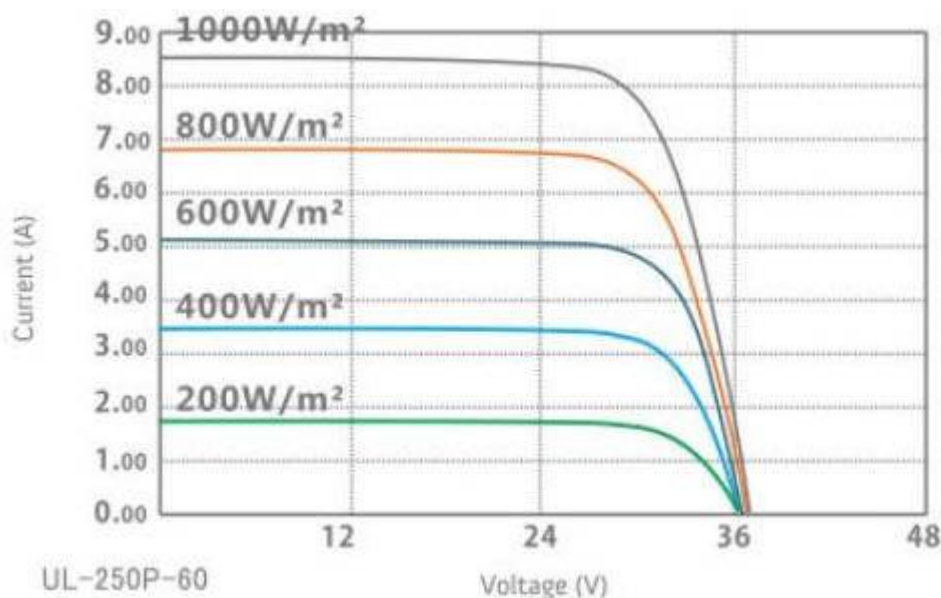


Na zajęciach omówione zostaną kolejne zagadnienia dotyczące parametrów pracy ogniwa PV.

Charakterystyka prądowo-napięciowa – cd.



Rys. Krzywa prądowo-napięciowa przykładowego panelu o mocy nominalnej 250Wp dla różnych wartości natężenia oświetlenia.

Przy zmiennym oświetleniu krzywa prądowo-napięciowa panelu PV wykazuje znaczne wahania natężenia prądu i jednocześnie niewielkie wahania napięcia.

Napięcie obwodu otwartego Voc

Jest to napięcie, jakie wytworzy się w ogniwie przy maksymalnym oświetleniu i braku przepływu prądu pomiędzy kontaktem przednim i tylnym ogniwa. Napięcie między tworzącymi się ładunkami nosi nazwę napięcia obwodu otwartego (ang. Open Circuit voltage). **Wartość Voc można odczytać z wykresu prądowo-napięciowego ogniwa dla $I=0$.**

Prąd zwarcia Isc

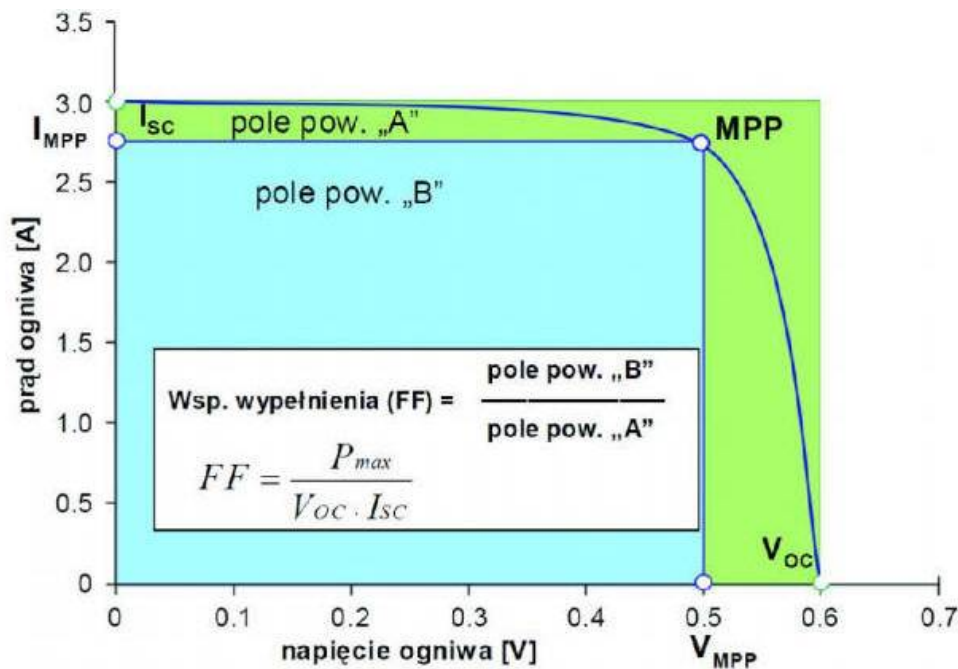
Powstaje **gdy kontakty przednie ogniwa są zwarte z tylnymi**. W takich warunkach **napięcie jest równe 0** a przez ogniwo płyną tylko prądy generowane światłem. Wartość prądu zwarcia zależy ściśle od konstrukcji ogniwa i materiału półprzewodnika. Odczytujemy tą wartość dla napięcia równego 0. Przy zwarcu napięcie wynosi 0, i w takim przypadku moc też wynosi 0.

Współczynnik wypełnienia FF (fill factor)

Pokazuje w jakim stopniu charakterystyka prądowo-napięciowa ogniwa PV jest zbliżona do idealnej, czyli do pola prostokąta. Współczynnik wypełnienia obliczany jest w procentach jako stosunek pola powierzchni prostokąta o bokach I_m i V_m do pola prostokąta o bokach I_{sc} i V_{oc} . Współczynnik wypełnienia określany

jest też, jako stosunek mocy rzeczywistej generowanej przez moduł do mocy pozornej (hipotetycznej) obliczonej na podstawie maksymalnych charakterystyk prądu i napięcia. W praktyce parametr ten jest często wykorzystywany do porównania rynkowej jakości ogniw. Za ogniwa wysokiej klasy uważa się ogniwa o $FF > 0,75$, średniej klasy $FF = 0,7-0,72$, niskiej klasy $0,6-0,7$.

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}} \quad \text{lub} \quad FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}} \cdot 100\%$$



Rys. Graficzna ilustracja określania współczynnika wypełnienia.

Sprawność modułów PV

Sprawność ogniwa PV określa stosunek mocy maksymalnej odzyskiwanej w ogniwie do mocy promieniowania światła słonecznego padającego na ogniwo. Można ją obliczyć ze wzoru:

$$\eta = \frac{I_{mp} V_{mp}}{J \cdot S}$$

$$P = I \cdot U = I \cdot V$$

gdzie:

η – sprawność ogniwa,

J – (czasem oznaczenie E_g lub M) natężenie promieniowania padającego na ogniwo [W/m^2],

S – pole powierzchni ogniwa [m^2]

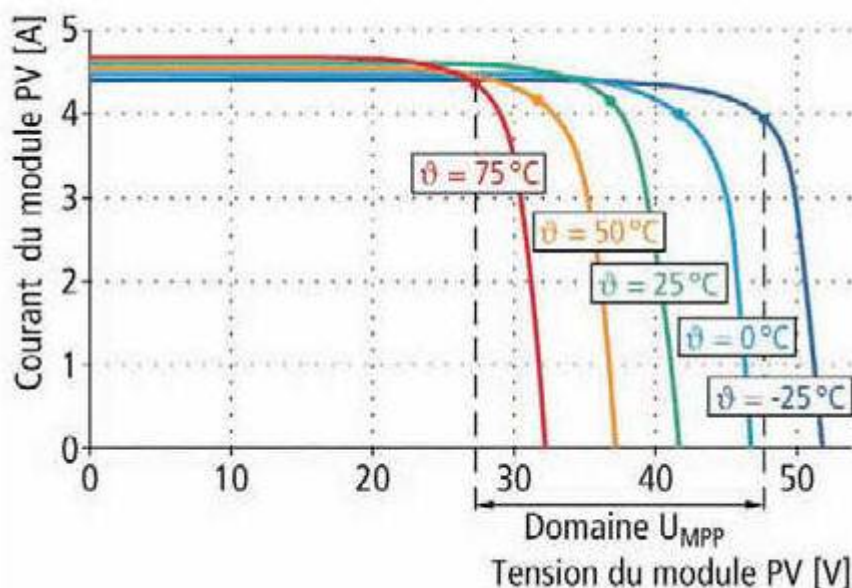
I_{mp} , V_{mp} – natężenie i napięcie max

Wpływ temperatury na pracę ogniwa PV

Najwyższą sprawność ogniwa PV uzyskują przy niskich temperaturach poniżej $25^\circ C$. W praktyce uzyskanie tak niskich przedziałów temperatur jest niezwykle trudne, szczególnie w lecie, kiedy panele PV

nagrzewają się do 70-80°C. Stosowane są różne próby ograniczania temperatury, min. budowa ogniw hybrydowych stanowiących połączenie kolektora dachowego z ogniwem fotowoltaicznym.

Wykres poniżej przedstawia wpływ temperatury na charakterystykę prądowo-napięciową I-V przy stałym natężeniu oświetlenia.



Widać wyraźnie, że charakterystyka prądowo-napięciowa I-V przy wzroście temperatury powyżej 25°C przesuwają się w lewo, a przy spadku temperatury - w prawo, przy czym zmienia się znacznie napięcie modułu. Natężenie modułu waha się tylko w niewielkim zakresie. W sumie wzrost temperatury wpływa wyraźnie na obniżenie wydajności (mocy) panelu fotowoltaicznego (przesunięty punkt MPP). Wpływ zmiany temperatury nie jest jednakowy przy różnych typach paneli. Z badań wynika, że największy wpływ temperatury na moc wykazują panele z krzemu krystalicznego, a najmniejszy z krzemu amorficznego. Parametr panelu PV związany ze spadkiem jego mocy w funkcji temperatury nosi nazwę **"temperaturowego wskaźnika mocy"** (temperature coefficient of Pmax) i **podawany jest w %/°C**.

W tabeli poniżej podano wpływ procentowej straty/wzrostu mocy przy wzroście/spadku temperatury ogniw w lecie/zimą na ich moc końcową. Jako punkt wyjścia 100W przyjęto temp. 25°C oraz jednakowe natężenie oświetlenia.

Typ ogniw	% zmiana mocy	Moc w temp. 0°C	Moc w temp. 10°C	Moc w temp. 25°C	Moc w temp. 40°C	Moc w temp. 50°C	Moc w temp. 70°C
Monokrystaliczne	-0,47%	111,75W	107,05W	100W	92,95W	88,25W	78,85W
Polikrystaliczne	-0,43%	110,75W	106,45W	100W	93,55W	89,25W	80,65W
CdTe	-0,25%	106,25W	103,75W	100W	96,25W	93,75W	88,75W
CIS/CIGS	-0,40%	110W	106W	100W	94,0W	90,0W	82,0W

Tolerancja mocy (Power Tolerance)

Panele PV wyprodukowane w określonych warunkach z jednej partii materiału, prawie nigdy nie mają identycznych parametrów pracy, w tym mocy nominalnej. Różnice pomiędzy poszczególnymi modułami lub partiami mogą dochodzić do nawet 5%, przy czym moc nominalna może być w wybranych modułach większa lub mniejsza niż określona w charakterystyce modułu. Tę różnicę określa się jako tolerancję mocy i podaje w procentach mocy modułu, np. dla modułu o mocy nominalnej P=250Wp, Power Tolerance $\Delta P_{max} = 0/+3$ określa, że moc modułu w warunkach testu STC może się wahać od 250-253 Wp.

Tolerancja $-2/+2$ dla tego samego modułu oznacza zakres mocy od 248-252 Wp. Generalnie moduły z tzw. dodatnią tolerancją są zawsze korzystnym zakupem dla klienta.

Zadania sprawdzające:

Zadanie 1.

Z rysunku (wykresu) krzywej prądowo- napięciowej, podanego na poprzedniej lekcji o parametrach pracy panelu PV, odczytaj wartości: prądu zwarcia, napięcia obwodu otwartego, napięcia max i natężenia max.

Zadanie 2.

Wykorzystując dane z zadania 1, oblicz współczynnik wypełnienia FF przykładowego ogniwa PV. Wynik podaj w %. Napisz, czy jest to panel wysokiej, średniej czy niskiej jakości?

Zadanie 3.

Oblicz sprawność modułów PV o wymiarach 2020 mm x 1060 mm, przy natężeniu promieniowania 1000 W/m² oraz kiedy natężenie promieniowania będzie wynosiło 400 W/m². Do obliczeń wykorzystaj niektóre dane z zadania 1.

Zadanie 4.

Odczytaj z powyższej tabeli (akapit dotyczący zmian mocy od temperatury), o ile procent zmieni się moc modułu PV monokrystalicznego, który pracuje w zakresie temperatur od 0 °C do 70 °C ?

Zadanie 5.

W jakich zakresach będzie wahać się moc modułu PV 100 Wp, jeśli tolerancja mocy wynosi $-3/+3$ (lub inaczej zapisać można ± 3) ?

Wykonane zadania należy przesłać na mail lub messenger w formie zdjęć, skanów, **do 15.05.2020.**

Paulina Midera

źródło: swatt.pl; instsani.pl