

UDZIAŁ ENERGII FOTOELEKTRYCZNEJ WYKORZYSTANEJ DO ZASILANIA APARATURY KONTROLNO-POMIAROWEJ W TUNELU OGRODNICZYM¹

Paweł Pabisek, Hubert Latała

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy określono ilość uzyskanej energii z paneli fotowoltaicznych, zasilających aparaturę kontrolno pomiarową w tunelu ogrodniczym. Panele pracowały w hybrydowym systemie energetycznym pod stałym obciążeniem. Wyznaczono sprawność ogniw fotowoltaicznych, regulatora solarnego, inwertera, układu zasilającego aparaturę kontrolno pomiarową energią odnawialną. Określono ilość pozyskanej energii w okresie od czerwca do listopada, natężenie promieniowania oraz procentowy udział energii odnawialnej w ogólnym zużyciu energii elektrycznej. Ponadto obliczono ilość zaoszczędzonych środków finansowych stosując hybrydowy system zasilania.

Słowa kluczowe: fotowoltaika, sprawność, hybrydowy system, koszty

Wstęp

Rosnące w rolnictwie potrzeby energetyczne, konieczność zmniejszenia spalania paliw kopalnianych, ale również szeroki asortyment, dostępność i znacznie lepsza jakość techniczna urządzeń niż przed laty związanych z odnawialnymi źródłami energetycznymi [Pabis 2011] stymulują do coraz szerszego stosowania odnawialnych źródeł w systemie zintegrowanym, które w sposób ciągły mogą zaopatrywać gospodarstwo rolne w energię. Prowadzone prace badawcze w Polsce oraz na świecie koncentrują się głównie nad zmniejszeniem zużycia energii wykorzystywanej w procesie produkcyjnym. Rutkowski i Wojciech [2008] widzą możliwości ograniczenia kosztów produkcji, które wiążą się z koniecznością doskonalenia technologii i unowocześniania wyposażenia technicznego. Poszukiwane udoskonalenia podyktowane są utrzymującym się w ostatnich latach ciągłym wzrostem kosztów energii elektrycznej, opału oraz paliw. Określają oni strukturę nakładów w produkcji pomidora w obiekcie szklarniowym, podczas której energia zużywana do produkcji stanowi 45,8% nakładów produkcyjnych w tym energia elektryczna stanowiąca 2,33%. Zabeltitz [1990]

¹ Praca finansowana z projektu badawczego nr N N 313 445137

podkreśla, iż w okresie wiosenno-jesiennym istnieją potencjalne możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii głównie energii słonecznej, a w intensywnej produkcji rolniczej zapotrzebowanie na energię elektryczną związane jest z koniecznością stosowania różnorodnej aparatury monitorującej, kontrolno-pomiarowej, ochronnej lub sterującej. Zastosowanie źródła fotowoltaicznego rozwiązuje problem zasilania energetycznego w sposób zdecentralizowany i rozproszony odgrywając kluczową rolę w tworzeniu zrównoważonego systemu gospodarowania energią [Latała 2011].

Problematyka opłacalności jest nieodłącznym zagadnieniem przy wprowadzaniu do obiektów produkcyjnych innowacji technicznych [Kurpaska 2004], na którą wpływa również sprawność urządzeń.

Środki produkcji wykorzystywane w procesie produkcyjnym ulegają ciągłemu zużyciu, a ich wartość spada w ciągu okresu eksploatacji do zera lub do wartości likwidacyjnej. Ponoszone podczas okresu eksploatacji różne koszty, najczęściej wzrastające coroczne wydatki na naprawy i konserwacje [Reisch i Zeddies 1995] energię elektryczną i inne wpływają na cenę produktu finalnego.

W związku z powyższym podjęto próbę wyznaczenia sprawności ogniw fotowoltaicznych, sprawności systemu zasilania energią odnawialną oraz określenia procentowego udziału ilości energii elektrycznej uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych pracujących w systemie hybrydowym pod stałym obciążeniem. Podjęto również próbę określenia ilości zaoszczędzonych środków finansowych stosując hybrydowy system zasilania.

Cel badań

Celem badań było wyznaczenie sprawności ogniw fotoelektrycznych, sprawności systemu zasilania energią odnawialną oraz określenie procentowego udziału ilości energii elektrycznej uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych pracujących w systemie hybrydowym pod stałym obciążeniem. Uzyskana w ten sposób energia wykorzystana była do zasilania aparatury kontrolno-pomiarowej w tunelu ogrodnictwa i pozwoliła określić ilość zaoszczędzonych środków finansowych stosując hybrydowy system zasilania.

Metodyka badań

Badania polegały na wyznaczeniu sprawności ogniw fotoelektrycznych, sprawności systemu zasilania energią odnawialną oraz określeniu procentowego udziału ilości energii elektrycznej uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych pracujących w systemie hybrydowym pod stałym obciążeniem. Badania przeprowadzono w okresie od czerwca do listopada za pomocą paneli fotowoltaicznych Yingu Solar wykonanych z krzemu polikrystalicznego typu: YL 235 P-29B / 1650X990 zlokalizowanych na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Szczegółowe dane techniczne paneli fotowoltaicznych zamieszczono w tabeli 1.

Ogniwa fotowoltaiczne o powierzchni 3 m² i łącznej mocy znamionowej 470 Wp zainstalowane na ruchomym suporcie połączone były instalacją w skład której wchodziły następujące elementy: kable solarne, regulator solarny typu: IVT 30 A, akumulatory żelowe

Udział energii fotoelektrycznej...

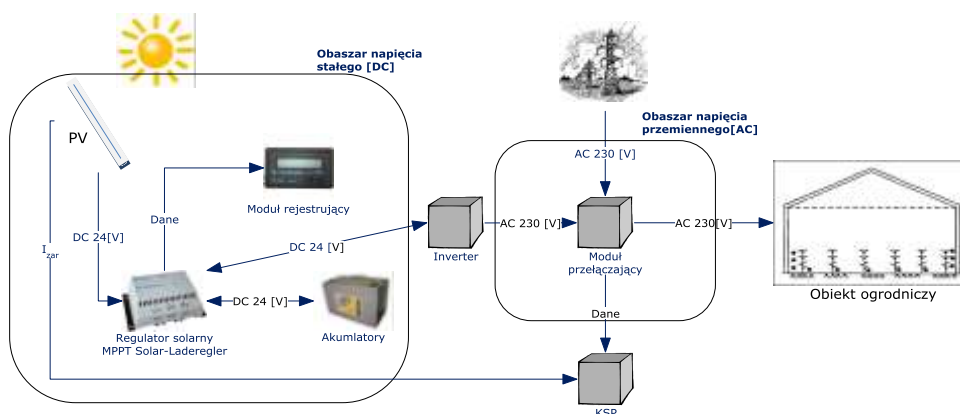
HZY 12 - 200 każdy o pojemności 200 Ah, inwerter, układy pomiarowe. Schemat instalacji przedstawia rysunek 1.

Tabela 1. Parametry techniczne paneli fotowoltaicznych Yiugn Solar YL 235 P-29b

Table 1. Technical parameters of solar photovoltaic panels Yiugn YL 235 P-29b

Parametr	Jednostka	Wartość
Moc znamionowa	[W]	235
Tolerancja mocy	[%]	± 3
Efektywność	[%]	14,40
Efektywność po 10 latach	[%]	12,96
Efektywność po 25 latach	[%]	11,52
Napięcie pracy	[V]	29,50
Maksymalny prąd pracy	[A]	7,97
Napięcie w stanie jałowym	[V]	37,00
Prąd zwarcia	[A]	8,54
Maksymalne napięcie systemu	[V]	1000
Temperatura pracy	[°C]	- 40 do + 85

Źródło: Nota katalogowa



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Schemat instalacji zintegrowanego systemu energetycznego

Fig. 1. Schematic diagram of the integrated energy system

Instalacja zasilająca następującą aparaturę kontrolno-pomiarową w tunelu ogrodniczym: rejestrator cyfrowy DKR, rejestrator temperatury KRT-01K DKR, rejestrator PT-1000R, rejestrator ST07 oraz pompę wody, o łącznej mocy: 1,90 kVA. W okresie od 24 czerwca do 27 września panele ustawione było pod kątem 30 stopni, natomiast w okresie od 28 września do 15 listopada pod kątem 45 stopni (kąąt elewacji). Powyższa zmiana miała na celu uzyskanie jak największej ilości energii elektrycznej w badanym okresie.

W przedmiotowych badaniach analizowano parametry pracy paneli fotowoltaicznych, systemu zasilania, które mierzono i rejestrowano za pośrednictwem regulatora solarnego w 10 sekundowych przedziałach czasowych. Dokonano pomiaru następujących parametrów: wartości napięcia wejściowego U_S , wartość prądu wejściowego I_S , wartości napięcia wyjściowego U_A , wartość prądu wyjściowego I_A . Mierzono parametry zużycia energii przez aparaturę kontrolno pomiarową zlokalizowaną w tunelu ogrodniczym za pomocą Komputerowego Systemu Pomiarowego (KSP). Wymienione poniżej parametry były mierzone i rejestrowane w przedziałach 30 sekundowych przez KSP. Ponadto KSP monitorował pracę modułu przełączającego sterującego rodzajem źródła prądu. Dokonano pomiaru następujących parametrów: natężenia promieniowania słonecznego I_{zar} , wartość napięcia zasilania U , wartość prądu I , chwilowej mocy czynnej P , biernej Q , pozornej S . Następnie badany system podzielono (Rysunek 1) na dwa obszary w zależności od rodzaju przepływającego prądu w instalacji elektrycznej (prądu stałego, przemiennego) i wyliczono wartości mocy wg zależności:

1. Dla źródła prądu stałego [DC] obliczono moc uzyskaną z paneli fotowoltaicznych (P_S) wg zależności (1) oraz moc uzyskaną na zaciskach akumulatorów (P_A) (2):

$$P_S = U_S \cdot I_S \quad (1)$$

$$P_A = U_A \cdot I_A \quad (2)$$

gdzie:

- U_S – wartość napięcia uzyskana na ogniwach fotowoltaicznych [V],
- I_S – wartość prądu uzyskaną na ogniwach fotowoltaicznych [A],
- U_A – wartość napięcia uzyskana na zaciskach akumulatora [V],
- I_A – wartość prądu uzyskana na zaciskach akumulatora [A].

2. Dla źródła prądu przemiennego [AC] obliczono uzyskane moce na zaciskach inwertera wg następujących zależności (3), (4) i (5). Zarejestrowane wartości mocy chwilowych przez KSP nie wystarczały do przeprowadzenia analizy okresowej. W związku z powyższym konieczne było przeprowadzenie dodatkowych obliczeń w celu uzyskania wartości mocy w czasie odpowiadającym jednemu okresowi lub jego wielokrotności. Do obliczeń wartości mocy czynnej, biernej i pozornej zastosowano zależności (3), (4), (5):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5)$$

gdzie:

- P – moc czynna [W],
- Q – moc bierna [Var],
- S – moc pozorna [VA],
- U – wartość napięcia [V],
- I – wartość prądu [A].

Kolejnym etapem było obliczenie ilości energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych, ilość energii na zaciskach akumulatora oraz jej zużycie w ciągu doby stosując ogólną zależność (6):

$$Y = \frac{X}{3600} \cdot (t_n - t_{n-1}) \quad (6)$$

gdzie:

- Y – moc [KW],
- X – moc w czasie odpowiadającym jednemu okresowi [KW],
- t_n, t_{n-1} – czas [s].

Tak uzyskane wartości wyrażone w czasie zsumowano w przedziale dobowym i w całym badanym okresie, a następnie wyliczono sprawności ogniw fotoelektrycznych wg zależności (7) oraz sprawności systemu zasilania i procentowy udział ilości energii uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych.

$$\eta = \frac{Y_U}{Y_D} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

gdzie:

- η – sprawność [%],
- Y_U – moc uzyskana [KW],
- Y_D – moc dostarczona [KW].

Następnie na podstawie aktualnych cen energii elektrycznej obliczono ilość zaoszczędzonych środków finansowych stosując hybrydowy system zasilania aparatury kontrolno pomiarowej w badanym obiekcie ogrodniczym. W obliczeniach nie uwzględniono kosztów związanych z wytworzeniem instalacji oraz amortyzacji. Do obliczeń wykorzystano obowiązujące stawki energii elektrycznej dla firmy Tauron S.A. Przyjęto taryfę C21 dla małych i średnich firm, których moc zapotrzebowania przekracza 40 kW, a następnie wyliczono ilość zaoszczędzonych środków finansowych wg zależności (8):

$$F = (E \cdot KW) \quad (8)$$

gdzie:

- E – stawka opłaty za energię elektryczną wg taryfy C21 [PLN·kWh⁻¹],
- KW – ilość zużytej energii [kWh],

W tabeli 2 podano aktualne stawki energii elektrycznej oraz opłaty dla taryfy C21 na dzień 12 marca 2012 roku.

Uzyskane oszczędności nie uwzględniają pozostałych opłat i zmiennych składników opłat za energię elektryczną, które uzależnione są od ilości zużytej energii nie tylko przez system kontrolno pomiarowy, ale również z całego obiektu ogrodniczego. Dlatego wylicze-

nie ich tylko dla zużycia samego systemu kontrolno pomiarowego wprowadziłoby czytelnika w błąd.

Tabela 2. Aktualne ceny energii elektrycznej oraz opłat dla taryfy C21 w Tauron S.A.

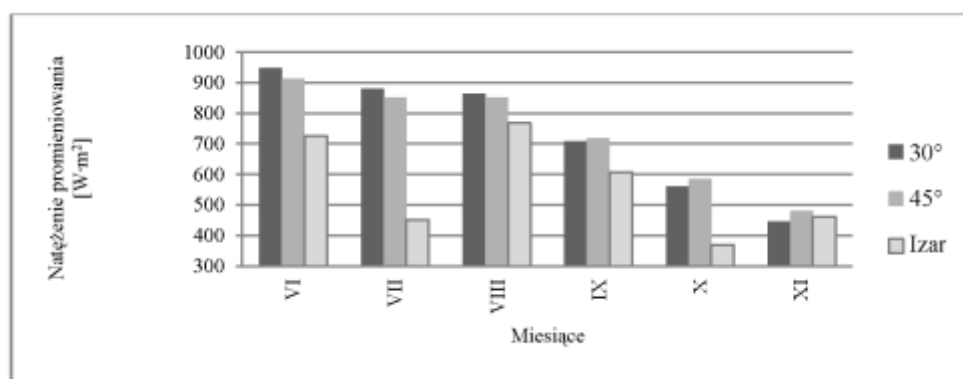
Table 2. Current price of electricity tariffs and charges for C21 in Tauron SA

Opłata	Stawka	Jednostka
Opłata za energię elektryczną	0,3408	[PLN·kWh ⁻¹]
Opłata handlowa	30	[PLN·m·c ⁻¹]
Składnik zmiennej składki sieciowej	0,1623	[PLN·kWh ⁻¹]
Składnik stały stawki sieciowej	6,30	[PLN·(kW·m·c) ⁻¹]
Opłaty przejściowe	1,06	[PLN·(kW·m·c) ⁻¹]
Stawka jakościowa	0,0065	[PLN·kWh ⁻¹]
Abonament	11,5	[PLN·m·c ⁻¹]

Źródło: Tauron S.A.

Wyniki badań

Na rysunku 2 została przedstawiona średnia miesięczna wartości natężenia promieniowania słonecznego I_{zar} w odniesieniu do uśrednionych wartości natężenia promieniowania słonecznego dla miejscowości Balice dla kąta 30 i 45 stopni na przestrzeni 20 lat. W wyniku czego można stwierdzić, iż panujące warunki solarne podczas prowadzonych badań odbiegają od wartości uśrednionych. Zarejestrowane wartości natężenia promieniowania słonecznego I_{zar} są niższe od średnich wartości natężenia promieniowania słonecznego dla kąta 30 i 45 stopni w okresie 20 lat, co w konsekwencji ma wpływ na ilość uzyskanej energii elektrycznej pozyskanej z badanych ogniw fotowoltaicznych. Tylko w miesiącu listopadzie natężenie promieniowania słonecznego I_{zar} było zbliżone do wartości uśrednionych natężenia promieniowania słonecznego z okresu 20 lat dla kąta 45 stopni.

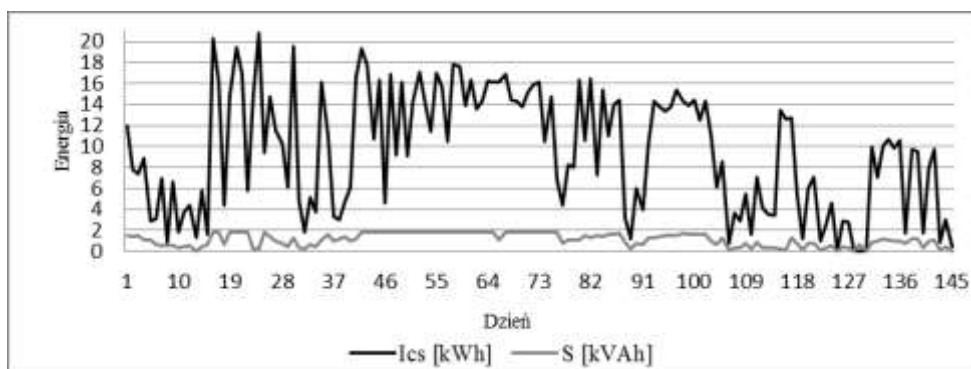


Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Średnie miesięczne natężenie promieniowania słonecznego
Fig. 2. Average monthly solar radiation

Przedstawione na rysunku 2 wartości natężenia promieniowania słonecznego w zależności od kąta pochylenia płaszczyzny (dla kąta 30 i 45 stopni) z okresu 20 lat jednoznacznie wskazują na potrzebę korekty paneli fotowoltaicznych w celu osiągnięcia większego zysku energetycznego. I tak w miesiącach czerwiec – sierpień optymalny kątem ustawienia paneli fotoelektrycznych jest kąt 30 stopni, natomiast w miesiącach wrzesień – listopada kąt 45 stopni.

Na rysunku 3 przedstawiono ilość docierającego promieniowania słonecznego na powierzchnię 3 m² paneli fotoelektrycznych w ciągu dnia I_{cs} oraz ilość całkowitej energii elektrycznej pozyskanej przez system solarny. Zarejestrowane wartości poszczególnych mocy podczas prowadzonych badań charakteryzowały się dużą zmiennością w czasie, która uzależniona była od panujących warunków solarnych w danym dniu. Zobrazowana na wykresie wartość energii pozornej S określa ilość całkowitej energii elektrycznej zużytej przez zasilane odbiorniki. Jak wynika z analizy przedstawionego wykresu (rys. 3), powyżej 14,50 kWh·dzień⁻¹ system solarny zapewniał w stu procentach dzienne zapotrzebowanie na energię elektryczną dla wszystkich podłączonych odbiorników. Natomiast nadmiar energii gromadzony był w akumulatorach i wykorzystany podczas gorszych warunków solarnych.



Źródło: opracowanie własne

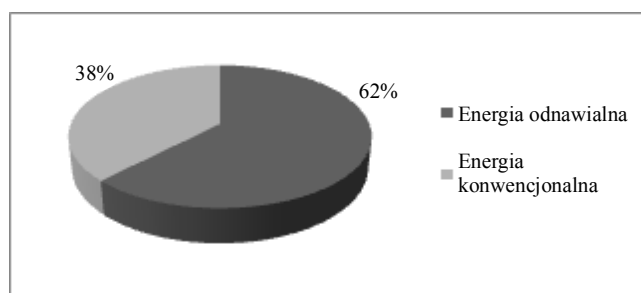
Rys. 3. Energia promieniowania słonecznego w ciągu dnia i energia pozyskana z systemu fotowoltaicznego

Fig. 3. Solar radiation during the day and the energy obtained from the photovoltaic system

Przedstawiona wartość mocy pozornej jest znacznie mniejsza w porównaniu do mocy docierającego promieniowania słonecznego do paneli fotoelektrycznych. Różnica ta wynika wprost ze sprawności całego systemu solarnego, która wyniosła 11,83%.

Zgromadzone dane pozwoliły również wyznaczyć sprawność poszczególnych elementów systemu solarnego. I tak średnia wartość strat energii pomiędzy zaciskami wyjściowymi z paneli fotowoltaicznych, a zaciskami wyjściowymi regulatora solarnego podczas prowadzonych badań wyniosła 6,04%. Maksymalne zarejestrowane straty wyniosły 8,76%. Wyznaczona sprawność regulatora zgodnie z zależnością nr 7 wyniosła 93,70%.

Sprawność ogniw fotowoltaicznych wynosiła 13,84% i odbiegała od wartości katalogowej 14,40%. Jednak różnica ta mogła wynikać z zabrudzeń szyby solarnej, odbić od szyby solarnej promieni słonecznych oraz padania promieni słonecznych nie prostopadle do płaszczyzny paneli. Ponadto wyznaczono sprawność inwertera która w wyniosła 91,12%.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Procentowy udział energii elektrycznej odnawialnej w ogólnym zużyciu energii elektrycznej konwencjonalnej zasilającej aparaturę kontrolno-pomiarową

Fig. 5. Percentage share of renewable energy in overall energy consumption of electrical power measurement and control equipment

W ujęciu procentowym (rys. 5) udział energii elektrycznej odnawialnej w badanej instalacji w ogólnym zużyciu energii elektrycznej konwencjonalnej zasilającej aparaturę kontrolno-pomiarową wynosił 62%. Uzyskana w ten sposób energia elektryczna przyczyniła się do oszczędności w wysokości 66,75 PLN (w tym VAT), co w odniesieniu do całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną jest wynikiem dostatecznym.

Podsumowanie

Produkcja energii fotoelektrycznej na tym etapie rozwoju technologicznego nie jest dobrą inwestycją, ze względu na znaczne koszty związane z zakupem paneli słonecznych oraz pozostałych elementów instalacji solarnej. Jednak dalsze udoskonalanie budowy samych ogniw fotowoltaicznych na poziomie strukturalnym, wzrost sprawności, a co za tym idzie opłacalność inwestycji może przyczynić się do znacznego wzrostu zainteresowania rolników do inwestowania w tego typu rozwiązania energetyczne nie tylko w uprawach pod osłonami. Przeprowadzone badania pozwoliły wyznaczyć:

- sprawności ogniw fotowoltaicznych, która wynosiła w badanym okresie 13,84%,
- sprawności systemu zasilania energią odnawialną, która wynosiła 11,83%,
- sprawność regulatora solarnego, która wynosiła 93,70%,
- sprawność inwertera, która wynosiła 91,12%,
- procentowy udział ilości energii elektrycznej uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych pracujących w systemie hybrydowym pod stałym obciążeniem w tunelu ogrodniczym, która wyniosła 62% w ogólnym zużyciu energii elektrycznej.

Należy zaznaczyć, iż badania prowadzono w okresie letnio-jesiennym, który charakteryzował się znacznie lepszymi warunkami solarnymi niż okres zimowo-letni, pomimo, że warunki solarne odbiegały od wartości uśrednionych na przestrzeni 20 lat, a zasilane odbiorniki nie były urządzeniami o średnim i wysokim zapotrzebowaniu mocy.

Wyznaczona sprawności ogniw fotowoltaicznych 13,84% odbiega od wartości katalogowej 14,40% jednak różnica ta jest do przyjęcia i może wynikać z zabrudzenia szyby solarnej przez pyły i kurz, które powodują częściowe rozproszenie padającego promieniowania słonecznego, odbicia od szyby solarnej promieni słonecznych, kąta padania promieni słonecznych nie prostopadle do płaszczyzny paneli fotoelektrycznych.

Spodziewano się, iż udział energii elektrycznej pochodzenia odnawialnego zaspokoi przynajmniej w 75-85% zapotrzebowania na energię elektryczną. Uzyskana energia elektryczna pochodzenia odnawialnego zmniejszy nakłady finansowe ponoszone na energię elektryczną zasilającą aparaturę kontrolno pomiarową o 66,75 PLN (w tym VAT) w stosunku do całkowitego zużycia za, które musiał by zapłacić odbiorca w wysokości: 108,01 PLN (w tym VAT), przy czym w obliczeniach nie uwzględniono pozostałych opłat i zmiennych składników opłat za energię elektryczną zgodnie z taryfą C21 Tauron S.A przez co kwota o której mowa powyżej była by wyższa.

Stosowanie tego typu rozwiązania oprócz aspektów ekonomicznych niesie ze sobą korzyści środowiskowe w postaci zmniejszenia emisji gazów i pyłów do atmosfery co pośrednio wpływa na zmniejszenie skażenia gleby, wód i poprawę warunków egzystencji roślin i zwierząt, zarówno gospodarskich jak i dziko żyjących. Ponadto wpływa na jakości produkowanej żywności [Gierulski 2003]. Zapewni ciągłości dostaw energii elektrycznej tak bardzo ważnych w produkcji rolniczej i może być wykorzystywana w miejscach gdzie nie opłacalna jest budowa linii doprowadzających energię elektryczną.

Podsumowując przeprowadzone badania wskazują:

- na potrzebę korekty paneli fotowoltaicznych w celu osiągnięcia większego zysku energetycznego,
- na ekonomicznie nieuzasadnione źródło energii ze względu na cenę instalacji solarnej, sprawność całego systemu oraz zaoszczędzone środki finansowe w porównaniu do nakładów finansowych,
- iż energia fotoelektryczna może stanowić alternatywne źródło zasilania obiektu ogrodniczego w przypadku przerwy w dostawie energii lub stanowić źródło zasilania w systemie zdecentralizowanym i rozproszonym.

Bibliografia

- Gierulski K.** (2003): Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego. Przewodnik dla samorządów terytorialnych i inwestorów. IBMER. Warszawa, 12-17.
- Kurpaska S. (red.)** (2004): Funkcjonalność zintegrowanego systemu grzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, ISBN 83-917053-1-5.
- Bolkowski S.** (2005): Teoria obwodów elektrycznych. WNT. Warszawa. ISBN 9788320433449.
- Latała H., Kurpaska S.** (2011): Analiza teoretyczna uzysku energetycznego krzemowych ogniw fotowoltaicznych w warunkach solarnych Małopolski. Inżynieria Rolnicza, 4(129), 183-189.
- Pabis J.** (2011): Zintegrowane systemy energetyczne w rolnictwie. Współczesna Inżynieria Rolnicza – badania i zastosowania, PTIR, Kraków, 253-261.

- Reisch E. Zeddies J.** (1995): Wprowadzenie do ekonomiki i organizacji podstaw rolnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, ISBN 8386363673.
- Rutkowski K. Wojciech J.** (2008): Nakłady energetyczne na produkcję pomidora w szklarniach zblokowanych. Inżynieria Rolnicza, 9(107), 257-262. ISSN 1429-7264.
- Zabeltitz Von Ch.** (1990): Greenhouse heating with solar energy. FAO Regional Office for Europe, Rome.
- Dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków [online]. Kraków Balice. 2008. [dostęp: 02.03.2012] Dostępny w Internecie: <http://www.mi.gov.pl/files/0/1787735/wmo125660iso.txt>.
- Nota katalogowa [online]. Baoding [dostęp: 15.03.2012] Dostępny w Internecie: <http://www.cascadeng.com/pdf/renewable/Yingli%20230.pdf>.
- Taryfy dla energii elektrycznej Tauron Sp z .o.o. [online] Kraków. 2012. [dostęp: 8.04.2012] Dostępny w Internecie: <http://www.tauron-pe.pl/dla-malych-srednich-firm/sprzedaz2/Documents/NOWA%20TARYFA%20A,B,C,D,O,R.pdf>.

PARTICIPATION OF PHOTOELECTRIC ENERGY USED TO SUPPLY CONTROL –MEASUREMENT APPARATUS OF A PLASTIC TUNNEL

Summary. The work determines the amount of energy obtained from solar panels supplying control and measurement equipment in the plastic tunnel. Panels were working in a hybrid power system under a constant load. The efficiency of photovoltaic cells, solar controller, inverter, The amount of the energy obtained during the period from June to November, the intensity of radiation and the percentage share of renewable energy in total consumption of electric energy was determined. Moreover, the amount of financial savings due to the use of hybrid power system was calculated.

Key words: photovoltaics, efficiency, hybrid system, COSTS

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