

**C. INNOWACYJNA GOSPODARKA TRANSPORTOWA**

**C.13. ZASTOSOWANIE WODORU W TRANSPORCIE**

**C.13.2. WODÓR JAKO PALIWO DLA JAKIEJ KLASY POJAZDÓW DROGOWYCH?**

Prof. Monika Andrych-Zalewska

Transport należy do tej branży gospodarki, która generuje do otoczenia wiele zanieczyszczeń. Coraz większy nacisk na ograniczanie negatywnego oddziaływania pojazdów na środowisko, zarówno ze strony instytucji prawodawczych poszczególnych krajów, jak i ich społeczności, wymusza poszukiwanie bardziej zaawansowanych rozwiązań technicznych napędów, które zapewniają ich bezemisyjność i efektywność w całym cyklu życia.

W celu zmniejszenia negatywnych skutków zanieczyszczenia środowiska obecne badania skierowane są głównie na elektromobilność i alternatywne paliwa (zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>). Najnowsze badania oraz polityka proekologiczna skoncentrowane są na rozwiązaniach napędów z wykorzystaniem wodoru jako paliwa. Może być to sposób na zapewnienie równowagi energetycznej krajów (magazynowanie energii).

Wodór może znaleźć zastosowanie w napędach pojazdów, w tym samochodów osobowych i ciężarowych, oraz jednośladów i maszyn rolniczych, a także łodzi, pociągów, samolotów, a także w zasilaniu gospodarstw domowych i przemyśle (silniki agregatowe). Powodzenie zastosowania wodoru do napędu pojazdów samochodowych zależy w głównej mierze od pomyslnego rozwiązania problemu jego tankowania i przewozu w zbiornikach pojazdów. Ponadto wodór ma małą gęstość energetyczną, nawet w stanie skroplonym, oraz stwarza duże trudności z przechowywaniem.

Istnieją dwa sposoby wykorzystania wodoru w środkach transportu: wodorowe ogniwa paliwowe (FC – Fuel Cell) i silniki spalinowe zasilane wodorem (Hydrogen ICE). Pierwszy z nich wykorzystuje ogniwa paliwowe w napędach elektrycznych. Drugi stosuje wodór do zasilania klasycznego silnika spalinowego.

Pierwszy przypadek czyli ogniwa wodorowo-tlenowe stanowią podstawowy rodzaj ogniw paliwowych. Ogniwa wodorowe przez długi czas – aż do lat 60. XX wieku – nie znajdowały powszechnego zastosowania. Z czasem jednak zauważono ich potencjał i zaczęto je stosować m.in. w statkach kosmicznych NASA.

Zaletą ogniw wodorowych jest brak zanieczyszczeń powietrza, gdyż w wyniku reakcji elektrochemicznych powstaje wyłącznie para wodna. Ich napęd stanowi silnik elektryczny zasilany ogniwami paliwowymi oraz akumulator jako buforowe źródło energii elektrycznej. Ogniwa paliwowe stosuje coraz większa liczba producentów pojazdów. Istnieje już kilka modeli samochodów osobowych od topowych marek właśnie z takim napędem. Wysoka sprawność wodorowych ogniw paliwowych pozwala na ich szerokie zastosowanie w wielu środkach transportu, takich jak autobusy, pojazdy ciężarowe i pociągi. Pojazdy elektryczne na ogniwa paliwowe wykazują podobną funkcjonalność co konwencjonalne napędy, dotyczy to

również ich zasięgu. Przede wszystkim ze względu na to, że nie wymagają długotrwałego ładowania baterii. Co obecnie jest przewagą w porównaniu do napędów jedynie elektrycznych. Pojazdy takie mogą pracować na dużych obciążeniach, na długich trasach (tryb autostradowy). Obecny rekord w przypadku pojazdów ciężarowych, zasilanych ogniwem paliwowym, ustanowiony przez firmę Mercedes wynosi 1047 km. Zatem można stwierdzić, że ogniwa paliwowe mogą być stosowane w praktycznie każdej klasie pojazdów samochodowych a także w każdym ze środków transportu, szczególnie w pojazdach typu HDV (Heavy Duty Vehicle), w których nie ma obecnie możliwości zastosowania typowego napędu elektrycznego. Problemy z technologią FCV (Fuel Cell Vehicle) sprowadza się do ubogiej infrastruktury i wysokiej czystości wodoru (99,999%).

Drugi przypadek wykorzystania wodoru jako paliwa stanowią klasyczne, tłokowe silniki spalinowe. Zastąpienie paliw węglowodorowych wodorem w silniku spalinowym jest najprostszym i skutecznym sposobem wyeliminowania emisji węglowodorów oraz tlenu i dwutlenku węgla, gdyż jedynym składnikiem toksycznym w przypadku spalania wodoru są tlenki azotu (plus śladowe ilości CO i HC z olejów).

Zastosowanie wodoru jako paliwa silnikowego stanie się coraz powszechniejsze ze względu na to, że:

- zasoby wodoru są nieograniczone,
- wodór jest najbardziej czystym paliwem pod względem ekologicznym.

Oprócz powyższych zalet, paliwo wodorowe ma wiele innych cech, które będzie można wykorzystać przy przystosowywaniu tego paliwa do ogólnego stosowania, takich jak:

- duży współczynnik dyfuzji  $H_2$  w powietrzu, zatem łatwe tworzenie jednorodnej mieszanki,
- duża zdolność do zapłonu ze względu na małą energię zapłonu,
- duża szybkość spalania mieszanki wodorowej,
- szerokie granice palności mieszanki ( $0,14 \leq \lambda \leq 9,9$ ), co umożliwi regulację jakościową obciążenia (jak w silnikach ZS).

Niestety wodór jako paliwo posiada istotne wady, do których należą:

- duża skłonność do spalania stukowego, ze względu na małą liczbę oktanową,
- silne oddziaływanie chemiczne na metale, głównie w podwyższonych temperaturach,
- zdolność do rozkładu chemicznego olejów smarujących i tworzenia agresywnych związków.

Pierwsze silniki spalinowe zasilane wodorem przeznaczone do samochodów osobowych powstały już koło roku 2000 i były systematycznie rozwijane. Obecnie na rynku możemy już znaleźć sprawnie działające „silniki wodorowe”, które mogą być zastosowane praktycznie w każdej klasie pojazdów. Począwszy od małych samochodów osobowych, a także przez pojazdy dostawcze, ciężarowe, maszyny rolnicze i robocze/budowlane, aż po pociągi czy nawet statki.

Oceniając zastosowanie w pojazdach HDV silnika spalinowego zasilanego wodorem w stosunku do akumulatorowego pojazdu elektrycznego stwierdzono, że odznacza się on, aż 20-krotnie większą gęstością energii przy 20-krotnie mniejszym koszcie (silnik KEYOU).

Porównując zasięg pojazdu elektrycznego i pojazdu z silnikiem spalinowym, zasilanym wodorem, przy założeniu tej samej masy układu magazynującego energię (ok 420 kg) wychodzi, że silnik wodorowy może mieć, aż 10-krotnie większy zasięg.

Silnik wodorowy zyskuje również przewagę w przypadku wcześniej omawianych ogniw paliwowych. Ogniwa paliwowe wymagają bardzo dużej czystości wodoru, tzw. pięć

dziewiątek czyli czystość 99,999% co przykłada się na bardzo wysokie koszty. Natomiast silnik spalinowy potrzebuje jedynie 97% (lub mniej w przypadku zastosowań agregatowych) czystości co pozwala na znaczną redukcję kosztów.

Małe samochody mogą stosować spalinowe silniki wodorowe, bo układ ogniw paliwowych może być zbyt duży. Wymaga on dużej ilości elementów, w tym akumulatora (wielkości podobnej do takiego z pojazdu hybrydowego). Ponadto cały czas do produkcji potrzebne są metale ziem rzadkich.

Zaletą pojazdów z silnikiem spalinowym zasilanym wodorem jest minimalny układ oczyszczania spalin. W przypadku nowoczesnych pojazdów wykorzystujących konwencjonalne paliwa systemy te są bardzo skomplikowane, często składają się z 5-6 elementów takich jak: SCR, DPF, DOC itd. W przypadku spalania wodoru system wymaga jedynie katalizatora SCR przeznaczanego do redukcji tlenków azotu.

Silników spalinowych na świecie jest tak dużo, że tak naprawdę jedynym sposobem na szybkie ograniczenie emisji dwutlenku węgla jest właśnie konwersja dzisiejszych samochodów na zasilanie wodorem. To na pewno dużo tańszy sposób niż zmuszenie wszystkich do porzucenia swoich starych aut na rzecz „elektryków”, które nie oferują takiej wygody jak auta, którymi poruszamy się teraz.

Tak więc dostosowanie klasycznego silnika spalinowego do zasilania go wodorem wydaje się dobrym rozwiązaniem w przypadku praktycznie każdej klasy pojazdów samochodowych. Stanowi obecnie największą szansę dla istniejących napędów z silnikiem spalinowym, również np. w przypadku przyszłej hybrydyzacji

Oczywiście dostosowanie silnika spalinowego dla potrzeb spalania wodoru nie jest rzeczą prostą, chociażby ze względu na jego specyfikę pracy. Wymagana jest adaptacja elementów silnika takich jak np. system spalania, głowica, układ dolotowy a także nowe komponenty np. układ wtryskowy i zapłonowy. Konieczna jest również adaptacja oprogramowania wzbogaconego o nowe funkcjonalności, czy strategię sterowania.