



TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO

Jerzy MERKISZ, Ireneusz PIELECHA, Maciej ANDRZEJEWSKI

WSPOMAGANY KOMPUTEROWO SYSTEM OGNIW PALIWOWYCH HP 600

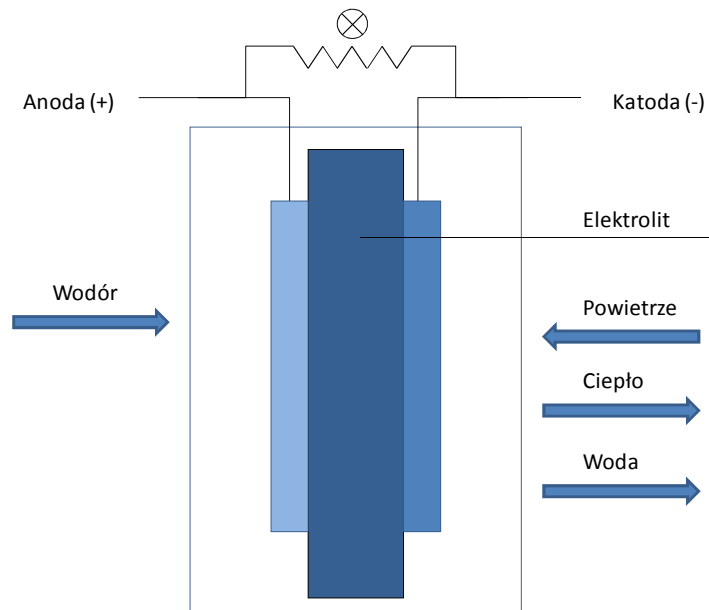
Streszczenie

W niniejszym artykule zaprezentowano budowę i zasadę działania wspomaganego komputerowo nowoczesnego dydaktycznego stanowiska laboratoryjnego służącego do prowadzenia badań w Laboratorium Silników Spalinowych Politechniki Poznańskiej z zakresu alternatywnych napędów drogowych środków transportu. Urządzenie HP 600 firmy Heliocentris składa się ze stosu ogniw paliwowych, wytwarzających prąd elektryczny niezbędny do zasilania silników napędzających koła pojazdów oraz układów obsługujących ten proces. Oprócz opisu elementów wchodzących w skład systemu HP 600 oraz sposobu jego funkcjonowania i obsługi artykuł zawiera także informacje na temat możliwości wykorzystania systemu ogniw paliwowych HP 600 w dydaktyce wyższej szkoły technicznej.

WSTĘP

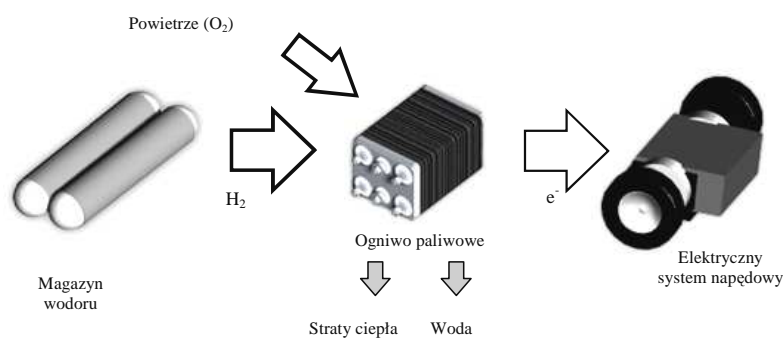
Zasadę działania ogniwa paliwowego odkrył w 1839 r. Anglik William Grove [3]. Stwierdził, że elektroliza wody, z której uzyskuje się wodór i tlen jest procesem odwracalnym. Elektrolityczne rozdzielenie wody na tlen i wodór wymaga dostarczenia dużej ilości energii, więc w procesie odwrotnym można ją wytwarzać. W sierpniu 1848 r. Niemiec Moritz Hermann Jacobi zademonstrował na jeziorze w Penllergaer w pobliżu Swansea (Walia) napędzaną ogniwami paliwowymi łódź elektryczną [3]. Ponieważ katalizatorem reakcji była i jest nadal bardzo droga platyna oraz ze względu na inne trudności techniczne, ogniwa paliwowe jeszcze nie były powszechnie stosowane. Dopiero w latach dziewięćdziesiątych XX wieku na całym świecie ogniwa paliwowe znalazły pierwsze testowe i komercyjne zastosowania. Obecnie intensywne prace nad ich masowym zastosowaniem są prowadzone przez wszystkie światowe koncerny motoryzacyjne, przedsiębiorstwa energetyczne, a także przez producentów sprzętu przenośnego, np. telefonów komórkowych.

Ogniwo paliwowe jest urządzeniem elektrochemicznym, w którym następuje łączenie wodoru (z paliwa) z tlenem (z powietrza) (rys. 1). Produktami reakcji są: energia elektryczna, ciepło i woda. W czasie pracy ogniwa paliwowego nie zachodzi spalanie w płomieniu, tak więc nie wydzielają się związki z takim procesem zanieczyszczenia.



Rys. 1. Budowa ogniw paliwowych [4]

Samo ogniwo paliwowe nie ma ruchomych części, co czyni jego pracę cichą i bezawaryjną. Urządzenie składa się z anody i katody, między którymi znajduje się elektrolit lub specjalna membrana. Anoda jest pokryta platyną, która pełni rolę katalizatora – umożliwia jonizację wodoru. Dodatkowo jony wodoru dyfundują przez elektrolit do katody, na której łączą się z tlenem, tworząc wodę. Anoda jest połączona z katodą w obwód umożliwiający przepływ elektronów i wykorzystanie tak powstałego prądu elektrycznego. Pojedyncze ogniwa mogą być łączone w baterie w celu uzyskania odpowiedniej mocy i napięcia. Jako paliwo może być wykorzystywany czysty wodór (rys. 2) lub paliwo bogate w wodór (gaz ziemny, propan, metanol, inne paliwo węglowodorowe); utleniaczem jest tlen, który może być dostarczany w czystej postaci lub pozyskiwany bezpośrednio z powietrza. Ogniwa paliwowe są więc efektywnym, bezawaryjnym i przyjaznym środowisku naturalnemu źródłem energii elektrycznej i ciepła.



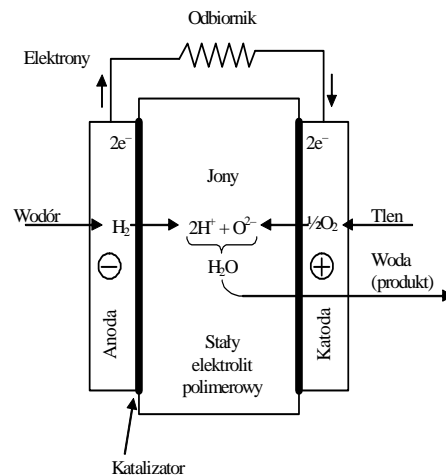
Rys. 2. Schemat wykorzystania energii wodoru do zasilania ogniw paliwowych i napędu pojazdu [2]

Badania dotyczące zastosowania ogniw paliwowych są prowadzone w wielu czołowych ośrodkach naukowych. Współcześnie istnieje wiele typów ogniw paliwowych, różniących się między sobą konstrukcją, materiałem elektrod, rodzajem elektrolitu i katalizatorów. Do najbardziej uniwersalnych i niezawodnych urządzeń, mających za sobą długotrwałe prace badawczo-rozwojowe, należą ogniwa z membranami polimerowymi (PEM – *Proton Exchange Membrane*) oraz ogniwa wykorzystujące kwas fosforowy (PAFC – *Phosphoric Acid Fuel Cell*).

1. SYSTEM OGNIW PALIWOWYCH HP 600

1.1. Wprowadzenie

System HP 600 firmy Heliocentris Energy Systems GmbH (Heliocentris) składa się m.in. z ogniw paliwowych z membraną wymiany protonów (PEM). Ogniwa wykonane w tej technologii pracują w niskiej temperaturze (około 100°C), generując prąd o dużym natężeniu przy elastycznej reakcji na zmieniające się warunki poboru mocy (rys. 3). Są więc odpowiednie do takich zastosowań, jak np. zasilanie pojazdów, gdzie wymagany jest szybki rozruch. Membrana jest wykonana z tworzywa organicznego, umożliwiającego przenikanie jonom wodoru. Z obu stron membrana jest pokryta cienką warstwą metalu (najczęściej platyną), będącego katalizatorem. Jedna strona membrany (anoda) jest „zasilana” wodorem, gdzie następuje jego jonizacja. Uzyskane elektrony tworzą w obwodzie prąd elektryczny i mogą być wykorzystane na swojej drodze do „strony katodowej”, zasilanej tlenem. Protony wodoru (H^+) dyfundują przez membranę do katody, gdzie łączą się z tlenem, tworząc wodę.



Rys. 3. Zasada działania ogniwa PEM [3]

1.2. Budowa i zasada działania systemu HP 600

System ogniw paliwowych HP 600 firmy Heliocentris składa się łącznie z 24 cel, które zgrupowano po 3 sztuki w 8 blokach (tab. 1). Powierzchnia każdej z cel wynosi 130 cm². Taka konstrukcja systemu pozwala wygenerować 600 W mocy elektrycznej. Zalecana przez producenta temperatura pracy urządzenia to 45...60°C.

Tab. 1. Podstawowe dane techniczne systemu HP 600 [1]

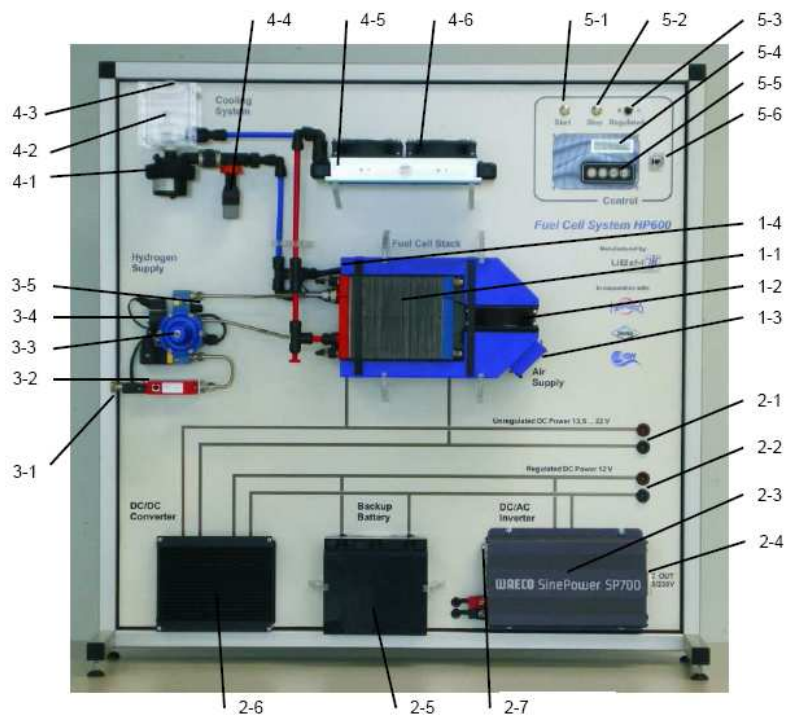
Liczba cel [szt.]	24 (8 x 3)
Powierzchnia jednej celi [cm ²]	130
Moc elektryczna [W]	600
Natężenie prądu [A]	45
Napięcie [V]	14,4
Temperatura pracy [°C]	45...60

System HP 600 wraz z niezbędnym wyposażeniem tworzy nowoczesne stanowisko laboratoryjne przeznaczone do celów dydaktycznych (rys. 4). W centralnej części tego stanowiska znajduje się przedmiotowy system ogniw paliwowych. W celu utrzymania stałej temperatury pracy urządzenia (istnieje także możliwość jej zadawania) stanowisko jest

w system chłodzenia z pompą cieczy chłodzącej, wymiennikiem ciepła typu ciecz-powietrze oraz zbiornikiem na czynnik chłodzący – woda destylowana (rys. 5, tab. 2). Ponadto w skład stanowiska laboratoryjnego wchodzi układ zasilania ogni w paliwo wodorowe z regulatorem ciśnienia i zaworem elektromagnetycznym. Istotną częścią stanowiska dydaktycznego jest również akumulator pozwalający na rozruch stosu ogni i jego pracę w pierwszych sekundach po rozruchu (w trakcie pracy urządzenia HP 600 następuje cykliczne doładowywanie akumulatora, co umożliwi pracę hybrydową stanowiska). Wartości kilku podstawowych parametrów eksploatacyjnych systemu ogni paliwowych HP 600 są widoczne na wyświetlaczu LCD panelu sterowania (rys. 6).



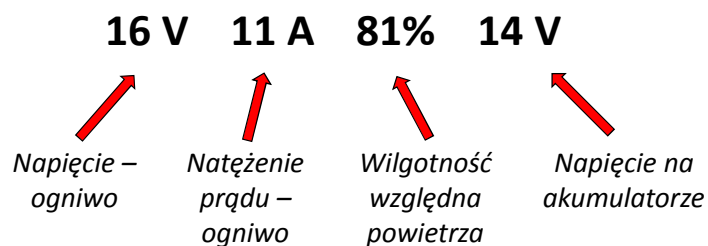
Rys. 4. Dydaktyczne stanowisko laboratoryjne z systemem ogni paliwowych firmy Heliocentris



Rys. 5. Budowa stanowiska laboratoryjnego z systemem ogni paliwowych HP 600 [1]

Tab. 2. Elementy składowe stanowiska z systemem HP 600 [1]

Oznaczenie	Nazwa elementu składowego	Oznaczenie	Nazwa elementu składowego
1-1	Pakiet ogniw paliwowych	3-4	Zawór elektromagnetyczny
1-2	Wentylator katody	3-5	Wylot wodoru
1-3	Filtr powietrza	4-1	Pompa cieczy chłodzącej – woda destylowana
1-4	Wylot powietrza (powietrze + para wodna)	4-2	Zbiornik na ciecz chłodzącą
2-1	Wyjście nieuregulowane – prąd stały (DC; 13,5...22 V)	4-3	Otwór do napełniania i uzupełniania cieczy chłodzącej
2-2	Wyjście regulowane – prąd stały (DC; 12 V)	4-4	Przepływomierz układu chłodzenia
2-3	Przetwornica DC/AC	4-5	Wymiennik ciepła
2-4	Wyjście regulowane – prąd przemienny (AC; 230 V)	4-6	Wentylatory
2-5	Akumulator	5-1	Włącznik urządzenia HP 600
2-6	Regulator napięcia – DC/DC	5-2	Wyłącznik urządzenia HP 600
2-7	Uziemienie	5-3	Przełącznik – prąd stały nieregulowany/regulowany
3-1	Dopływ wodoru – szybkozłącze	5-4	Wyświetlacz LCD
3-2	Miernik przepływu masowego wodoru	5-5	Przyciski sterowania
3-3	Regulator ciśnienia	5-6	Złącze USB

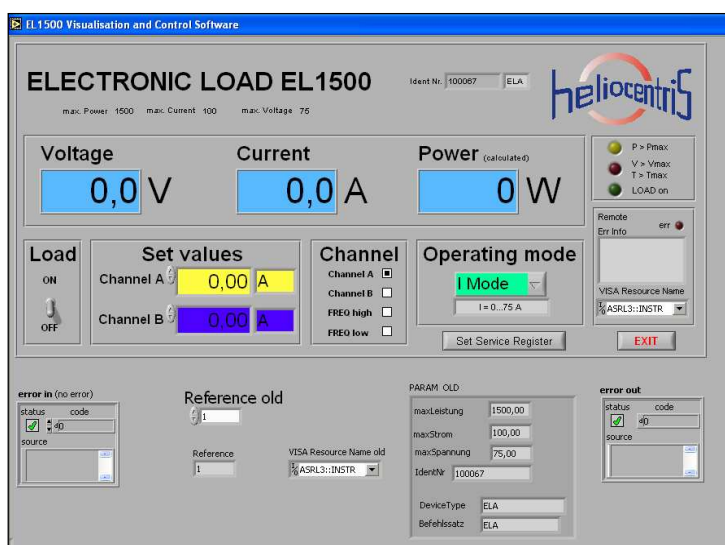
**Rys. 6.** Podstawowy widok na wyświetlaczu LCD urządzenia HP 600

W celu wygenerowania przez system HP 600 mocy elektrycznej należy podłączyć do niego zewnętrzne obciążenie. Obciążenie to może stanowić urządzenie zasilane prądem przemiennym – podłączenie do przetwornicy DC/AC (rys. 5), bądź urządzenie na prąd stały (przykładowe pokazano na rysunku 7).

Dołączone do stanowiska dydaktycznego urządzenie obciążające EL 1500 może być sterowane zarówno manualnie za pomocą panelu sterowania (rys. 7), jak również za pomocą specjalnego dedykowanego mu oprogramowania (rys. 8). Istnieje możliwość obciążania ogniwa HP 600 poprzez urządzenie EL 1500 na kilka sposobów, tzn. można zadawać m.in. natężenie prądu oraz opór elektryczny.



Rys. 7. Elektryczne urządzenie obciążające EL 1500



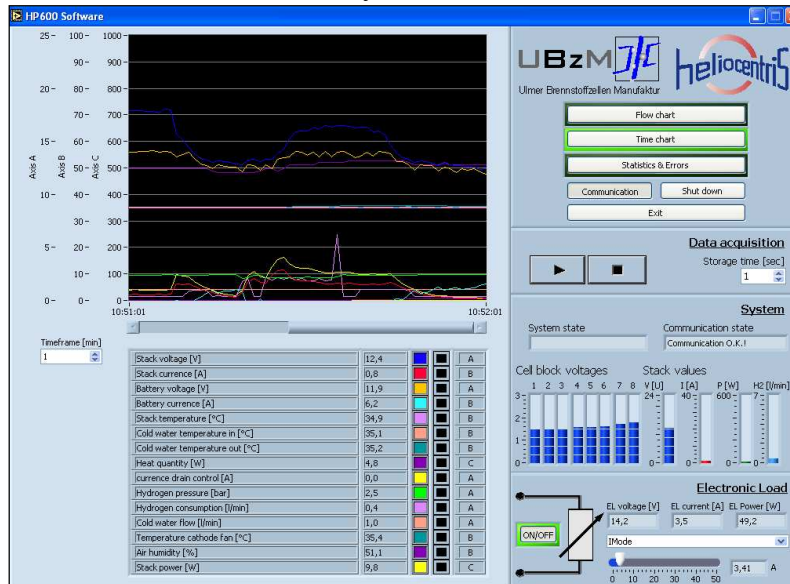
Rys. 8. Widok oprogramowania do obsługi urządzenia EL 1500

Laboratoryjne stanowisko dydaktyczne z systemem ogniw paliwowych HP 600 może pracować w dwóch trybach (tab. 3). Jednym z nich jest tryb REGULOWANY (wtedy to napięcie prądu stałego wynosi 12 V) a drugim tryb NIEREGULOWANY (o napięciu prądu stałego mieszczącym się w przedziale 13,5...22 V).

Tab. 3. Podstawowe dane techniczne stanowiska z systemem HP 600 [1]

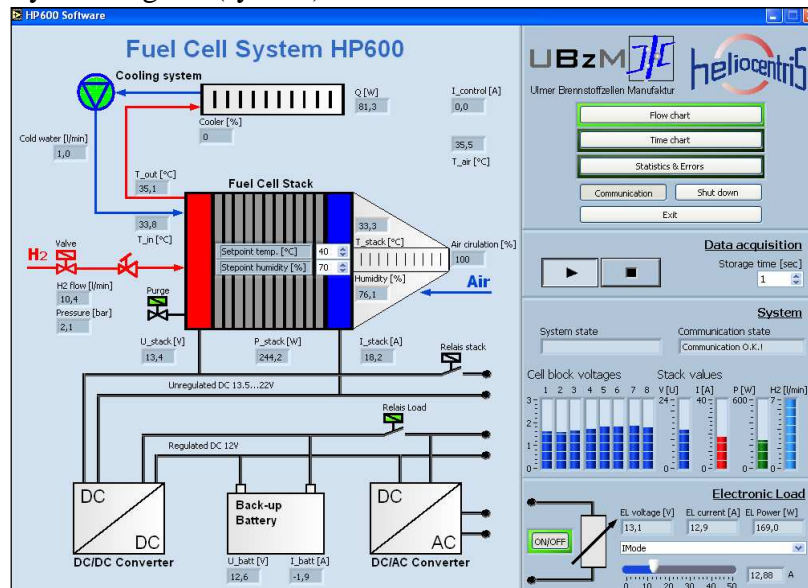
Moc elektryczna [W]	500
Napięcie – pozycja NIEREGULOWANY [V]	13,5...22
Maks. natężenie prądu z urządzenia obciążającego – pozycja NIEREGULOWANY [A]	45
Napięcie – pozycja REGULOWANY [V]	12
Maks. natężenie prądu z urządzenia obciążającego – pozycja REGULOWANY [A]	42
Napięcie – obciążenie ogniwa HP 600 w postaci odbiornika prądu przemiennego [V]	230
Maks. natężenie prądu z urządzenia obciążającego w postaci odbiornika prądu przemiennego [A]	2,5 lub 5
Ciśnienie wodoru zasilającego ogniwo paliwowe [bar]	2...17
Pojemność akumulatora 12 V [Ah]	17
Dopuszczalna temperatura otoczenia w trakcie pracy ogniwa HP 600 [°C]	+15...+35

Na stanowisku dydaktycznym z systemem ogniw paliwowych HP 600 mierzonych jest w trakcie jego pracy kilkanaście parametrów eksploatacyjnych (rys. 9). Do podstawowych z nich można zaliczyć: napięcie, natężenie prądu i moc elektryczną wytwarzane przez stos ogniw paliwowych, temperaturę pracy stosu ogniw i cieczy chłodzącej, napięcie na akumulatorze oraz ciśnienie i chwilowe zużycie wodoru.



Rys. 9. Parametry eksploatacyjne urządzenia HP 600 mierzone w trakcie jego pracy

Istnieje możliwość zadawania wartości dwóch parametrów eksploatacyjnych systemu ogniw paliwowych HP 600. Nastawianie stosownych wartości (na potrzeby realizowanych ćwiczeń) dotyczy wilgotności względnej powietrza zasilającego stos ogniw paliwowych oraz temperatury pracy stosu ogniw (rys. 10).



Rys. 10. Widok oprogramowania do obsługi urządzenia HP 600

PODSUMOWANIE

Opisywane w niniejszym artykule nowoczesne dydaktyczne stanowisko laboratoryjne, będące na wyposażeniu Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej, umożliwia między innymi wykonywanie następujących doświadczeń (ćwiczeń):

- wyznaczenie charakterystyk napięciowo-prądowych stosu ogniw paliwowych: $U = f(t)$ i $I = f(t)$,
- wyznaczenie charakterystyki $U = f(I_{obc})$ stosu ogniw paliwowych,
- wyznaczenie charakterystyki $P = f(I_{obc})$ stosu ogniw paliwowych,
- wyznaczenie parametrów eksploatacyjnych poszczególnych układów wchodzących w skład stanowiska dydaktycznego z systemem ogniw paliwowych HP 600,
- wyznaczenie sprawności poszczególnych układów wchodzących w skład stanowiska dydaktycznego z systemem ogniw paliwowych HP 600,
- sporządzenie bilansu energetycznego dydaktycznego stanowiska laboratoryjnego z systemem ogniw paliwowych HP 600.

Jak można zauważyć wspomagany komputerowo system ogniw paliwowych HP 600 firmy Heliocentris jest bardzo wartościowy pod kątem dydaktyki i cechuje się dużą użytecznością (pozwala zatem znacznie wzmocnić potencjał dydaktyczny jednostki naukowej). Można bowiem dzięki niemu przeprowadzać ćwiczenia laboratoryjne związane z zaawansowanymi ekologicznymi technologiami napędu pojazdów samochodowych. Technologie te są współcześnie coraz częściej stosowane w środowisku motoryzacyjnym – i stale dynamicznie rozwijane – między innymi w celu zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego przez pojazdy oraz ograniczenia zużycia paliw konwencjonalnych.

COMPUTER-AIDED HP 600 FUEL CELL SYSTEM

Abstract

The paper presents the construction and operation of a modern computer-aided teaching position used to conduct research in the Combustion Engines Laboratory (Poznan University of Technology) in the field of alternative drives of vehicles. The HP 600 from Heliocentris consists of a stack of fuel cells that produce electricity needed to power the motors driving the wheels of vehicles and systems that support this process. Besides the description of the elements included in the HP 600 and the manner of its operation and maintenance the article also contains information on how to use the HP 600 fuel cell system in the didactics of a technical school.

BIBLIOGRAFIA

1. *Operation Guide – HP 600 Fuel Cell System (3rd Edition)*. Heliocentris Energy Systems GmbH, 2008.
2. Panik F.: *FCV Fuel Option*. Conference "The Road To Fuel Cell Vehicles. A National Forum", Washington 1999.
3. Merkisz J., Pielecha I.: *Alternatywne napędy pojazdów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006.
4. www.elektroinzynieria.pl, dostęp z dnia 20.09.2012.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. Jerzy MERKISZ – Politechnika Poznańska

dr inż. Ireneusz PIELECHA – Politechnika Poznańska

mgr inż. Maciej ANDRZEJEWSKI – Politechnika Poznańska