

Łukasz ZYCH¹
Tomasz BINKOWSKI²

WYKORZYSTANIE ŚWIATŁA HALOGENOWEGO W BADANIU OGNIW POLIKRYSTALICZNYCH

Energetyka odnawialna jest dziedziną na której skupia się wiele działań naukowych, a jej stosowanie wymuszane jest powstającymi aktami prawnymi. Nowe obiekty budowlane muszą posiadać przynajmniej jedno źródło energii odnawialnej. Wymusza to nacisk na powstawanie nowych laboratoriów, w których wyznaczane są podstawowe charakterystyki źródeł odnawialnych. Jednym z najbardziej popularnych źródeł energii odnawialnej jest panel składający się z ogniw polikrystalicznych. Wyznaczanie jego podstawowych charakterystyk i parametrów w warunkach laboratoryjnych wymaga stosowania sztucznego oświetlenia zastępującego warunki naturalne. Jednym ze źródeł światła, które można wykorzystać w badaniach laboratoryjnych, jest oprawa ze źródłem halogenowym. W prezentowanym artykule przedstawiono stanowisko badawcze zawierające oprawy halogenowe do realizacji naświetlenia dwóch paneli. Badane panele składające się z ogniw polikrystalicznych obciążane były regulowaną rezystancją o dużej mocy. W wyniku realizacji pomiarów wykreślone zostały podstawowe charakterystyki opisujące badane panele. Wyznaczono charakterystykę prądowo-napięciową dla różnych wartości napromieniowania, określono wpływ temperatury na zależność mocy paneli od napięcia, uwzględniając w wykonanych pomiarach różną wartość kąta padania światła na powierzchnię paneli. Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie poprawności otrzymanych wyników w oparciu o konfrontację z danymi katalogowymi dostarczonymi przez producenta paneli. Zweryfikowano działanie diod zabezpieczających panele poprzez obserwację wpływu zacienienia częściowego poszczególnych sekcji ogniwa. Wyznaczono także charakterystyki dla różnych konfiguracji połączeń paneli. Sprawdzono połączenia szeregowo i równoległe paneli w celu wykreślenia charakterystyk pomocnych w konfiguracji elektrycznej. Przeprowadzone badania pokazują, że wyznaczenie podstawowych charakterystyk w warunkach laboratoryjnych z światłem halogenowym jest wystarczające do oceny energetycznej paneli.

Słowa kluczowe: PV, charakterystyki paneli, badania paneli, testy, weryfikacja energetyczna

¹ Łukasz Zych, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, 791687289, lukaszzych@gmail.com

² Autor do korespondencji: Tomasz Binkowski, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, 17 8651974, tbinkow@prz.edu.pl

1. Wstęp

1.1. Ogniwa polikrystaliczne

Ogniwa z krzemu polikrystalicznego są najbardziej popularne w technice, nie ze względu na jakość i sprawność (14-18%) przetworzonej energii, lecz na cenę ich wytworzenia. Stosowane są popularnie w energetyce w celach produkcji energii elektrycznej[2]. Cechami charakterystycznymi dla tej odmiany są widoczne kryształy krzemu (niejednorodny kolor ogniwa) oraz kształt prostokątny, co wynika ze sposobu odlewania krzemu w prostopadłościennych formach[1].

1.2. Stanowisko pomiarowe

W celu przeprowadzenia pomiarów głównych charakterystyk związanych z panelami słonecznymi niezbędne jest stanowisko pomiarowe. Musi ono zostać zaopatrzone w odpowiednio silne źródło światła, o spektrum zbliżonym do słonecznego. W tym celu użyto lamp halogenowych o łącznej mocy 4 kW. Aby zbadać podstawową charakterystykę prądowo-napięciową, ogniwa muszą zostać obciążone regulowanym rezystorem dużej mocy. Posłużyło do tego elektronicznie sterowane obciążenie.

1.3. Parametry techniczne badanych ogniw

Źródłem mocy w stanowisku były dwa panele słoneczne polikrystaliczne składające się z 36 szeregowo połączonych ogniw każdy. Jest to standardowy panel z hartowanego szkła i aluminiowej obudowy. Tabela 1 zawiera parametry paneli podane przez producenta.

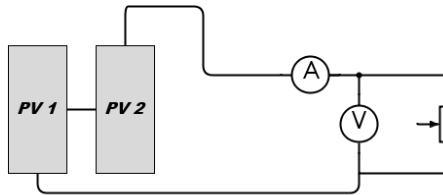
Tabela 1. Parametry badanych paneli polikrystalicznych

Table 1. The parameters of tested polycrystalline panels

Parametry	
Moc maks. [Pmax]	95 W
Napięcie nominalne [U]	12 V
Napięcie maks. (jałowe) [Uoc]	22 V
Napięcie w punkcie mocy maks. [Um]	17,5 V
Prąd zwarcia [Isc]	6,03 A
Prąd w punkcie mocy maks. [Im]	5,43 A
Wymiary [mm]	1035x660x35
Waga	8 kg

Panele zostały umieszczone na ruchomym stojaku pozwalającym na ich przemieszczanie oraz zmianę kąta względem głównego źródła światła. Na tylnej ścianie została umieszczona poziomicą pozwalająca na dokładne ustawienie względem ziemi. Na spodzie ramy zostały zamontowane dwa wentylatory służące do chłodzenia nagrzewających się od promieniowania baterii słonecznych. Sterowanie chłodzeniem odbywa się z głównego panelu kontrolnego. Rysunek 1 obrazuje połączenie paneli oraz sposób pomiaru parametrów.

Każdy z paneli został zabezpieczony dwiema diodami krzemowymi tzw. diodami bypass. Zapobiega to rozłączeniu obwodu podczas częściowego zaciemnienia panelu.

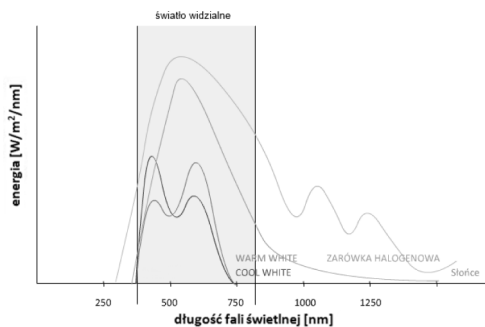


Rys. 1. Układ pomiarowy

Fig. 1. Measuring system

1.4. Zestaw lamp halogenowych

Źródłem promieniowania świetlnego jest 8 lamp halogenowych o łącznej mocy 4 kW. Zamontowane zostały one na prostokątnej ramie w ustawieniu 2 x 4 punkty świetlne. Ramę przymocowano do blatu pomiarowego i zabezpieczono ją przed dostępem od strony użytkownika. Lampy halogenowe zostały użyte ze względu na zbliżone spektrum promieniowania do warunków naturalnych. Na rysunku 2 pokazano różnice między rozkładem długości fali słońca i żarówki halogenowej [1]. Wynikające różnice są powodem niedokładnych pomiarów promieniowania świetlnego.



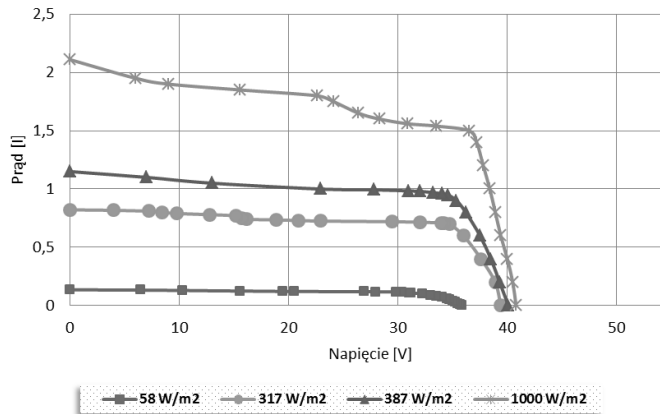
Rys. 2. Rozkład promieniowania żarnika halogenowego

Fig. 2. The radiation distribution of halogen filament

2. Wyniki pomiarów

2.1. Wpływ promieniowania - charakterystyka prądowo-napięciowa

Stopniowe zwiększanie wartości prądu obciążenia pozwala na wykreślenie charakterystyki z rysunku 3. Określa ona zależność prądu w funkcji napięcia. Z pomiarów wynika, że niskie wartości natężenia promieniowania nie powodują znacznego spadku napięć. Znaczny spadek napięcia występuje po przekroczeniu tzw. punktu mocy maksymalnej. Moc w tym punkcie obliczymy mnożąc przez siebie napięcie i prąd w miejscu gdzie charakterystyka się załamuje.



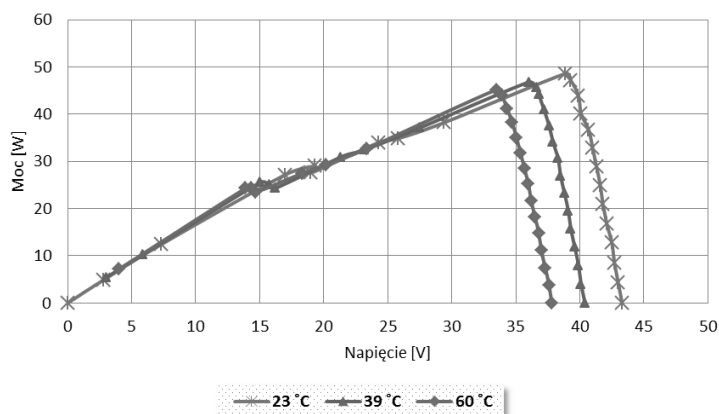
Rys. 3. Wpływ promieniowania na prąd i napięcie panelu

Fig. 3. The impact of radiation on the current and voltage of the PV panel

2.2. Wpływ temperatury na moc maksymalną panelu

Podczas normalnej eksploatacji paneli w ciągu dnia ich temperatura wzrasta. Wpływa to na sprawność, co przekłada się na mniejszą moc elektrowni słonecznych. Badania przeprowadzono przy stałym oświetleniu 900 W/m^2 .

Wykreślone charakterystyki z rysunku 4 pozwalają wysunąć podstawowy wniosek: zwiększająca się temperatura ma negatywny wpływ na punkt mocy maksymalnej. Widać wyraźnie, że temperatura nie ma wpływu na początkowy kształt charakterystyki mocy, gdy ogniwo jest mocno obciążone (zakres od 0 do 30 V). Sytuacja zmienia się, gdy panel generuje maksymalną moc. Jej wartość wzrasta wraz ze spadkiem temperatury, dlatego dąży się do jak najefektywniejszego chłodzenia panelu w czasie eksploatacji. Powstają także konstrukcje łączące panele słoneczne z kolektorem noszące nazwę PVT (photovoltaic – thermal), jednak nie są zbyt często stosowane ze względu na wysoki koszt produkcji.

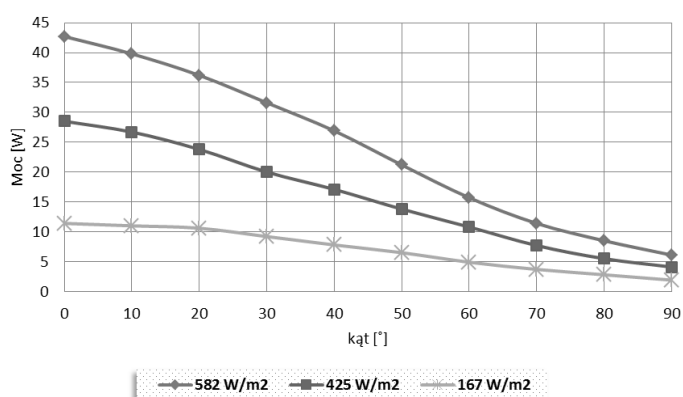


Rys. 4. Wpływ temperatury na moc maksymalną ogniw

Fig. 4. The effect of temperature on maximum PV power

2.3. Wpływ nachylenia panelu na moc maksymalną

Pomiar mocy maksymalnej względem zmieniającego się nachylenia panelu przeprowadzono dla trzech różnych wartości natężenia promieniowania (rys 5). Widać wyraźnie płynny spadek mocy przy zwiększającym się nachyleniu ogniw. Dzięki takim pomiarom można wnioskować, że niewielkie zmiany (rzędu 5-10°) mają stosunkowo mały wpływ na wydajność paneli. Wykorzystuje się to szeroko w elektrowniach, które nie posiadają systemu śledzenia słońca. W takim przypadku ogniwa są ustawione pod jednym ściśle określonym kątem, zależnym od szerokości geograficznej. W Polsce panele ustawiane są na południe oraz są nachylone względem podłoża o około 40°.

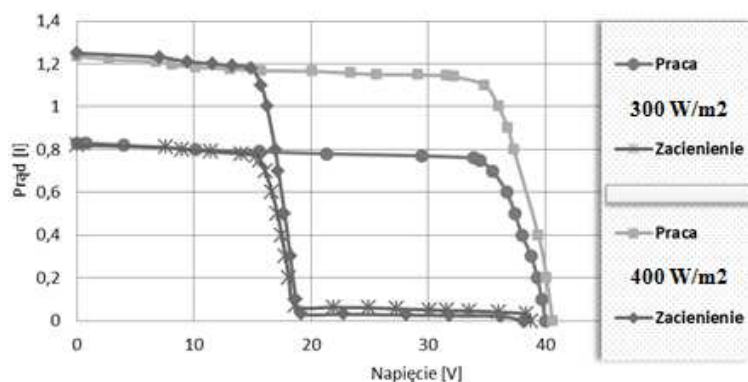


Rys. 5. Wpływ nachylenia na moc maksymalną ogniw

Fig. 5. Effect of inclination on the maximum PV power

2.4. Wpływ zacielenia panelu na moc maksymalną

Badanie wpływu zacielenia przeprowadzono dla dwóch różnych wartości napromieniowania w celu przedstawienia roli diod. Rysunek 6 obrazuje odłączenie jednego panelu i przejście prądu przez diody. Załamanie obu charakterystyk przebiega przy podobnej wartości napięcia (około 16 V) co potwierdza całkowity spadek napięcia na jednym z paneli. Z pomiarów wynika, że mimo braku produkcji prądu przez zacieleny panel, drugi pracuje bez zarzutu i przekazuje całą swoją moc do układu. W przypadku badanego panelu na dwóch diodach występuję spadek napięcia odpowiednio 0,7 V na każdą z nich, powodując spadek mocy maksymalnej jednego oświetlonego panelu.

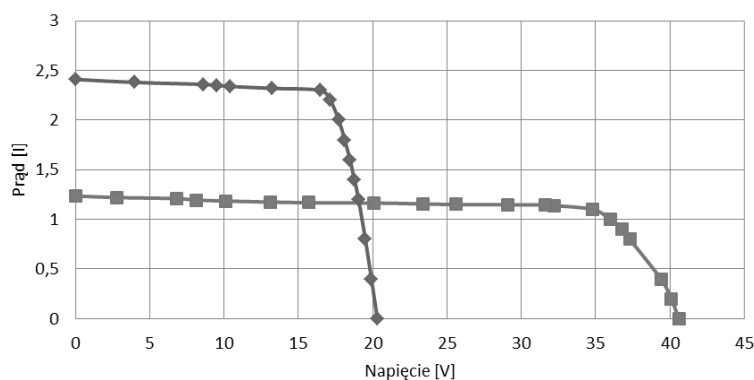


Rys. 6. Wpływ diod zabezpieczających na charakterystykę wyjściową paneli

Fig. 6. The impact of the security diodes on the PV output characteristics

2.5. Konfiguracja paneli – wpływ na prąd i napięcie

Badania przeprowadzono dla stałego napromieniowania 400 W/m². Rysunek 7 obrazuje działanie paneli w dwóch konfiguracjach: szeregowej i równoległej. Podstawowa różnica to maksymalny osiągalny prąd oraz maksymalne napięcie pracy. Oczywiście jest, że przy połączeniu szeregowym będą sumować się napięcia, natomiast przy połączeniu równoległym zwiększy się wartość prądu maksymalnego. Połączenie szeregowe jest częściej wykorzystywane ponieważ łatwiej przetwarzać wysokie napięcie niż duży prąd. Natomiast duża wartość prądu powoduje duże straty ciepłe, co niekorzystnie wpływa na maksymalną produkowaną moc.



Rys. 7. Wpływ konfiguracji paneli na napięcie i prąd

Fig. 7. Impact of the panel configuration on the voltage and current

3. Wnioski

Przeprowadzone badania ogniów jednoznacznie potwierdzają charakterystyki wzorcowe, które umieszczają producenci na swoich stronach. Mimo stosunkowo słabego odwzorowania warunków naturalnych, kształty wszystkich charakterystyk były zgodne z oczekiwaniami.

Światło halogenowe doskonale nadaje się do odwzorowania charakterystyk, natomiast jego słaba moc w stosunku do słońca nie pozwala uzyskać maksymalnej mocy jaką dysponuje panel. Tego typu lampy są doskonałym zamiennikiem drogich źródeł światła imitujących światło słoneczne.

Biorąc pod uwagę fakt, że uzyskane charakterystyki nie odbiegają zasadniczo od postaci wzorcowych można stwierdzić, że prowadzenie testów laboratoryjnych i weryfikacja doświadczalna ogniów fotowoltaicznych w warunkach światła halogenowego może być z powodzeniem prowadzona w celu szacowania zysków energetycznych. Jest to szczególnie istotne w sytuacji, gdy istnieje konieczność wykorzystania niecertyfikowanych źródeł energii odnawialnej do zaspokajania potrzeb energetycznych budynków.

Literatura

[1] Klugmann-Radziemska E.: Fotowoltaika w teorii i praktyce., BTC -Korporacja Paweł Zbysiński, Warszawa 2010.

[2] Szymański B.: Instalacje Fotowoltaiczne, GEOSYSTEM, 2014

THE USE OF HALOGEN LIGHT IN A STUDY OF POLYCRYSTALLINE CELLS

Summary

Renewable energy is an area on which it focuses a lot of scientific activities, and its use is enforced by the emerging legislation. New buildings must have at least one source of renewable energy. This forces an emphasis on the creation of new laboratories, which are determined the basic characteristics of renewable energy sources. One of the most popular sources of renewable energy is a panel consisting of polycrystalline cells. Determination of its basic characteristics and parameters in laboratory conditions requires the use of artificial lighting to replace the natural conditions. One of the light sources that can be used in laboratory tests is an halogen source. The article shows the test stand containing halogen lights to the exposures two panels. Test panels consisting of polycrystalline cells were charged with adjustable resistances with high power. As a result of the implementation of the measurements the basic characteristics describing the test panels have been plotted. The characteristics of current-voltage for different values of irradiation, referred to the effect of temperature on the relationship under voltage panels, having made the measurement of different lighting angle to the surface of the panels have been achieved. The conducted studies have helped to establish the correctness of the results obtained on the basis of confrontation with manuals provided by the manufacturer of the panels. The working protective diode panels by observation of the influence of partial shading of each section links have been verified. The characteristics for different connection configuration panels have been shown. The serial and parallel connection of a panels in order to plot characteristics helpful in setting up the plant have been corrected. The studies show that the determination of the main characteristics in the laboratory with halogen light is sufficient to assess the energy efficiency of the panels.

Keywords: PV, PV characteristics, research of PV panels, tests, verification of power engineering

DOI: 10.7862/re.2015.25

Tekst złożono w redakcji: maj 2015

Przyjęto do druku: wrzesień 2015