

Anna SZLACHTA¹, Jarosław ANGERMAN²

¹POLITECHNIKA RZESZOWSKA, KATEDRA METROLOGII I SYSTEMÓW POMIAROWYCH, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów

²SOLARHEAT Angerman Sp. J., ul. Kolejowa 15, 36-040 Boguchwała

Stanowisko do badań porównawczych paneli fotowoltaicznych

Dr inż. Anna SZLACHTA

Absolwentka Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej – specjalność aparatura elektroniczna (1995). W 2006 r. uzyskała tytuł doktora nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej elektrotechnika, specjalność metrologia elektryczna i elektroniczna. Adiunkt w Katedrze Metrologii i Systemów Diagnostycznych na Wydziale Elektro-techniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Zajmuje się zagadnieniami przetwarzania i analizy sygnałów pomiarowych.



e-mail: annasz@prz.edu.pl

Mgr inż. Jarosław ANGERMAN

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej – specjalność automatyka i metrologia elektryczna i elektroniczna (1983). Zajmował się oprogramowaniem w sektorze bankowym. W 1991 ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Sztokholmskim – specjalność bankowość i finanse. Od 2006 zajmuje się produkcją, montażem i testowaniem kolektorów słonecznych.



e-mail: biuro@solarheat.pl

Streszczenie

W artykule zaprezentowano stanowisko badawcze i procedury pomiarowe do badań paneli fotowoltaicznych, które zostało opracowane przy współpracy Katedry Metrologii i Systemów Diagnostycznych i Firmy SOLARHEAT. Prezentowane stanowisko badawcze umożliwia przeprowadzenie badań porównawczych dwóch paneli fotowoltaicznych. Jedną z najważniejszych cech tego stanowiska jest możliwość zautomatyzowania procesu pomiaru, co przyczynia się do jego większej niezawodności.

Słowa kluczowe: kolektor słoneczny, karta akwizycji danych, środowisko LabVIEW.

A laboratory stand for comparative tests of photovoltaic cells

Abstract

The utilization of solar energy for heating and other purposes has become more effective due to fast technology development. Similar progress can be observed in technology of obtaining electrical energy from the sun as a result of modern construction of photovoltaic panels with P-N junctions, which convert a photon of the energy bigger than the energy gap into electric current. The designed in Department of Metrology and Diagnostic Systems at Rzeszow University of Technology and SOLARHEAT Angerman Company portable laboratory stand can be used for comparison of two photovoltaic panels. The most important feature of this stand is opportunity of automatic control process using LabVIEW programming environment and the National Instruments USB 6009 basic data acquisition card. The results of research are written automatically into a text file and displayed on a computer and TV screen. This stand is used for educational purpose to recognize features of PV panels, such as shadow sensitivity, direction and inclination sensitivity. If the halogen lights were replaced by a sun simulator, this device could be also used for professional testing of PV panels. Poland as a member of the European Union is obliged to introduce directives of promotion of the energy from renewable sources. Our unit is associated with promotion of such sources.

Keywords: solar collector, data acquisition card, LabVIEW environment.

1. Wstęp

Kontrola zużycia energii w Europie oraz zwiększone zapotrzebowanie na energię ze źródeł odnawialnych wraz z problematyką oszczędności energii i stanowią istotne elementy pakietu środków, koniecznych do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Umożliwi to spełnienie postanowień Protokołu z Kioto stosownie do Ramowej Konwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, a także do wywiązania się z innych wspólnotowych i międzynarodowych zobowiązań w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych, wykraczających poza rok 2012 [1].

Dyrektywa 2009/28/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 23 kwietnia 2009r, której celem jest osiągnięcie w Unii Europejskiej 20-proc. udziału energii odnawialnej do 2020r., powinna być wdrożona przez kraje członkowskie do 5 grudnia 2010r. W chwili obecnej grożą Polsce wysokie kary za opóźnienia we wdrożeniu tej dyrektywy.

Współcześnie panele fotowoltaiczne - PV stają się coraz bardziej znaczącym źródłem energii elektrycznej i to nie tylko tam gdzie tradycyjnie uzyskana energia nie może być dostarczona. Energia elektryczna pochodząca z paneli PV posiada coraz większy udział w bilansie mocy systemów energetycznych w wielu krajach.

Elementy te mają również duże znaczenie w procesie zwiększenia bezpieczeństwa dostaw energii, wspierania rozwoju technologicznego i innowacji, a także dla tworzenia możliwości zatrudnienia i możliwości rozwoju regionalnego, zwłaszcza na obszarach wiejskich.

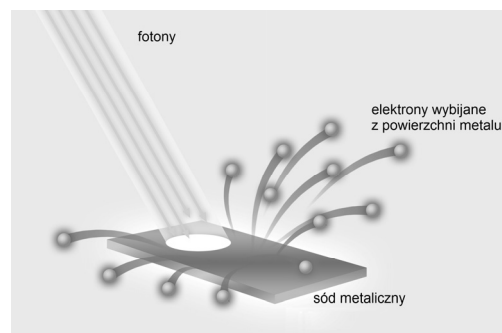
Opisywane w artykule stanowisko do badań porównawczych paneli fotowoltaicznych zostało wdrożone w laboratorium dydaktycznym Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.

2. Konwersja fotowoltaiczna

Termin fotowoltaiczny pochodzi od greckiego słowa *phōs* (phōs) oznaczającego światło i „voltaiczny” od nazwiska włoskiego fizyka Volta, któremu również zawdzięczamy nazwę jednostki siły elektromotorycznej „volt”.

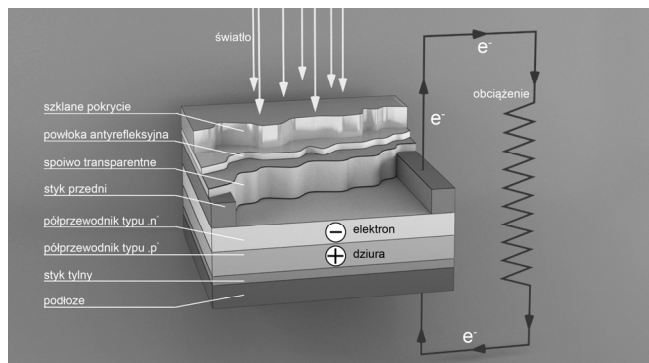
Fotowoltaika jest obecnie obszarem badań i technologii, których celem jest praktyczne zastosowanie zjawiska fotoelektrycznego do produkcji energii elektrycznej ze światła, głównie słonecznego.

Zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne (wykorzystane w znanych urządzeniach jak ogniwa fotowoltaiczne, komórka fotowoltaiczna, fotokomórka), to zjawisko fizyczne polegające na powstaniu siły elektromotorycznej w ciele stałym pod wpływem promieniowania świetlnego.



Rys. 1. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne – efekt fotoelektryczny
Fig. 1. External photoelectric effect –photoelectric effect

W panelach fotowoltaicznych przeznaczonych do wytwarzania energii elektrycznej ma miejsce zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne, w którym w wyniku naświetlania promieniowaniem elektromagnetycznym (na przykład światłem słonecznym) następuje przeniesienie elektronów pomiędzy pasmami energetycznymi w półprzewodnikach [2].



Rys. 2. Przekrój poprzeczny ogniw fotowoltaicznego
Rys. 2. Cross-section of the photovoltaic cell

W efekcie fotoelektrycznym wewnętrznym energia fotonu też jest całkowicie pochłaniana przez elektron. Ale elektron nie jest uwalniany, jak to ma miejsce w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym, lecz przenoszony jest z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa, zmieniając tym samym właściwości elektryczne materiału (fotoprzewodnictwo). Zjawisko to zachodzi tylko wówczas, gdy energia fotonu jest większa, niż wynosi szerokość pasma energii wzbronionej (odległość energetyczna między pasmem walencyjnym a pasmem przewodnictwa). Szerokość pasma energii wzbronionej jest odpowiednikiem pracy wyjścia (W) w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym.

3. Stanowisko badawcze

W ramach współpracy Firmy SOLARHEAT Angerman Sp. J. oraz Katedry Metrologii i Systemów Diagnostycznych powstało stanowisko do porównywania właściwości ogniw fotowoltaicznych. Zdjęcie stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Zdjęcie stanowiska laboratoryjnego na Uniwersytecie Rzeszowskim
Fig. 3. Photo of the laboratory stand used in Rzeszow University

Zbudowane stanowisko służy do testowania i oceny właściwości fotowoltaicznych kolektorów słonecznych. Opracowane stanowisko wraz z oprogramowaniem umożliwia sterowanie i rejestrację procesu porównania właściwości paneli fotowoltaicznych.

Całość wykonanego stanowiska badawczego została zaprojektowana i wykonana w Firmie SOLARHEAT. Firma ta zajmuje się produkcją kolektorów słonecznych do pozyskiwania ciepłej wody użytkowej i badaniem paneli fotowoltaicznych (PV).

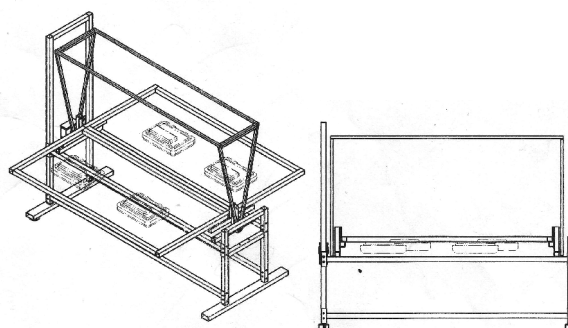
Szafa zasilająca znajduje się poniżej blatu stołu wraz z systemem zabezpieczeń i przekładników. Stanowisko do badań porównawczych wyposażone jest w komputer wraz z oprogramowaniem obsługującym system kontrolno- pomiarowy, monitor umieszczony jest ponad stanowiskiem.

Na pierwszym planie widoczna jest tablica sterująca – krosząca służąca do podłączania paneli oraz do ustawiania sposobu sterowania pracą systemu. Czołowy panel sterowania manualnego przystosowany jest otwieranymi drzwiami (rys. 4). Na wewnętrznej ich stronie znajduje się tablica krosząca. Umożliwia ona łączenie paneli szeregowo lub równolegle i umożliwia podłączenie obciążenia rozpraszającego energię otrzymaną z paneli PV. Obciążeniem tym może być żarówka halogenowa umieszczona również na wewnętrznej stronie drzwi lub rezystor chłodzony wentylatorem umieszczony w szafie rozdzielczej pod pulpitem stanowiska. Czołowy panel sterowania manualnego posiada rozmieszczone na płaszczy przedstawiającej schemat połączeń różne elementy. Są to: amperomierz i woltomierz prądu zmiennego umożliwiające pomiar mocy zasilającej układ oświetlający badane panele, dwa komplety amperomierzy i woltomierzy prądu stałego umożliwiające pomiar mocy uzyskanej z badanych paneli. Ponadto programowany regulator temperatury i niezależny od niego termometr cyfrowy oraz potencjometryczny regulator natężenia oświetlenia i wyłącznik.



Rys. 4. Tablica sterująca stanowiskiem badawczym
Fig. 4. The control board of the laboratory stand

Ważnym elementem stanowiska jest stół pomiarowy, wykonany w Firmie SOLARHAET, który schematycznie przedstawiono na rysunku 5.

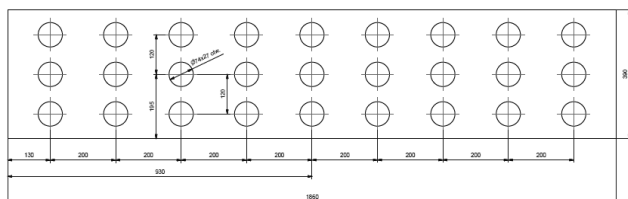


Rys. 5. Widok stanowiska pomiarowego do badań porównawczych paneli fotowoltaicznych
Fig. 5. View of the laboratory stand for comparative tests of photovoltaic cells

Na stole pomiarowym umieszcza się badane panele fotowoltaiczne przeznaczone do badania. Podczas pomiarów blat stołu jest nieruchomy, istnieje możliwość przesunięcia blatu o 90° od pionu w celach transportowych. Aby można było wykonać badania paneli fotowoltaicznych w zależności od kąta padania światła, górna kon-

struktura stołu jest ruchoma, możliwa jest zmiana jego położenia o dowolny kąt w zakresie $\pm 60^\circ$ odchylenia od pionu. Ramię zostało wyposażone w oświetlenie. W rzeczywistości kąt padania promieni słonecznych zależy zarówno od sposobu umieszczenia paneli fotowoltaicznych (skośność dachu/konstrukcji) jak i pory dnia, roku.

Na stanowisku pomiarowym zamontowano sztuczne oświetlenie. Zastosowano 27 żarówek halogenowych o mocy 50W każda, co daje 1,35kW zainstalowanej mocy. Imituje to oświetlenie słoneczne, oczywiście pasmo światła jest ograniczone, ale wyniki uzyskane na stanowisku i metodologię jakościową sposobu ich pozyskania można przenosić na wyższe temperatury światła. Sposób rozmieszczenia żarówek przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat rozmieszczenia źródeł promieniowania
Fig. 6. Schematic location of radiation sources

Zastosowane w tej realizacji światło halogenowe posiada temperaturę barwową 3200K.

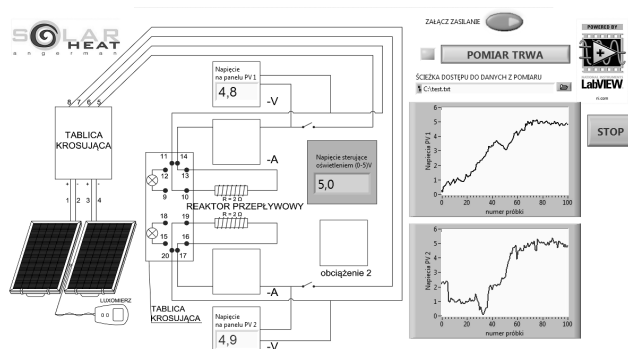
W laboratorium, w którym znajduje się stanowisko badawcze zamontowano rolety, aby odseparować wpływ nierównomiernego oświetlenia naturalnego.

4. Oprogramowanie systemu badań kolektorów słonecznych

Oprogramowanie systemu sterująco-pomiarowego stworzono w Katedrze Metrologii i Systemów Diagnostycznych Politechniki Rzeszowskiej. Firma SOLARHEAT Angerman Sp. J. posiada własną licencjonowaną wersję oprogramowania LabVIEW, co umożliwiło na implementację opracowanych algorytmów na stanowisku działającym na Uniwersytecie Rzeszowskim.

Na stanowisku badawczym zaimplementowano graficzne środowisko programowania LabVIEW, które umożliwia sterowanie procesem oraz rejestrację parametrów ogniw fotowoltaicznych [3, 4, 5].

Panel opracowanej aplikacji przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Panel czołowy aplikacji na stanowisku laboratoryjnym na Uniwersytecie Rzeszowskim

Fig. 7. The front panel of application on the laboratory stand used in Rzeszow University

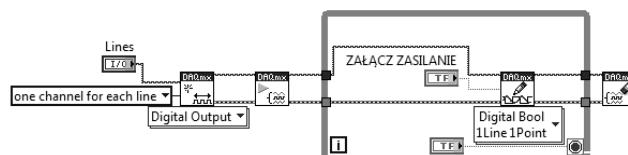
Opracowana aplikacja umożliwia pełną kontrolę całego procesu badania właściwości paneli fotowoltaicznych. Program realizuje załączanie oświetlenia, regulację jasności światła oraz rejestrację wyników pomiarów pochodzących z dwóch porównywanych paneli fotowoltaicznych.

Po przełączeniu wyłącznika na panelu sterowanie możliwa jest manualna obsługa stanowiska. Odczyt wartości napięcia i prądu generowanych przez porównywane panele PV możliwy jest za

pomocą mierników analogowych umieszczonych na tablicy sterującej.

Do realizacji automatycznej obsługi stanowiska do badań porównawczych ogniw fotowoltaicznych wykorzystano moduł akwizycji danych pomiarowych NI-USB 6009. Dzięki zastosowaniu modułu możliwe jest sterowanie załączeniem przekaźników, regulacją poziomu oświetlenia oraz akwizycją danych.

Moduł 6009 posiada dwa porty cyfrowe (P0-0÷3, P1-0÷7), które mogą pracować w trybie INPUT lub OUTPUT [6]. Do sterowania załączeniem oświetlenia została wykorzystana linia jednego portu cyfrowego modułu akwizycji danych. Do wyjścia cyfrowego dołączony został przekaźnik, załączający zasilanie oświetlenia. Fragment diagramu opracowanej aplikacji sterującej przekaźnikiem załączającym zasilanie oświetlenia na stanowisku badawczym został przedstawiony na rysunku 8.



Rys. 8. Blok diagram sterujący przekaźnikiem załączenia zasilania
Fig. 8. Block diagram of the control relay energization

Zmiana natężenie oświetlenia jest regulowana przy wykorzystaniu wyjścia analogowego karty pomiarowej (0-5V), które steruje mikroprocesorowym regulatorem napięcia zasilającego oświetlenie halogenowe.

Akwizycja parametrów prądowych i napięciowych porównywanych paneli została opracowana w oparciu o wejścia analogowe modułu NI 6009. Moduł pracuje w trybie pracy różnicowym, wówczas dostępne są cztery niezależne wejścia o rozdzielczości 14-bitów, o maksymalnej częstotliwości 48 kHz/kanal.

5. Wnioski

Zastosowanie modułu akwizycji danych NI-USB 6009 oraz środowiska LabVIEW umożliwiło opracowanie aplikacji sterującej procesem badań porównawczych oraz rejestrującej parametry ogniw słonecznych w czasie trwania badań. Umożliwia to sporządzenie raportu przedstawiającego wyniki badań.

W trakcie badań stwierdzono, iż redukcja strumienia światła padającego na powierzchnie badanych paneli PV o około 10% powoduje zmniejszenie wytworzonej energii przez panel o około 50%. W praktyce należy umieszczać panele PV tak, aby wyeliminować możliwość zacieniania nawet przez niewielkie elementy (np. fragmenty dachu) otaczające panel.

6. Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
- [2] Pluta Z.: Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [3] Winiecki W., Nowak J., Stanik S.: Graficzne zintegrowane środowisko programowe do projektowania komputerowych systemów pomiarowo-kontrolnych. Mikom, Warszawa (2002).
- [4] Chruściel M.: LabVIEW w praktyce, Legionowo 2008, Wydawnictwo BTC.
- [5] Świsulski D.: Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabVIEW, Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa wrzesień 2005.
- [6] Datashead NI-USB 6009.