

Ćw.2 Elektroliza wody za pomocą ogniwa paliwowego typu PEM

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyki prądowo- napięciowej elektrolizera typu PEM,

A także określenie wydajności tego urządzenia, jeśli chodzi o produkcję H₂.

WSTĘP

Elektroliza wody jest prostym procesem elektrochemicznym, który nie wymaga skomplikowanej aparatury. Jednym z głównych produktów jest bardzo czysty wodór (>99,99%). Produkowany w ten sposób wodór jest doskonałym paliwem wykorzystywanym w ogniwach paliwowych.

Największą wadą procesu elektrolizy jest zapotrzebowanie na energię elektryczną. Idealnym rozwiązaniem jest wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych.

Elektroliza jest praktycznym sposobem zamiany nadwyżki energii elektrycznej w energię chemiczną do wykorzystania, gdy zaistnieje na to potrzeba.

Układ, w którym prowadzi się elektrolizę, nosi nazwę elektrolizera. Elektrode połączoną z dodatnim biegunem źródła prądu nazywa się anodą, a elektrodę ujemną- katodą. Na anodzie zachodzi proces utleniania a na katodzie – redukcji. Aby mógł zachodzić proces elektrolizy, napięcie zewnętrznego źródła prądu musi być wyższe od SEM ogniwa, w którym zachodzi reakcja, będąca odwróceniem reakcji w elektrolizerze.

Czynnikami decydującymi o tym, jakie reakcje zajdą na elektrodach podczas przepływu prądu przez elektrolizer, są przede wszystkim skład roztworu i materiał elektrod, ale znaczący wpływ mają także napięcie elektrolizy oraz temperatura.

Na dodatniej elektrodzie elektrolizera, czyli na anodzie, zachodzą procesy utleniania, natomiast na katodzie – redukcji. W reakcji anodowej mogą uczestniczyć tylko drobiny mogące oddać elektrony, a w katodowej te, które mogą elektrony pobrać. O tym, które drobiny będą się utleniać lub redukować łatwiej od innych, decyduje przede wszystkim potencjał danej reakcji elektrodowej, czyli jej położenie w szeregu napięciowym. Proces katodowy będzie zachodzić tym łatwiej, im wyższy jest jego potencjał, a proces anodowy - odwrotnie. Na katodzie w pierwszej kolejności rozładują się kationy metali ciężkich, czyli metali położonych w szeregu napięciowym na prawo od glinu. Jeśli roztwór elektrolitu nie zawiera jonów metali ciężkich, na katodzie wydzielą się wodór pochodzący z rozładowania kationów H⁺ lub z redukcji cząsteczek wody. W przypadku zakwaszonego roztworu soli metalu ciężkiego wydzielanie metalu i wodoru może zachodzić równocześnie.

Na anodzie w pierwszej kolejności rozładują się aniony kwasów beztlenowych. Jeśli są one nieobecne w roztworze, na anodzie wydzielą się tlen pochodzący z rozładowania jonów OH⁻ lub utleniania cząsteczek wody.

Do określenia jakości pracy elektrolizera wygodnie jest wprowadzić sprawność elektrolityczną η_F oraz sprawność energetyczną η_{en} [3] zdefiniowane jako:

$$\eta_F = \frac{m_{H_2, rzecz}}{m_{H_2, F}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{en,H_2} = \frac{E_{H_2,wytw.}}{E_{el}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{en,H_2+O_2} = \frac{E_{H_2,wytw.} + E_{O_2,wytw.}}{E_{el}} \cdot 100\%$$

gdzie $m_{H_2,rzecz}$ oznacza masę wodoru faktycznie wytworzoną w przeprowadzonym procesie elektrolizy,

$m_{H_2,F}$ oznacza masę wodoru jaka powinna wytworzyć się wg praw Faradaya,

$E_{H_2,wytw.}$ oznacza energię wytworzonego w procesie elektrolizy wodoru,

$E_{O_2,wytw.}$ oznacza energię wytworzonego w procesie elektrolizy tlenu,

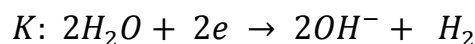
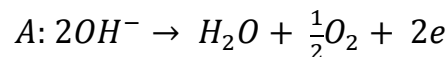
E_{el} określa ilość dostarczonej do procesu elektrolizy energii elektrycznej.

Typy elektrolizerów

Elektrolizery, w zależności od stanu skupienia elektrolitu, można podzielić na alkaliczne i wykorzystujące polimerową membranę wymiany protonów (PEM).

Elektrolizer alkaliczny pracuje w układzie z ciekłym elektrolitem, natomiast elektroliter PEM wykorzystuje elektrolit polimerowy. Na elektrodzie posiadającej ładunek ujemny protony są usuwane z elektrolitu, a elektrony są dostarczane przez zewnętrzne źródło zasilania. Najczęściej elektrolit w elektrolizerze alkalicznym stanowi roztwór 25–30% mas. KOH w wodzie. Wykorzystuje się także roztwory NaOH lub NaCl. Gęstości prądu elektrolizerów zasadowych są najczęściej w zakresie 100–300 mA/cm². [4]

Reakcje w elektrolizerze zasadowym przebiegają następująco (A- anoda, K-katoda):

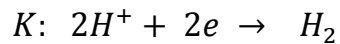
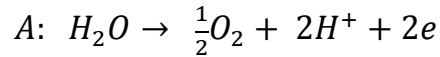


tj. odwrotnie niż w ogniwie alkalicznym (ang. AFC).

Elektrolit w elektrolizerze typu PEM pozwala na selektywny transport protonów H⁺ z anody poprzez membranę do katody, co zapobiega mieszanii się wodoru i tlenu. Najczęściej używana jest membrana Nafion, francuskiej firmy DuPont. Elektrody pokryte katalizatorem (Pt) umieszczone są po obu stronach membrany polimerowej w celu efektywnego rozdzielenia wody na wodór i tlen. Większość producentów elektrolizerów PEM wymaga by stosować wodę dejonizowaną o rezystywności nie mniejszej niż 1MΩ·cm [4]. Ponadto zaletą elektrolizerów PEM jest możliwość uzyskania wysokich gęstości prądu (>1600 mA/cm²) o co najmniej rząd wielkości większych niż w elektrolizerach alkalicznych. Kolejną zaletą jest możliwość uniknięcia produkcji tlenu pod wysokim ciśnieniem i bezpieczny elektrolit, który nie stwarza zagrożenia wyciekami i zniszczeniem środowiska.

Wadą jest obniżanie się sprawności wraz ze wzrostem gęstości prądu przyłożonego do ogniwa lub stosu. [4]

Reakcje w elektrolizerze z membraną protonowymienną (typu PEM) przebiegają następująco (A-anoda, K-katoda):



tj. odwrotnie niż w ogniwie z membraną protonowymienną (ang. PEM).

Elektroliza jest praktycznym sposobem zamiany nadwyżki energii elektrycznej w energię chemiczną do wykorzystania, gdy zaistnieje na to potrzeba. Jednym ze sposobów jest wykorzystanie wysokotemperaturowej elektrolizy pary wodnej (powyżej 100°C).

Technologia elektrolizerów typu PEM i HPEM jest często przedstawiana w literaturze jako bardzo obiecująca alternatywa do bardziej konwencjonalnej technologii elektrolizerów alkalicznych. Technologia ta posiada szereg zalet względem starszych technologii takich jak: większa sprawność elektrolizerów (56-73%) oraz możliwość uzyskania ultraczystego wodoru (klasa czystości ≥ 5.0 czyli $\geq 99,999\%$), a także bardziej kompaktowa budowa.

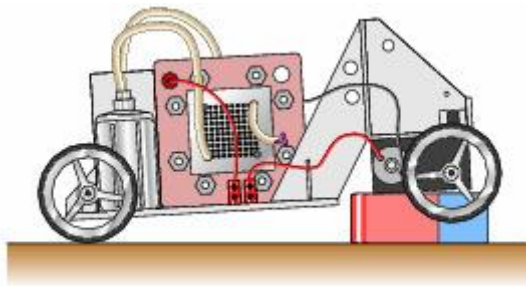
Ta metoda produkcji wodoru jest przewidziana dla przyszłych pokoleń, gdy wodór stanowiący nośnik energii będzie włączony w „idealny cykl energetyczny”. W cyklu tym, energia elektryczna uzyskiwana z odnawialnych źródeł energii jest wykorzystywana do rozszczepiania wody na czysty wodór i tlen.

STANOWISKO BADAWCZE

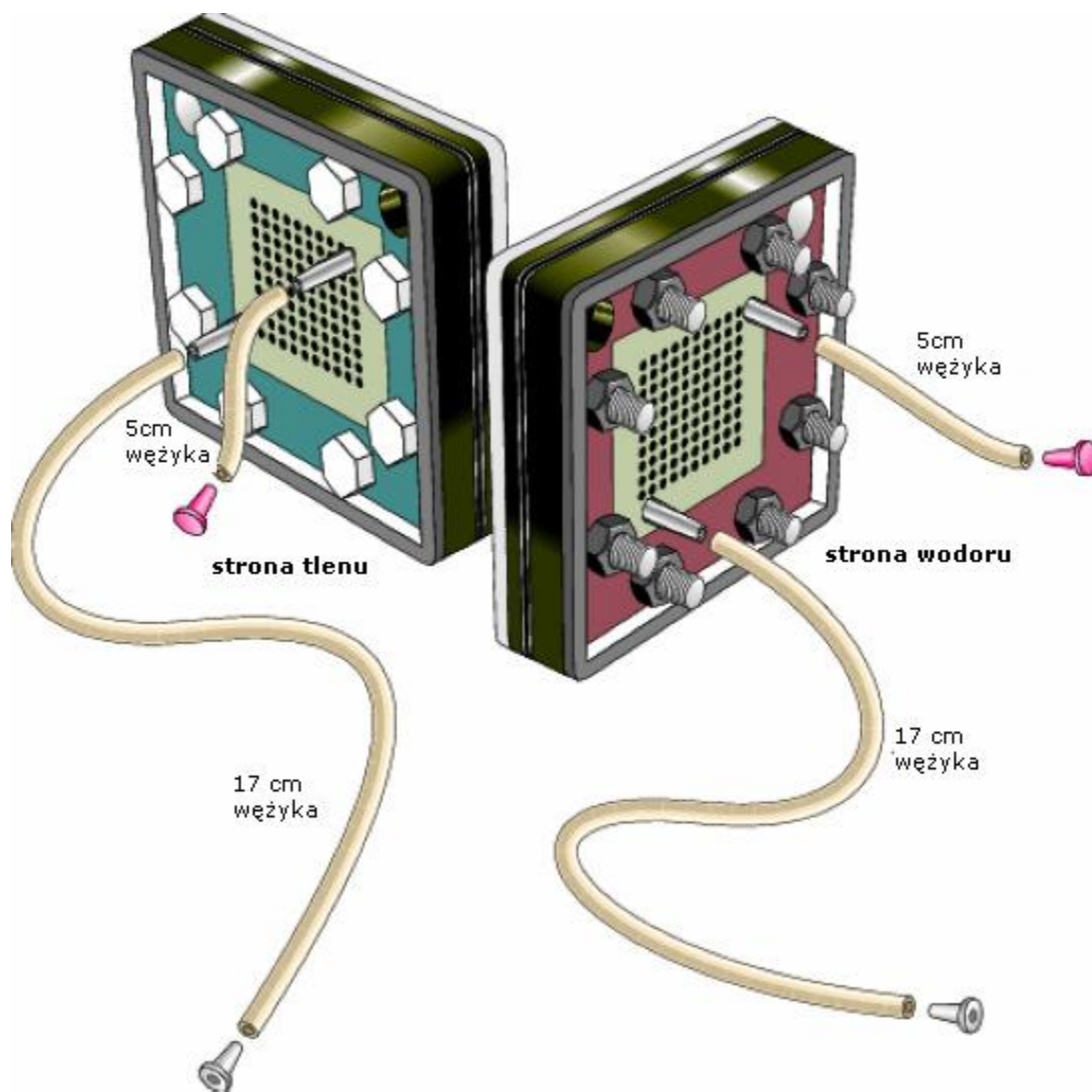
Przebieg ćwiczenia

Na początku należy odpowiednio przygotować stanowisko, którego podstawowy element stanowi mini-pojazd zawierający 2 zbiorniczki (o objętości 10 i 20 cm³). Zbiorniczki napełnia się wodą destylowaną. Po napełnieniu odpowiednich elementów zestawu, należy zwilżyć ogniwo wodą destylowaną przy użyciu strzykawki.

(rys.2)



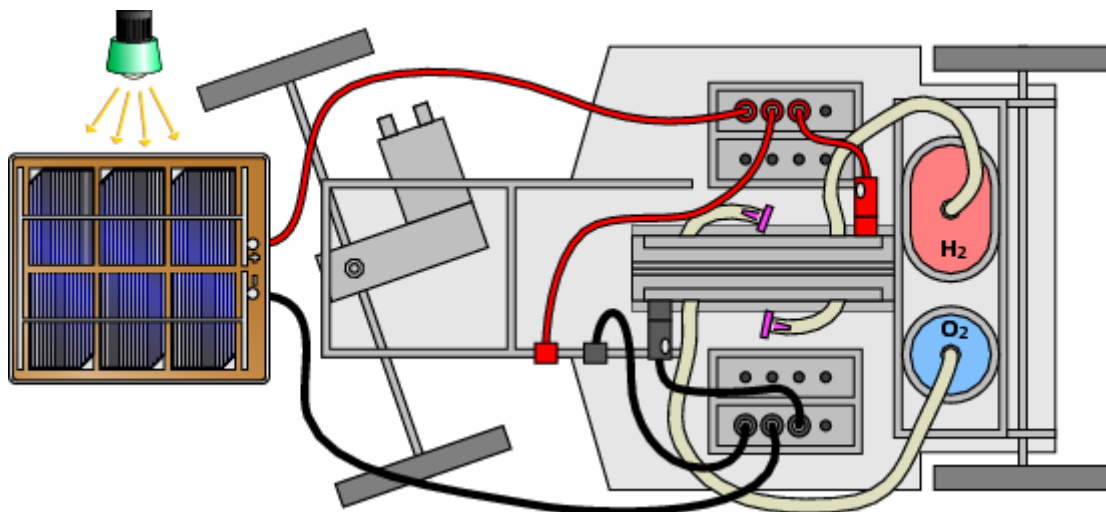
Rys.2. Schemat mini- pojazdu



Rys.3. Elektrody w ogniwie PEM

Po przygotowaniu zestawu i podłączeniu mini-pojazdu do zasilacza, należy :

1. Wykonać charakterystykę prądowo- napięciową i na podstawie wykresu zależności $I = f(U)$ wyznaczyć U_z (napięcie rozkładowe).
2. Wyprodukować 10ml H_2 przy $U=2V$. Obliczyć wydajność prądową i energetyczną procesu produkcji wodoru w elektrolizerze PEM. Skorzystać należy ze wzorów znajdujących się w konspekcie do tego ćwiczenia (www.oxyfuel.eu).



Rys.4. Stanowisko badawcze- mini-pojazd, zasilacz, mierniki napięcia i natężenia.

LITERATURA

1. Chemia fizyczna. Andrzej Staronka, Wydawnictwa AGH, Kraków 1994
2. Elektrochemia II- Elektrodyka A. Kiszka Wyd. NT, Warszawa 2001
3. Technologie energetyczne, rozdz. 14 – Ogniwa paliwowe (str. 482-519). Tadeusz Chmielniak, Wydawnictwo WNT, 2013 Warszawa
4. Renewable Hydrogen Production, J. Turner i in., Int. J. Energy Res., 2008; Vol. 32, str. 379-407