УДК 621:43

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНОГО ДВЗ

Авраменко Андрій Миколайович [1,2], 1 – д.т.н., пров. наук. співр. відділу термогазодинаміки енергетичних машин ІЕМС НАН України, 2 – професор кафедри ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: an0100@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8130-1881;
Лєвтєров Антон Михайлович, к.т.н., ст. наук. співр., відділу термогазодинаміки енергетичних машин, ІЕМС НАН України,
e-mail: antmix1947@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5308-1375

Підвищення вимог до сучасних систем генерації електроенергії призводить до необхідності удосконалювати конструкцію енергоустановок. Одним з перспективних шляхів в цьому напрямку – є використання комбінованих енергоустановок (КЕ), у склад яких входять різні типи енергоустановок, які використовують для генерації енергії [1-3].

До найбільш розповсюджених можна віднести варіант КЕ на базі модулів твердооксидних паливних елементів (ТОПЕ) і газотурбінної установки (ГТУ). Основним недоліком таких КЕ – є проблема організації ефективної роботи КЕ на режимах пуску та прогріву модуля ТОПЕ (який може тривати понад 24 години) [2].

Як правило, при роботі модуля ТОПЕ, навіть на розрахунковому режимі, не все паливо встигає окислитися, і формуються скидні гази аноду, які містять калорійні гази типу CO та H_2 (об'ємна частка H_2 може доходити до 18%) [4]. А при роботі на режимі прогріву – ці показники ще гірші, що значно знижує ККД КЕ і погіршує її екологічні показники [5].

Для подолання цієї проблеми в роботі пропонується використовувати сепарацію скидних газів аноду ТОПЕ і допоміжний ДВЗ для утилізації газів типу CO і C_nH_m. Загальна схема КЕ з сепарацією скидних газів аноду наведена на рис. 1.

Так, згідно схеми, відфільтрований водень направляється в модуль ТОПЕ, а інші калорійні гази – можуть додаватися до палива (мережевого метану) для допоміжного ДВЗ (рис. 1).

Перевагою такого підходу – є висока ефективність КЕ та мінімальні капітальні витрати (так як допоміжний поршневий ДВЗ на сумішевому паливі може працювати зі значно вищими ККД (на 10-12%) [6], на відміну від ГТУ і вартість 1 кВт встановленої потужності ДВЗ значно нижче ніж у ГТУ в діапазоні до 200 – 300 кВт).

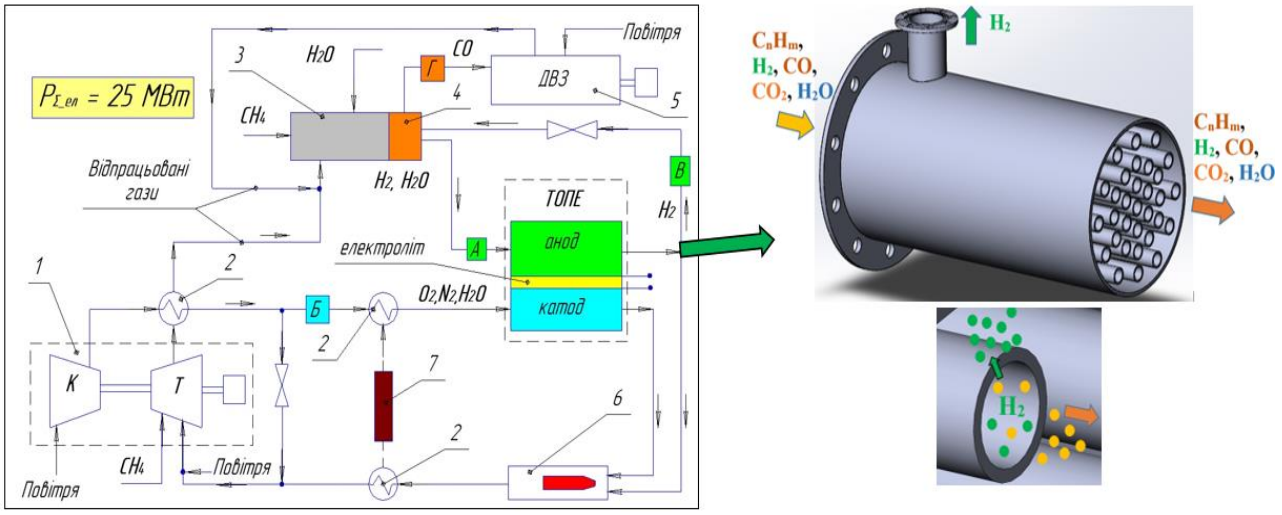
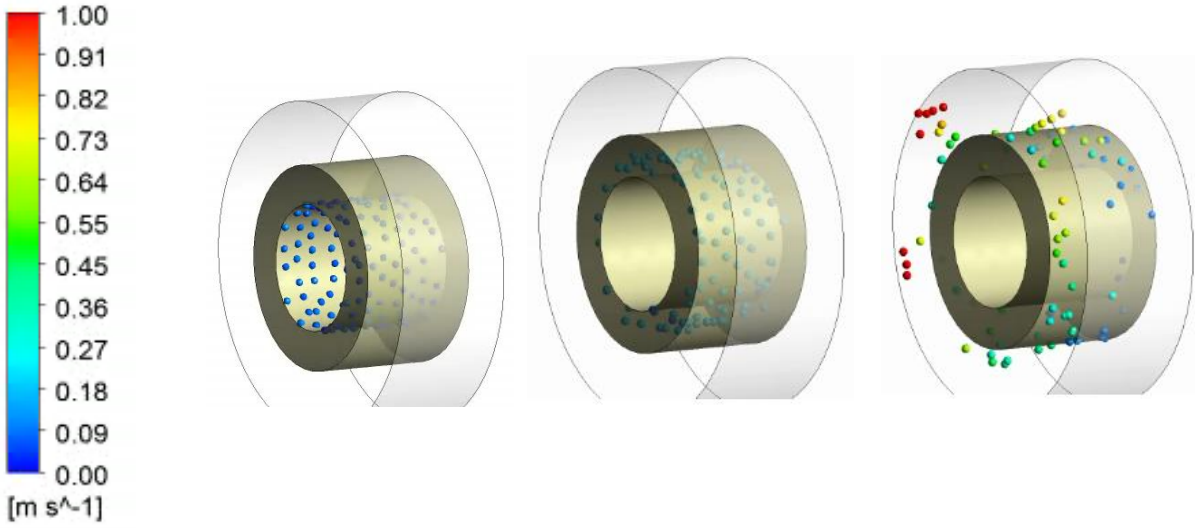


Рисунок 1 – Варіант реалізації підходу, з сепарації скидних газів аноду ТОПЕ, для поліпшення техніко-економічних і екологічних показників КЕ

Етапи фільтрації волого водню у потовому просторі сепаратора (за результатами чисельного моделювання) – наведені на рис.2.



а) б) в)

а – початкова стадія проникнення вологого водню із суміші газів у портовий простір сепаратора; б – фільтрація вологого водню крізь стінку пористого сепаратора; в – початок виходу відфільтрованого вологого водню з сепаратора

Рисунок 2 – Етапи фільтрації волого водню у потовому просторі сепаратора

Як видно з наведених результатів (рис. 2) – використання сепараторів з пористого матеріалу дозволяє ефективно виділяти водень зі скидних газів аноду і вертати його в цикл ТОПЕ, тим самим підвищуючи ККД КЕ.

Висновки

За результатами проведеного дослідження встановлено наступне:

- використання комбінованих енергоустановок є перспективним шляхом з підвищення сумарного ККД для систем розподіленої генерації енергії;
- використання допоміжного поршневого ДВЗ у складі комбінованої енергоустановки при її роботі на режимах пуску та прогріву має суттєві переваги (вищий ККД та менші капітальні витрати, в порівнянні, наприклад, з ГТУ);
- застосування повнопоточних сепараторів, для фільтрації скидних газів аноду – дозволяє виділяти з них калорійні гази (типу CO та H_2) і використовувати їх у циклі ТОПЕ та допоміжного ДВЗ (як компонента сумішевого палива), що сприяє підвищенню сумарного ККД та поліпшенню екологічних показників комбінованої енергоустановки.

Література

1. Авраменко А.М., Лєвтєров А.М. Розробка перспективної схеми комбінованої енергоустановки для децентралізованого енергопостачання. С. 247-248. Збірник тез та доповідей міжнародної конференції "Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії". 11–12 березня 2024 року – Харків: ФОП Бровін О.В., 2024. – 424 с.
2. Hollmann, J.; Kabelac, S. Steady-State and Transient Operation of Solid Oxide Fuel Cell Systems with Anode Off-Gas Recirculation within a Highly Constrained Operating Range. Energies 2023, 16, 7827. https://doi.org/10.3390/en16237827
3. Hollmann, J., Fuchs, M., Spieker, C., Gardemann, U., Steffen, M., Luo, X., & Kabelac, S. 2022. System Simulation and Analysis of an LNG-Fueled SOFC System Using Additively Manufactured High Temperature Heat Exchangers. Energies, 15(3), 941. https://doi.org/10.3390/en15030941
4. Novel SOFC system concept with anode off-gas dual recirculation: A pathway to zero carbon emission and high energy efficiency, Applied Energy, Volume 361, 2024, 122862, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122862.
5. Авраменко А.М. Чисельне дослідження термодинамічних та електрохімічних процесів у твердооксидному паливному елементі / The 3rd International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions” (April 10-12, 2022) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2022. 351 p. ISBN 978-84-15927-32-7. С. 67 – 70. URL: https://sci-conf.com.ua/iii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-eurasian-scientific-discussions-10-12-aprelya-2022-goda-barselona-ispaniya-arhiv/
6. Salim, Basharat. Performance of a Gas Turbine Power Plant. International Journal of Mechanical Engineering and Applications. 2017, Vol. 5, 60. https://doi.org/10.11648/j.ijmea.20170501.18.