

ГІПОТЕЗИ. НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ РІШЕННЯ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ ПРОБЛЕМ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 621.35 : 541.13

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ЕЛЕКТРОЛІЗЕР ВОДЯНОЇ ПАРИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

¹⁾Троць А. А., ²⁾Скицюк В.І.

¹⁾Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Київ, Україна,

²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

У сучасній промисловості існує проблема забезпечення різних споживачів надійним джерелом електричного живлення. До таких енергетичних систем живлення висувається низка вимог, які здебільшого досить жорсткими і з огляду на конструктивні особливості, і можливості реалізації потужної енергетичної віддачі. Не менш важливим є і ступінь компактності та мобільності джерела за можливості використання у різних умовах. Як наслідок, необхідно розглядати низку альтернативних засобів отримання електричної енергії у компактних об'ємах. Наразі у якості такого альтернативного джерела розглядається електрохімічний електролізер водяної пари як паливний елемент «холодного» горіння. У роботі запропоновані аспекти можливості створення вискоелективної оборотної комірки на базі наявних технологій електролізу та паливних елементів.

Ключові слова: паливний елемент, електролізер, оборотня комірка електролізу та паливних елементів, двигун.

Вступ

Наразі актуальними є дослідження щодо розробки самодостатнього джерела живлення електричної енергії, оскільки існує проблема енергозбереження. Тому пропонується розгляд альтернативного джерела паливного елемента, тобто при здійсненні високотемпературного електролізу водяної пари за умови взаємодії системи із повітряною атмосферою. Водночас побічними продуктами процесу є спонтанне виділення у навколишнє середовище молекулярного кисню та водню. Процес є можливим завдяки різниці концентрацій кисню та водню в парах води та вмісту цих компонентів у повітрі. Оскільки електрохімічний процес отримання електричного струму є незворотнім, то при створенні енергетично позитивних процесів утилізації можна мати додаткові об'єми концентрованого кисню та водню.

Постановка задачі

На цей час електролізери та паливні елементи із твердим полімерним електролітом (ТПЕ) вважаються [1] найбільш перспективними для створення оборотної комірки, працюючої і в режимі електролізера, і паливного елемента, що обумовлено низькою інерційністю, високим ККД, питомою потужністю та екологічністю процесу. Оборотня комірка є привабливим рішенням завдяки

можливості зниження ваги й зменшення розміру системи [2] і деякою мірою її вартості.

Для досягнення цієї мети можуть бути використані і хімічно оборотні кисневі та водневі електроди [3], і електроди, які не змінюють своєї окисної або відновлювальної функції при перемиканні режимів [2]. Принцип дії таких систем показано на рис. 1 та рис. 2.

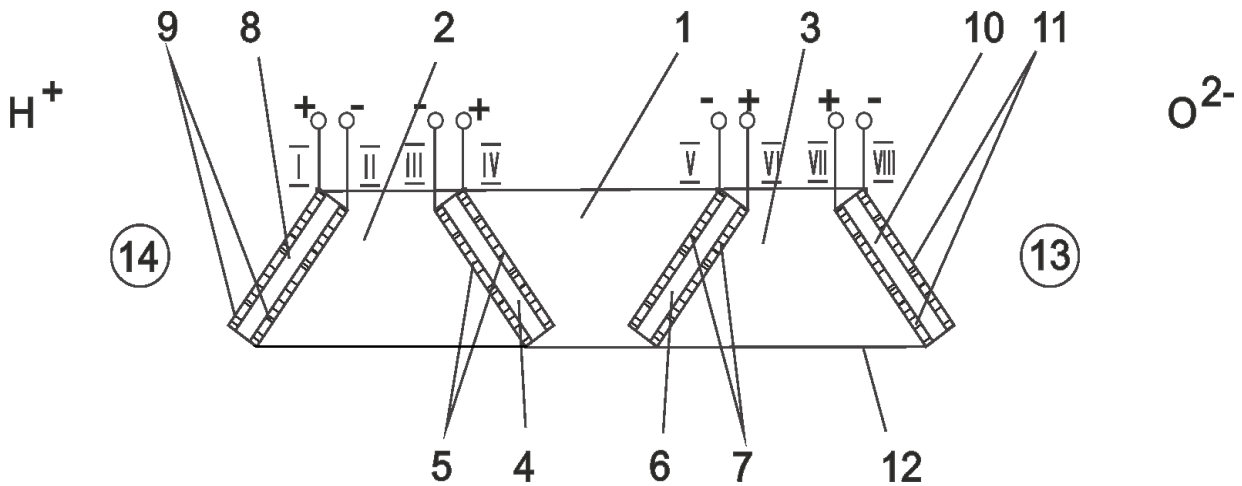


Рис. 1. Блок електролізера водню та кисню з водяної пари, де: 1 – камера витоку пари H_2O ; 2 – камера H_2 ; 3 – камера O_2 ; 4 – мембрана електролізера H_2 ; 5 – електроди електролізера H_2 ; 6 – мембрана електролізера O_2 ; 7 – електроди електролізера O_2 ; 8 – мембрана поверхні генератора H_2 ; 9 – електроди поверхні генератора H_2 ; 10 – мембрана поверхні електролізера O_2 ; 11 – електроди поверхні електролізера O_2 ; 12 – корпус; 13, 14 – повітряні камери, або два узгоджені інші блоки, де 13 – камера H_2 ; 14 – камера O_2

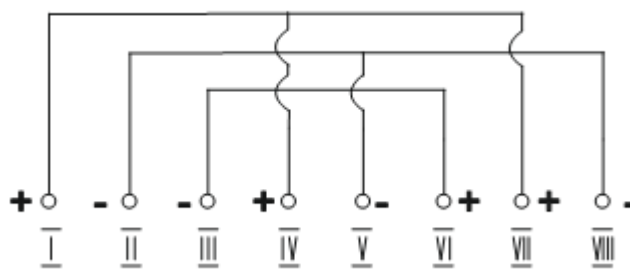


Рис. 2. Схема підключення електродів

Слід підкреслити, що каталітична активність платини та металів платинової групи в системах з ТПЕ є достатньою для їх використання з метою виділення водню та кисню в процесі електролізу. Але для окиснення та відновлення в

процесі генерації струму в паливному елементі виникає низка проблем [1, 2, 3], в тому числі водної вибірковості, обумовленої гідрофобно-гідрофільними характеристиками електродів [2]. Зокрема необхідна розробка електрохімічного елементу: електролізер паливного елементу самодостатнього замкненого циклу.

Метою цієї роботи є дослідження можливості створення високоефективного оборотної комірки на основі наявних технологій електролізу та паливних елементів.

Вирішення поставленої задачі

Паливні елементи відносяться до хімічних джерел струму, які здійснюють пряме перетворення енергії палива в електрику, минаючи малоефективні процеси горіння, що йдуть із великими втратами. Це є електрохімічний пристрій високоефективного «холодного» горіння палива для безпосереднього отримання електроенергії. Електроліз відбувається завдяки енергії постійного струму, що підводиться, та енергії, що утворюється внаслідок хімічних перетворень на електроді. Отже, електроліз здатний відбуватися тільки в середовищах, які є провідниками електричного струму. 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 біля катода завжди виділяються метали та водень, а біля анода кислотні залишки або гідроксильні групи, які потім піддаються подальшим перетворенням.

Розглянемо більш достеменно процеси, що відбуваються 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. Електрохімічні процеси, що відбуваються в електродах при електролізі, перш за все, будуть залежними від співвідношення електродних потенціалів відповідних електрохімічних систем. Із кількох можливих процесів буде протікати той, здійснення якого пов'язане із мінімальною втратою енергії.

Наразі існує два закони Фарадея, які є у засадах електролізу.

Перший закон Фарадея доводить, що маса M речовини, яка виділяється на електроді, прямо пропорційна електричному заряду q , що пройшов через електроліт

$$M = k \cdot q = k \cdot It, \quad (1)$$

де q – електричний заряд; I – сила струму; t – час, протягом якого пропускається струм.

Якщо через електроліт пропускається постійний струм із силою струму I протягом часу t , то коефіцієнт пропорційності k можна вважати у межах мож-

ливої похибки електрохімічним еквівалентом речовини. Він чисельно дорівнює масі речовини, яка виділяється при проходженні через електроліт одиничного електричного заряду, і залежить від хімічної природи речовини, тобто

$$m = \frac{\mu}{zeN_A} I \Delta t, \quad (2)$$

або

$$m = \frac{\mu}{zF} I \Delta t, \quad (3)$$

де z – валентність атома (іона) речовини; $e = 1,062 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона;
 $F = eN_A$ – стала Фарадея, $F = 96485$ Кл·моль⁻¹.

Згідно другого закону електрохімічні еквіваленти різних речовин відносяться, як їх хімічні еквіваленти. Хімічним еквівалентом іона є відношення молярної маси A іона до його валентності z . Тому електрохімічний еквівалент

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{z}. \quad (4)$$

Отже, другий закон Фарадея набуває наступного вигляду

$$m = \frac{MI \Delta t}{nF}, \quad (5)$$

де M – молярна маса визначеної речовини, що утворилася в результаті електролізу, проте необхідно зауважити, що вона не обов'язково виділяється при реакції взаємодії відразу після утворення; I – сила струму; Δt – час, протягом якого тривав процес електролізу; n – кількість електронів, що беруть участь у процесі.

За достатньо великих значень сили струму кількість електронів дорівнює абсолютній величині заряду іона, який прийняв безпосередню участь в електролізі (окисленого або відновленого).

Початкова напруга на електродах буде мінімальною завдяки вприскуванню в камеру згорання. Упродовж накачування водню та кисню в камеру 2 і в камеру 3 (рис. 1) напруга на електродах зростатиме (рис. 3). Таким чином, напруга на електродах, що необхідна для електролізу, підтримуватиметься автоматично. Робоча температура електролізера задається та підтримується корпусом камер згорання в процесі роботи двигуна. Кількість водню, що отримується на одному електролізері, повинна відповідати кількості разового вприскування в камеру згорання одного робочого блоку і повинна отримуватись в електролізері за час одного оберту ротора.

Якщо розмістити блок генератору в замкненому циклі, тобто по колу, з відомим валом у центрі, то схема рушія матиме вигляд (рис. 4). Конструктивні особливості виконання блоків електролізера та генератора на основі іонообмінних мембран мають вигляд, наведений на рис. 5.

Іншим технічним рішенням мембранно-електродного блоку є конструкція із цільною мембраною (Рис. 6).

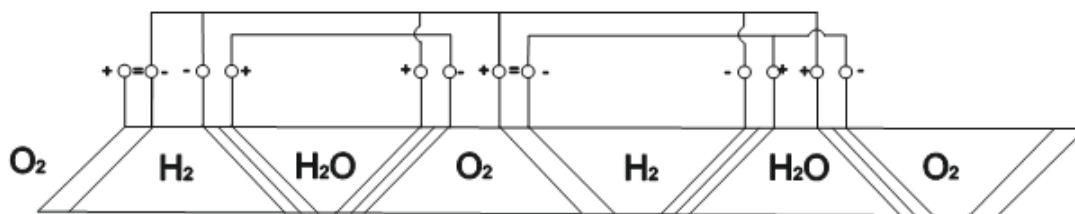


Рис. 3. Схема підключення електродів генератора-електролізера

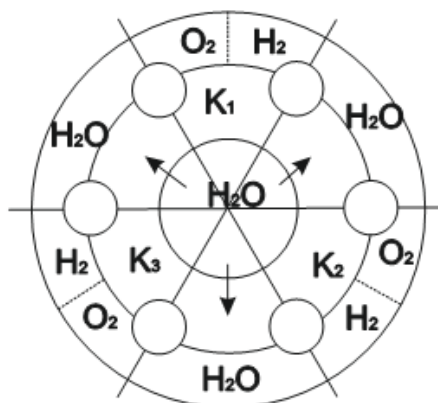


Рис. 4. Схема розташування генератор-електролізних камер

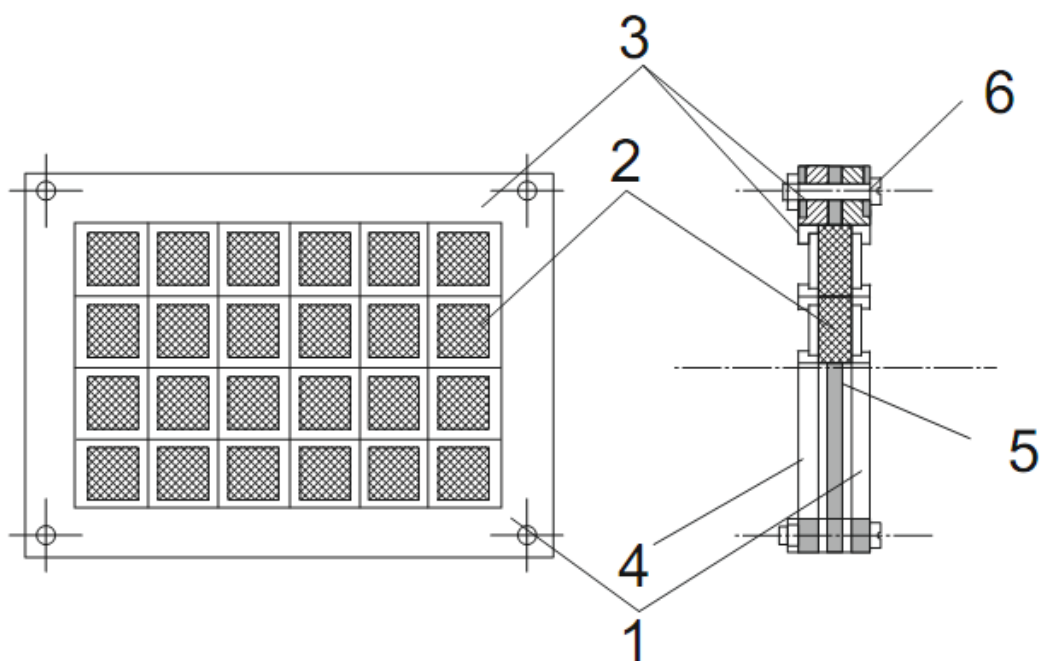


Рис. 5. Мембранно-електродний елемент блокового типу, де: 1 – металічний нижній каркас; 2 – мембранні блоки; 3 – електроди; 4 – металічний верхній каркас; 5 – ізоляційна прокладка; 6 – діелектричне кріплення

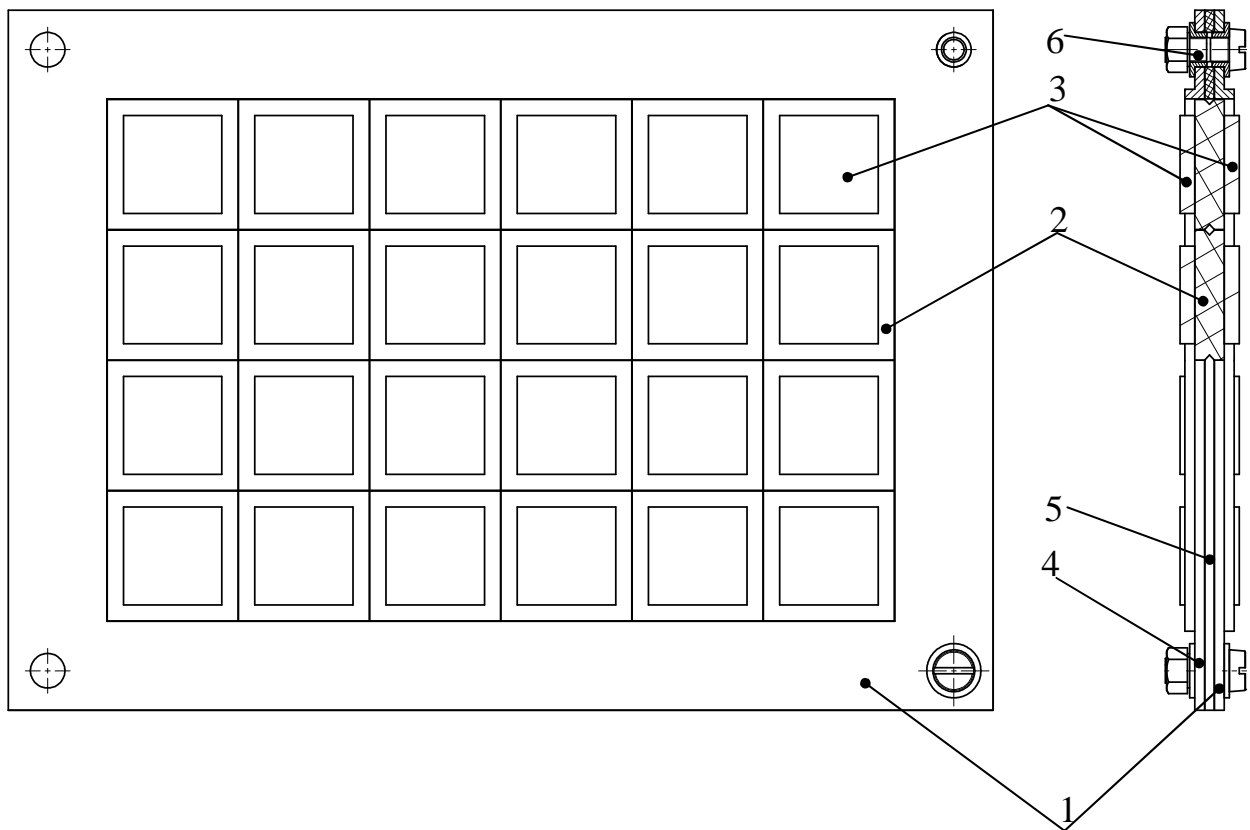


Рис. 6. Мембранно-електродний елемент із цільною мембраною, де: 1 – нижній металічний каркас; 2 – мембрана; 3 – електроди; 4 – верхній металічний каркас; 5 – діелектричне з'єднання

Особливістю технічних рішень (рис. 5, рис. 6) є доволі висока технологічність виготовлення елементів. Наразі є можливість використовувати такі прості технологічні процеси, як штампування та пресування. Ще однією привабливою характеристикою є відносно проста система складання, яка не вимагає висококваліфікованого персоналу, тобто як наслідок, існує тенденція отримання продукту невисокої вартості з досить добрими показниками. Подібна продукція може широко застосовуватися у приладобудівному виробництві для створення дешевих джерел живлення.

Висновки

У роботі розглянуто можливості створення вискоелективної оборотної комірки на базі наявних технологій електролізу та паливних елементів. В основу роботи такого елемента покладено принципи «холодного» згорання палива, яке безпосередньо виробляє електроенергію. Показано, що процес електролізу відбувається завдяки енергії постійного струму, що підводиться, та енергії, що виділяється при хімічних перетвореннях на електроді. Наведено основні напрями розробок конструкцій електролізерів-генераторів.

Таким чином, запропоновано основні принципи створення джерел живлення на базі воднево-кисневої паливної суміші. Отже, напрямком подальших теоретичних розробок є створення нових принципів реалізації інтегрованих киснево-водневих рушіїв.

Література

1. Ahn J., Ledjeff K. Патент Германии № P4027655.4, 1990.
2. Mahlendorf F., Peinecke V., Heinzl A., Ledjeff R. // Proc. of 18th Int. Power Sources Symp. Strafford-upon-Avon.: Leaterheard. 1993. P. 273.
3. Цыпкин М.А. 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. - Т. 36, № 5. - С. 613 - 616.

*Надійшла до редакції
23 квітня 2013 року*

© Скицюк В.І., Клочко Т.Р., 2013