

Elektryczny samochód zasilany ogniwem wodorowym. Alternatywa dla zasilania akumulatorowego?

Electric car with hydrogen fuel cell stack power supply.
An alternative to battery power supply?

MATEUSZ TYCZKA
WOJCIECH SKARKA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.3.32

Artykuł z XIII Forum Inżynierskiego ProCAx 2015

Przedstawiono zasadę działania samochodów elektrycznych zasilanych ogniwem wodorowym. Zaprezentowano zalety stosowania ogniwa wodorowego i porównano samochody z napędem wodorowym oraz tradycyjnym napędem elektrycznym wykorzystującym baterię. Wskazano także możliwe kierunki rozwoju.

SŁOWA KLUCZOWE: ogniwo wodorowe, samochód elektryczny, napęd wodorowy, samochód wodorowy

The paper describes the principle of operation of an electric car supplied with hydrogen fuel cell stack. The advantages of cars with hydrogen power supply are presented and comparison is drawn between cars with electric battery and those with hydrogen power supply. Consequently possible development trends are pointed out.

KEYWORDS: hydrogen fuel cell stack, electric car, hydrogen drive, hydrogen car

W najbliższym czasie przewiduje się szybki rozwój motoryzacji wykorzystującej napędy elektryczne [1]. Powstają coraz to nowe konstrukcje samochodów elektrycznych oferujące wiele cennych zalet, takich jak zerowa emisja substancji szkodliwych, niska emisja hałasu i znakomite osiągi techniczne. Do głównych wad tych rozwiązań należą niestety niezadowolające zasięgi oraz długie czasy uzupełniania zużytej energii. Mankamenty te uniemożliwiają popularyzację takich pojazdów.

Ciekawą i mającą duży potencjał alternatywą jest zastąpienie akumulatora ogniwem wodorowym. Zespół Smart Power z Politechniki Śląskiej, korzystając z doświadczeń zdobytych podczas budowy innowacyjnych, energooszczędnych pojazdów elektrycznych zasilanych akumulatorami, zdecydował się na zainstalowanie w budowanym pojeździe elektrycznym złożonego układu zasilania ogniwem wodorowym zamiast dotychczas stosowanych akumulatorów litowo-jonowych.

O idei ogniwa wodorowych

Ogniwo wodorowe to urządzenie wytwarzające energię elektryczną z wodoru dostarczanego ze zbiornika. Dopływ wodoru do ogniwa jest regulowany poprzez sterownik i układ zaworów – w zależności od zapotrzebowania prądowego oraz tlenu pobieranego z powietrza. W wyniku reakcji chemicznej powstaje woda – jest to jedyny zbędny produkt tej reakcji, nie ma tu emisji spalin.

Zazwyczaj układ ogniwa jest wzbogacany o zestaw superkondensatorów pełniących rolę bufora energii, gdyż możliwości sterowania ogniwem nie są aż tak duże jak w przypadku akumulatorów. Stopień złożoności układu zasilania ogniwem wodorowym jest więc dużo większy niż zasilania akumulatorowego, jednakże ma kilka istotnych zalet, tj. krótki czas tankowania wodoru i dużo lepszy zasięg, wynikający z większej gęstości energetycznej wodoru. Niestety wadą technologii ogniw wodorowych jest jej koszt.

Porównanie dostępnych rozwiązań

Na rynku oferowanych jest wiele modeli samochodów elektrycznych produkowanych seryjnie. Zdecydowana większość z nich ma jednak niewielki zasięg (najczęściej ok. 150 km). Kolejnym problemem jest długi czas ładowania, które na stacji szybkiego ładowania trwa 20+30 min, a w zwykłej, domowej instalacji elektrycznej – ok. 8 h. Zdecydowanie na korzyść wyróżnia się najnowszy produkt firmy Tesla – Model X o zasięgu ok. 420 km [5].

Samochody z ogniwem wodorowym są znacznie mniej popularne i znajdują się w sprzedaży od niedawna. Obecnie można kupić tylko jeden produkowany seryjnie samochód tego typu – Toyotę Mirai. Już pierwszy seryjny model ma znacznie lepsze parametry niż seryjnie produkowane samochody elektryczne. Zasięg na jednym tankowaniu wynosi ok. 500 km [4]. Czas tankowania wynosi zaledwie 3 min [2]. Problemem jest jednak bardzo ograniczona sieć dystrybucji wodoru [7].

Bytel Hydrogen – bolid zasilany ogniwem wodorowym

Bytel Hydrogen (rys. 1) [3] został przygotowany przez zespół Smart Power pierwotnie jako pojazd z zasilaniem akumulatorowym (litowo-jonowym). W trakcie dalszych prac nad projektem zasilanie zostało zmienione i akumulatory zastąpiono układem ogniwa wodorowego.

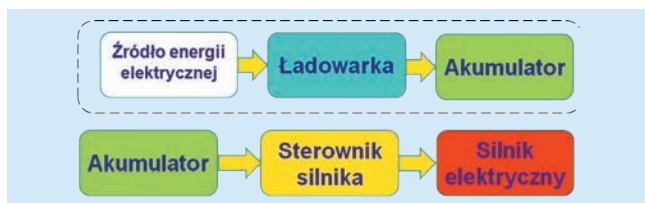
W międzynarodowych zawodach Shell Eco-marathon w roku 2015 zespół wystąpił z prototypem bolidu Bytel Hydrogen i uplasował się na siódmej pozycji w kategorii Urban Concept Hydrogen.

Shell Eco-marathon to największe na świecie wyścigi energooszczędnych pojazdów. W europejsko-afrykańskiej edycji imprezy uczestniczy corocznie ponad 200 zespołów, a ogląda ją ponad 50 tys. widzów. Pojazdy dzielone są na dwie klasy wielkości: małe (klasa Prototype) i duże (klasa Urban Concept). W każdej z klas wyróżnia się kilka kategorii ze względu na sposób zasilania: benzyną, paliwem alternatywnym, olejem napędowym, akumulatorowo lub wodorem.



Rys. 1. Zasilany wodorem bolid Bytel Hydrogen [8]

* Mgr inż. Mateusz Tyczka (mateusz.tyczka@polsl.pl), dr inż. Wojciech Skarka prof. Pol. Śl. (wojciech.skarka@polsl.pl) – Politechnika Śląska



Rys. 2. Schemat blokowy układu zasilania samochodu elektrycznego

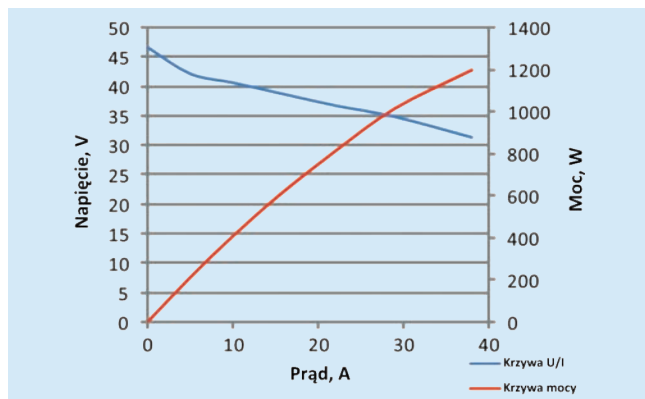
Bolid od początku miał napęd elektryczny. Dwa wolnoobrotowe silniki elektryczne typu BLDC zabudowano w piąście koła. Miały one moc nominalną 500 W. Układ był zasilany z akumulatora litowo-jonowego. Schemat blokowy układu zasilania wraz z obiegiem energii został przedstawiony na rys. 2.

Ogniwo wodorowe i jego efektywne wykorzystanie

W kolejnej wersji rozwojowej do zasilania pojazdu wykorzystano ogniwo wodorowe Horizon H-1000XP (rys. 3,4) o mocy nominalnej 1000 W. Jest ono zasilane wodorem o czystości 99,99%, tlen potrzebny do reakcji czerpany jest z powietrza. Ogniwo osiąga maksymalną sprawność 59% dla napięcia 30 V i natężenia prądu 33,5 A [6].

Praca ogniwa nie jest tak samo wydajna przy każdych parametrach, z drugiej strony pojazd elektryczny ma bardzo zmienne zapotrzebowanie na energię. W trakcie postoju na światłach jest ono bardzo niskie, a podczas przyspieszania i ruszania – bardzo wysokie. Możliwa jest bieżąca regulacja parametrów pracy ogniwa, jednak nie jest ona wystarczająco dynamiczna.

Najkorzystniejszą byłaby sytuacja, w której ogniwo pracuje w stałych warunkach, aby utrzymać maksymalną wydajność niezależnie od bieżącego zapotrzebowania pojazdu na energię. W tym celu stosowane są superkondensatory.



Rys. 3. Charakterystyka ogniwa H-1000XP [6]



Rys. 4. Ogniwo H-1000XP [6]

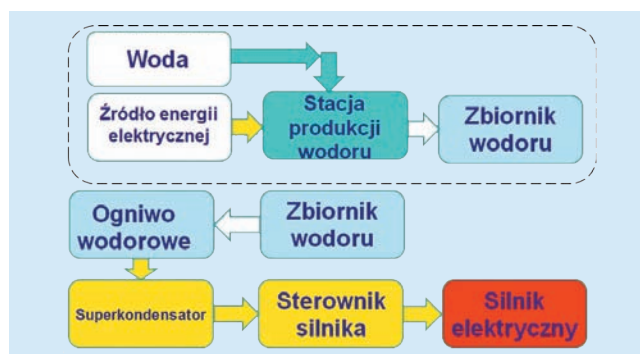
Podczas zwiększonego zapotrzebowania na energię są one rozładowywane, a podczas zmniejszonego zapotrzebowania na energię – doładowywane. Stanowią one niezbędny element układu elektrycznego wykorzystującego ogniwo wodorowe. Dzięki nim możliwy jest także optymalny dobór ogniwa. Mniejsza moc ogniwa wiąże się z niższymi kosztami jego zakupu, a także redukcją jego wymiarów i masy.

Dodatkowym atutem wykorzystania superkondensatorów jest możliwość odzyskiwania energii podczas hamowania. Silnik działa wówczas jak prądnica, wytracając energię mechaniczną, która jest zamieniana na energię elektryczną. Baterie superkondensatorów służą do jej magazynowania. Podczas hamowania bez użycia systemu odzyskiwania energii tracona jest większość energii pojazdu [3].

Układ z ogniwo wodorowym

Po starcie w 2014 r. pojazd przeszedł gruntowną modernizację, w wyniku której dostosowano go do zasilania za pomocą wodoru. Najważniejsze zmiany układu zasilania oprócz wprowadzenia ogniwa dotyczyły dołączenia sterownika ogniwa oraz baterii superkondensatorów.

Schemat zasilania wraz z obiegiem energii dla pojazdu napędzanego wodorem został przedstawiony na rys. 5.



Rys. 5. Schemat blokowy układu zasilania samochodu elektrycznego z zastosowaniem ogniwa wodorowego

Podsumowanie

Wykorzystanie ogniwa wodorowego do napędu samochodu elektrycznego może przynieść liczne korzyści. Podstawową zaletą pojazdów z ogniwo wodorowym jest większy zasięg, porównywalny do zasięgu samochodów z silnikiem benzynowym. Poza tym czas tankowania dostępnych na rynku pojazdów z ogniwo wodorowym, w przeciwieństwie do pojazdów elektrycznych, jest porównywalny z czasem tankowania pojazdów z silnikiem benzynowym. Ogromnym plusem zarówno pojazdów elektrycznych, jak i z zasilaniem wodorowym jest brak emisji spalin.

Problemami stojącymi obecnie na drodze rozwoju samochodów z napędem wodorowym jest wysoka cena ogniwa oraz słabo rozbudowana sieć punktów dystrybucji wodoru.

LITERATURA

- Bourne S. "The future of fuel: The future of hydrogen". *Fuel Cells Bulletin*. Iss. 1 (2002): pp. 12÷15.
- Sloth M. "48 hours to build a hydrogen refuelling station, 3 minutes to fuel: 10+ years to profit...". *Business Development Manager at H2 Logic A/S. Fuel Cells Bulletin*. Iss. 5 (2013): pp. 12÷14.
- Skarka W., Skoberla R. "Design of braking system in the lightweight electric vehicle". *XIV International Technical Systems Degradation Conference*. Liptovsky Mikulas, 8÷11 April 2015. Ed. J. Mączak. Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering. Warsaw University of Technology [et al.]. Warszawa: Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, 2015, s. 137÷140.
- <https://www.toyota.pl> (dostęp: 20.11.2015 r.).
- <https://www.teslamotors.com> (dostęp: 20.11.2015 r.).
- <http://www.horizonfuelcell.com> (dostęp: 20.11.2015 r.).
- <http://h2logic.com> (dostęp: 20.11.2015 r.).
- <http://mkm.polsl.pl> (dostęp: 20.11.2015 r.).