

Streszczenie

W rozprawie przedstawiono koncepcję modyfikacji systemu ogniwa paliwowego PEM będącego źródłem zasilania obiektu podwodnego, nie mającego dostępu do powietrza atmosferycznego, polegającą na usunięciu z podsystemu zasilania utleniaczem układu recyrkulacji tlenu. Zaproponowana zmiana ma na celu uproszczenie systemu ogniwa paliwowego poprzez wyeliminowanie pompy recyrkulacyjnej i jednocześnie zmniejszenie jego energetycznych potrzeb własnych. Zastosowanie proponowanej modyfikacji sprawia, że zadania układu recyrkulacji tlenu, jakimi zasadniczo są rozprowadzanie utleniacza po powierzchni aktywnej ogniwa oraz usuwanie wody reakcyjnej na zewnątrz stosu, muszą być realizowane w inny sposób. Zaproponowane przez autora pracy rozwiązanie polega na zastosowaniu odpowiedniego sterowania przepływem tlenu, uwzględniającego zmianę warunków pracy wewnątrz stosu.

Praca zawiera opis postępowania badawczego ukierunkowanego na możliwość zastosowania zaproponowanego rozwiązania. W tym celu wykonano analizę przemian energetycznych zachodzących w ogniwie paliwowym typu PEM wraz ze wskazaniem parametrów i wielkości wpływających na wartość jego napięcia. Na jej podstawie opracowano model matematyczny zróżnicowania napięć w stosie ogniwa paliwowego którego parametry zostały zidentyfikowane w eksperymencie czynnym. Następnie przedstawiono metodę sterowania przepływem tlenu przez przedział katody stosu ogniwa paliwowego, opartą na wskaźniku zróżnicowania napięć w stosie, ukierunkowaną na maksymalizację utylizacji tlenu. Dla opracowanej metody wykonano badania symulacyjne w środowisku Matlab/Simulink i eksperymentalne w Laboratorium Eksploatacji Elektrycznych Urządzeń Okrętowych Wydziału Mechaniczno-Elektrycznego, weryfikujące poprawność jej funkcjonowania.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają postawioną w rozprawie tezę. Eliminacja układu recyrkulacji tlenu spowodowała zmniejszenie konsumpcji energii elektrycznej przez podsystemy pomocnicze stosu ogniwa paliwowego, a opracowana metoda sterowania przepływem utleniacza umożliwiła utrzymanie właściwych warunków pracy stosu oraz wysokiej utylizacji tlenu.

Abstract

The dissertation presents the concept of modification of the PEM fuel cell system, which is the power source of the object that does not have access to atmospheric air, based on the use of the open cathode structure, i.e. an oxidant subsystem in which there is no recirculation part. The proposed change aims to simplify the fuel cell system by eliminating the recirculation pump and simultaneously reducing its own energy needs. The use of such a modification is related to the fact that the tasks of the oxygen recirculation part, which are essentially the spreading of the oxidant on the active surface of the cells and the removal of the reaction water outside of the stack, must be carried out in a different way. The solution proposed by the author is based on the use of appropriate oxygen flow control, taking into account the change of working conditions inside the stack.

The work contains a description of a research procedure aimed at the possibility of applying the proposed modification. For this purpose, an original method for controlling oxygen flow through the cathode compartment of a fuel cell stack without an oxygen recirculation system was developed. The control algorithm is based on a voltage non-uniformity indicator, here referred to as the stack voltage range and defined as difference between the minimum and maximum values of the voltages occurring on individual stack cells. Three principles for determining the oxygen flow rate have been proposed, and their parameters have been selected by means of genetic algorithms in such a way as to achieve a high degree of oxygen utilization and maintain correct operating conditions of fuel cells.

The developed methods of oxygen flow control were examined numerically, on a simulation application built in the Matlab/Simulink environment, and experimentally at the laboratory stand of the emergency submarine power supply system with PEM fuel cells. The results of these studies presented in the work show that the application of the proposed control method, and the selection of appropriate parameters of individual algorithms, enable the correct functioning of the fuel cell system deprived of the oxygen recirculation system.