

Корпач А.О., професор кафедри «Двигуни та теплотехніка», к.т.н., проф.
Гладиш О.О., студент кафедри «Двигуни та теплотехніка»
Чорний Б.Р., студент кафедри «Двигуни та теплотехніка»
Національний транспортний університет

ВОДНЕВІ ДВИГУНИ З СИСТЕМАМИ FCEV і HICEV

У всьому світі посилюються вимоги щодо обмеження викидів шкідливих речовин від автомобілів. У зв'язку з цим інтерес до водневих двигунів і водневих паливних елементів зростає. На даний момент найбільш популярними є водневі двигуни внутрішнього згорання (Hydrogen ICE) і двигуни на водневих паливних елементах Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV).

Чотиритактні водневі двигуни внутрішнього згорання Hydrogen internal combustion engine (Hydrogen ICE) працюють за тим же циклом, що й звичайні двигуни на природному газі і мають майже ті самі компоненти — блок двигуна, кривошип, головки циліндрів, систему запалювання, монтажні деталі тощо.[1]

Водневий двигун — це варіант двигуна з іскровим запалюванням із апаратним забезпеченням двигуна, аналогічним двигунам, що працюють на природному газі та бензині. Така висока уніфікованість компонентів має багато переваг. Вона знижує витрати на виробництво такого двигуна і забезпечує необхідну надійність. Існують також відмінності між водневими двигунами та іншими двигунами з іскровим запалюванням, такими як двигуни, що працюють на природному газі та бензині.[2]. Наприклад, відмінності у фізичних властивостях водню впливають на те, як паливо та повітря дозуються та впорскуються. Зворотні спалахи є більшою проблемою для водневих двигунів, ніж для бензинових, оскільки водень набагато легше запалити. Безпосереднє впорскування є одним із способів подолання проблеми зворотних спалахів. Системою безпосереднього впорскування подають паливо – водень, у цьому випадку – безпосередньо в циліндри, а не у впускний трубопровід. Якщо впорскування відбувається в той час, коли впускний клапан закрито, можна уникнути зворотного спалаху. Іншим рішенням уникнення зворотних спалахів полягає в тому, щоб повністю спроектувати систему живлення воднем.[3]

Іншим негативним фактором є утворення оксидів азоту (NOx). Оксиди азоту є забруднювачем атмосфери. Коли водень горить у присутності великої кількості кисню, утворюється дуже мало NOx. Однак, коли водень згоряє у співвідношеннях, близьких до стехіометричних, може утворюватися значна кількість NOx. Як результат, водневі двигуни, зазвичай, налаштовані на роботу на бідних сумішах з коефіцієнтом надлишку повітря два або більше. Це означає, що до циліндрів потрібно подавати приблизно вдвічі більше повітря, ніж для стехіометричного складу. Для водневих двигунів часто потрібна система очищення відпрацьованих газів (наприклад, каталітичні нейтралізатори) для знешкодження NOx.

Автомобілі на водневих паливних елементах (FCEV) виробляють електроенергію з водню в пристрої, відомому як паливний елемент, і використовують цю електроенергію в електродвигуні.[3]. Найпоширенішим типом паливних елементів для транспортних засобів є паливні елементи з полімерно-електролітною мембраною (PEM). У паливному елементі PEM електролітна мембрана затиснута між позитивним електродом (катодом) і негативним електродом (анодом). До анода вводиться водень, а до катода – кисень (з повітря). Молекули водню розпадаються на протони та електрони внаслідок електрохімічної реакції в каталізаторі паливного елемента. Потім протони проходять через мембрану до катода. Електрони змушені проходити по зовнішньому контуру, щоб виконати роботу (забезпечуючи живлення електромобіля), а потім рекомбінувати з протонами на стороні катода, де протони, електрони та молекули кисню об'єднуються, утворюючи воду. Паливом FCEV є чистий водень, який зберігається в баку автомобіля[1].

Серед переваг водневих двигунів можна зазначити :

- Водень є чистим і гнучким джерелом енергії для підтримки енергетичних стратегій з нульовим викидом вуглецю. Водневі паливні елементи є за своєю суттю чистим джерелом енергії, без негативного впливу на навколишнє середовище під час роботи, оскільки побічними продуктами є просто тепло та вода. На відміну від біопалива чи гідроенергії, для виробництва водню не потрібні великі площі землі.
- Потужніше та енергоефективніше, ніж викопне паливо. Технологія водневих паливних елементів забезпечує джерело енергії високої щільності з хорошою енергоефективністю. Водень має найвищий енергетичний вміст серед усіх звичайних палив за вагою. Газоподібний і рідкий водень під високим

тиском мають приблизно в три рази більшу гравіметричну щільність енергії (близько 120 МДж/кг), ніж дизель і СПГ, і подібну об'ємну щільність енергії до природного газу.

- Майже нульові викиди. Водневі паливні елементи не створюють викидів парникових газів, як джерела викопного палива, таким чином зменшуючи забруднення та покращуючи якість повітря.
- Зменшує вуглецеві сліди Водневі паливні елементи майже не виділяють парникових газів, а це означає, що вони не мають вуглецевого сліду під час використання.
- Швидка зарядка. Там, де для зарядки електромобілів потрібно від 30 хвилин до кількох годин, водневі паливні елементи можна зарядити менш ніж за п'ять хвилин. Цей швидкий час заряджання означає, що транспортні засоби, що працюють на водні, забезпечують таку ж гнучкість, як і звичайні автомобілі.
- Відсутність шумового забруднення. Водневі паливні елементи не створюють шумового забруднення, як інші джерела відновлюваної енергії, такі як енергія вітру. Це також означає, що, як і електромобілі, транспортні засоби, що працюють на водні, набагато тихіші, ніж ті, які використовують звичайні двигуни внутрішнього згорання.
- Тривалий час використання. Водневі паливні елементи пропонують більшу ефективність щодо часу використання. Автомобіль на водні має такий же запас ходу, як і транспортний засіб на викопному паливі (близько 450 км).
- Демократизація енергопостачання. Водневі паливні елементи мають потенціал зменшити залежність нації від викопного палива, що допоможе демократизувати енергетику та енергопостачання в усьому світі.[4]

Незважаючи на всі переваги водневих двигунів, все ще є кілька недоліків і проблем, які необхідно вирішити:

- Добування водню. Незважаючи на те, що водень є найпоширенішим елементом у Всесвіті, він не існує сам по собі, тому його потрібно витягувати з води за допомогою електролізу або відокремлювати від вуглецевого викопного палива. Для досягнення обох цих процесів потрібна значна кількість енергії. Ця енергія може бути більшою, ніж отримана від самого водню, а також коштувати дорожче. Крім того, цей видобуток зазвичай вимагає використання викопного палива, яке за відсутності CCS підриває екологічні повноваження водню.
- Потрібні інвестиції. Водневі паливні елементи потребують інвестицій, щоб розвинути їх так, щоб вони стали справді життєздатним джерелом енергії. Це також вимагатиме політичної волі інвестувати час і гроші в розробку з метою вдосконалення та вдосконалення технології. Простіше кажучи, глобальна проблема для розвитку широко поширеної та сталої водневої енергетики полягає в тому, як найкраще поетапно побудувати ланцюжок «попиту та пропозиції» найбільш рентабельним способом.
- Вартість сировини. Дорогоцінні метали, такі як платина та іридій, як правило, потрібні як каталізатори в паливних елементах і деяких типах водяних електролізерів, що означає, що початкова вартість паливних елементів (та електролізерів) може бути високою.
- Зберігання водню. Зберігання та транспортування водню складніше, ніж те, що вимагається для викопного палива. Це передбачає додаткові витрати на водневі паливні елементи як джерело енергії.[4]

Висновки. Переваги водневих паливних елементів як одного з найкращих відновлюваних джерел енергії очевидні, однак існує ще низка проблем, які необхідно подолати, щоб повністю реалізувати потенціал водню як ключового фактора для майбутньої декарбонізованої енергетичної системи.

Водень міг би стати найкращим рішенням для наших енергетичних потреб у майбутньому, але для цього потрібна політична воля та інвестиції. Однак, оскільки запаси викопного палива закінчуються, водень може стати ключовим рішенням для наших глобальних енергетичних потреб.

Література

1. Курьлев В. О., Тупельняк О. Л., Колесников В. А. Возможности использования водорода как топлива для автомобилей // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р. – С. 104 - 107.
2. Електронний ресурс[<https://www.cummins.com/news/2022/01/26/how-do-hydrogen-engines-work>]
3. Воднева казка. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org>
4. [Електронний ресурс] - <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-are-the-pros-and-cons-of-hydrogen-fuel-cells>