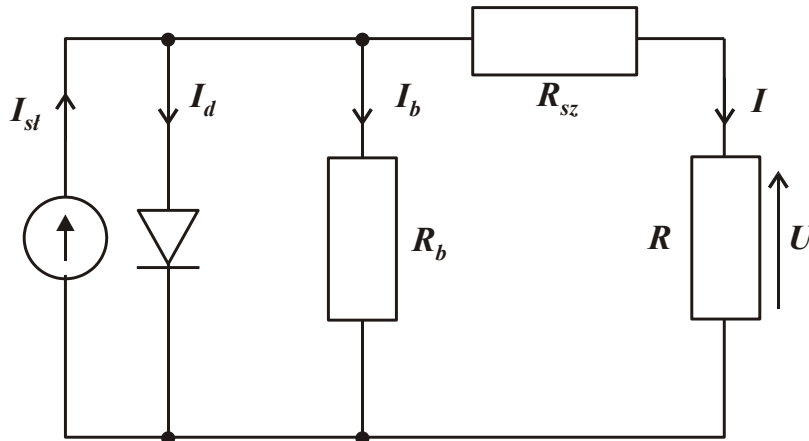


WIADOMOŚCI WSTĘPNE DO ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH W RAMACH PRZEDMIOTU „ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII”

Schemat zastępczy ogniwa fotowoltaicznego rzeczywistego i jego parametry

Na rysunku 1 przedstawiono schemat zastępczy ogniwa fotowoltaicznego rzeczywistego, a poniżej opisano wielkości charakteryzujące ogniwo.



Rys.1. Schemat zastępczy ogniwa fotowoltaicznego. Objasnienia: I_{st} – prąd powstający w wyniku promieniowania słonecznego, I_d – prąd diody, I_b – prąd płynący przez rezystancję bocznikującą R_b , I – prąd płynący przez obciążenie R i rezystancję szeregową R_{sz} , U – spadek napięcia na obciążeniu [1]

Do parametrów stanowiących o jakości ogniwa należą m.in. rezystancje:

- rezystancja szeregową R_{sz} – składają się na nią rezystancje kontaktowe, rezystancja bazy oraz innych warstw ogniwa.
- rezystancja bocznikowa R_b – reprezentuje możliwości drogi upływu prądu wzdłuż krawędzi ogniwa czy wzdłuż granic ziaren.
- rezystancja obciążenia R – powinna być tak dobrana, aby moc w niej wydzielona miała wartość optymalną ze względu na maksimum sprawności.

Ogniwo doskonale charakteryzuje się wartościami rezystancji $R_b = \infty$ i $R_{sz} = 0$. Przy projektowaniu ogniwa należy dążyć zatem do zminimalizowania wartości R_{sz} i uzyskania możliwie dużej wartości R_b .

Rezystancja szeregową, jeżeli nie jest dostatecznie mała, może spowodować zmniejszenie wartości fotoprądu, przy czym jej wpływ na parametry ogniwa jest większy przy większych natężeniach nasłonecznienia i wyższych temperaturach pracy.

Rezystancja bocznikowa – natomiast zmniejsza fotonapięcie, a jej wpływ na parametry ogniwa zaznacza się przy niewielkich natężeniach nasłonecznienia i w niskich temperaturach.

Do charakterystycznych parametrów elektrycznych, decydujących o własnościach ogniwa należą ponadto:

- **Prąd zwarcia I_{sto}**

W przypadku zwarcia elektrod sumaryczna gęstość fotoprądu jest największa dla danego ogniwa i danych warunków nasłonecznienia. Wartość prądu zwarcia zależy od konstrukcji ogniwa i parametrów materiałowych półprzewodnika, w

przybliżeniu jest wprost proporcjonalna do nasłonecznienia, w funkcji temperatury, w zakresie od 25° do 65°C zmienia się bardzo nieznacznie.

– **Napięcie obwodu otwartego U_0**

Napięcie przyjmuje wartość U_0 wtedy, gdy elektrody ogniwa nie są połączone ze sobą. Przy uwzględnieniu wykładniczej zależności prądu nasycenia I_0 od temperatury stwierdzono, że napięcie obwodu otwartego maleje ze wzrostem temperatury. Odpowiednie przebiegi graficzne podano w [1].

Dla wartości napięcia obwodu otwartego U_0 i prądu zwarcia I_{slo} moc wydzielona w obwodzie zewnętrznym jest równa zero.

– **Moc maksymalna i punkt mocy maksymalnej MPP**

MPP charakteryzuje maksymalną moc wydzieloną na rezystancji obciążenia. Położenie MPP na charakterystyce prądowo-napięciowej zmienia się przy zmieniających się warunkach nasłonecznienia i temperatury. Z punktem MPP wiąże się pojęcie bardzo ważnego parametru określającego jakość ogniwa, tzw. współczynnika wypełnienia.

$$P = U_M I_M \quad (1)$$

– **Współczynnik wypełnienia FF**

Współczynnik wypełnienia FF (fill factor) zdefiniowany jest jako stosunek pola powierzchni prostokąta o bokach określonych wartościami prądu i napięcia dla optymalnego obciążenia P_m (I_m , U_m) do pola powierzchni prostokąta wyznaczonego przez współrzędne prądu zwarcia I_{slo} i siły fotoelektrycznej U_0 ogniwa, tj. do mocy idealnej ogniwa.

Moc maksymalna P_m uzyskiwana z ogniwa jest zawsze mniejsza od mocy idealnej, stąd współczynnik FF przyjmuje wartość mniejszą od 1.

$$FF = \frac{U_M I_M}{U_{0C} I_{SC}} \quad (2)$$

– **Maksymalna sprawność ogniw**

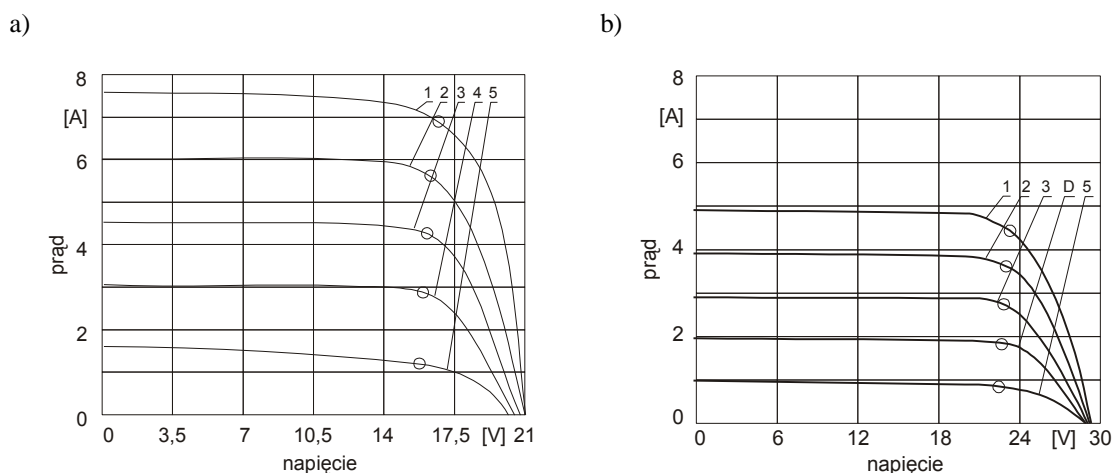
$$\eta = \frac{U_M I_M}{ES} 100\% \quad (3)$$

gdzie: S- powierzchnia modułu (ogniw fotowoltaicznych) [m^2], E - gęstość mocy promieniowania słonecznego [W/m^2].

Charakterystyka prądowo – napięciowa i parametry eksploatacyjne ogniwa

W pracy [1] przeprowadzono symulację komputerową pracy ogniwa w zmieniających się warunkach nasłonecznienia i temperatury i wyznaczono charakterystyki prądowo – napięciowe dla wybranych ogniw. Przedmiotem badań były ogniwa SF 115 i SF 100/3 produkcji Solar Fabrik AG.

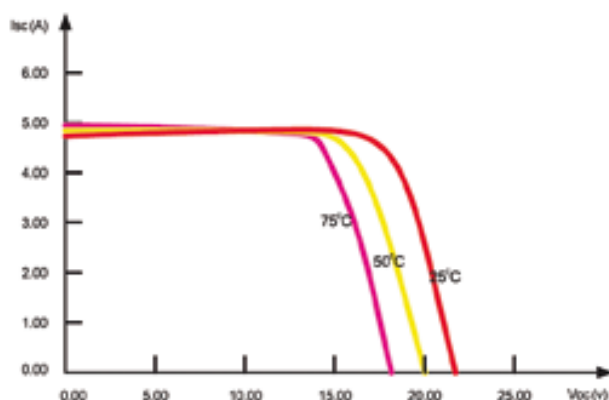
Przykładowe wyniki symulacji charakterystyk prądowo – napięciowych rozpatrywanych ogniw dla różnych wartości nasłonecznienia, a także współrzędne odpowiadających MPP przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Wpływ nasłonecznienia na pracę ogniwa fotowoltaicznego w temperaturze 25°C i przy nasłonecznieniu odpowiednio $S=1000\text{W/m}^2$ (1); $S=800\text{W/m}^2$ (2); $S=600\text{W/m}^2$ (3); $S=400\text{W/m}^2$ (4), $S=200\text{W/m}^2$ (5), a) ogniwo monokrystaliczne SF115; b) ogniwo polikrystaliczne SF100/3 [1]

Jak widać z zamieszczonych charakterystyk, przy **zwiększającym się nasłonecznieniu** następuje wzrost prądu zwarcia ogniwa, co implikuje wzrost mocy.

Na rys. 3 pokazano wpływ temperatury na charakterystyki prądowo-napięciowe. Wraz **ze wzrostem temperatury** obniża się napięcie obwodu otwartego ogniwa fotowoltaicznego, nie zmienia się zaś prawie wartość prądu zwarcia, co objawia się w rzeczywistości zmniejszeniem mocy ogniwa.



Rys.3. Wpływ temperatury na pracę ogniwa fotowoltaicznego

W tabeli 1 zestawiono parametry eksploatacyjne modułów fotowoltaicznych badanych podczas zajęć laboratoryjnych I cyklu ćwiczeń. Wartości prądu zwarcia I_{SC} i napięcia obwodu otwartego U_{OC} służą tylko do zaznajomienia się z wartościami znamionowymi (w warunkach STC) i nie mogą być wykorzystane do obliczeń w ćwiczeniach laboratoryjnych.

Tabela 1
Wybrane parametry znamionowe modułów badanych w ramach zajęć laboratoryjnych

Dane znamionowe dla E=1000 W/m², T=25 °C i AM=1,5 spectrum					
Moduł	Jednostka	SL / ?	Shell	Suntech	Suntech
typ	-	polikryst.	amorficz.	monokryst.	polikryst.
moc	[W]	5,00	20,00	20,00	20,00
waga	[kg]	1,00	4,10	2,50	2,50
wymiary	[mm]	zmierzyć w trakcie lab.	748x328	656x306	656x306
I _{sc}	[A]	0,34	1,54	1,26	1,26
U _{oc}	[V]	21,00	22,90	21,70	21,70

Bibliografia

1. Jastrzębska G.: Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, wyd. II, Warszawa 2009.
2. Kandyda A., Rodacki T.: Przetwarzanie energii w elektrowniach słonecznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
3. Pluta Z.: Słoneczne instalacje energetyczne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2003.
4. Sarniak M.T.: Podstawy fotowoltaiki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.