

## РОЗРОБКА ЕКОЛОГІЧНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

*Паливні елементи відносяться до хімічних джерел струму. Це електрохімічний пристрій в результаті високоефективного «холодного» горіння палива безпосередньо виробляє електроенергію. Електроліз відбувається за рахунок енергії постійного струму, що підводиться, і енергії, що виділяється при хімічних перетвореннях на електроді. Таким чином, електроліз здатний протікати тільки в середовищах, які проводять електричний струм. Метою цієї роботи є дослідження можливості створення високоефективного оборотного осередку на базі наявних технологій електролізу і паливних елементів як джерела живлення для радіоелектронних пристроїв.*

**Ключові слова:** паливний елемент; електролізер; оборотний осередок електролізу і паливних елементів; камера спалювання.

M.F. BOGOMOLOV

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

F.F. TROTS, V.L. GONCHARUK

Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine

### DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL POWER SOURCE FOR ELECTRONIC

*Fuel cells belong to chemical current sources. This electrochemical device as a result of highly effective "cold" combustion of fuel directly generates electricity. Electrolysis is due to the DC power supplied and the energy released during chemical reactions at the electrode. Thus, electrolysis able to proceed only in environments that conduct electricity. The aim of this work is to study the possibility of establishing a highly efficient working cell based on available technology electrolysis and fuel cells as a power source for electronic devices.*

**Keywords:** fuel cell; electrolysis; reversible cell electrolysis and fuel cells; combustion chamber.

#### Вступ

В статті показано дослідження з проблеми отримання самодостатнього джерела живлення електричної енергії при здійсненні високотемпературного електролізу водяної пари при взаємодії системи з повітряною атмосферою. При цьому побічними продуктами процесу є спонтанне виділення в навколишнє середовище молекулярного кисню і водню. Процес є можливим за рахунок різниці концентрацій кисню і водню в парах води і вмісту цих компонентів у повітрі. Електрохімічний процес отримання електричного струму при цьому є незворотній і достатній для потреб живлення електронних пристроїв різного ступеня складності. Тому при створенні енергетично позитивних процесів утилізації можна мати додаткові об'єми концентрованого кисню і водню.

#### Вихідні передумови

На даний час електролізери і паливні елементи з твердим полімерним електролітом (ТПЕ) вважаються [1] найбільш перспективними для створення оборотного осередку, працюючого як в режимі електролізера, так і паливного елемента. Це обумовлено низькою інерційністю, високим ККД, питомою потужністю і екологічністю процесу. Оборотний осередок привабливий можливістю зниження ваги й зменшення розміру системи [2] і в якійсь мірі її вартості.

Для цієї цілі можуть бути використані як хімічно оборотні кисневі і водневі електроди [3], так і електроди, які не змінюють своєї окисної або відновлювальної функції при перемиканні режимів [2]. Принцип дії таких систем показаний на Рис. 2.

Слід підкреслити, що, хоча каталітична активність платини і металів платинової групи в системах з ТПЕ достатня для їх використання як для виділення водню і кисню в процесі електролізу. Але для окислення та відновлення в процесі генерації струму в паливному елементі, виникає низка проблем [1, 2, 3], в тому числі водного «менеджменту», обумовленого гідрофобно-гідрофільними характеристиками електродів [2]. Стаття присвячена розробці електрохімічного елемента: електролізер-паливного елемента самодостатнього замкненого циклу, з характеристиками електричної напруги і електричного струму, придатного для живлення широкого спектру радіоелектронних пристроїв.

#### Мета

Метою цієї роботи є дослідження можливості створення високоефективного оборотного осередку на базі наявних технологій електролізу і паливних елементів з характеристиками електричної напруги і електричного струму, придатних для живлення широкого спектру радіоелектронних пристроїв радіоелектронної індустрії.

#### Вирішення поставленої задачі

Паливні елементи відносяться до хімічних джерел струму. Вони здійснюють пряме перетворення енергії палива в електрику минаючи малоефективні, що йдуть з великими втратами, процеси горіння. Це електрохімічний пристрій високоефективного «холодного» горіння палива для безпосереднього вироблення

електроенергії.

Електрична енергія, що виробляється такими пристроями є екологічно чистою і по своїх електричних характеристиках задовольняє вимогам, що висуваються до джерел живлення радіоелектронної індустрії.

Електроліз відбувається за рахунок енергії постійного струму, що підводиться, і енергії, що виділяється при хімічних перетвореннях на електроді. Таким чином, електроліз здатний протікати тільки в середовищах, які проводять електричний струм.

Енергія при електролізі витрачається на підвищення гіббсової енергії системи в процесі утворення цільових продуктів і частково розсіюється у вигляді теплоти при подоланні опорів в електролізері та інших ділянках електричного кола. Досліджуючи продукти, що виділяються в електроді, при електролізі кислот, основ і солей, встановили, що у катодів завжди виділяються метали та водень, а у анода кислотні залишки або гідроксильні групи, які потім піддаються подальшим змінам.

Розглянемо більш детально процеси, що протікають при електролізі. Відомо, що існують провідники першого роду, де електрика переноситься за допомогою електронів, і провідники другого роду, коли електрика переноситься іонами. Електрони вступають у взаємодію з іонами в місцях електричного ланцюга, де провідник першого роду межує з провідником другого роду. Таким чином, відбуваються електрохімічні процеси.

Електрохімічні процеси, що протікають у електродах при електролізі, перш за все, будуть залежні від співвідношення електродних потенціалів відповідних електрохімічних систем. З кількох можливих процесів буде протікати той, здійснення якого пов'язане з мінімальною втратою енергії [4].

Якщо балон з чистим киснем з'єднати через кисневу твердо електролітну систему (ТЕО2) з балоном  $H_2O$  (пара), то виникне потенціал згідно рівнянню Нернста [4]:

$$E_{O_2} = kT \ln \frac{100\%_{O_2}}{30\%_{O_2}}, \quad (1)$$

З зарядом клем (Рис.1)

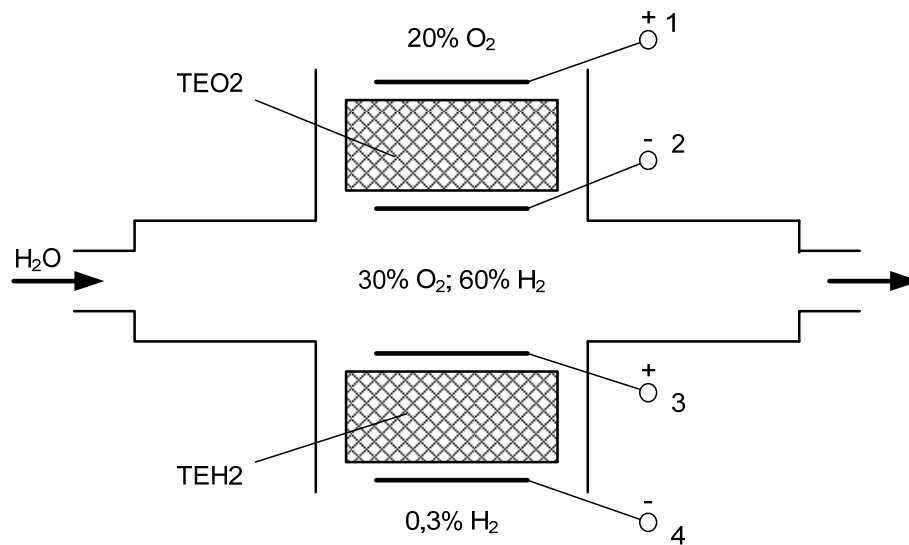


Рис. 1. Схема паливного елемента

З іншої сторони, з'єднуємо балон чистого водню через твердо електролітну водневу систему (ТЕН2) з балоном того ж  $H_2O$  (пара), то отримаємо потенціал згідно рівнянню Нернста:

$$E_{H_2} = kT \ln \frac{100\%_{H_2}}{60\%_{H_2}}. \quad (2)$$

Потенціали  $E_{O_2}$  і  $E_{H_2}$  - різнополюсові. При підключенні клемми 1 до клемми 4, а клемму 2 до клемми 3, електричне коло замкнеться зі сталим струмом. При цьому із балонів водню і кисню буде відкачуватись, відповідно, водень і кисень в середовище водяної пари.

Якщо схему (Рис. 1.) з'єднати з повітрям, то через ТЕО2 із середовища водяної пари в повітря буде відкачуватись кисень, а через систему ТЕН2 в повітря буде відкачуватись водень. При цьому відповідні розрахунки потенціалів електродів мають вигляд:

$$E = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (3)$$

де  $E$  - напруга Нернста (В);  $\varphi_1, \varphi_2$  - потенціали електродів 1 і 2 (В);  $R$  - газова стала (8,31Дж/(моль\*К);  $T$  - температура ( $^{\circ}K$ );  $n$  - кількість електронів, що йде на іонізацію однієї молекули;  $F$  - постійна Фарадея ( $F = 9,65 \times 10^4$  (Кул\*моль $^{-1}$ ));  $C_1, C_2$  - концентрації вимірювального газу, відповідно, на 1 і 2 електродах.

Тоді:

Електрод 1:

$$\varphi_1 = \frac{RT}{4F} \ln 20 = 0,0644(\text{В});$$

Електрод 2:

$$\varphi_2 = \frac{RT}{4F} \ln 30 = 0,0731(\text{В});$$

Електрод 3:

$$\varphi_3 = \frac{RT}{2F} \ln 60 = 0,1765(\text{В});$$

Електрод 4:

$$\varphi_4 = \frac{RT}{2F} \ln 0,3 = -0,0519(\text{В}).$$

Тоді різниця потенціалів, відповідно до включення, електродів:

$$\Delta\varphi(1,4) = 0,1162(\text{В});$$

$$\Delta\varphi(2,3) = -0,1029(\text{В});$$

Загальна напруга системи складе:  $\Delta\varphi(1,4,2,3) = 0,2191(\text{В})$ .

Номінальний електричний струм в системі:

$$I_{ном} = \frac{\Delta\varphi(1,4)}{R} = 1,16 \times 10^{-3}(\text{А}), \quad (4)$$

де

$$E = \Delta\varphi(1,4) = 0,116(\text{В});$$

$$R = 100(\text{Ом}).$$

При використанні в якості твердого полімерного електроліту (ТПЕ) мембрани МФ-4СК і електродів по спеціальній технології суттєво підвищуються вольт-амперні характеристики паливного елемента і суттєво знижується робоча температура. При цьому технологія виготовлення блоку паливного елемента (електролізер – паливний елемент) стає посекційною з простою системою складання.

Протонопровідні мембрани дозволяють реалізувати процес електролізу води в низькотемпературному режимі. Блок відкачування водню з води при цьому можна використати як окремий пристрій.

Згідно рівняння Нернста на електродах водневого елемента виникає е.р.с.:

$$E = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (5)$$

де  $C_1$  - 66,6 %  $H_2$  (об'ємна доля водню у воді);  $C_2$  - 0,3 % (об'ємна доля водню у повітрі).

На електроді 2 виникає потенціал  $\varphi_2$  :

$$\varphi_2 = \frac{RT}{2F} \ln 66,6 = 0,053(\text{В}),$$

На електроді 3 виникає потенціал  $\varphi_3$  :

$$\varphi_3 = \frac{RT}{2F} \ln(0,3) = -0,01515(\text{В}),$$

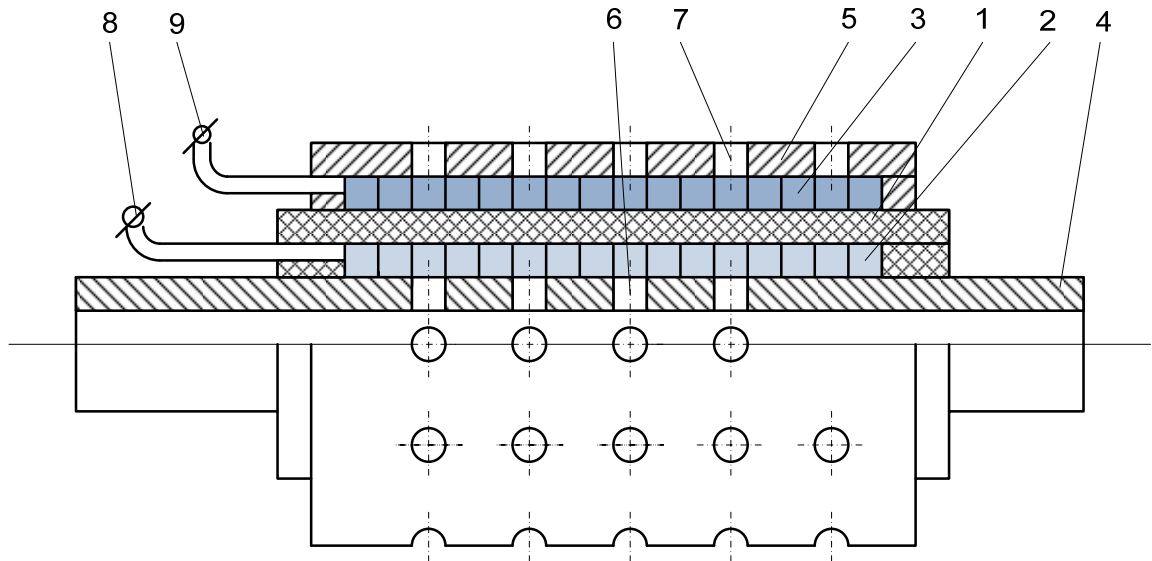
де  $R$  - газова стала ( $R = 8,31$  Дж/Моль\*К);  $T$  - температура ( $T = 293,15\text{K}(20^{\circ}\text{C})$ ) ;  $F$  - постійна Фарадея ( $F = 9,65 \times 10^4$  (Кул\*моль $^{-1}$ )).

Тоді напруга на електродах 2 і 3, як різниця потенціалів складає 68 мВ:

$$E_{H_2} = \varphi_2 - \varphi_3 = 0,053 - 9 - 0,015 = 0,068(\text{В}).$$

З метою практичного використання результатів досліджень нами був розроблений пристрій –

низькотемпературне електрохімічне джерело живлення низької потужності. В якості протонно провідної мембрани був використаний на основі попередніх електрохімічних випробувань силікон у вигляді трубки. Електроди виконані у двох варіантах: срібна чернь та срібні відводи і платиновий провідник.



1 – Протонно провідна трубка; 2 – Внутрішній електрод; 3 – Зовнішній електрод; 4 – Камера подачі води; 5 – Зовнішній корпус; 6 – Внутрішні капіляри; 7 – Зовнішні капіляри; 8 – Внутрішній струмовідвід; 9 – Зовнішній струмовідвід.

Рис. 2. Джерело живлення на основі низькотемпературного електролізу води

Експериментальні дослідження показали результати, що повністю співпадають з теоретичними розрахунками. З цією метою були виготовлені три дослідні зразки. Результати експерименту приведені на графіках.

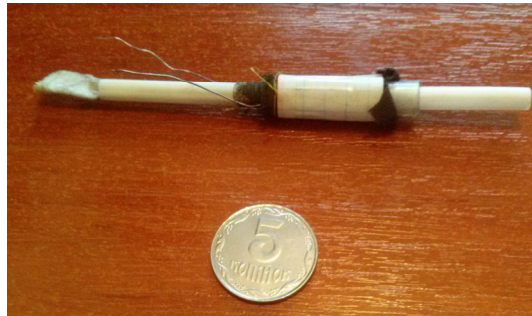


Рис. 3. Дослідний зразок блоку джерела живлення на срібних електродах

#### **Сферами вжитку розроблених джерел живлення можуть бути:**

*Медична техніка, Вакуумна техніка, Електронна промисловість, Аналітична техніка.*

#### **Переваги**

Відсутність механічних частин;  
Простота експлуатації та технічного обслуговування;  
Малі розміри і вага;  
Висока надійність;  
Необмежений ресурс роботи.

#### **Технічні характеристики**

Напруга живлення      100 мВ,  
Робочий струм          15-20 мкА,  
Робоча температура    293 К,

На даний час електролізери і паливні елементи з твердим полімерним електролітом (ТПЕ) вважаються [1] найбільш перспективними для створення оборотного осередку, працюючого як в режимі електролізера, так і паливного елемента. Це обумовлено низькою інерційністю, високим ККД, питомою потужністю і екологічністю процесу. Оборотний осередок привабливий можливістю зниження ваги й зменшення розміру системи [2] і в якійсь мірі її вартості.

Для цієї цілі можуть бути використані як хімічно оборотні кисневі і водневі електроди [3], так і електроди, які не змінюють своєї окисної або відновлювальної функції при перемиканні режимів.

Протоно провідні мембрани дозволяють реалізувати процес електролізу води в низькотемпературному режимі. Блок відкачування водню з води при цьому можна використати як окремий пристрій.

### Висновок

Паливні елементи відносяться до хімічних джерел струму. Це електрохімічний пристрій в результаті високоефективного «холодного» горіння палива безпосередньо виробляє електроенергію. Електроліз відбувається за рахунок енергії постійного струму, що підводиться, і енергії, що виділяється при хімічних перетвореннях на електроді. Таким чином, електроліз здатний протікати тільки в середовищах, які проводять електричний струм. В роботі дослідженні можливості створення високоефективного оборотного осередку на базі наявних технологій електролізу і паливних елементів. Розроблені конструктивні рішення електролізерів-генераторів. Робота направлена на створення нових джерел живлення на базі воднево-кисневої паливної суміші, які ефективно можуть використовуватись радіоелектронній індустрії. Напрямок подальших теоретичних розробок є створення нових типів кисневодневих оборотних осередків електролізерів-генераторів, які можуть бути успішно використані як для живлення радіоелектронних пристроїв різного ступеня складності, так і для радіоелектронної індустрії цілому.

### Література

1. Ahn J., Ledjeff K. Патент Германии № R4027655.4, 1990.
2. Mahlendorf F., Peinecke V., HEINZEL a., Ledjeff R. // Proc. of 18<sup>th</sup> Int. Power Sources Symp. Trafford-upon-Avon.: Leaterheard. 1993. P. 273.
3. Каталитические слои для обратимой ячейки электролизер-топливный элемент на основе твердого полимерного электролита. . М.А. Цыпкин, Е.К. Лютикова, В.Н. Фатеев, В.Д. Русанов. Электрохимия 2000, том. 36. № 5. с. 613-616.
4. Чеботин В.Н., Перфильев М.В. Электрохимия твердых электролитов. – М.: Химия, 1978 – 312 с.
5. Фатеев В.Н., Фридман А.А., Баранов И.Е. / Электрохимия. 1994. Т. 30. С. 1256.
6. Fateev V., Pachlova E., Baranov I. et al. / Proc.of the 11-th World Hydrogen Energy Conference, Stuttgart: Schon and Wetzel, 1996. V. 3. P. 2727.
7. Основы процесса электролиза. <http://studypart.ru>
8. Производство водорода. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Производство водорода](http://ru.wikipedia.org/wiki/Производство_водорода)
9. Електрохімічний електролізер водяної пари як альтернативне джерело живлення. Троц А.А., Скіцюк В.І. / Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. Вип. 46 – С. 170 – 176.
10. Електрохімічний електролізер водяної пари. Гончарук В.Л., Троц А.А., Троц М.А., Янів В.Г. / Вісник університету «Україна». Серія «Сучасні інженерні Технології. №1(16). 2013 р. – С 116-122.

### References

1. Ahn J., Ledjeff K. Patent Hermany # R4027655.4, 1990.
2. Mahlendorf F., Peinecke V., HEINZEL a., Ledjeff R. // Proc. of 18th Int. Power Sources Symp. Trafford-upon-Avon.: Leaterheard. 1993. P. 273.
3. Katalytycheskye sloj dlya obratymoy yacheky elektrolizer-toplyvnyy element na osnove tverdogo polymernoho elektrolita. . M.A. Tsyppkin, E.K. Lyutykova, V.N. Fateev, V.D. Rusanov. Elektrokhiyya 2000, tom. 36. # 5. s. 613-616.
4. Chebotyn V.N., Perfyl'ev M.V. Elektrokhiyya tverdykh elektrolitov. – M.: Khimyya, 1978 – 312 s.
5. Fateev V.N., Frydman A.A., Baranov Y.E. / Elektrokhiyya. 1994. T. 30. S. 1256.
6. Fateev V., Pachlova E., Baranov I. et al. / Proc.of the 11-th World Hydrogen Energy Conference, Stuttgart: Schon and Wetzel, 1996. V. 3. P. 2727.
7. Osnovy protsessy elektroliza. <http://studypart.ru>
8. Proyzvodstvo vodoroda. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Proyzvodstvo vodoroda](http://ru.wikipedia.org/wiki/Proyzvodstvo_vodoroda)
9. Elektrokhiichnyy elektrolizer vodyanoyi pary yak al'ternatyvne dzhерelo zhylennya. Trots A.A., Skitsyuk V.I. / Visnyk NTUU «KPI». Seriya prykladobuduvannya. – 2013. Vyp. 46 – S. 170 – 176.
10. Elektrokhiichnyy elektrolizer vodyanoyi pary. Honcharuk V.L., Trots A.A., Trots M.A., Yaniv V.H. / Visnyk universytetu «Ukrayina». Seriya «Suchasni inzhenerni Tekhnolohiyi.#1(16). 2013 r. – S 116-122.
11. Realizatsiya metodu kontrolyu tekhnolohichnykh hazovykh seredovyshch. Poryev V.A., Trots A.A. / Aktual'ni problemy navchannya ta vykhovannya lyudey z osoblyvymy potrebamy : zb.naukovykh prats'. - # 8. – K.: Unversytet „Ukrayina”, 2010. – S .

Рецензія/Peer review : 25.9.2015 p.

Надрукована/Printed :20.10.2015 p.