

Streszczenie

W obliczu zachodzących zmian klimatycznych i wyczerpujących się złóż paliw kopalnych technologia ogniwo paliwowych stała się atrakcyjną metodą pozyskiwania energii elektrycznej i ciepła. Jednoetapowa konwersja energii chemicznej paliwa w ogniwach charakteryzuje się wyższą sprawnością od procesów spalania przy jednoczesnym ograniczeniu emisji dwutlenku węgla i szkodliwych gazów do atmosfery. Technologia ta stanowi kluczowy element transformacji energetycznej, łącząc efektywność z uniwersalnością paliwową, co umożliwi wykorzystanie różnych magazynów energii, od paliw gazowych, np. wodoru lub metanu, po paliwa ciekłe, np. metanol czy kwas mrówkowy.

Obecna infrastruktura paliwowa nie jest przystosowana do wodoru, dlatego też ciekawą alternatywą, skracającą horyzonty czasowe szerszego wdrożenia technologii ogniwo paliwowych, jest zaadaptowanie jej do syntetycznych paliw ciekłych, które mogą być magazynem energii odnawialnej i nośnikiem dwutlenku węgla wychwytywanego z atmosfery. Szczególnie interesującym paliwem jest ciekły kwas mrówkowy, bezpieczniejszy dla środowiska i użytkownika od metanolu, który również używany jest jako paliwo w tej technologii. W stanie czystym, kwas mrówkowy magazynuje o 26% więcej energii od wodoru sprężonego do ciśnienia 700 bar i ma wyższą temperaturę zapłonu od benzyny, co otwiera możliwość adaptacji obecnej infrastruktury paliwowej do jego dystrybucji.

Transport masy w ogniwach paliwowych odbywa się głównie mechanizmem dyfuzyjnym ze względu na laminarny reżim przepływu reagentów w kanałach interkonektorów. W przypadku ogniwo zasilanych ciekłymi paliwami problem ten jest uwydatniony ze względu na znacznie niższe współczynniki dyfuzji reagentów w fazie ciekłej w porównaniu z fazą gazową, co przekłada się na wyższe straty napięcia związane z transportem masy i w konsekwencji niższą wydajność ogniwa.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej jest intensyfikacja transportu masy i zapewnienie równomiernej dystrybucji reagentów w ogniwie paliwowym zasilanym ciekłym kwasem mrówkowym (DFAFC z ang. *direct formic acid fuel cell*) poprzez zaprojektowanie nowych geometrii układów dystrybucji reagentów oraz opracowanie modelu teoretycznego ogniwa DFAFC, który umożliwi analizę wrażliwości charakterystyki prądowo-napięciowej na poszczególne parametry procesowe takie jak stężenie paliwa i temperatura układu oraz materiałowe takie jak równowagowa gęstość prądu i opór zastępczy ogniwa. Realizacja niniejszych celów wymaga kompleksowego podejścia do przedstawionych zagadnień poprzez

połączenie metod modelowania numerycznego CFD (z ang. *computational fluid dynamics*) w procesie projektowania nowych układów dystrybucji z weryfikacją eksperymentalną pracy ogniów DFAFC w układach demonstracyjnych i późniejszą kalibracją modelu teoretycznego.

Efekty badań z zakresu niniejszej rozprawy doktorskiej przyczyniają się do rozwoju wiedzy w zakresie projektowania efektywnych układów dystrybucji reagentów w ogniach paliwowych, w szczególności zasilanych ciekłymi paliwami na przykładzie ogniwa DFAFC. Szczególne znaczenie naukowe ma określenie wpływu lokalnej turbulizacji przepływu oraz równomierności dystrybucji paliwa w układzie na wydajność pracy ogniwa DFAFC. Wartość naukową do pracy wnosi również wykazanie użyteczności analizy rozkładu czasu przebywania do oceny warunków mieszania w ogniach paliwowych. Elementem nowości pracy jest ilościowa i jakościowa analiza przepływu dwufazowego po stronie anody w autorskim, transparentnym ogniwie paliwowym, przeprowadzona na podstawie badań obrazowych, a opracowany model teoretyczny ogniwa DFAFC umożliwia lepsze zrozumienie wpływu warunków procesowych i parametrów materiałowych na straty napięcia w ogniwie DFAFC.

Uzyskane wyniki przyczyniają się do poprawy wydajności ogniów DFAFC, co ma znaczenie zarówno poznawcze, jak i aplikacyjne w kontekście upowszechniania alternatywnych źródeł energii, a zaproponowane rozwiązania geometryczne charakteryzują się uniwersalnością i dają możliwość zastosowania w innych technologiach elektrochemicznych, wykorzystujących mikroreaktory przepływowe takie jak elektrolizery czy baterie przepływowe.

Słowa kluczowe: ogniwo paliwowe DFAFC, kwas mrówkowy, transport masy, układy dystrybucji reagentów, interkonektor, modelowanie CFD, model teoretyczny, przepływ dwufazowy