

Praca dyplomowa inżynierska

Wykorzystanie obliczeniowej mechaniki płynów do modelowania pracy ogniwa paliwowego



Autor: Aleksandra Małek

Nr albumu: 283184

Promotor: prof. uczelni dr hab. inż. Łukasz Makowski

Opiekun pomocniczy: mgr. inż. Zuzanna Bojarska

Rok akademicki: 2019/2020

Wprowadzenie

W wyniku reakcji elektrodowej zachodzącej wewnątrz ogniwa paliwowego zostaje wytworzona energia elektryczna oraz produkty uboczne - dochodzi do konwersji energii chemicznej na elektryczną. Jest to proces złożony, zależny od wielu zmiennych. Opis matematyczny problemu jest skomplikowanym układem równań różniczkowych możliwych do rozwiązania w sposób numeryczny. Obliczeniowa mechanika płynów (CFD) daje możliwość przeprowadzenia tak zwanego „eksperymentu numerycznego”, który pozwala na sprawdzenie wpływu różnych parametrów pracy na sprawność ogniwa paliwowego.

Cel i zakres pracy

Cel pracy stanowiło określenie wpływu geometrii kanału po stronie anodowej oraz strumienia wodoru na sprawność pracy ogniwa paliwowego z elektrolitem polimerowym przewodzącym protony PEMFC przy użyciu obliczeniowej mechaniki płynów.

Zakres pracy obejmuje:

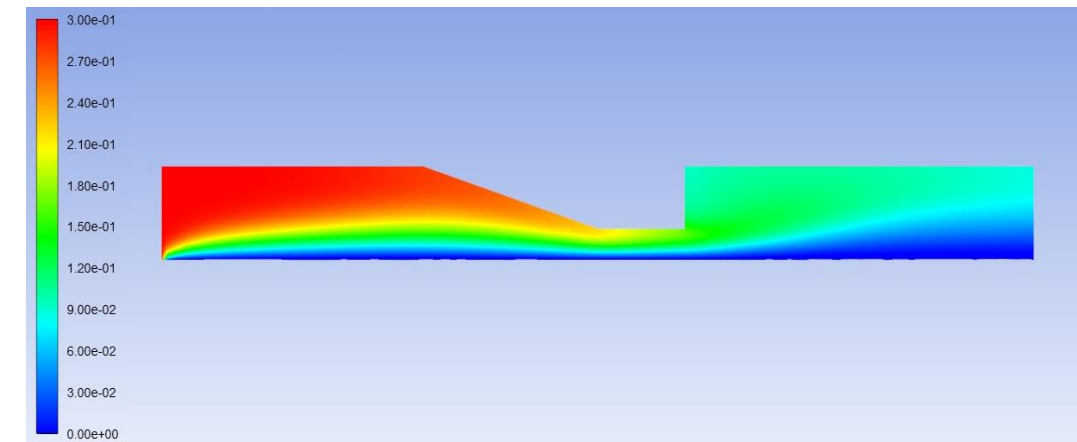
- charakterystykę różnych rodzajów ogniw paliwowych;
- określenie kinetyki reakcji elektrodowej;
- stworzenie domeny obliczeniowej i przeprowadzenie symulacji komputerowej dla różnych średnich prędkości wlotowych wodoru oraz potencjałów ogniwa przez prosty kanał (wariant I);
- modyfikację geometrii kanału i przeprowadzenie obliczeń (wariant II-V);
- interpretację wyników i porównanie wariantów.

Geometria układu

Wariant I dotyczy prostego kanału, którego wymiary zostały zaczerpnięte ze źródeł literaturowych. Dokonano modyfikacji prostego kanału dodając przegrodę na ścianie równoległej do membrany (wariant II) oraz po stronie membrany (wariant III). Kolejna zmiana to wydłużenie kanału i dodanie odcinka rozbiegowego oraz końcowego, w których nie zachodzi reakcja elektrodowa (wariant IV) oraz dodanie przegród na ścianie równoległej do ścian kontaktujących się z membraną (wariant V).

Modelowanie matematyczne

Rozpatrywane geometrie zaprojektowano w programie *Solidworks*, a symulacje wykonano w programie *Fluent*. W celu przeprowadzenia obliczeń naniesiono na każdy układ siatkę numeryczną. Obliczenia dla danej geometrii kanału (wariant I-V) przeprowadzono dla różnych wartości średniej prędkości wlotowej wodoru do kanału po stronie anodowej ogniwa paliwowego, dla trzech różnych potencjałów ogniwa.



Rozkład ułamka masowego wodoru na przekroju zmodyfikowanego kanału (wariant II) dla średniej prędkości wlotowej wodoru 2 m/s i potencjału ogniwa 0,4V

Wyniki obliczeń

- Ułamek masowy wodoru na wylocie z kanału maleje wraz ze spadkiem średniej prędkości wlotowej wodoru. Jest to związane ze spadkiem czasu przebywania w układzie.
- W rozważanych przypadkach wzrost potencjału ogniwa powoduje spadek sprawności.
- Dla prostego kanału sprawność wynosi od 35% dla prędkości wlotowej wodoru wynoszącej 4 m/s i potencjału ogniwa 0,8V do 84% dla prędkości 1 m/s i potencjału 0,4V.
- Spośród wszystkich rozważanych przypadków, najwyższa sprawność osiągnięta jest dla prędkości wynoszącej 1m/s dla wariantu IV oraz V i jest ona bliska 100%.
- Wykonanie modyfikacji geometrii pozwoliło na zwiększenie sprawności procesu nawet o 38 punktów procentowych, jednak spowodowało wzrost strat ciśnienia od wartości 9,8 Pa do 76,9 Pa (wariant V dla prędkości 3 m/s i potencjału ogniwa 0,4 V).

Wnioski

Wzrost sprawności osiągany dla kolejnych modyfikacji geometrii wynika z zastosowania przegród. Dzięki temu w kanale tworzą się wiry powodujące zwiększenie intensywności mieszania. Oderwana zostaje także warstwa przyścienna płynu na powierzchni membrany powodując wyrównanie stężenia wodoru na przekroju kanału, w wyniku czego zostaje zwiększona siła napędowa procesu.