує затрати на заправлення накопичуючих та транспортних ємностей.

Якщо ж говорити про режими роботи установок на основі відмічених технологій (табл. 1), то протонобмінний електроліз виглядає значно маневровішим ніж лужний. Зокрема, PEM електролізери протягом короткого періоду часу (від 10 до 30 хв) витримують коливання робочої потужності від 0 до 160 % від її номінального значення, приводяться в дію та зупиняються за коротший проміжок часу та мають більшу швидкодію. Лужні ALK електролізери значно поступаються по даним параметрам.

Таблиця 1. Технічні параметри динаміки роботи лужного (ALK) та протонобмінного (PEM) електролізу води [3].

Table 1. Technical parameters of the dynamics of alkaline (ALK) and proton exchange (PEM) electrolysis of water

Параметри	Лужний електроліз (ALK)	Протообмінний електроліз (PEM)
1	2	3
Рівень коливань робочої потужності	15÷100% від P _{ном}	0÷160% від P _{ном}
Час запуску електролізера (теплого - холодного)	1-10 хвилин	Від 1 секунди до 5 хвилин
Допустиме коливання потужності в сторону збільшення / зменшення	0,2÷20% за секунду	100% за секунду
Час зупинки	1÷10 хвилин	секунди

Враховуючи високу швидкість та широкий допустимий діапазон коливання робочої потужності для акумулювання та передачі енергії відновлюваних джерел найбільше підходять протонообмінні електролізні технології виробництва водню на які не впливатиме стохастичний характер виробітку електроенергії вітро- та фотоелектричними установками. З точки зору енергетики, PEM електролізери мають більшу ефективність при їх експлуатації з робочими потужностями нижче номінальної.

Енергоємність водню значна, але на даний момент його використання не має широкого розповсюдження через складності транспортування та зберігання. Причиною цього є його фізичні властивості. Краще за все зберігати такий газ у рідкому стані, але через те, що водень легко розповсюджується, його важко стиснути, що призводить до додаткових затрат електричної енергії та втрати ефективності водневого палива на 40%.

Ефективність використання електромобіля на водневому паливі становить 20-30%. У свою чергу, у електрокарів, які працюють на акумуляторних батареях, ефективність використання сягає 75%. У залежності від типу палива електричні транспортні засоби «заправляються» від 3-4 хвилин воднем та до 4 годин електричною енергією [4].

На сьогоднішній день існує велика кількість промислових технологій виробництва «чистого» водню з відновлюваних джерел енергії. Доцільність їх використання в першу чергу визначається наявністю та доступністю відновлюваного джерела енергії, сучасного технологічного обладнання і устаткування для реалізації таких технологій.

Розглянемо особливості реалізації систем автономних заправних станцій електромобілів на паливних елементах, що використовують в якості первинного джерела енергію вітру.

Використання енергії вітру для виробництва водню методом електролізу є давно відомим. Зокрема, в кінці минулого століття науковцями Інституту електродинаміки НАН України (наукова група, яка пізніше в 2004 році створила Інститут відновлюваної енергетики НАН України) була розроблена схема та по міжнародному контракту реалізований натурний проект вітроводневої станції в Фолькицентрі (Данія) [5]. Випробування та експлуатація даної станції на протязі 5-ти років показали ефективність застосування такого комплексу в цілому.

Існують і закордонні приклади реалізації вітроводневих станцій. Так, зокрема в [6] представлений приклад реалізації системи виробництва водню з використанням надлишкової електроенергії виробленої ВЕУ. Промодельовані режими роботи такої системи та показано, що реалізація вітроводневих станцій дозволяє максимально використовувати енергію вироблену ВЕС та зменшити її вплив на центральну електромережу шляхом додаткового виробітку електроенергії в паливних елементах та її видачі на мережу в періоди коливання потужності ВЕУ.

Зважаючи на успішний досвід реалізації систем виробництва водню з відновлюваних джерел з метою енергоживлення автономних споживачів та підвищення якості роботи мережевої ВЕУ відмічені вище, розроблена схема реалізації автономної заправної станції електромобілів на паливних елементах (АЗС ЕМПА) з використанням в своєму складі ВЕУ, як первинний генератор електричної енергії (рис. 2).

В схемі АЗС ЕМПА з ВЕУ використовуються наступні агрегати:

1. Вітроелектрична установка для перетворення енергії вітру в електричну енергію змінного струму;
2. Блок автоматичного управління призначений для перерозподілу виробленої електричної енергії між буферною АБ та електролізером;
3. Протонообмінний електролізер високого тиску для виробництва водню під тиском 30 атм;
4. Система зберігання водню, що складається з ємностей з робочим тиском до 30 атм;
5. Компресорна станція для створення тиску до 700 атм при наповненні ємностей для накопичення водню;
6. Система зберігання водню, що складається з ємностей високого тиску до 700 атм;
7. Буферна акумуляторна батарея призначена для електроживлення власних споживачів АЗС;
8. Зарядний пристрій буферної АБ;
9. Інвертори для перетворення змінного струму в постійний (AC/DC) та постійного струму від буферної АБ чи від паливного елемента в змінний струм (DC/AC) необхідний для роботи власних споживачів АЗС;

Паливний елемент призначений для виробництва електричної енергії з водню в періоди відмов буферної АБ (розряджена АБ при безвітряній погоді).

Висновки. 1. На основі аналізу варіантів виробництва водню із використанням відновлюваних джерел для реалізації в Україні найбільш доцільним є електроліз води з використанням електричної енергії, що вироблена вітроелектричними та фотоелектричними установками.

2. Запропонована схема автономної заправної станції електромобілів на паливних елементах (АЗС ЕМПА) з використанням в своєму складі вітроелектричних установок, як первинних генератор електричної енергії.

3. При правильному виборі генеруючих потужностей та акумулюючих ємностей (буферного акумулятору та системи зберігання водню) дозволяє реалізувати гарантований заряд ЕМПА в межах року не зважаючи, як на добові, так і на сезонні коливання енергії вітру.

1. Кудря С.О., Будько В.І. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Електронний курс лекцій. Київ. Національний технічний університет України «КПІ» 2013. 360 с.

2. Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition 2018. International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi. 2018.

3. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. учеб. пособие. Екатеринбург. Изд-во. Урал. ун-та. 2014. 229 с.

4. Field K. Clean Technica: Hydrogen Fuel Cell & Battery Electric Vehicles — Technology Rundown August 2018. Hydrogen Fuel Cell & Battery Electric Vehicles — Technology Rundown. Електронний ресурс. Режим доступу: cleantechnica.com/2018/08/11/hydrogen-fuel-cell-battery-electric-vehicles-technology-rundown/. Дата звернення. 11.11.2018.

5. Мхітарян Н.М., Кудря С.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я., Будько В.І. Розвиток водневої енергетики в Україні АР Крим. Матеріали ІХ міжнародної конф. Відновлювана енергетика ХХІ століття. 2008. С. 24-29.

6. F.J. Pino Lucena, Felipe Rosa, A. Iranzo Paricio, Luis Valverde-Isorna, Eduardo López, P. Bermejo Morillo Hydrogen as energy storage for wind energy. Conference Paper (PDF Available) · July 2008 with 26 Reads Conference: I Simposium Ibérico de Hidrógeno. Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas. 2008. At Bilbao.

REFERENCES

1. Kudria S.O., Budko V.I. Introduction to Alternative and Renewable Energy. Electronic course of lectures. Kyiv. National Technical University of Ukraine "KPI". 2013. 360 p. [in Ukrainian].

2. Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition 2018. International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi. 2018. [in English].

3. Radchenko R.V., Mokrushin A.S., Tyulpa V.V. Vodorod v energetike. [Hydrogen in Energy]. учеб. Posobie. Ekaterinburg. Izd-vo Ural. un-ta. 2014. 229 p. [in Russian].

4. Field K. Clean Technica: Hydrogen Fuel Cell & Battery Electric Vehicles — Technology Rundown August 2018. Electronic resource. - Hydrogen Fuel Cell & Battery Electric Vehi-

cles — Technology Rundown. Retrived from www.cleantechnica.com/2018/08/11/hydrogen-fuel-cell-battery-electric-vehicles-technology-rundown. Applying date 11.11.2018. [in English].

5. Mkhitarian N.M., Kudria S.O., Yatsenko L.V., Shynkarenko L.Ya., Budko V.I. Rozvytok vodnevoi enerhetyky v Ukraini AR Krym. [Development of hydrogen energy in Ukraine Crimea]. Materials IX international conference Renewable energy of the 21st century. 2008. Pp.24-29. [in Ukrainian].

6. F.J. Pino Lucena, Felipe Rosa, A. Iranzo Paricio, Luis Valverde-Isorna, Eduardo López, P. Bermejo Morillo. Hydrogen as energy storage for wind energy. Conference Paper (PDF Available) · July 2008 with 26 Reads Conference: I Simposium Ibérico de Hidrógeno. Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas. 2008. At Bilbao. [in English].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА В СОСТАВЕ АВТОНОМНЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В.И. Будько^{1,2}, канд. техн. наук, доцент; **С.А. Кудря**^{2,1}, чл.-корр. НАН Украины докт. техн. наук, профессор; **М.О. Будько**^{1,2}, канд. техн. наук, **В.Ю. Иванчук**^{1,2}

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сикорського» 03056 м. Київ, пр-т Перемоги, 37

²Інститут возобновляемой энергетика НАН Украины, 02094 м. Київ, ул. Гната Хоткевича, 20А

Проанализировано существующие варианты использования возобновляемых источников энергии с технологиями производства водорода и установлено, что для условий Украины электролиз воды с использованием энергии ветра и Солнца позволит увеличить использование энергетического потенциала данных источников при условии развития электрического транспорта на топливных элементах. С двух наиболее используемых коммерческих электролизных технологий производства водорода, а именно щелочного и протонообменного электролиза, для работы с ветроэлектрическими и фотоэлектрическими установками наиболее подходит вторая, что объясняется лучшими маневренными режимами работы, которые будут возникать в следствии стохастического производства электроэнергии. В результате анализа отечественного и зарубежного опыта реализации комплексов производства водорода с использованием возобновляемых источников энергии предложено схему автономной заправной станции электромобилей на топливных элементах в которой первичным генератором электрического тока выступает ветроэлектрическая установка. Предложенная схема при условии правильного выбора генерирующих мощностей и аккумулирующих емкостей (буферного аккумулятора и системы хранения водорода) позволяет реализовывать гарантированную заправку электромобилей на топливных элементах в пределах года не смотря как на суточные, так и на сезонные колебания энергии ветра. Отмечена необходимость разработки математического описания системы «ветроэлектрическая установка – электролизер – буферный аккумулятор энергии» для оценки эффективности работы схемы на основании экспериментальных данных скорости ветра. Бібл. 6, табл.1, рис. 2.

Ключевые слова: ветроэлектрическая установка, автономная заправная станция, электромобиль, топливный элемент.

Стаття надійшла до редакції 01.04.19
Остаточна версія 11.06.19