

Praca dyplomowa inżynierska

Badania doświadczalne i modelowanie numeryczne pracy ogniwa paliwowego zasilanego kwasem mrówkowym

Autor: Anna Sosulska

Nr albumu: 289319



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

Opiekun pomocniczy: mgr. inż. Zuzanna Bojarska

Rok akademicki: 2020/2021

Wprowadzenie

W ogniwach paliwowych zachodzi konwersja energii chemicznej zawartej w paliwie na energię elektryczną poprzez reakcję utleniania-redukcji. Ogniwa paliwowe zasilane kwasem mrówkowym (DFAFC) są jednym z przykładów tej technologii. Pracę ogniwa paliwowego można opisać za pomocą skomplikowanego układu równań różniczkowych, których rozwiązanie w sposób numeryczny umożliwia Obliczeniowa Mechanika Płynów (CFD). Opracowanie popartego badaniami doświadczalnymi modelu matematycznego pracy ogniwa ma na celu umożliwienie szczegółowej analizy pracy ogniw w zależności od wybranych parametrów.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie wpływu parametrów procesowych na pracę ogniwa zasilanego kwasem mrówkowym. Zakres pracy obejmuje:

- Charakterystykę ogniw paliwowych zasilanych kwasem mrówkowym oraz kwasu mrówkowego jako paliwa;
- Badania doświadczalne zależności napięcia ogniwa oraz generowanej gęstości mocy od gęstości prądu dla różnych stężeń i przepływów kwasu mrówkowego;
- Modelowanie numeryczne pracy ogniwa paliwowego zasilanego kwasem mrówkowym.

Część doświadczalna

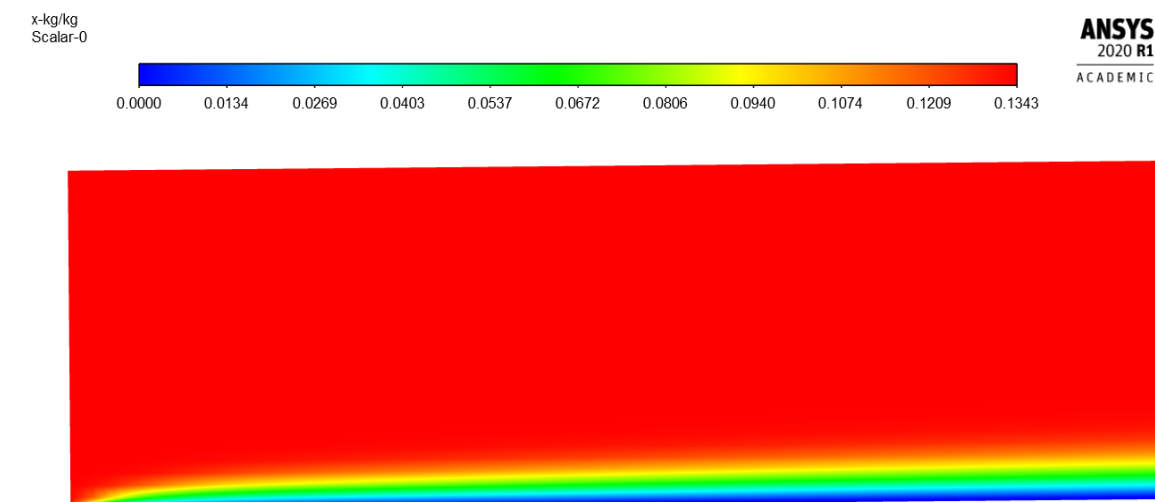
Doświadczenia wykonano dla czterech natężeń objętościowych przepływu (0,1 ml/min, 1 ml/min, 3 ml/min, 9 ml/min) i trzech stężeń roztworu kwasu mrówkowego (0,3 M, 3 M, 9 M) zasilającego ogniwo. Zbadano także stabilność katalityczną dla trzech różnych stężeń roztworu kwasu mrówkowego.

Modelowanie matematyczne

Kinetykę reakcji katodowej opisano za pomocą równania Butlera-Volmera (1), korzystając z danych zgromadzonych w części doświadczalnej pracy.

$$R_{AN} = R_{AN}^{REF} \left(\frac{x_{HCOOH}}{x_{HCOOH}^{REF}} \right)^{\gamma_{AN}} \cdot \left(\exp \left(-\frac{\alpha_{AN} \cdot F}{R \cdot T} \cdot \eta_{AN} \right) - \exp \left(-\frac{\alpha_{CAT} \cdot F}{R \cdot T} \cdot \eta_{CAT} \right) \right) \quad (1)$$

Następnie w programie ANSYS przeprowadzono symulację numeryczną dla uproszczonej geometrii ogniwa. Zbadano w ten sposób, jak zmiana objętościowego natężenia przepływu wpływa na ubytek kwasu mrówkowego w wyniku utleniania (rys. 1). Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wartości wolumetrycznego prądu anodowego i porównano je z wynikami doświadczeń.



Rysunek 1. Profil stężenia (wyrażony ułamkiem masowym) kwasu mrówkowego w kanale, którym przepływa 3 M roztwór kwasu mrówkowego z natężeniem objętościowym 0,1 ml/min i pod napięciem 0,2 V – widok wlotu do kanału

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że ogniwo paliwowe produkuje największe moce dla stężeń roztworu kwasu mrówkowego z zakresu 4 - 6 M. Określono, że stężenie roztworu kwasu mrówkowego zasilającego paliwo ma większy wpływ na osiągnięte wartości mocy niż objętościowe natężenie przepływu. Zgodnie z przewidywaniami spadki ciśnienia były tym większe, im większe były natężenia przepływu.

Porównując wyniki badań doświadczalnych z wynikami badań numerycznych, zaobserwowano częściową zgodność co do charakteru zmian i wpływu parametrów procesowych, zaś różnicę co do wartości uzyskanego prądu anodowego. Określono także, że małe natężenia przepływów objętościowych sprzyjają najefektywniejszemu wykorzystaniu substratu, mimo że dla każdego przepływu zużyta została zbliżona masa kwasu mrówkowego.