

УДК 621.45.034

**ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТВЕРДООКСИДНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ****Патлайчук О. В.***аспірант кафедри турбін**Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова**м. Миколаїв, Україна**alexpatlaichuk@gmail.com*

**Анотація.** Проаналізовано особливості створення комбінованих енергетичних установок на основі твердооксидних паливних елементів та газових турбін. Розглянуто питання використання таких гібридних систем в судновій енергетиці. Визначені основні області та особливості їх суднового застосування.

**Ключові слова:** твердооксидні паливні елементи; газова турбіна; суднова енергетика; утилізація тепла газів; гібридна установка.

Основні зусилля в галузі суднової енергетики зараз спрямовані на підвищення ефективності генерації, передачі та використання енергії, а також на декарбонізацію енергетичних систем. Здійснити це можливо як за умови застосування інноваційних проєктів, що базуються на фундаментальних досягненнях науки, так і через створення та впровадження нових, більш надійних та довговічних матеріалів, обладнання і технологій.

Застосування паливних елементів є одним із перспективних напрямків для вирішення проблем забезпечення споживачів екологічно чистою електричною енергією в різних складних умовах [1–4]. В таких елементах хімічна енергія палива безпосередньо трансформується в електричну без проміжного етапу перетворення за допомогою теплової енергії [5]. Таким чином, на них не поширюються обмеження циклу Карно і теоретична електрична ефективність паливних елементів може сягати досить високого значення (до 70 %).

Одним із багатообіцяючих типів паливних елементів є твердооксидні паливні елементи (Solid Oxide Fuel Cell – SOFC), які характеризуються високою робочою температурою (600–1100°C) [6].

Сильні сторони таких елементів зумовлені насамперед високою ефективністю прямого перетворення хімічної енергії палива в електричну (45-60 %). При цьому в якості окислювача можна використовувати кисень атмосферного повітря, а в ролі палива – як чистий водень, так і практично будь-яку речовину, що містить атоми водню. Зокрема, розроблені і досліджуються конструкції твердооксидних паливних елементів, що працюють на природному газі, чистому метані, пропані, етанолі, метанолі, аміаку та ін. [7]. Для застосування даних палив SOFC додаткового оснащуються зовнішнім або внутрішнім риформером.

Особливістю роботи усіх паливних елементів є те, що під час молекулярних реакцій частка хімічної енергії палива перетворюється в теплову енергію, яка витрачається на розігрів системи і надалі з відпрацьованими газами може бути корисно використана в системах когенерації або при створенні комбінованих (гібридних) енергетичних установок.

Високі робочі температури, а відповідно до цього і високі значення температури відпрацьованих газів, обумовлюють у цьому плані високий потенціал твердооксидних паливних елементів, який дає можливість створювати ефективні утилізаційні комплекси на основі газових турбін.

Подібні комбіновані установки (SOFC-GT) широко досліджуються в останні роки провідними компаніями світу. Енергетичні системи на їх основі мають широкий спектр потужності (від 10 Вт до 10 МВт і більше), працюють при відносно невеликому тиску, є перспективними як з точки зору ефективності, так і з точки зору надійності і довговічності та можуть бути рекомендовані для суднового використання в якості джерел електричної енергії і теплоти.

Можна виділити наступні області застосування SOFC-GT систем в судновій енергетиці:

- приводи суднових рушіїв, допоміжні енергетичні установки;
- установки, в яких параметри потужності постійно змінюються: приводи буксирування; паромні судна; судна постачання для морської нафтової та газової промисловості;
- підводні човни;
- комерційні транспортні судна: танкери; вантажні перевезення; контейнерні перевезення; круїзні судна;
- енергетичні установки кораблів військово-морського флоту;
- аварійні джерела енергії;
- інші сфери застосування (офшорні платформи; енергозабезпечення систем дистанційної навігації, радіолокаційних чи океанографічних даних та систем передачі даних).

Розглядаючи можливість використання гібридних систем на основі твердооксидних паливних елементів в судновій енергетиці слід зазначити також певні технічні труднощі, які стримують в даний час це використання. До таких відносяться:

- а) недостатня технічна досконалість таких елементів, оскільки вони ще знаходяться, головним чином, на стадії дослідження та початкового впровадження;
- б) висока вартість системи;
- в) недостатній ресурс паливних елементів;
- г) складність системи зберігання водню (при використанні у ролі палива чистого водню);
- д) складність систем конверсії (риформінгу) (при використанні у ролі палива природного газу або інших вуглеводневих речовин).

### Література

- [1] Serbin S., Washchilenko N., Cherednichenko O., Burunsuz K., Dzida M., Chen D. Application analysis of a hybrid solid oxide fuel cell gas turbine system for marine power plants. *Ships and Offshore Structures*. 2022. Vol. 17(4). P. 866-876.
- [2] Díaz-de-Baldasano M., Mateos F., Núñez-Rivas L., Leo T. Conceptual design of offshore platform supply vessel based on hybrid diesel generator-fuel cell power plant. *Applied Energy*. 2014. Vol. 116. P. 91–100.
- [3] Sun J., Stebe J., Kennell C. Feasibility and design implications of fuel cell power for sealift ships. *Naval Engineering Journal*. 2010. Vol. 122(3). P. 87–102.
- [4] Chen D., Xu Y., Tade M., Shao Z. General regulation of air flow distribution characteristics within planar solid oxide fuel cell stacks. *ACS Energy Letters*. 2017. Vol. 2. P. 319–326.
- [5] van Biert L., Godjevac M., Visser K., Aravind P. A review of fuel cell systems for maritime applications. *Journal of Power Sources*. 2016. Vol. 327. P. 345–364.
- [6] Welaya Y., Ammar N. Thermodynamic analysis of a combined gas turbine power plant with a solid oxide fuel cell for marine applications. *International Journal of Naval Architect Ocean Engineering*. 2013. Vol. 5(4). P. 529–545.
- [7] Baldi F., Moret S., Tammi K., Marechal F. The role of solid oxide fuel cells in future ship energy systems. *Energy*. 2020. Vol. 194(1). P. 1–22.

### Hybrid systems based on solid oxide fuel cells in marine power generation

Patlaichuk O.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

**Abstract.** The peculiarities of the construction of combined power plants based on solid oxide fuel cells and gas turbines are analyzed. The issues of the use of such hybrid systems in marine power engineering are considered. The main areas and features of their marine application are defined.

**Keywords:** solid oxide fuel cells; gas turbine; marine power engineering; heat utilization; hybrid power plant.