|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *AGH, WIET* | *Alternatywne Źródła Energii* | Kierunek: EiT |
| *Nr ćwiczenia:*  ***2*** | *Temat:*  ***Pomiary sprawności ogniw słonecznych w zmiennym oświetleniu oraz przy zmiennej temperaturze – praca z urządzeniem I-V Curve Tracer For Solar Cells Qualification.*** | Ocena: |
| *Data wykonania:*  *16.10.2018* | *Imię i nazwisko:* |

1. **Cele ćwiczenia**

Celem wykonanego ćwiczenia było zmierzenie charakterystyk prądowo-napięciowych oraz najważniejszych parametrów dla ogniwa słonecznego. Zostało ono podzielone na dwa etapy: pomiar parametrów przy zmiennym oświetleniu oraz pomiar przy zmiennej temperaturze. W pierwszym etapie pomiary zostały dokonane dla ogniwa słonecznego nie zacienionego, po czym zakryta została 1/6 jego powierzchni. W drugim etapie zostały zbadane parametry ogniwa słonecznego w zależności od jego temperatury. Uzyskano wówczas zmiany temperatury w zakresie od 19,2 °C do 52,5 [°C.](https://brulionman.wordpress.com/2011/09/21/stopien-celsjusza-%C2%B0c-symbol-jednostki-znak/)

[Pomiary zostały wykonane za pomocą urządzenia](https://brulionman.wordpress.com/2011/09/21/stopien-celsjusza-%C2%B0c-symbol-jednostki-znak/) *[I-V Curve Traser for Solar Cells Qualification, v. 4.1.1.](https://brulionman.wordpress.com/2011/09/21/stopien-celsjusza-%C2%B0c-symbol-jednostki-znak/)*

**2. Parametry ogniwa przed i po zacienieniu (o temp: 26,9 °C)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Pełne oświetlenie** | **Po zacienieniu** |
| **ISC [A]** | 8,059 | 6,927 |
| **UOC [V]** | 0,612 | 0,614 |
| **IM [A]** | 7,577 | 6,485 |
| **UM [V]** | 0,500 | 0,502 |
| **Pmax [W]** | 3,788 | 3,255 |
| **FF [-]** | 0,768 | 0,765 |
| **Eff [%]** | 14,14 | 12,16 |

***Oznaczenia:***

***Isc*** - Prąd zwarcia

***Uoc*** - Napięcie obwodu otwartego

**IM** - Prąd przy PMAX

**UM** - Napięcie przy PMAX

***PMAX*** - Moc maksymalna

***Eff***  - Sprawność ogniwa (η = Pmax / P(hν) \* 100%)

***FF*** - Współczynnik wypełnienia

**3.** **Charakterystyka I-V ogniwa przed i po zacienieniu**

Pomiary charakterystyk zostały dokonane dla temperatury modułu równej 26,9°C oraz przy natężeniu promieniowania świetlnego na poziomie ponad 1000 W/m2.

Rysunek Charakterystyka prądowo - napięciowa ogniwa przed i po zacienieniu

**4.** **Straty względne (pod wpływem zmiany oświetlenia)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Straty względne [%]** |
| **ISC** | 14,05 |
| **PMAX** | 14,07 |
| **FF** | 14,07 |

Przy zacienieniu 1/6 powierzchni ogniwa, wartości parametrów ISC, PMAX i FF spadły o około 14%. (1/7) Oznacza to, że zaciemnienie ma istotny wpływ na działanie ogniwa. Dodatkowym problemem jest szeregowy sposób połączenia ogniw, przez co jeden zacieniony segment może być obciążeniem dla pozostałych. W takim przypadku wiąże się to z dodatkowym zmniejszeniem sprawności modułu. W celu zapobiegania dodatkowym stratom, do ogniw montuje się równolegle diody bypass. Są to elementy, które w momencie zwykłej pracy modułu są spolaryzowane zaporowo i nie przewodzą. Zaczynają przewodzić dopiero w momencie, gdy któreś ogniwo staje się obciążeniem dla pozostałych. Wówczas dioda bocznikuje segment, dzięki czemu zostaje on odłączony.

**5.** **Wykresy:**

***\****

Rysunek Charakterystyka napięcia obwodu otwartego od temperatury Uoc(T)

Rysunek Charakterystyka sprawności badanego ogniwa w funkcji temperatury η(T)

**6. Parametry ogniwa dla jego minimalnej i maksymalnej temperatury (19,5 °C oraz 52,3 °C – etap chłodzenia)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Temperatura 19,5 °C** | **Temperatura 52,3 °C** |
| **Isc [A]** | 8,028 | 8,183 |
| **Uoc [V]** | 0,630 | 0,564 |
| **Im [A]** | 7,410 | 7,431 |
| **Um [V]** | 0,513 | 0,453 |
| **Pmax [W]** | 3,798 | 3,365 |
| **FF [-]** | 0,751 | 0,729 |
| **Eff[%]** | 14,16 | 12,67 |

**7. Charakterystyka prądowo-napięciową (I-V) ogniwa dla najniższej i najwyższej temperatury pracy (19,5 °C oraz 52,3 °C)**

Rysunek Charakterystyka prądowo - napięciowa ogniwa dla dwóch skrajnych temperatur

**8. Straty względne (pod wpływem zmiany temperatury)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Straty względne [%]** |
| **Uoc** | 10,51 |
| **Pm** | 11,40 |
| **FF** | 10,52 |

Zmiana temperatury otoczenia sprawia, że zmianie ulega również temperatura samego ogniwa fotowoltaicznego. Następstwem tego są zmiany właściwości fizycznych materiału półprzewodnikowego (krzemu), z którego ogniwa zostały wykonane:

* współczynnik absorbcji promieniowania
* ruchliwość ładunków
* szerokość przerwy energetycznej
* samoistna koncentracja nośników ładunku
* rezystywność półprzewodnika

Niestety, ale nie ma skutecznej ochronny pasywnej przed temperaturą. Jednak duże znaczenie w szybkości nagrzewnia sie modułów ma ich jakość. Należy tu zaznaczyć, że nie tylko bardzo ważna w tym przypadku będzie jakość zastosowanego krzemu, ale również jakość wykonania obudowy, szyb hartowanych oraz foli.

Do najczęściej stosowanych metod jest zaliczane są również:

* montaż modułów w odpowiedniej odległości od powierzchni dachu, aby zapewnić odpowiednią, swobodną cyrkulację powietrza z tyłu paneli
* montaż paneli w miejscach podatnych na ruchy powietrza (wiatr), które zapewnią ich naturalne chłodzenie

**9. Sugerując się zmianami napięcia w pełnym przedziale temperatur dla zakresu chłodzenia, oszacować można następujące zależności:**

*\* Wraz ze wzrostem temperatury pracy modułu o 1 °C, napięcie obwodu otwartego*

*maleje o około 1,944 mV.*

*\* Wraz ze spadkiem temperatury pracy modułu o 1 °C, napięcie obwodu otwartego*

*wzrasta o około 1,944 mV*

**10. Wnioski końcowe:**

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów, można stwierdzić, iż bardziej niekorzystnym parametrem wpływającym na sprawność ogniw, a zarazem całych modułów fotowoltaicznych jest zacienienie. Powoduje ono znaczny spadek energii otrzymywanej z ogniwa fotowoltaicznego.

Jeśli chodzi o przeciwdziałanie zmian temperatury nie istnieją żadne pasywne metody chroniące przed nimi. Zabezpieczyć się można jedynie poprzez zwiększenie jakości wykonania paneli oraz odpowiednie ich ulokowanie na dachu.

W kwestii zacienienia, parametr ten ma również duży wpływ na sprawność pracy modułów (w badaniach laboratoryjnych czynniki zostały dobrane w taki sposób, iż efekt ich działania jest identyczny). Aczkolwiek skuteczną metodą niwelującą go jest stosowanie diod bypass’owych lub pokrywanie ogniw materiałami, które pod wpływem np. deszczu mogą zostać oczyszczone z zabrudzeń. Jednak może to mieć wpływ na zabrudzenie jednego lub kilku modułów połączonych szeregowo. Natomiast jeśli cała powierzchnia panelu jest zacieniona - cały panel nie

Dodatkowo należy wspomnieć, że oba czynniki niezależnie wpływają na ogniwo fotowoltaiczne. W związku z tym istnieją dwa skrajne scenariusze:

* ogniwo jest zabrudzone, a temperatura jest duża (pesymistyczny)
* ogniwo jest czyste, a temperatura jest niska (optymistyczny)

W rzeczywistości wraz z zachmurzeniem obniża się temperatura (więcej chmur, mniej słońca, a w przypadku deszczu znaczne obniżenie temperatury). Przykładowy scenariusz:  
 temperatura po zachmurzeniu spada z 52 °C do 20 °C (moc wzrasta z 3,4 W do 3,8 W), natomiast zachmurzenie powoduje zacienienie, a moc spada 10 - krotnie [1], co oznacza moc 0,38 W.

Jak widać z tego prostego przykładu, można rekompensować wysoką temperaturę ogniw stosując chłodzenie aktywne (czy jest sens tracić energię, aby ją potem odzyskać?), natomiast walka z zachmurzeniem jest praktycznie niemożliwa.

**Bibliografia:**

[1] http://solaris18.blogspot.com/2010/02/moc-ogniw-fotowoltaicznych-w-pochmurny.html