

Streszczenie popularnonaukowe

„Zwiększenie efektywności energetycznej stosów ogniwi typu DFAFC - modelowanie matematyczne oraz weryfikacja doświadczalna z wykorzystaniem druku 3D”

Ogniwa paliwowe to urządzenia elektrochemiczne, które przetwarzają energię chemiczną paliwa na prąd elektryczny i ciepło w wyniku przestrzennej separacji reakcji utleniania i redukcji, realizowanej poprzez umiejscowienie elektrolitu (np. membrany jonoprzewodzącej) między anodą a katodą. Ze względu na wysoką sprawność jednoetapowej konwersji energii oraz zerową lub niską emisję CO₂, ogniwa paliwowe znacząco przyczynią się do osiągnięcia neutralności emisyjnej do 2050 roku oraz uniezależnienia się od wyczerpujących się zasobów paliw kopalnych. Urządzenia te mogą być zasilane paliwami gazowymi, takimi jak wodór, produkując wyłącznie wodę, lub paliwami ciekłymi wytwarzanymi przy użyciu energii odnawialnej z wykorzystaniem dwutlenku węgla, co zapewnia neutralność emisyjną ogniwa.

Niezwykle interesującym paliwem jest kwas mrówkowy, który w stężeniach stosowanych w ogniwie jest bezpieczny dla środowiska, niepalny i jako ciecz łatwy do wdrożenia do obecnej infrastruktury paliwowej. Zmniejszyłoby to koszty dystrybucji paliwa do użytkowników i przyczyniłoby się do upowszechnienia technologii ogniwi paliwowych.

Niemniej jednak, warunki transportu reagentów są trudniejsze w ogniwach na kwas mrówkowy (typu DFAFC) niż w ogniwach paliwowych zasilanych wodorem ze względu na niższą dyfuzyjność cieczy. Dlatego też intensyfikacja transportu masy i efektywna dystrybucja reagentów w stosie ogniwi DFAFC staje się kluczowa dla poprawy ich wydajności.

Celem niniejszego projektu jest zwiększenie efektywności energetycznej stosów ogniwi typu DFAFC poprzez opracowanie wydajnego i równomiernego układu rozprowadzania reagentów za pomocą manifoldów (kanałów pomiędzy płytami bipolarnymi), charakteryzujących się niskim współczynnikiem oporu przepływu. Do realizacji tego celu zostanie wykorzystane modelowanie matematyczne pracy ogniwa typu DFAFC, umożliwiające zaprojektowanie skutecznego układu do ciągłego odprowadzania gazowego produktu reakcji anodowej, jakim jest dwutlenek węgla, który niekorzystnie zwiększa opory przepływu w układzie i blokuje dostęp paliwa do strefy reakcji.

Modelowanie matematyczne pracy ogniwa DFAFC będzie zintegrowane z obliczeniową mechaniką płynów, co pozwoli na przeprowadzenie wirtualnych eksperymentów. Na dalszym etapie zostaną one zweryfikowane doświadczalnie poprzez analizę przepływu dwufazowego po stronie anody w przezroczystym ogniwie paliwowym, skonstruowanym przy użyciu druku 3D z żywicy fotoutwardzalnej. Niniejsze ogniwo zostanie również poddane charakterystyce prądowo-napięciowej. Model obliczeniowy zostanie wykorzystany do oceny skuteczności układów do usuwania gazu i układu rozprowadzania reagentów w stosie ogniwi typu DFAFC. Symulacje uwzględnią przepływ wielofazowy oraz opis kinetyki reakcji utleniania kwasu mrówkowego i redukcji tlenu. Opracowany model posłuży do wyznaczenia charakterystyk prądowo-napięciowych ogniwa paliwowego dla różnych warunków procesowych. Kolejnym etapem badań będzie połączenie wybranego systemu usuwania gazów z nowo zaprojektowanym systemem dostarczania reagentów w stosie ogniwi DFAFC. Ostatnim etapem prac będzie analiza elektrochemiczna pracy stosów ogniwi DFAFC o zaproponowanych geometriach układu rozprowadzania reagentów i usuwania dwutlenku węgla.

Efektom projektu będzie opracowanie modelu matematycznego ogniwa DFAFC, połączonego z obliczeniową mechaniką płynów, pozwalającego na jednoczesną analizę wielu parametrów procesowych, optymalizację geometrii układów i ograniczenie kosztów badań laboratoryjnych poprzez zmniejszenie liczby eksperymentów. W wyniku projektu zostanie opracowany układ równomiernego rozprowadzania reagentów w stosie ogniwi DFAFC. System ten zmniejszy spadek ciśnienia i zwiększy efektywność energetyczną stosu DFAFC. Rezultaty projektu wzbogacą również badania nad wydajną dystrybucją reagentów w ogniwach paliwowych zasilanych ciekłymi paliwami. Udoskonalenie tej technologii przyspieszy wdrożenie i rozpowszechnienie ogniwi paliwowych ze względu na znacznie łatwiejsze przechowywanie i transport ciekłego paliwa, co przyczyni się do szybszego rozwoju technologii sprzyjającej osiągnięciu neutralności emisyjnej do 2050 roku.