

Pomiary systemu monokrystalicznych fotoogniw krzemowych

Wojciech Mazurek, Marek Malinowski, Henryk Pałys

W artykule zaprezentowany został testowy system fotowoltaiczny o mocy 1 kW zbudowany w Instytucie Elektrotechniki we Wrocławiu, składający się z baterii modułów fotowoltaicznych, żelowych akumulatorów oraz dedykowanych układów elektronicznych gwarantujące nieprzerwane działanie podłączonych odbiorników. Do połączeń elektrycznych w omawianym układzie zastosowano przewód z serii Olflex Solar XL multi firmy Lapp Kabel.

Rozwój cywilizacji związany jest ściśle z konsumpcją energii. Rozwój miast, dążenie do poprawy warunków pracy oraz życia mieszkańców powodują ciągły wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. W nowoczesnych metropoliach ograniczenie konsumpcji energii, przy jednoczesnym utrzymywaniu wysokiego poziomu życia, wiąże się z niestannym podnoszeniem sprawności energetycznej urządzeń elektrycznych, np. stosowaniem urządzeń klimatyzacyjnych wyposażonych w układ płynnej regulacji mocy czy wykorzystaniem świetlówek energooszczędnych lub żarówek diodowych. W Polsce głównym źródłem energii elektrycznej, do czasu rozwoju energetyki jądrowej, z pewnością pozostanie węgiel. Pozyskiwanie i spalanie tego paliwa wiąże się niestety z degradacją środowiska natu-

ralnego. Przyjęte założenia Rządu w sprawie „Polityki energetycznej Polski do 2030” [1] wymuszają zwiększenie udziału źródeł odnawialnych w wytwarzaniu energii do 15% w roku 2020. Jak podaje [2] w 2007 roku udział ten wynosił 7,1%.

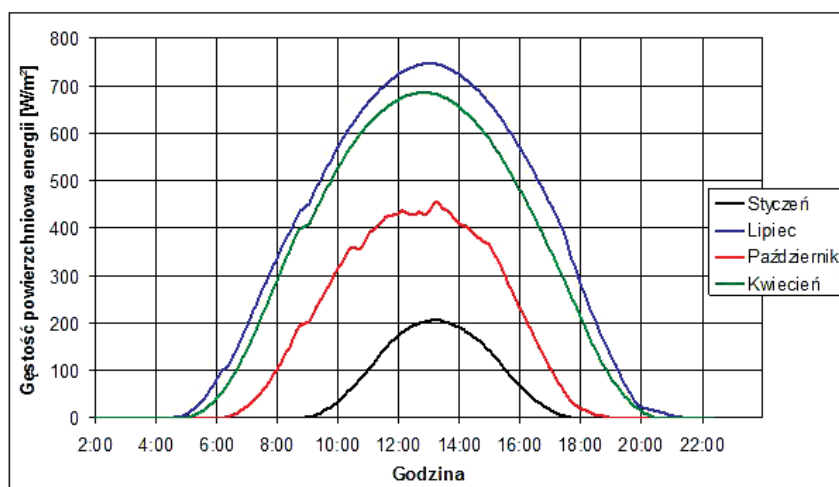
Głównym problemem produkcji energii ze źródeł odnawialnych jest jej nierównomierność dobową. Dlatego wymagane jest prowadzenie prac związanych z akumulacją energii oraz efektywnym jej odzyskaniem z „akumulatora energii”. Stąd wiele prac związanych jest tematyką ogniw paliwowych [3], produkcją i przechowywaniem wodoru.

Energia słoneczna jest podstawowym źródłem energii odnawialnej dla ziemi, jednak jej rozkład jest nierównomierny i zależy ściśle od szerokości geograficznej oraz warunków pogodowych. W Polsce

rocznie na płaszczyznę poziomą pada około 1250 kWh/m² energii. Na rysunku 1 zamieszczono dobowy przebieg zmian natężenia promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię poziomą dla wybranych dni w miesiącach styczeń, kwiecień, lipiec, październik. Pomiary wykonane zostały w warunkach klimatycznych Wrocławia. Maksymalne natężenie zanotowano w lipcu i wynosi około 750 W/m². Istnieje więc znaczna nierównomierność ilości energii słonecznej dobowo oraz miesięczna (lipiec-styczeń).

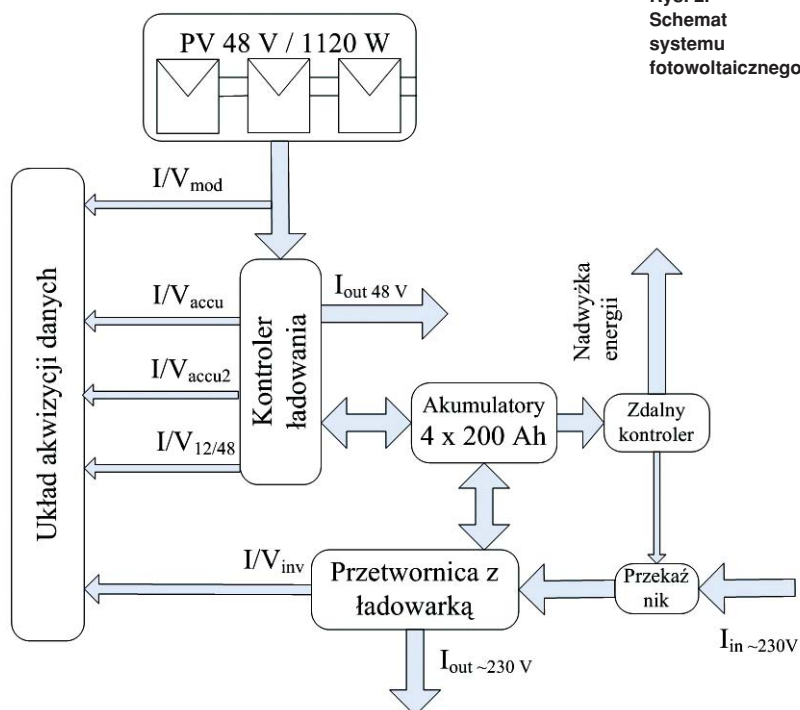
Tabela 1. Parametry techniczne badanego ogniwa fotowoltaicznego

Moc maksymalna P_{max}	140 W
Prąd zwarciaowy I_{sc}	9,3 A
Napięcie przy obwodzie otwartym V_{oc}	21,4 V
Prąd dla mocy maksymalnej I_{mpp}	8,3 A
Napięcie dla mocy maksymalnej V_{mpp}	17,1 V
Współczynniki temperaturowe	$V_{oc} - 2,1 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$, $I_{sc} - 2 \mu\text{A/}^{\circ}\text{C}$
Temperatura pracy	od -40 do 80°C
Napięcie znamionowe	12 V
Wymiary panelu	1585 x 805 x 34 $\pm$ 2 mm
Powierzchnia panelu	1,275 m ²
Wymiary komórki	125 x 125 mm
Liczba komórek panelu	72
Waga panelu	15 kg



Rys. 1. Dobowy przebieg zmian natężenia promieniowania słonecznego w różnych miesiącach

Rys. 2.
Schemat
systemu
fotowoltaicznego



Rys. 3. Widok paneli fotowoltaicznych na dachu budynku oraz widok układu regulacyjnego

Tabela 2. Dane techniczne systemu fotowoltaicznego

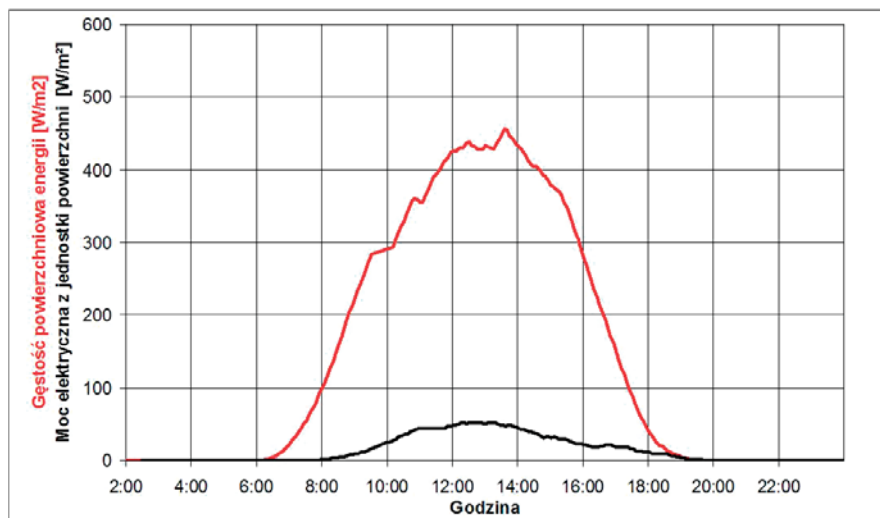
Napięcie systemu	48 V
Całkowita maksymalna moc paneli	1120 W
Maksymalne napięcie chwilowe	90 V
Prąd dla mocy maksymalnej	23,3 A
Nominalny wyjściowy prąd obciążeniowy	40 A (dla 48 V)
Nominalny prąd ładowania przez inwerter	20 A
Moc ciągła inwertera	1600 VA

Urządzeniami, które umożliwiają pozyskanie w sposób bezpośredni energii Słońca są kolektory słoneczne oraz fotoogniwa. W kolektorach słonecznych energia promieniowania zamieniana jest na ciepło. Może ono być wykorzystane do podgrzewania wody sanitarnej, wody w basenach, powietrza np. w suszarnictwie, do produkcji energii elektrycznej w układach ORC [5] lub produkcji chłodu z wykorzystaniem urządzeń absorpcyjnych [6]. Fotoogniwa wykorzystują zjawisko fotoelektryczne do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na prąd elektryczny. Energia ta jest następnie przesyłana pośrednio do odbiorników bądź magazynowana np. w akumulatorach.

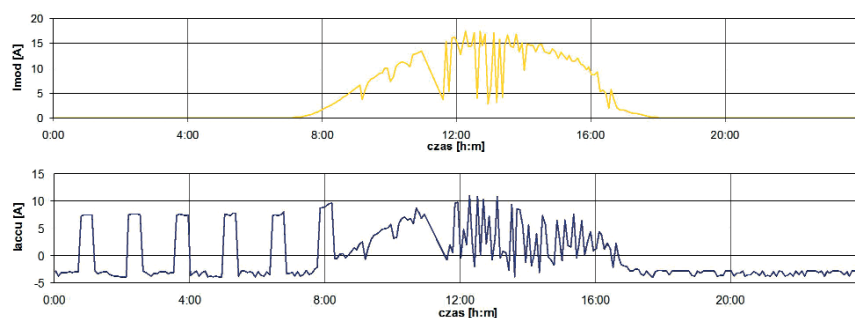
System fotowoltaiczny

W Instytucie Elektrotechniki zbudowany został testowy system fotowoltaiczny o mocy 1 kW. Układ składa się z ośmiu paneli o mocy 140 W każdy. Wykorzystano monokrystaliczne krzemowe ogniwa słoneczne. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry techniczne badanego panelu.

Oprócz baterii modułów fotowoltaicznych w skład systemu wchodzi również żelowe akumulatory o łącznej pojemności



Rys. 5. Porównanie ilości energii słonecznej padającej na powierzchnię poziomą w stosunku do ilości energii produkowanej przez fotoogniwo W/m^2



Rys. 6. Przebiegi rozpięcia energii (prądu) w układzie fotowoltaicznym: prąd modułowy (na górze) oraz wypadkowy prąd akumulatorów z okresowym doładowaniem z sieci w godzinach nocnych po nadmiernym rozładowaniu akumulatorów

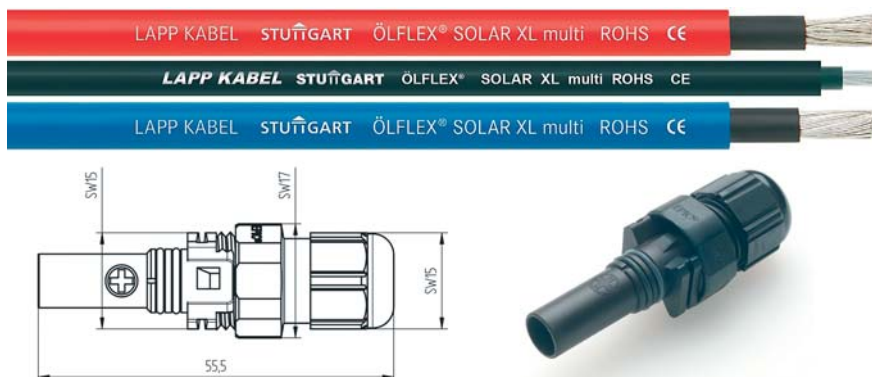
800 Ah oraz dedykowane układy elektroniczne gwarantujące nieprzerwane działanie podłączonych odbiorników. Na rysunku 2 pokazano schemat układu fotowoltaicznego obrazujący działanie całego systemu: regulator ładowania [2], którego zadaniem jest monitorowanie i zarządzanie wyprodukowaną energią, wykorzystuje energię ogniw fotowoltaicznych do ładowania akumulatorów bądź zasilania odbiorników 48 V. Przetwornica DC/AC (inwerter) pobierając zmagazynowaną energię zasilą zewnętrzne układy lub doładowuje akumulatory w razie zbyt małego natężenia lub

braku promieniowania słonecznego. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zdalnego kontrolera, który wykorzystując dane dotyczące stanu naładowania akumulatorów, załącza ładowanie bądź przekazuje nadwyżkę energii do dodatkowych odbiorników.

Typowe parametry elektryczne systemu fotowoltaicznego zebrano w tabeli 2.

Połączenia elektryczne – przewód Olflex Solar XL multi firmy Lapp Kabel

Do połączeń elektrycznych w omawianym układzie zastosowano przewód z serii Olflex Solar XL multi firmy Lapp Kabel. Przewody te mogą być stosowane do indywidualnych połączeń pomiędzy ogniwami słonecznymi oraz jako przedłużacze pomiędzy poszczególnymi panelami. Stosowane są w niemal każdych warunkach klimatycznych. Przewody posiadają atest typu TUV opierający się na jednej z najnowszych specyfikacji 2 PfG 1169. Aprobata UL umożliwia użycie przewodu do podłączania systemów fotoelektrycznych



Rys. 4. Widok przewodów elektrycznych i wtyczki połączeniowej

w Ameryce Północnej (zgodnie z kodeksem NEC – National Electrical Code w Ameryce Północnej do instalacji fotoelektrycznych dopuszczone są wyłącznie przewody posiadające atest do stosowania na zewnątrz). Przewody Olflex Solar XL multi posiadają liczne badania TUV i UL zapewniające dodatkowe bezpieczeństwo. Najważniejsze cechy przewodu to:

- odporność na promieniowanie UV i ozon,
- wysoka temperatura zwarcia,
- budowa z ocynkowanych cienkich drucików miedzianych,
- odporność na ścieranie,
- nierozprzestrzenianie ognia, ani toksycznych gazów w czasie pożaru,
- odporność na hydrolizę w gorącej wodzie (kałuże na dachach),
- aprobaty UL i CSA.

Na rysunku 4 przedstawiono widok przewodów oraz wtyczki połączeniowej.

Wyniki pomiarów

Na rysunku 5 przedstawiono porównanie ilości energii słonecznej padającej na powierzchnię poziomą w stosunku do ilości energii produkowanej przez fotoogniwo. Dane pomiarowe z 5 października 2009 roku pokazują, że efektywna konwersja energii promieniowania słonecznego miała miejsce w godzinach od 07: 07 do 18: 02 Na podstawie wartości natężeń prądów oraz napięć modułów, jak również ilości padającego promieniowania elektromagnetycznego wykonuje się charakterystykę modułów. Dzięki temu, przykładowo, wyznaczono minimalną wartość promieniowania, przy której szeregowo-równolegle podłączone panele osiągają nominalną wartość napięcia 48 V.

Nierównomierność prądu ładowania (Imod) jest spowodowana przez częściowe zachmurzenie występujące w czasie pomiarów. Rysunek 6 prezentuje dane dotyczące ładowania akumulatorów w ciągu dnia, ich częściowego rozładowania w początkowych godzinach nocnych oraz ich okresowe doładowywanie ze źródła sieciowego w celu podtrzymania pracy podłączonych odbiorników.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że maksymalna sprawność badanego układu, dla danych warunków atmosferycznych wynosi około 16%. War-

tość ta zależy również od ilości energii pobieranej przez odbiorniki.

Dobór wielkości magazynu energii (akumulatorów) należy przeprowadzać indywidualnie w zależności od mocy odbiorników. Należy na to zwrócić szczególną uwagę w przypadku układów autonomicznych.

dr inż. Wojciech Mazurek
Instytut Klimatyzacji i Ogrzewnictwa,
Politechnika Wrocławska
Instytut Elektrotechniki
Oddział Technologii
i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego
we Wrocławiu

mgr inż. Marek Malinowski
Instytut Elektrotechniki
Oddział Technologii
i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego
we Wrocławiu

mgr inż. Henryk Pałys
Lapp Kabel Sp. z o.o.

LITERATURA:

- [1] Polityka energetyczna Polski do 2030r., Uchwała Rządu RP z dnia 10.11.2009 r.
- [2] Grażyna Berent – Kowalska i inni, Energia ze źródeł odnawialnych w 2008 r, Wyd. GUS, W-wa 2009;
- [3] Piotr BUJŁO, Andrzej SIKORA, Grzegorz PAŚCIAK, Jacek CHMIELOWIEC, Energy flow monitoring unit for Hy-IEL hybrid (PEM fuel cellsupercapacitor) electric scooter, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 86 NR 3/2010
- [4] <http://pl.wikipedia.org>
- [5] Bryszewska-Mazurek Anna, Mazurek Wojciech, Świeboda Tymoteusz: Small Solar-Powered ORC System. Polish Journal of Environmental Studies. 2008, vol. 17, nr 3A, s. 91-94, 6 rys., bibliogr. 13 poz.
- [6] Bryszewska-Mazurek Anna, Mazurek Wojciech, Kuciel Eugeniusz*: Solar powered absorption refrigerator for air-conditioning system. Polish Journal of Environmental Studies. 2008, vol. 17, nr 3A, s. 86-90, 4 rys., 1 tab., bibliogr. 15 poz.



KONTAKT

Lapp Kabel Sp. z o.o.
ul. Wrocławska 33 d
Długoleka 55-095 Mirków
tel. (71) 330 63 00
fax (71) 330 63 06
e-mail: info@lappolska.pl
www.lappolska.pl