

ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ У ПАЛИВНИХ ВОДНЕВО-КИСНЕВИХ ЕЛЕМЕНТАХ

Вступ. У 1839 році англійський фізик Вільям Грув відкрив принцип електрохімічного перетворення енергії реалізований у паливних воднево-кисневих елементах [1]. Досить довгий час цей винахід був забутий, бо тодішній стан технологій не дозволяв утілити принципи прямого перетворення хімічної енергії в електричну у реальне життя. Сучасний розвиток науки і техніки, як передумова, й так звана «енергетична проблема світу», як поштовх, дозволили втілити в наше повсякденне життя ідею паливного воднево-кисневого елемента. З часом, застосування паливних елементів стало більш широким й набуло промислових масштабів. Високий коефіцієнт корисної дії й екологічна чистота роблять їх привабливими для застосування в автомобільній індустрії [1]. Особливої уваги заслуговує використання паливних воднево-кисневих елементів в автономних системах електроприводу у якості джерела електричної енергії.

Тимчасовою перешкодою для повсюдного використання паливних елементів є, насамперед, їх вартість, безпека використання, що безпосередньо пов'язана із воднем, який виступає у якості палива, та складність регулювання [2]. Стосовно останньої слід зазначити, що паливні елементи є нелінійними і складними об'єктами. Існує багато умов й параметрів, що мають безпосередній вплив на якість їх роботи. Так, крім іншого, суттєвий вплив на роботу джерела має вологість повітря, що нагнітається до катодного боку паливного елемента, адже при певних умовах може статися висихання полімерної мембрани, що вкрай негативно відіб'ється на паливному воднево-кисневому елементі.

Аналіз попередніх досліджень. Проблемам роботи й функціонування паливних воднево-кисневих елементів присвячено багато наукових статей й праць [1, 2]. Це стосується й питань зволоження паливних газів задля унеможливлення висихання полімерної мембрани й покращення динамічних властивостей джерела [3, 4, 5]. Багато уваги приділено впливу температури джерела й паливних газів на водяні процеси в ньому [6].

Однак, існує небезпека висихання мембрани й при нормальній температурі джерела завдяки високій інтенсивності повітряного потоку, що досі ретельно не висвітлено.

Мета роботи. Дослідити вплив інтенсивності об'ємного потоку повітря на водяні процеси в паливному воднево-кисневому елементі.

Матеріал і результати дослідження. Як відомо спроможність повітря, що нагнітається до джерела, вбирати в себе воду обернено пропорційна до температури паливного елемента. Зазвичай, регулювання об'ємного потоку повітря здійснюється пропорційно до сили коміркового струму. В цьому випадку, за умови підвищеної температури паливного елемента, кількість води, яка утворюється в результаті хімічної реакції, може виявитися недостатньою для зволоження мембрани, що призводить до висихання останньої [2]. Це, однак, не єдина причина, яка може призвести до обезводнення мембрани.

Експериментальні дослідження проводились на кафедрі Електричних мереж й альтернативних джерел електроенергії факультету Електричної й інформаційної техніки університету Отто фон Геріке м. Магдебург, Німеччина. Практичні дані отримано на реальному воднево-кисневому паливному елементі NP20 фірми Heliocentris, потужністю 20 Вт, максимальною вихідною напругою 4 В, максимально допустимою силою струму 5 А, кількістю комірок 4 шт., площею поверхні кожної комірки $0,0049 \text{ м}^2$ й товщиною кожної комірки 0,005 м. Дослідження проводились при температурі навколишнього середовища 23°C й відносній вологості повітря в лабораторії 70%.

Експериментальні дані показують, що збільшення об'ємного потоку повітря викликає вивітрювання води, яка формується завдяки хімічній реакції усередині комірки. З рис. 2 видно, що при $Q_{\text{пов}} > 2,6 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ спостерігається стабілізація температури джерела із незначним падінням вологості при температурі $30,4^\circ\text{C}$. При зменшенні об'ємного потоку повітря ($Q_{\text{пов}} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$), в лабораторних умовах, ефект вивітрювання є незначним. Експериментально перевірити залежність процесів водяного обміну від температури паливного елемента

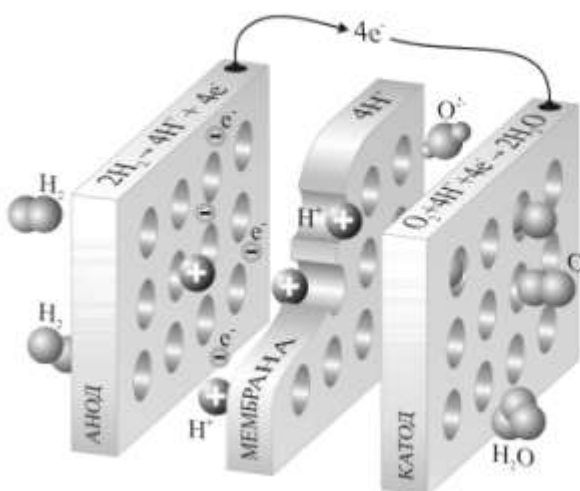


Рис. 1. Будова й принцип функціонування паливного воднево-кисневого елемента.

не вдалося з технічних причин. Але це питання досить детально відображено в наукових працях й подальшого дослідження не вимагає. З усього вище викладеного випливає необхідність у застосуванні додаткового зволоження повітря, яке нагнітається до катодного боку паливного воднево-кисневого елемента.

На даний момент існують два способи зволоження повітря, що надходить до катодного боку паливного елемента: внутрішнє й зовнішнє. Найпоширеніший варіант внутрішнього зволоження передбачає змінення водопроникності між входами й виходами газових каналів [3]. Дифузійні шари на катоді паливного елемента перешкоджають проникненню води до каналів, по яких подається повітря. Таким чином повітря забирає із собою лише несуттєву кількість води. На виході газових каналів, де зазвичай формується велика кількість води, водопроникність підвищується й надлишкова вода виводиться повітряним потоком, що нагнітається до катодного боку паливного елемента.

Принцип зовнішнього зволоження полягає у вприскуванні води до анодного чи катодного або одночасно до катодного й анодного боків паливного елемента [4]. Вода, що вприскується до джерела, може знаходитись у двох станах: пароподібному або рідкому. Вприскування рідкої води має свої переваги перед зволоженням за допомогою пари. Це й кількість води, що вприскується, й охолоджуючий ефект усередині комірки паливного елемента, адже певна кількість води випаровується. Основними недоліками такої методики є складність технічної реалізації та небезпека затоплення електродів рідкою водою. Інший варіант зовнішнього зволоження полягає у водяному обміні через мембрану між реагентом, що уводиться й виводиться [5]. В цьому випадку необхідно забезпечити високу інтенсивність водяного потоку поряд із відверненням високої проникності паливних газів [6]. Слід також взяти до уваги той факт, що пропускна спроможність полімерної мембрани залежить як від температури, так й від різниці тиску між реагентом, що уводиться й виводиться через мембрану. Найпростіша форма зовнішнього зволоження реалізується шляхом проходження повітря через ємність із водою, в результаті чого утворюються водяні пухирчики. Регулювання вмісту водяної пари в повітрі здійснюється через змінювання температури води у ємності.

Висновки. Результати експериментальних досліджень вказують на необхідність застосування додаткового зволоження повітря особливо в паливних елементах великих потужностей, адже вони працюють при більших робочих температурах. Паливним елементам малих потужностей властиво так зване вивітрювання води при великих значеннях об'ємного потоку повітря, навіть, при нормальних температурах, що теж вказує на необхідність врахування цього ефекту при регулюванні об'ємного потоку повітря або на застосування додаткового зволоження джерела.

Список використаної літератури

1. Fuel Cell Handbook 7th Edition, U.S. Department of Energy. - Morgantown: National Energy Technology Laboratory, 2004. - 427 с;
2. Larminie J., Dicks A. Fuel cell systems explained, 2nd Edition, Oxford, 2003. - 433с.;
3. Isono, T., Miyake, Y., Hamada, A., Kaneko, M., Nakato K. Stable and high-performance fuel cell. EP 1063717 A2, 2000;
4. Mund K., Luft G., von Helmholt R., Genenger B. PEM (polymer electrolyte membrane) fuel cell and method for operating a PEM fuel cell with liquid humidification and/or cooling. WO 9960640,1999;
5. Voss H., Barton R., Wells B., Runne J., Nigsch A. Solid polymer fuel cell System and method for humidifying and adjusting the temperature of reactant stream. US 6416895 B1,2002;
6. Choi K., Park D., Rho Y., Kho Y., Lee T. A study of the internal humidification of an integrated PEMFC Stack. Journal of Power Sources, No.74,1998, S. 146-150.

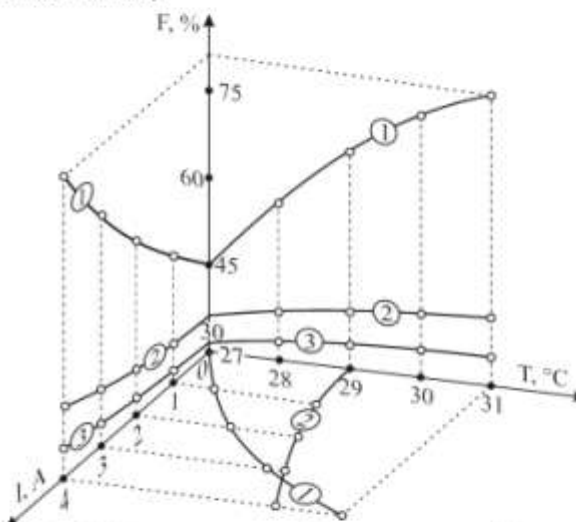


Рис. 2. Характеристики роботи джерела при різних значеннях об'ємного потоку повітря:

- 1 - $Q_{\text{пов}} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- 2 - $Q_{\text{пов}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- 3 - $Q_{\text{пов}} > 2,6 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.