

Ewelina KRAWCZAK¹
Sławomir GUŁKOWSKI²
Jan M. OLCHOWIK³

BADANIE EFEKTYWNOŚCI PRACY FOTOWOLTAICZNEGO SYSTEMU „OFF – GRID” W WARUNKACH ZIMOWO - WIOSENNYCH DLA LUBELSZCZYZNY

W artykule poruszono tematykę związaną z zastosowaniem autonomicznego systemu fotowoltaicznego „off-grid” na Lubelszczyźnie. W Polsce istnieją dobre warunki do wykorzystania energii słonecznej. Lubelszczyzna charakteryzuje się występowaniem niezwykle korzystnych warunków do wytwarzania energii elektrycznej, z wykorzystaniem konwersji fotowoltaicznej. Praca systemu fotowoltaicznego „off-grid” zwanego autonomicznym, opiera się wyłącznie na energii, którą system sam generuje. System ten nie jest podłączony do sieci przesyłowej i znajduje zastosowanie w miejscach, gdzie niemożliwe jest doprowadzenie okablowania sieci elektroenergetycznej. Celem przeprowadzonych badań było określenie efektywności pracy autonomicznego systemu fotowoltaicznego „off-grid” w okresie wiosenno-zimowym dla Lubelszczyzny. Okres ten został wybrany ze względu na najbardziej niekorzystne warunki nasłonecznienia. Badania zostały przeprowadzone w specjalnie do tego celu stworzonym układzie pomiarowym, zlokalizowanym w kampusie Politechniki Lubelskiej, obejmującym moduł fotowoltaiczny o mocy 100 Wp, regulator ładowania, magazyn energii elektrycznej 12V o pojemności 33Ah oraz obciążenia. Rezultaty badań przedstawione zostały w postaci wykresów mocy w funkcji czasu dla wybranych obciążeń układu. Zbadano napięcie oraz natężenie w układzie obciążenia, uzysk energii produkowanej przez ogniwo PV w poszczególnych dniach, czas ładowania oraz rozładowywania akumulatora w zależności od wielkości podłączonego obciążenia i warunków atmosferycznych. Na podstawie przeprowadzonych badań wywnioskowano, że poziom uzysku energii elektrycznej z modułów PV jest uzależniony od warunków atmosferycznych, lokalizacji modułu PV oraz kąta padania promieni słonecznych a także od wielkości obciążenia układu przez odbiorniki energii.

Słowa kluczowe: system wyspowy, system autonomiczny, fotowoltaika, energetyka słoneczna, OZE

¹ Autor do korespondencji: Ewelina Krawczak, Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38, e-mail: e.krawczak@pollub.pl

² Sławomir Gułkowski, Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38, e-mail: s.gulkowski@pollub.pl

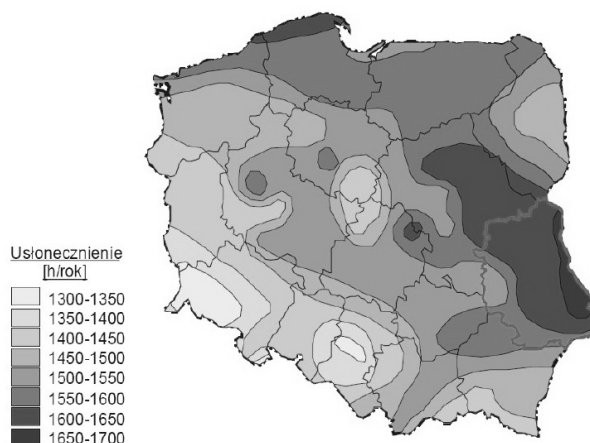
³ Jan M. Olchownik, Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38, e-mail: j.olchownik@pollub.pl

1. Wprowadzenie

Technologie fotowoltaiczne pozwalają na konwersję energii słonecznej w elektryczną za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Energia słoneczna w bardzo dużym stopniu może zastąpić konwencjonalne źródła, z których produkuje się energię elektryczną. Odgrywa ona coraz większą rolę w elektryfikacji, zwłaszcza dla obszarów oddalonych od zasilania sieciowego. Ponadto energię tę można magazynować w specjalnych bateriach. Bezpośrednie przetwarzanie energii Słońca na energię elektryczną jest technologią stosunkowo młodą, lecz bardzo prędko rozwijającą się, w wyniku której powstaje czysta energia. Do pracy systemu fotowoltaicznego nie potrzeba żadnego paliwa, a w czasie produkcji nie powstają zanieczyszczenia, odpady, które mogłyby niekorzystnie wpływać na środowisko naturalne [1].

2. Warunki nasłonecznienia dla Lubelszczyzny

Lubelszczyzna jest to region położony we wschodniej Polsce. Województwo lubelskie jest jednym z najkorzystniejszych energetycznie regionów Polski. Napromieniowanie roczne wynosi około $3800 \text{ MJ/m}^2/\text{a}$, co daje około $1500 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (rys.1). W grudniu dzienna wartość napromieniowania wynosi $1 \text{ MJ/m}^2/\text{d}$, z kolei w czerwcu i lipcu wartość ta wzrasta do $23 \text{ MJ/m}^2/\text{d}$. Suma usłonecznienia na Lubelszczyźnie waha się w zakresie 1 500 - 1 700 godzin rocznie [3]. Zgodnie z ekspertyzą „Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych” Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN region podlasko-lubelski został uznany wraz z regionem nadmorskim za obszar, w którym panują najkorzystniejsze warunki do wykorzystywania energii promieniowania słonecznego. Natomiast wg. Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej region Lubelski usytuowany jest w obszarze, gdzie roczne sumy promieniowania słonecznego kształtują się na poziomie $950\text{-}1020 \text{ kWh/m}^2$ [1]. Region Lubelski charakteryzuje najniższe względem kraju średnie roczne zachmurzenia nieba, wynoszące poniżej 65 %, duży udział promieniowania bezpośredniego w promieniowaniu całkowitym. Ponadto Lublin osiąga dość wysokie średnie temperatury w ciągu miesiąca w porównaniu z innymi miastami w Polsce [3].



Rys. 1. Mapa usłonecznienia Polski, na podstawie [3]

Fig. 1. Map of sunshine hours of Poland, based on [3]

3. Rodzaje systemów fotowoltaicznych

Produkcja energii elektrycznej przez systemy fotowoltaiczne nabiera coraz większego znaczenia i jest coraz szerzej stosowana w Europie i świecie. Systemy te mogą pracować przez cały rok, produkując energię elektryczną, także przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych, przekształcając padające na ogniwa PV rozproszone promieniowanie słoneczne [1]. Wyróżniane są dwie grupy systemów: system on-grid (grid-connected) oraz off-grid. Pierwszą grupę stanowią systemy zintegrowane z siecią, które nie potrzebują urządzeń służących do magazynowania energii. Przekazują (sprzedają) one wyprodukowaną energię do sieci energetycznej. W systemach off-grid energia elektryczna, pozyskiwana z modułów fotowoltaicznych w postaci prądu stałego jest zamieniana na prąd przemienny, który następnie wykorzystywany jest na potrzeby własne gospodarstwa domowego [2]. System off-grid nazywany również wyspowym lub autonomicznym współpracuje z magazynami energii, w których przechowywane są nadwyżki wyprodukowanej energii celem późniejszego wykorzystania. System autonomiczny funkcjonuje tylko dzięki energii, którą sam wytworzy. Istnieją trzy typy instalacji autonomicznych w zależności od sposobu i rodzaju zasilanych urządzeń energetycznych [3]:

- a) Bezpośrednie zasilanie urządzeń prądu stałego. Jest to najprostszy i zarazem najbardziej nieefektywny typ instalacji off-grid, w którym moduły PV zasilają bezpośrednio urządzenia elektryczne prądu stałego. W tym przypadku nie jest możliwy prawidłowy dobór mocy urządzenia, co prowadzi do bardzo niewydajnego wykorzystania uzyskiwanej energii. Bezpośrednie zasilanie akumulatorów przez moduły może doprowadzić do uszkodzenia magazynu energii, ponieważ nie ma możliwości kontrolowania wartości ładunku dostarczanego do baterii, głębokości jej rozładowania ani kontrolowania napięcia.

- b) Zasilanie urządzeń prądu stałego z wykorzystaniem regulatora ładowania. W systemie takim warunki pracy układu narzucane są przez akumulator i obciążenie oraz regulowane są przez regulator ładowania. W bateriach akumulatorów gromadzona jest nadwyżka produkowanej energii, która jest wykorzystywana do zasilania odbiorników prądu stałego w przypadku niekorzystnych warunków pogodowych. Regulatory ładowania dostosowują napięcie modułu PV do aktualnego napięcia niezbędnego do ładowania akumulatora, w zależności od poziomu jego naładowania. Ponadto zabezpieczają akumulator przed przeładowaniem oraz przed głębokim rozładowaniem, odcinając obciążenie.
- c) Zasilanie urządzeń prądu stałego i przemiennego z wykorzystaniem prądu przemiennego przetwornicy DC/AC oraz regulatora ładowania. System PV należy dodatkowo rozbudować o przetwornicę DC/AC (falownik), którą podłącza się do układu poprzez akumulator.

4. System fotowoltaiczny i układ pomiarowy

System fotowoltaiczny, który został wykorzystany do wykonania badań efektywności pracy systemu off-grid znajduje się w kampusie Politechniki Lubelskiej [5-8]. Do budowy instalacji badawczej wykorzystano moduł polikrystaliczny usytuowany na dachu Auli Wydziału Zarządzania i Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej (rys.2).

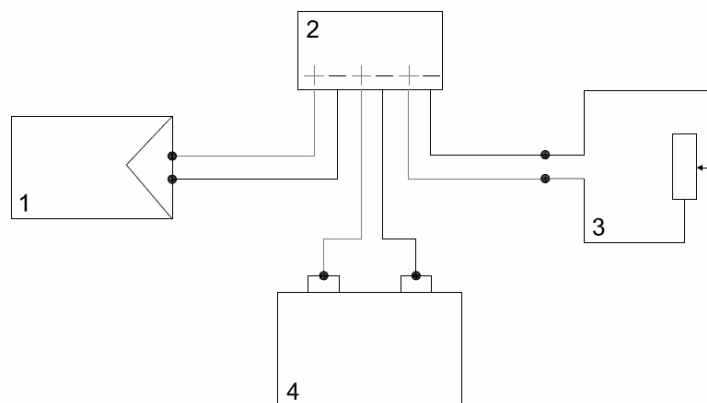


Rys. 2. System słoneczny zainstalowany na dachu Auli Wydziału Zarządzania i Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej.

Fig. 2. Solar system installed on the roof of the assembly hall of Lublin University of Technology

System badawczy, przedstawiony na rysunku 3, składa się z następujących urządzeń:

1. Moduł fotowoltaiczny o mocy 100 Wp;
2. Regulator ładowania;
3. Odbiornik z możliwością regulacji wartości obciążenia.
4. Akumulator 12 V o pojemności 33Ah.



Rys. 3. Schemat instalacji badawczej

Fig. 3. Schematic diagram of the research photovoltaic system

Układ pomiarowy składa się z trzech obwodów: obwodu modułu, obciążenia oraz akumulatora. Moduł PV wykorzystany przy budowie systemu off-grid jest polikrystalicznym krzemowym modułem firmy Solara SM 400 S. Moc nominalna zainstalowanego modułu wynosi 100 Wp. Zastosowano regulator ładowania firmy Steca, typ Solsum 8.8F. Kontroler rozpoznaje napięcie akumulatora i automatycznie przełącza na napięcie 12V-24V. Ponadto posiada funkcję automatycznego odłączania obciążenia w celu zabezpieczenia akumulatora przez przeladowaniem oraz głębokim rozładowaniem.

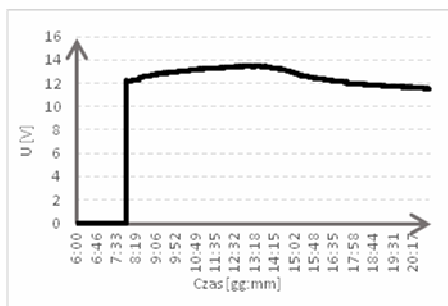
Rolę obciążenia w systemie pomiarowym spełnia opornik, który zastępuje rezystancję rzeczywistego odbiornika prądu w gospodarstwie domowym, np. żarówki. Rezystor został zbudowany specjalnie na potrzeby omawianej instalacji i posiada możliwość regulacji wartości obciążenia w zakresie 1Ω do 10Ω . Zastosowany układ pozwala na automatyczną rejestrację parametrów charakteryzujących pracę systemu w układzie obciążenia [9,10]. Magazynem energii elektrycznej w instalacji pomiarowej jest akumulator firmy Haze, typ HZY EV 12V-33. Jest to akumulator ołowiowo-kwasowy wykonany w technologii żelowej o pojemności 33 Ah. Magazyn energii firmy Haze przeznaczony jest do codziennej pracy cyklicznej, dlatego znalazł zastosowanie w instalacji fotowoltaicznej. W instalacji PV wykorzystana jest również karta przekaźnikowa ADVANTECH PCI-1710, dzięki której możliwy jest automatyczny zapis m.in. napięcia, natężenia prądu, temperatury zewnętrznej oraz temperatury modułu fotowoltaicznego w pamięci komputera. Pracą układu badawczego steruje komputerowy program „Pomiary PV”, który odpowiada za rejestrację wejściowych parametrów, m.in. czasu rozpoczęcia, liczby kanałów czy rezystancji obciążenia oraz konwersji tych wartości do postaci liczbowej. Jako moduł referencyjny

został wykorzystany monokrystaliczny moduł 10W znajdujący się w tej samej lokalizacji, co moduł polikrystaliczny.

Badanie wartości napięcia i natężenia prądu w obwodzie akumulatora wykonano ręcznie w specjalnie zmodyfikowanym układzie pomiarowym poprzez podłączenie woltomierza i amperomierza.

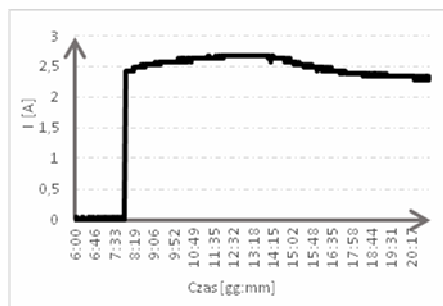
5. Wyniki

Pomiary pracy instalacji badawczej, zostały przeprowadzone w terminie 11.03.2014 r. – 23.03.2014 r. przy rezystancji równej 5Ω . Na rys. 4 oraz rys. 5 zostało przedstawione napięcie oraz natężenie prądu odczytane z modułu badanego w dniu 12.03.2014 r., który został uznany za modelowy dzień słoneczny. Około godziny 08:00 automatycznie zostało włączone obciążenie przez system, a napięcie osiągnęło wartość w zakresie 12-14 V. Najwyższe wartości napięcia osiągnęło w godzinach największego natężenia promieniowania słonecznego, przypadającego na godziny okołopołudniowe. Spadek wartości napięcia od godziny 13:30 świadczy o powolnym rozładowywaniu się magazynu energii, w wyniku przekazywania części energii na obciążenie. Po podłączeniu odbiornika do systemu off-grid prąd generowany przez badany moduł PV, od godziny 08:00 do 15:30 zmieniał się w zakresie 2,4-2,6 A, następnie osiągnął stałą wartość na poziomie 2,4 A.



Rys. 4. Napięcie odczytane z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 12.03.2014 r.

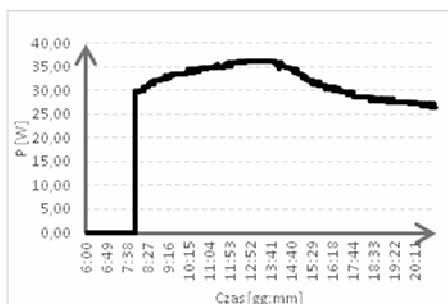
Fig. 4. Voltage of the polycrystalline module 100W on 12.03.2014



Rys. 5. Natężenie odczytane z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 12.03.2014 r.

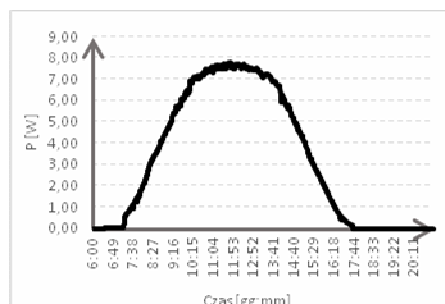
Fig. 5. Intensity scored polycrystalline module 100W on 12.03.2014

W oparciu o wartości napięcia i natężenia prądu wyliczono moc generowaną w systemie fotowoltaicznym, którą przedstawiono na rys. 6. Po podłączeniu odbiornika przez kontroler ładowania ilość przekazywanej mocy wynosiła 30 W. W godzinach okołopołudniowych ilość ta zmieniała się w zakresie 5%, aby w maksymalnym punkcie pracy osiągnąć wartość 35 W. Porównując rys. 6 z rys. 7, na którym została przedstawiona moc wygenerowana przez moduł refe-



Rys. 6. Moc uzyskiwana z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 12.03.2014 r.

Fig. 6. Power derived from polycrystalline module 100W on 12.03.2014

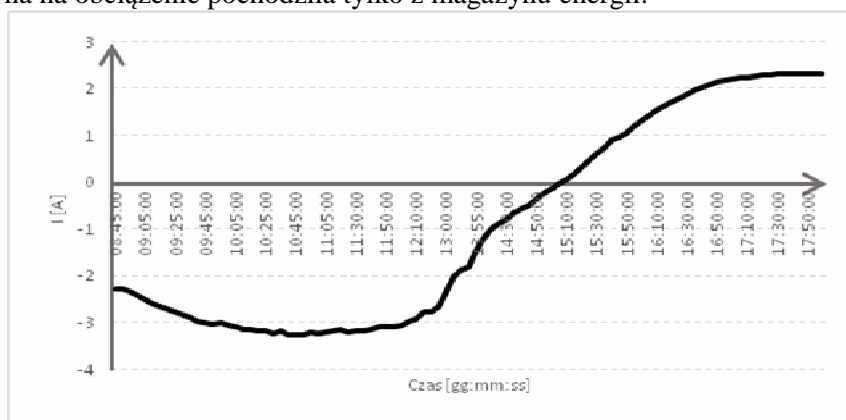


Rys. 7. Moc uzyskiwana z modułu monokrystalicznego 10 W w dniu 12.03.2014 r.

Fig. 7. Power derived from monocrystalline module 10W on 12.03.2014

rencyjny, można zauważyć, że po godzinie 17:30 rozpoczęła się autonomiczna praca systemu, podtrzymywana przez akumulator.

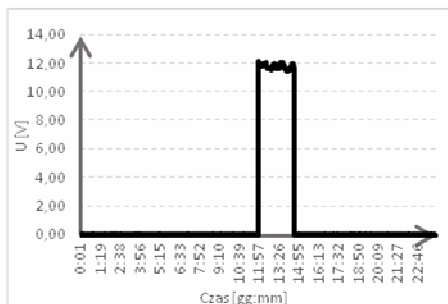
Wartości natężenia prądu uzyskane z pomiarów ręcznych w obwodzie akumulatora zostały przedstawione na rys. 8. Analizując wykres można stwierdzić, iż akumulator ładowany był do godziny 15:05. Po tej godzinie natężenie przyjęło wartości dodatnie, co świadczy o tym, iż zmienił się kierunek przepływu prądu w układzie, a energia kierowana na obciążenie pobierana była zarówno z akumulatora, jak i modułu PV. O godzinie 17:15 wartość natężenia ustabilizowała się na poziomie 2,33 A. Dowodzi to, iż w tym czasie energia przesyłana na obciążenie pochodziła tylko z magazynu energii.



Rys. 8. Natężenie prądu w obwodzie akumulatora

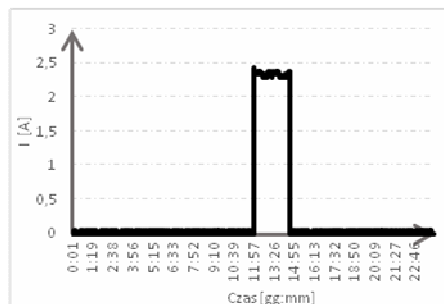
Fig. 8. Intensity in the battery circuit

Dzień 15.03.2014 r. został wybrany jako pokazowy dzień pochmurny. Na rys. 9 oraz rys. 10 przedstawiono odpowiednio napięcie oraz natężenie prądu generowane przez moduł PV. Do godziny 11:30 oraz po godzinie 14:30 regulator odłączył obciążenie, aby nie doprowadzić do głębokiego rozładowania akumulatora. Napięcie w godzinach okołopołudniowych osiągnęło wartość 12 V, a natężenie 2,4 A.



Rys. 9. Napięcie odczytane z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 15.03.2014 r.

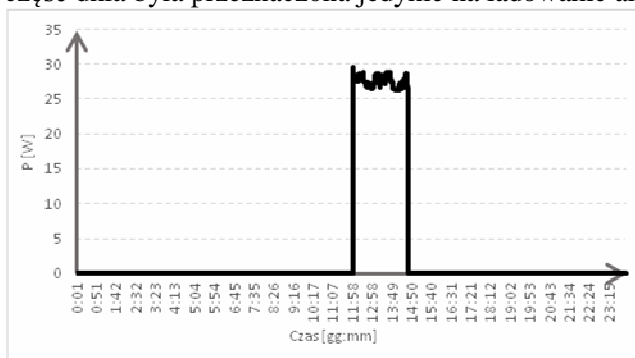
Fig. 9. Voltage of the polycrystalline module 100W on 15.03.2014



Rys. 10. Natężenie odczytane z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 15.03.2014 r.

Fig. 10. Intensity scored polycrystalline module 100W on 15.03.2014

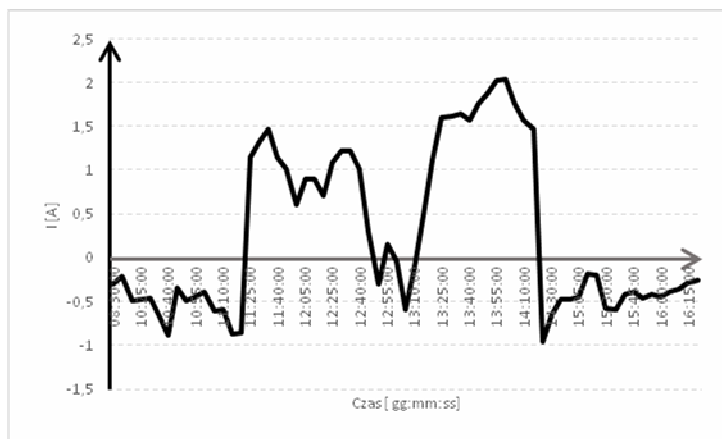
Moc przekazywana była na obciążenie tylko pomiędzy godziną 11:30 a 14:30 w ilości 28-30W, co świadczy o niekorzystnych warunkach atmosferycznych i niewielkim natężeniu promieniowania poza tym przedziałem czasowym (rys.11). Poza tym okresem działał system ochrony akumulatora przed głębokim rozładowaniem. Panujące warunki pozwoliły na naładowanie akumulatora tylko w niewielkim stopniu, co niestety nie pozwoliło na podłączenie obciążenia na dłuższy okres czasu. Cała ilość generowanej mocy przez większą część dnia była przeznaczona jedynie na ładowanie akumulatora.



Rys. 11. Moc uzyskiwana z modułu polikrystalicznego 100 W w dniu 15.03.2014 r.

Fig. 11. Power derived from polycrystalline module 100W on 15.03.2014

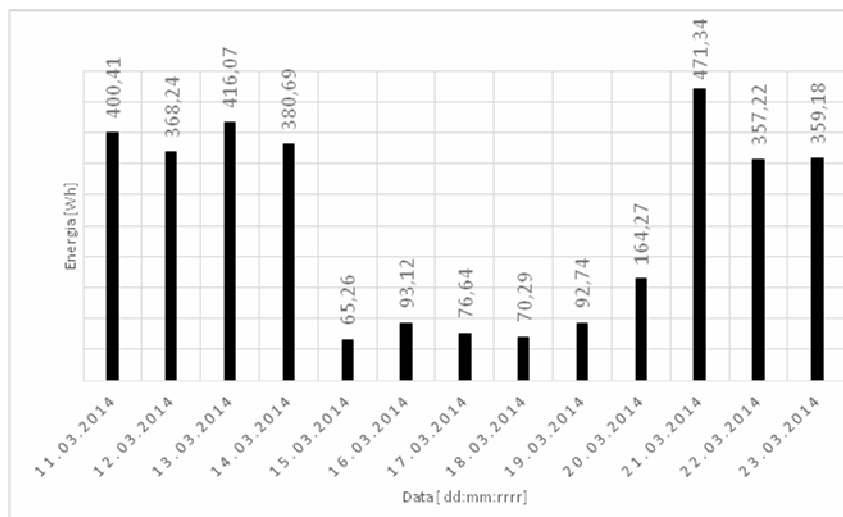
Zbadano również natężenie w obwodzie akumulatora w dzień pochmurny, co zostało przedstawione na rys. 12. Układ charakteryzował się pracą cykliczną. W momentach przejaśnień moc przekazywana na obciążenie pochodziła z obu źródeł (akumulator i moduł), natomiast w momencie niskiego natężenia promieniowania tylko magazyn energii przesyłał energię.



Rys. 12. Natężenie prądu w obwodzie akumulatora

Fig. 12. Intensity in the battery circuit

Wykres przedstawiony na rys.13 przedstawia ilość wygenerowanej energii elektrycznej w dniach od 11.03.2014r do 23.03.2014r. Największy uzysk energii nastąpił w dniu 21.03.2014r. i wynosił 471,34 Wh. Tak wysoki poziom uzysku energii jest możliwy, gdy natężenie promieniowania słonecznego jest bardzo wysokie i zbliżone do natężenia w warunkach STC oraz gdy został zastosowany akumulator, który podtrzymuje pracę systemu. Wysoki poziom generacji energii elektrycznej wystąpił również w dniach o korzystnych warunkach pogodowych i wynosił 13.03.2014r. – 416,07 Wh, 14.03.2014r. – 380,69 Wh, 20.03.2014r. – 164,27 Wh, 22.03.2014r. – 357,22 Wh, 23.03.2014r. – 359,18 Wh. Pozostałe dni charakteryzowały się gorszymi warunkami atmosferycznymi, więc uzysk energii był mniejszy, co widać na rysunku 13.



Rys. 13. Uzysk energii w dniach 11.03. – 23.03.2014 r.

Fig. 13. Energy obtained on 11.03 - 23.03.2014

6. Podsumowanie

Województwo Lubelskie charakteryzuje się bardzo dużymi zasobami energii słonecznej w porównaniu z resztą Polski. Ilość generowanej energii przez badany moduł polikrystaliczny jest ściśle związana z warunkami atmosferycznymi. Na uzysk energii ma również wpływ położenie Słońca na nieboskłonie oraz wielkości obciążenia układu przez odbiornik energii. Zainstalowanie autonomicznego systemu na Lubelszczyźnie może zapewnić zasilanie obciążenia przez całą dobę w dni słoneczne w najbardziej niekorzystnych warunkach tj. w okresie wiosenno-zimowym. Jednak w dni pochmurne może dojść do wstrzymania pracy systemu, z uwagi na zbyt niski poziom naładowania akumulatora i niewystarczająca ilość produkowanej energii elektrycznej. W celu poprawienia wydajności systemu off-grid należy rozważyć zmianę wielkości obciążenia oraz zweryfikować liczbę godzin zasilania odbiornika obciążenia.

Literatura

- [1] Klugmann-Radziemska E.: Fotowoltaika w teorii i praktyce, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2010;
- [2] Nofuentes G i inni.: PVS in Bloom: podręcznik techniczny: instalowanie naziemnych farm fotowoltaicznych na terenach marginalnych, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2011;
- [3] Strzyżewska D.: Energie odnawialne. Przegląd technologii i zastosowań, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012;

- [4] Szymański B.: Instalacje fotowoltaiczne. Teoria, praktyka, prawo, ekonomika. Wydawnictwo GLOBEnergia, Kraków 2013;
- [5] J.M. Olchowik, I. Józwick, R. Tomaszewski, D. Szymczuk, J. Adamczyk, T. Cieplak, K. Zabielski, J. Mucha, Optimization of work conditions of solar cells in hybrid solar system under conditions of Southeast Poland, Technical Digest of the International PVSEC-14, Bangkok, Thailand 26-30 January 2004, vol. I, p.495;
- [6] J.M. Olchowik, K.Cieslak, S. Gulkowski, I. Jozwik, J. Banas, G. Olchowik, K. Zabielski, J. Adamczyk, R. Tomaszewski, Comparative analysis of solar cells efficiency in stationary and navigated hybrid systems under southeast Poland conditions, IEEE 2006 Proc. of 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Waikoloa, Hawaii, 7-12 May 2006, 2506;
- [7] J.M. Olchowik, S. Gulkowski, K. Cieslak, I. Jozwik, J. Banas, S. Olchowik, A. Zdyb, D. Szymczuk, J. Adamczyk, R. Tomaszewski, K. Zabielski, J.Mucha, T. Cieplak, Comparative study of the solar modules performance in the hybrid system in South-easterly Poland during first two years of exploitation, Proc. of 21th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8 September 2006, Dresden (Germany), 3049;
- [8] J.M.Olchowik, S.Gulkowski, K.Cieslak, S.Olchowik, K.Zabielski, I.Jozwik, D.Szymczuk, J.Adamczyk, R.Tomaszewski, analysis of the influence of diffuse solar radiation on the efficiency of photovoltaic conversion at south-eastern Poland conditions, Proc. of 21th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 3-7 September 2007, Milan (Italy), 3238.;
- [9] J. Banaś, R. Tomaszewski, J.M. Olchowik, Komputerowe sterowanie układem „follow the sun” modułów PV Politechniki Lubelskiej, W monografii: „Rachunek Globalny a Przyszłość Informatyki” (red. J.M. Olchowik), Wydawnictwa Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Białej Podlaskiej, Biała Podlaska 2004, str. 188;
- [10] S. Olchowik, J.M. Olchowik, DELPHI jako środowisko monitoringu pracy ogniw fotowoltaicznych, W monografii: „Rachunek Globalny a Przyszłość Informatyki” (red. J.M. Olchowik), Wydawnictwa Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Białej Podlaskiej, Biała Podlaska 2004, str. 180.

RESEARCH WORK THE EFFICIENCY OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM OFF-GRID IN THE LUBLIN PROVINCE DURING WINTER/SPRING CONDITIONS

Summary

The paper discusses issues related to the use of autonomous system off-grid in the Lublin province. In Poland there are good conditions for the use of solar energy by changing the type and properties of systems using the energy. Lubelszczyzna has good conditions for the generation of electricity using photovoltaic conversion. Work of photovoltaic system "off-grid" called also autonomous, based solely on the energy produced by himself. This system is not connected to the grid and is used in places where it is impossible to supply electricity network cabling. The aim of this study was to determine efficiency of autonomous photovoltaic system off-grid in the Lublin province during winter/spring conditions. This period was chosen because of the most unfavor-

able conditions of sunlight. The tests were conducted in a specially designed measuring system, located on the Lublin University of Technology campus, including a photovoltaic module with a capacity of 100 Wp, charge controller, storage of electricity 12V with capacity 33 Ah and load. The results of tests are shown in graphs of power versus time for the selected load. The tension and intensity of the system load, value of energy produced by the PV cell for each day, the time of charging and discharging the battery - depending on the size of the connected load - and atmospheric conditions were examined. The results show that the level of energy produced by photovoltaic cells depends on weather conditions, location of the photovoltaic cells and the angle of the sun, as well as the size of the system load. The results have confirmed that fixing off-grid installations in the Lublin Province is effective, even in the most adverse weather conditions.

Keywords: off -grid system, autonomous system, photovolatics, solar energy, renewable energy.

DOI:10.7862/rb.2014.98

Przesłano do redakcji: 27.11.2014 r.

Przyjęto do druku: 18.12.2014 r.