

WYKORZYSTANIE MIKROKONTROLERA JEDNOUKŁADOWEGO DO STEROWANIA OPTYMALNYM USTAWIENIEM PŁASZCZYZNY OGNIWA FOTOWOLTAICZNEGO W STOSUNKU DO SŁOŃCA

Krzysztof Nalepa, Maciej Neugebauer, Piotr Sołowiej, Robert Chmielewski
Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę pracy ogniwa fotowoltaicznego w warunkach ustawienia nieruchomego oraz sterowania nadążnego za słońcem. Na podstawie analizy warunków pracy w systemie sterowania opracowany został algorytm sterowania. Porównano wyniki energetyczne obu rozwiązań. Zaproponowane zostało rozwiązanie mechaniczno-informatyczne układu realizującego optymalne ustawienie płaszczyzny ogniwa fotowoltaicznego do aktualnej pozycji słońca. W układzie sterowania zastosowano mikrokontroler jednoukładowy ATmega8 firmy Atmel współpracujący z elementami wykonawczymi w postaci elektrycznych siłowników liniowych.

Słowa kluczowe: sterowanie nadążne, ogniwa fotowoltaiczne, mikrokontroler jednoukładowy

Wstęp

Wobec wzrastającego wciąż zapotrzebowania na energię z jednej strony i rosnących jej cen wskutek wyczerpywania się zasobów paliw łatwo dostępnych z drugiej strony, w wielu krajach wysiłki licznej rzeszy badaczy zmierzają w kierunku udoskonalenia procesu wyzwalania energii ze źródeł odnawialnych.

Głównym argumentem, uzasadniającym konieczność zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych jest postępująca degradacja środowiska naturalnego oraz wyczerpywanie się zasobów nośników energii uznawanych za konwencjonalne. Promieniowanie słoneczne jest dominującym składnikiem bilansu energetycznego naszej planety [Pluta 2006], dlatego też należy je w pełni wykorzystać. Do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną służą ogniwa fotowoltaiczne. Zakup ogniwa fotowoltaicznego to nadal wysoki koszt. Decydując się na taki wydatek chcemy mieć z tego wymierną korzyść. Aby maksymalnie wykorzystać możliwości ogniwa fotowoltaicznego promieniowanie bezpośrednie Słońca powinno tworzyć z płaszczyzną baterii kąt zbliżony do prostego.

Umieszczając ogniwo fotowoltaiczne nieruchomo, każdego dnia tracona jest energia na skutek zmian położenia Słońca względem płaszczyzny ogniwa fotowoltaicznego. Maksymalizację ilości energii uzyskiwanej z ogniw fotowoltaicznych uzyskać można poprzez

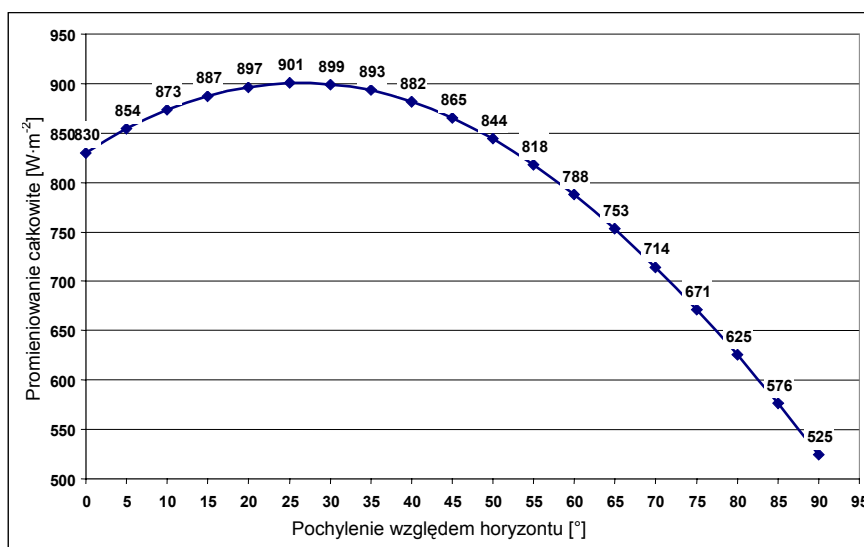
samoczynne ustawianie płaszczyzny ogniwa fotowoltaicznego prostopadle do linii bezpo-
średniego promieniowania słonecznego. [Bahgat i in. 2004]

Cel pracy

Celem pracy było wyróżnienie parametrów sterowania pracą układu optymalnego usta-
wienia ogniwa fotowoltaicznego w stosunku do słońca oraz zaadaptowanie mikrokontrolle-
ra jednocukładowego na potrzeby realizacji zadania sterowania.

Realizacja

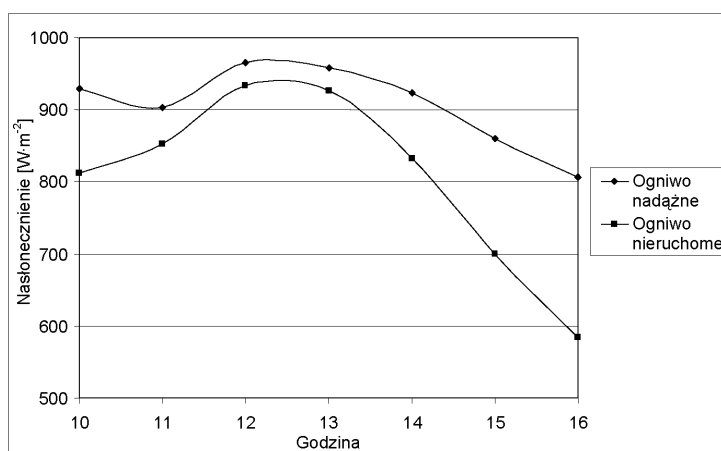
Podstawą do podjęcia prac nad przedstawianym układem była analiza możliwości
zwiększenia efektywności wykorzystania promieniowania słonecznego docierającego do
powierzchni ogniwa fotowoltaicznego. Na rys 1. przedstawiono zależność mocy jednost-
kowej ogniwa w zależności od kąta padania promieniowania bezpośredniego (położenie
słońca względem płaszczyzny horyzontu 25°). Wykres ten jasno pokazuje, że optymalne
ustawienie płaszczyzny ogniwa prostopadle do promieniowania bezpośredniego pozwala
na pracę ogniwa z maksymalną wydajnością (mocą), przy czym moc generowana w usta-
wieniu optymalnym ogniwa jest prawie dwukrotnie większa niż w ustawieniu pod kątem
 90° w stosunku do optymalnego (przypadek taki występuje np. przy ustawieniu płaszczy-
zny ogniwa na południe i działaniu w godzinach porannych lub późnego popołudnia).



Rys. 1. Zależność mocy jednostkowej energii całkowitej docierającej do powierzchni ogniwa od
kąta padania promieniowania bezpośredniego

Fig. 1. Relationship between unit power of total energy reaching cell surface and direct radiation
incidence angle

Możliwe do uzyskania zwiększenie mocy generowanej w ogniwie fotowoltaicznym, a co za tym idzie energii całkowitej przez nie produkowanej, zobrazowane zostało na rys. 2. Przedstawione tu wykresy zawierają porównanie mocy promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ogniwa ruchomego i nieruchomego. Pomiary przeprowadzono w czerwcu 2009 roku. Zwiększenie natężenia promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ogniwa ruchomego jest nawet o 30% większe niż w przypadku ogniwa nieruchomego. Przedstawione tu wartości wskazują na zasadność stosowania układów umożliwiających optymalne ustawianie ogniw fotowoltaicznych do słońca.

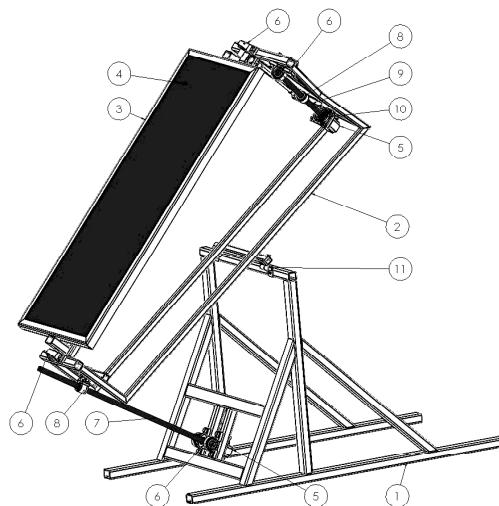


Rys. 2. Moc promieniowania słonecznego docierająca do powierzchni ogniwa ruchomego i nieruchomego, (czerwiec 2009 roku)

Fig. 2. Solar radiation power reaching the surface of mobile and stationary cell, (June 2009)

Aby możliwa była zmiana ustawienia płaszczyzny ogniwa fotowoltaicznego zaprojektowano podstawę wyposażoną w siłowniki. Szkic poglądowy projektu konstrukcji przedstawia rys. 3. Konstrukcja została zaprojektowana i poddana analizie z użyciem pakietu SolidWorks z dodatkiem CosmosWorks. Analizy z wykorzystaniem oprogramowania wspomagającego projektowanie obejmowały analizę kinematyczną mechanizmów podstawy obrotowej oraz analizę wytrzymałościową wybranych elementów krytycznych.

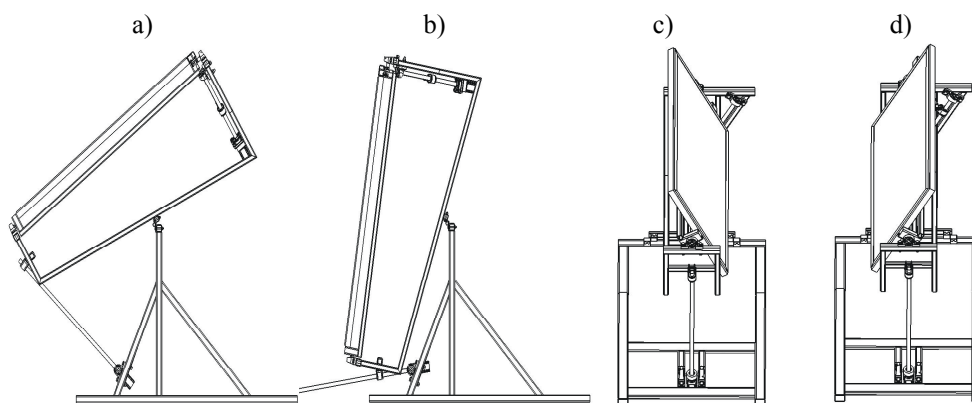
Układ podstawy zapewnia możliwość obrotu w dwóch osiach. Ramka ogniwa fotowoltaicznego, ze względu na realizowany przez ten element obrót azymutalny – pełny zakres ruchu w ciągu jednego dnia powtarzany codziennie, osadzona została w blokach łożyskowych typu UCF i UCP, natomiast ramka górna, realizująca ruch horyzontalny – realizacja pełnego zakresu ruchu w okresie jednego roku, osadzona została na zawiasie walcowym. Ruch elementów czynnych zestawu realizowany jest za pomocą siłowników elektrycznych. Zasilanie siłowników odbywa się z użyciem energii wytworzonej przez ogniwo fotowoltaiczne, z którym współpracuje układ obrotu i magazynowanej w akumulatorze żelowym. Opracowany algorytm sterowania został zoptymalizowany pod kątem minimalizacji ilości energii zużywanej do ustawiania ogniw fotowoltaicznych.



Rys. 3. Szkic poglądowy konstrukcji podstawy ogniwa fotowoltaicznego: 1 – rama dolna; 2 – rama górna; 3 – ramka ogniwa; 4 – ogniwo fotowoltaiczne; 5 – silnik krokowy; 6 – blok łożyskowy UCP; 7 – śruba horyzontalna; 8 – nakrętka z brązu; 9 – śruba azymutalna; 10 – blok łożyskowy UCF; 11 – zawias

Fig. 3. Draft showing the structure of photovoltaic cell base: 1 – bottom frame; 2 – top frame; 3 – cell frame; 4 – photovoltaic cell; 5 – stepper motor; 6 – UCP bearing block; 7 – horizontal screw; 8 – bronze nut; 9 – azimuthal screw; 10 – UCF bearing block; 11 – hinge

Skrajne położenia układu ustawiania ogniwa fotowoltaicznego przedstawiono na rys. 4, odpowiednio dla wychylenia horyzontalnego (rys. 4.a i 4.b) i azymutalnego (rys. 4.c i 4.d).

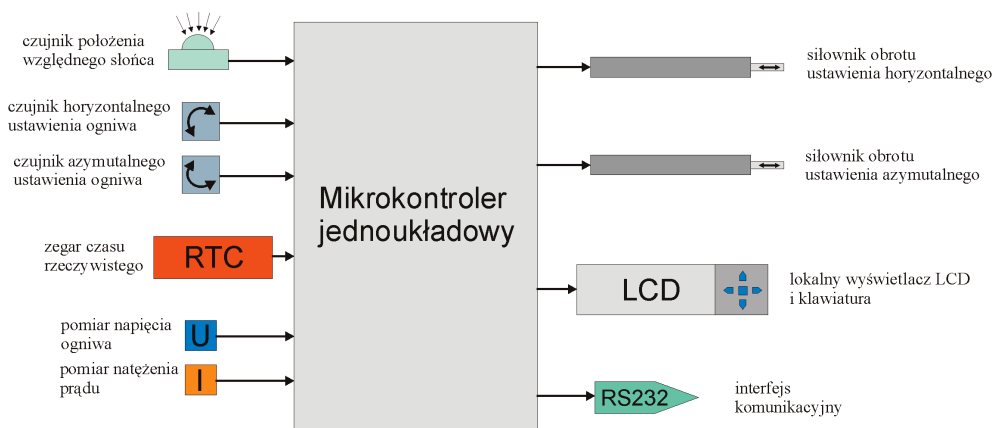


Rys. 4. Układ w skrajnych położeniach wychylenia: a) i b) horyzontalnego; c) i d) azymutalnego
Fig. 4. The system in extreme inclination position: a) and b) horizontal; c) and d) azimuthal

Układ sterowania zrealizowano w oparciu o mikrokontroler jednocukładowy ATmega8L firmy Atmel. Układ zrealizowany w architekturze RISC zawiera w sobie między innymi: jednostkę centralną (mikroprocesor), 8 kanałowy przetwornik analogowo-cyfrowy, 8/16 bitowe timery/liczniki, pamięć typu Flash, pamięć typu EEPROM, pamięć typu SRAM, programowany układ transmisji szeregowej USART oraz konfigurowalne linie wejścia/wyjścia.

Schemat blokowy układu sterowania zbudowanego z użyciem mikrokontrolera jednocukładowego przedstawiono na rys. 5.

Wybrany mikrokontroler zapewnia: sterowanie dwoma silownikami elektrycznymi, pomiar napięcia generowanego przez ogniwo fotowoltaiczne oraz natężenia prądu pobieranego przez obwody zewnętrzne, pomiar położenia słońca względem powierzchni ogniwa, pomiar rzeczywistego ustawienia ogniwa oraz komunikację z nadrzędnym komputerem PC przez interfejs szeregowy RS232. W mikrokontrolerze zaimplementowano możliwość pracy według algorytmu sterowania czasowego lub nadążnego. Sterowanie czasowe polega na ustawianiu optymalnego położenia ogniwa na podstawie danych kalendarzowych. Sterowanie nadążne realizowane jest w oparciu o informację z fotoelektrycznego czujnika względnego położenia słońca.



Rys. 5. Schemat blokowy mikrokomputerowego układu sterowania
 Fig. 5. Block diagram of microcomputer control system

Podsumowanie

Zwiększenie efektywności wykorzystania ogniw fotowoltaicznych dzięki sterowaniu nadążnemu jest bezsporne, co udowodniono nie tylko w tej pracy ale także w wielu innych pracach na ten temat [Bakos 2006; Poulek, Libra 2000], których autorzy piszą nawet o 25% zwiększeniu wydajności ogniw. Zastosowanie mikrokontrolera jednocukładowego do optymalnego ustawienia ogniwa fotowoltaicznego w stosunku do słońca daje możliwość realizacji funkcji pomiaru parametrów roboczych, kontrolowania aktualnego ustawienia ogniwa fotowoltaicznego oraz natężenia promieniowania słonecznego docierającego do ogniwa

przy zminimalizowaniu ilości energii zużywanej przez układ sterowania. Jednocześnie jest to rozwiązanie tanie i elastyczne. W prezentowanym systemie sterowanie może się odbywać w oparciu o algorytm czasowy lub jako sterowanie nadążne na podstawie danych z czujników. Takie rozwiązanie pozwoli w przyszłości na porównanie efektywności sterowania jedną i drugą metodą.

Bibliografia

- Bahgat A.B.G., Helwa N.H., Ahamd G.E., El Shenawy E.T.** 2004. Estimation of the maximum power and normal operating power of a photovoltaic module by neural networks, *Renewable energy* 29. s. 443-457.
- Bakos G.C.** 2006. Design and construction of a two-axis Sun tracking system for parabolic trough collector (PTC) efficiency improvement. *Renewable Energy* vol.31. n15. s. 2411-2421.
- Pluta Z.** 2006. Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2006.
- Poulek V., Libra M.** 2000. A very simple solar tracker for space and terrestrial applications. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 60. s. 99-103.

USING A SINGLE-SYSTEM MICROCONTROLLER TO CONTROL OPTIMAL POSITIONING OF PHOTOVOLTAIC CELL PLANE RELATIVE TO THE SUN

Abstract. Analysis of photovoltaic module work under conditions of its immovable setups and follow-up behind sun control is presented in this paper. An algorithm of steering was processed on the basis of the work condition in the control system analysis. Energy benefits of both solutions were compared. Mechanical solution, realizing optimal setup of photovoltaic module surface on the basis of information about the current position of the sun, was built. One-chip ATmega8 microcontroller of the Atmel company mating with executive elements in the form of electric linear servo-motors was applied in the control system.

Keywords: solar tracking, photovoltaic, one-chip microcontroller

Adres do korespondencji:

Krzysztof Nalepa; e-mail: nalepka@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki i Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Ul. Oczapowskiego 11
10-957 Olsztyn