

KONCEPCJA UKŁADU STERUJĄCEGO SYSTEMEM SOLARNYM WSPOMAGAJĄCYM PRODUKCJĘ POD OSŁONAMI*

Paweł Pabisek, Hubert Latała

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję układu sterującego kątem elewacji kolektorów słonecznych i paneli fotowoltaicznych. Celem proponowanego rozwiązania będzie pozyskanie jak największej ilości ciepła i energii elektrycznej pochodzącej z promieniowania słonecznego i wykorzystania tych źródeł w uprawach pod osłonami.

Słowa kluczowe: układ nadążny, układ sterowania, zintegrowany system

Wstęp

Wzrastające wymagania związane z ochroną środowiska jak również ciągle dążenie do zmniejszenia kosztów energii potrzebnej do produkcji pod osłonami stymulują poszukiwania efektywnych rozwiązań energetycznych oraz ich optymalnego i racjonalnego wykorzystania.

Słońce to darmowe i nieograniczone źródło czystej energii, którą możemy pozyskać za pomocą paneli słonecznych przetwarzających energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną lub ciepło. Ilość energii uzyskanej za pośrednictwem paneli słonecznych uzależniona jest od:

- konstrukcji panelu słonecznego,
- rodzaju zastosowanego materiału,
- klimatu,
- oraz ustawienia panelu słonecznego względem pozornego ruchu słońca [Pabisek 2010].

Pozyskana w ten sposób energia z powodzeniem może być gromadzona i stanowić jedno ze źródeł energii w zintegrowanym systemie energetycznym obiektu ogrodniczego.

Zagadnieniami tymi zajmowali się między innymi Kurpaska i Latała [2008], którzy w swoich pracach wykazali, iż system wspomagający ogrzewanie tunelu foliowego nie jest w stanie zapewnić wymaganej ilości ciepła do utrzymania zadanej temperatury jednak może stanowić uzupełniające źródło energii cieplnej. Kurpaska [2007] przeprowadził liczne badania w dziedzinie energetyki słonecznej a w tym systemów grzewczych obiektów ogrodniczych wykorzystujących odnawialne źródła energii. W swoich artykułach przedstawił parametry decydujące o efektywności pracy kolektorów. Na ich efektywność ma głównie wpływ całkowite promieniowanie słoneczne (bezpośrednie, rozproszone, odbite)

* Praca finansowana z projektu badawczego Nr N N313 445137

jak również kąt padania promieni słonecznych i pochylenie płaszczyzny kolektora. Podobnie jest z panelami fotowoltaicznymi. Albers [2008] w swych badaniach dowodzi iż kąt pochylenia między nimi a powierzchnią Ziemi ma duże znaczenie dla wielkości bezpośredniego promieniowania słonecznego, które wpływa na zysk energetyczny podczas konwersji fotoelektrycznej. Zasadniczo najlepsze efekty uzyskujemy gdy promienie słoneczne padają prostopadle na powierzchnię panelu solarnego. Ze względu na zmienne położenie Słońca w ciągu doby i roku należałoby stosować układy sterujące nachyleniem panelu fotowoltaicznego w celu osiągnięcia maksymalnego zysku energetycznego. Potwierdzeniem tego są między innymi prace badawcze oceniające taki zysk dla płaskich paneli fotowoltaicznych, których położeniem sterowano w jednej i dwóch płaszczyznach, a następnie porównano z wynikami osiąganymi dla ogniw zamocowanych nieruchomo [Koussa i in. 2011]. Dodatkową barierą jest również niezawodność i cena urządzeń odpowiedzialnych za pozycjonowanie płaszczyzny odbioru zawsze prostopadle do promieniowania solarnego. Pabisek [2010] w ramach pracy magisterskiej przedstawił prototyp układu sterowania położeniem kolektorów słonecznych umożliwiający pracę w zakresie od 90° E do 90° W. Układ ten jednak nie działał zadowalająco ze względu na kilka niedoskonałych rozwiązań technicznych.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, jak również nabyte doświadczenia przez Pabiskę [2010] związane z budową układu sterowania poruszającego się w zakresie od 90° E do 90° W, podjęto próbę zaprojektowania układu sterującego kątem pochylenia paneli PV. Działanie to umożliwi zwiększenie ilości energii elektrycznej pochodzącej z konwersji promieniowania słonecznego.

Cel pracy

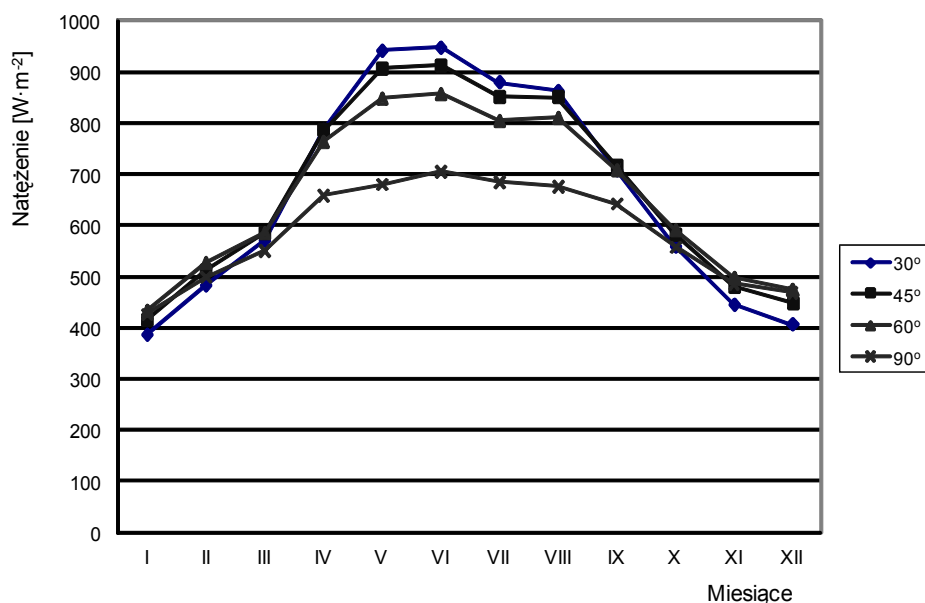
Celem pracy jest opracowanie koncepcji układu sterującego kątem elewacji paneli solarnych, ze względu na pozyskanie jak największej ilości ciepła i energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji pod osłonami. Realizacja celu będzie odbywać się po przez teoretyczne wyznaczenie ilości energii możliwej do uzyskania w wyniku zastosowania proponowanego układu.

Założenia projektowe

Zadaniem projektowanego układu sterowania będzie poruszanie istniejącym suportem zlokalizowanym na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, na którym zamontowane są na stałe kolektory słoneczne i panele fotowoltaiczne. Układ sterowania umożliwi zmianę kąta pochylenia względem płaszczyzny poziomej w zakresie od 0 do 90° .

W projektowanym układzie sterowanie ustawieniem kąta nachylenia realizowane będzie przez silnik prądu stałego dokonujący cyklicznej korekty zmiany kąta w zależności od pory dnia oraz roku. Zmiana kąta będzie realizowana przez program wykonawczy zapisany w pamięci mikrokontrolera.

Od strony technicznej sterowanie położeniem paneli odbywać się będzie w oparciu o program wykonawczy i wyznaczoną wcześniej charakterystykę (rysunek 1) zależności pomiędzy kątem nachylenia panelu słonecznego a promieniowaniem całkowitym uzyskiwanym w danej porze roku dla układu stacjonarnego przy jednoczesnej korekcie tego kąta realizowanej w oparciu o czujnik promieniowania chwilowego (fotorezystor).



Rys. 1. Średnie miesięczne natężenie promieniowania słonecznego w zależności od kąta elewacji dla układu stacjonarnego (obliczenia własne na podstawie danych meteorologicznych)

Fig. 1. Average monthly intensity of solar radiation depending on the elevation angle of a stationary system (own calculations based on meteorological data)

Przedstawione na rys.1. wartości natężenia promieniowania w zależności od kąta pochylenia płaszczyzny jednoznacznie wskazują na potrzebę korekty jej położenia w celu osiągnięcia większego zysku energetycznego. Jak duży będzie to wzrost, w odniesieniu do średnich miesięcznych, przedstawiono w procentach w tabeli 1. Wartości dodatnie oznaczają wzrost ilości dostępnego promieniowania słonecznego w odniesieniu do poziomej płaszczyzny.

Analizując powyższe dane z tabeli I stwierdzono, że: dzięki takiemu rozwiązaniu można będzie dobrać „on-line” taki kąt ustawienia paneli słonecznych, który w okresie zwiększonego zapotrzebowania energetycznego będzie umożliwiał pozyskanie jak największej ilości energii.

Projektowany układ sterowania podobnie jak istniejący prototyp (rysunek 2) oparty będzie o mikrokontroler z rodziny AVR. Zastosowanie tego typu mikrokontrolera podyktowane jest przede wszystkim prostotą w obsłudze, łatwością programowania, powszechną dostępnością dokumentacji technicznej, energooszczędnością, szeregiem zintegrowanych układów we/wy oraz niską ceną. Podobnie jak prezentowany prototyp nowo projektowany układ sterowania posiadać będzie możliwość sterowania automatycznego, manualnego oraz zdalnego z poziomu komputera.

Tabela 1. Procentowy wzrost ilości dostępnego promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę ustawioną odpowiednio pod kątem: 30, 45, 60 i 90° w odniesieniu do poziomu
 Table 1. Percentage growth of the amount of available solar radiation incident on the plane located at the following angles: 30, 45, 60 and 90° referring to horizon

Miesiąc	Położenie płaszczyzny			
	30°	45°	60°	90°
I	28,7%	38,2%	43,8%	41,5%
II	26,3%	34,0%	37,5%	30,0%
III	12,1%	14,9%	15,1%	7,8%
IV	8,8%	8,7%	5,5%	-8,9%
V	2,4%	-1,2%	-7,7%	-26,1%
VI	0,3%	-3,5%	-9,5%	-25,5%
VII	0,2%	-3,1%	-8,3%	-22,0%
VIII	6,0%	4,2%	-0,5%	-17,0%
IX	10,3%	11,7%	10,3%	-0,2%
X	17,8%	22,6%	24,0%	17,2%
XI	30,2%	40,3%	45,8%	42,2%
XII	42,9%	57,5%	66,7%	65,1%

Źródło: obliczenia własne



Źródło: zdjęcie autora

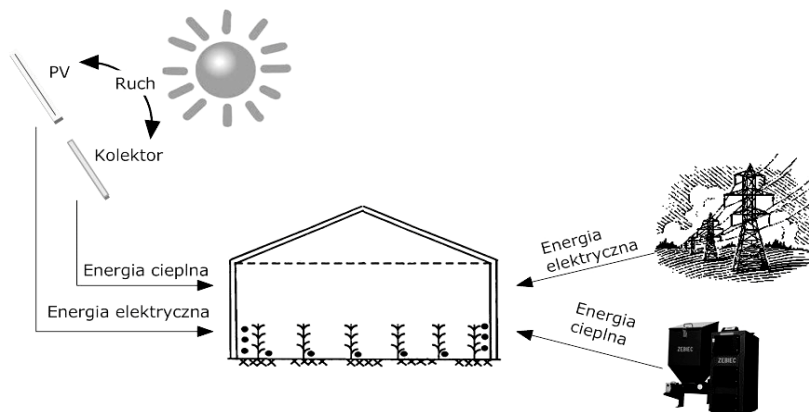
Rys. 2. Prototypowy sterownik solarny
 Fig. 2. A prototype solar control device

Program sterujący zostanie napisany w języku programowania Bascom, w którym będzie można wyróżnić dwa zasadnicze bloki: program główny oraz podprogramy realizujące poszczególne zadania związane z prawidłowym odczytem sygnałów wejściowych i odpowiednim ustawieniem paneli słonecznych do padającego słońca.

Układ ten stanowił będzie jednocześnie podsystem sterowania w zintegrowanym systemie zasilania szklarni w skład, którego wchodzić będzie system energetyczny:

- źródeł energii nie odnawialnej – energia elektryczna z sieci elektroenergetycznej oraz energia cieplna pochodząca z paliw kopalnianych.
- źródeł energii odnawialnych – energia elektryczna oraz cieplna pochodząca z konwersji promieniowania słonecznego przez fotoogniwa oraz kolektory słoneczne.

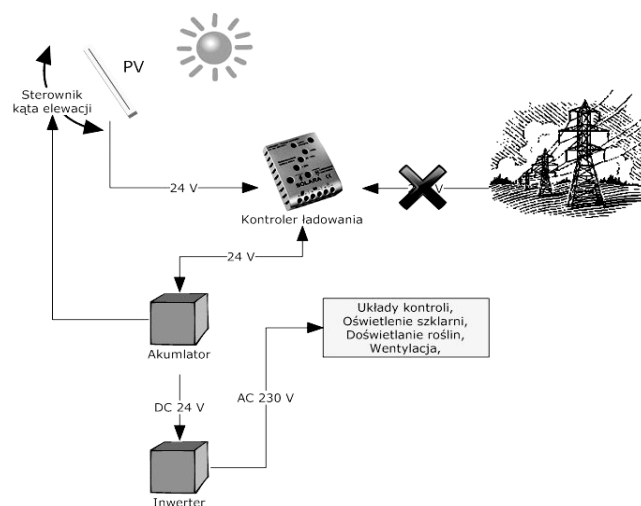
Koncepcja układu sterującego...



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Zintegrowany system zasilania szklarni
Fig. 3. An integrated system of greenhouse supply

Tego typu rozwiązanie daje możliwość w pierwszej kolejności zasilania obiektu ze źródeł odnawialnych przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłości dostaw energii potrzebnej do prawidłowego funkcjonowania szklarni. Nadwyżka energii elektrycznej pochodząca ze źródeł odnawialnych magazynowana będzie w akumulatorach i jako źródło ustawiona z priorytetem zasilania. Nad prawidłowym cyklem ładowania i rozładowania akumulatorów czuwa kontroler ładowania, który jednocześnie steruje rodzajem źródła energii zasilania (rysunek 4).

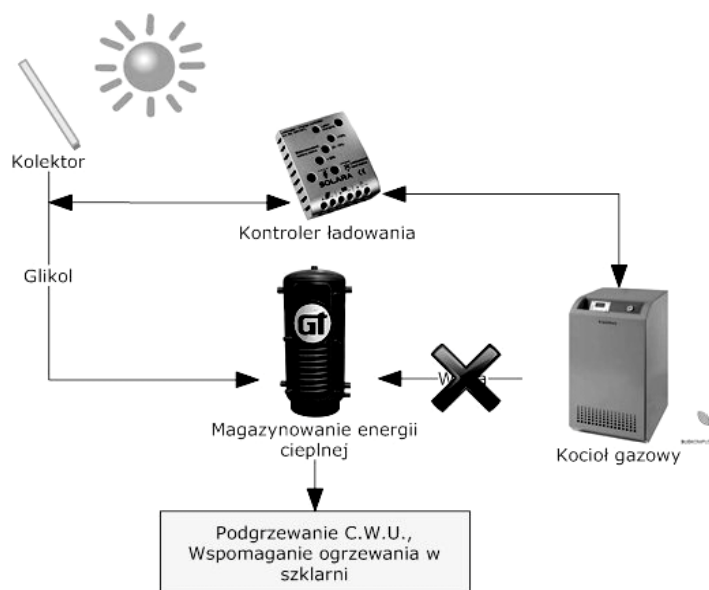


Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Schemat systemu zaopatrującego w energię elektryczną
Fig. 4. A scheme of the electric energy supply system

W przypadku chwilowego zachmurzenia energia elektryczna dostarczana będzie z akumulatorów, których stan naładowania sprawdzany jest za pomocą kontrolera ładowania. Układ ten zabezpiecza akumulatory i nie dopuszcza do ich zbyt niskiego rozładowania oraz zasiarczenia.

Z kolei ciepło pochodzące z konwersji promieniowania słonecznego magazynowane będzie w zbiorniku buforowym z którego zasilane będzie ogrzewanie ciepłej wody użytkowej oraz wspomaganie systemu grzewczego obiektu pod osłoną (rysunek 5).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Schemat systemu zaopatrującego w energię ciepłą
Fig. 5. A scheme of the heat energy supply system

Nad prawidłową pracą czuwa kontroler ładowania, który w przypadku zbyt niskiej temperatury w zbiorniku buforowym i obiekcie szklarniowym podaje sygnał do uruchomienia kotła gazowego, który dostarcza potrzebną ilość ciepła do układu grzewczego szklarni czy tunelu foliowego.

Projektowany układ sterowania kątem nachylenia paneli słonecznych oraz układ wykonawczy zasilany będzie z akumulatora stanowiącego magazyn energii elektrycznej zintegrowanego systemu zasilania. Dzięki takiemu rozwiązaniu układ sterujący staje się energetycznie samowystarczalny i nie wprowadza dodatkowych kosztów związanych z jego zasilaniem.

Ponad to zgromadzona energia w akumulatorze może zostać wykorzystana do zasilania układu sterującego klimatem w szklarni, doświetlania roślin w okresie mniejszego nasłonecznienia oraz do zasilania wentylatorów schładzających powietrze wewnątrz obiektu.

Natomiast energia cieplna może zostać wykorzystana do podgrzewania ciepłej wody użytkowej oraz wspomaganie ogrzewania szklarni.

Podsumowanie

W wyniku zastosowania układu sterującego kątem nachylenia (elewacji) paneli słonecznych stanowiących w systemie zintegrowanego zasilania przewiduje się uzyskanie większej sprawności paneli solarnych przy jednoczesnym zmniejszeniu nakładów na energię pochodzącą ze źródeł konwencjonalnych. Jednocześnie spodziewamy się uzyskania takiej ilości energii, która rekompensowała by koszty związane z zasilaniem układu sterowania oraz jego serwisowania na przestrzeni kilku lat.

Bibliografia

- Albers J. i in.** 2007. Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji – Poradnik dla projektantów i instalatorów. WNT. Warszawa. ISBN 978-83-204-3284-8.
- Koussa M., Cheknane A., Hadji S., Haddadi M., Noureddine S.** 2011. Measured and modelled improvement in solar energy yield from flat plate photovoltaic systems utilizing different tracking systems and under a range of environmental conditions. *Applied Energy* 88. pp. 1756–1771.
- Kurpaska S.** 2007. Szklarnie i tunele foliowe. PWRiL. Poznań. ISBN 978-83-09-01024-1.
- Kurpaska S.** 2003. Energia słoneczna w uprawach pod osłonami. *Hasło ogrodnicze* Nr. 11 Kraków. s.15-16.
- Kurpaska S., Latała H.** 2008. Efektywność pompy ciepła współpracującej w układzie hybrydowym z kolektorami słonecznymi. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6 (104). s. 97-104.
- Latała H.** 2008. Wspomaganie ogrzewania tunelu foliowego energią promieniowania słonecznego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5 (103). s. 43-49.
- Pabisek P.** 2010. Projekt układu sterującego kątem azymutu w systemie solarnym. Praca magisterska. Maszynopis.
- Dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków [online]. Kraków Balice. 2008. [dostęp: 02.02.2011] Dostępny w Internecie: <http://www.mi.gov.pl/files /0/1787735/wmo125660iso.txt>

THE CONCEPT OF THE SYSTEM CONTROLLING THE SOLAR SYSTEM, WHICH SUPPORTS THE UNDER COVERS PRODUCTION

Abstract. The study presents the concept of the system, which controls the elevation angle of solar collectors and photovoltaic boards. Obtaining the biggest possible amount of heat and electric energy, which comes from the solar radiation, and application of these sources for crops under covers will be the purpose of the suggested solution.

Key words: follow-up system, control system, integrated system

Adres do korespondencji:

Paweł Pabisek; e-mail: ppabisek@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków