

Praktyczne aspekty wykorzystania instalacji fotowoltaicznych w budownictwie

Waldemar Dołęga

1. Wprowadzenie

Zwiększenie udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w budownictwie stanowi jeden z krajowych i unijnych priorytetów polityki energetycznej. Jest ona ukierunkowana m.in. na podejmowanie skutecznych i efektywnych działań umożliwiających uzyskanie znacznych oszczędności energii w budynkach oraz zaopatrywanie ich w coraz większym stopniu w energię z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii [1].

Jednym z możliwych źródeł wytwarzania energii elektrycznej w budownictwie są systemy fotowoltaiczne. Pozwalają na uniezależnienie się od krajowych dostawców energii elektrycznej, zmniejszenie zużycia energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych i znaczną redukcję wydatków na energię elektryczną w gospodarstwach domowych.

Najważniejszymi i podstawowymi elementami instalacji fotowoltaicznych są ogniwa fotowoltaiczne, które służą do bezpośredniej zamiany energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Odbywa się to na drodze konwersji fotowoltaicznej, bez ubocznej emisji zanieczyszczeń, hałasu i innych czynników wywołujących niekorzystne zmiany środowiska naturalnego [2]. Pojedyncze ogniwo fotowoltaiczne produkuje zazwyczaj energię elektryczną o niewielkiej mocy (0,5–2 W), co jest niewystarczające dla większości zastosowań. Dla uzyskania wymaganych większych wartości mocy ogniwa łączone są szeregowo lub równolegle, tworząc moduł. Moduły można dowolnie łączyć mechanicznie i elektrycznie w większe zestawy w zależności od potrzeb. Tworzą one wówczas panele fotowoltaiczne. Moc modułów i paneli zależy od ich powierzchni i określana jest w stosunku do mocy szczytowej.

2. Systemy fotowoltaiczne

System fotowoltaiczny składa się z modułów lub paneli fotowoltaicznych oraz elementów dostosowujących wytwarzany w ogniwach prąd stały do potrzeb zasilanych urządzeń (elektroniczne urządzenia sterujące, akumulatory itp.). Potrzebna jest także odpowiednia konstrukcja kierująca moduły lub panele w kierunku Słońca oraz zabezpieczająca przed kradzieżą. Jeżeli system jest systemem autonomicznym lub jest przewidziany do zasilania odbiorników elektrycznych w porze nocnej, konieczne jest stosowanie odpowiedniego systemu magazynowania energii wyprodukowanej w ciągu dnia, którym jest przeważnie akumulator. Jeżeli system zasilą urządzenia stałoprądowe, potrzebny jest kontroler napięcia. Do zasilania z systemu fotowoltaicznego urządzeń zmiennoprądowych konieczne jest użycie falownika. Potrzebna jest także odpowiednia konstrukcja kierująca moduły lub panele w kierunku Słońca oraz zabezpieczająca przed kradzieżą.

Streszczenie: W artykule przedstawiono praktyczne aspekty wykorzystania instalacji fotowoltaicznych w budownictwie. Przedstawiono charakterystykę systemów fotowoltaicznych oraz przeanalizowano układy stosowane w budownictwie i oceniono ich rozwiązania w aspekcie technicznym. Ponadto przeanalizowano i oceniono różnorodne aspekty ekonomiczne związane z wykorzystaniem instalacji fotowoltaicznych.

Słowa kluczowe: budownictwo, odnawialne źródła energii, fotowoltaika.

W systemach fotowoltaicznych konieczne jest często stosowanie odpowiedniego systemu magazynowania energii. Do tego celu powszechnie stosuje się akumulatory. Naładowany akumulator dostarcza energię elektryczną do zasilanego obwodu, jeśli moduł lub panel fotowoltaiczny nie dostarcza wystarczającej ilości energii na skutek braku promieniowania słonecznego lub w sytuacji, gdy jest ono niewystarczające. Akumulatory mają więc ogromne znaczenie dla prawidłowej pracy systemów fotowoltaicznych. Muszą być bezawaryjne i mieć wystarczająco dużą pojemność, aby zapewnić dostarczanie energii w nocy oraz w okresach złej pogody. Większość akumulatorów używanych w systemach fotowoltaicznych jest ołowiowo-kwasowa. Od dobrej jakości akumulatorów tego typu oczekuje się 5–7 lat pracy, przy odpowiedniej obsłudze i użyciu odpowiedniego kontrolera ładowania. Użyteczny czas życia akumulatora zależy w znacznym stopniu od sposobu kontroli jego ładowania i rozładowania.



Rys. 1. Dom jednorodzinny z zainstalowanymi panelami fotowoltaicznymi [5]

W systemach fotowoltaicznych zasilających obwody zmiennoprądowe konieczne jest stosowanie falownika. Głównymi funkcjami falownika są: zamiana napięcia stałego na zmienne oraz nadanie wymaganego kształtu wyjściowej fali zmiennonapięciowej. Falowniki w zastosowaniach fotowoltaicznych muszą być niezawodne i mieć wystarczająco dużą sprawność.

Moduły lub panele fotowoltaiczne użytkowane w budynkach umieszcza się na ich dachach lub elewacjach. Na rys. 1 przedstawiono przykład budynku jednorodzinny z zainstalowanymi panelami fotowoltaicznymi na dachu.

Systemy fotowoltaiczne mogą być instalowane autonomicznie, np. dla określonego budynku, lub mogą być przyłączone do sieci elektroenergetycznej.

W ramach systemów autonomicznych wyróżnia się: bezpośrednio, na prąd stały, na prąd zmienny i hybrydowe [3].

W systemie autonomicznym bezpośrednim energia elektryczna wyprodukowana w modułach lub panelach jest wykorzystywana do bezpośredniego zasilania określonego urządzenia.

W systemie autonomicznym na prąd stały energia wyprodukowana w modułach lub panelach jest wykorzystana do ładowania akumulatora, z którego może być pobrana o każdej porze. W systemie takim występuje regulator ładowania akumulatora, który steruje procesem ładowania akumulatora, chroniąc go przed naładowaniem lub zbyt głębokim rozładowaniem. Jest to realizowane w pierwszym przypadku przez odłączenie modułu lub panelu, natomiast w drugim przez odłączenie zasilanego obwodu.

W systemie autonomicznym na prąd zmienny, którego schemat przedstawiono na rys. 2, energia wyprodukowana w modułach lub panelach jest wykorzystana do ładowania akumulatora, z którego może być pobrana o każdej porze. W systemie takim występuje regulator ładowania akumulatora oraz falownik, który przetwarza prąd stały na prąd zmienny.

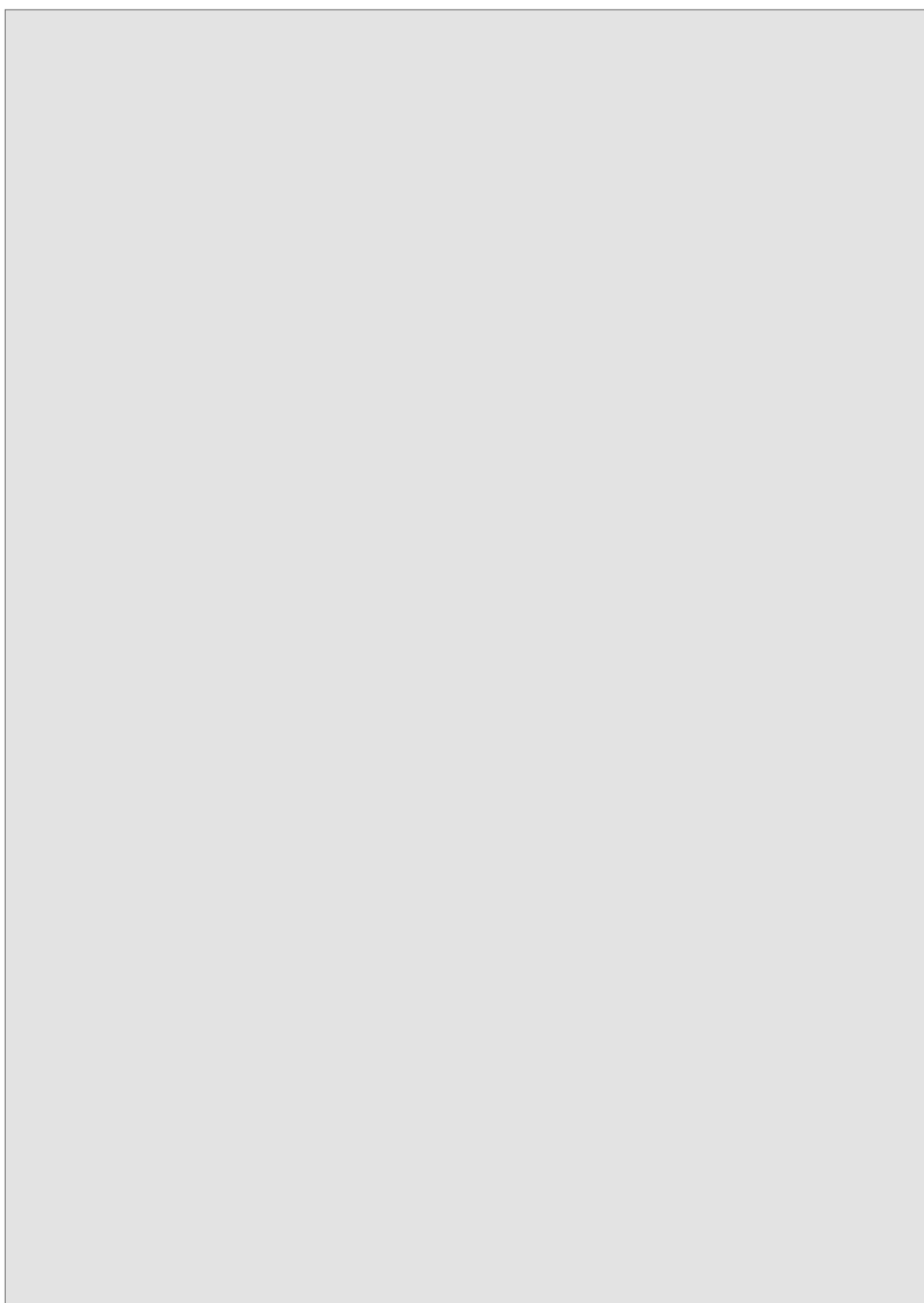
W systemie autonomicznym hybrydowym, którego schemat przedstawiono na rys. 3, stosuje się rozwiązania analogiczne jak dla prądu zmiennego z dodatkowym źródłem prądu. Może to być generator prądotwórczy (spalinowy, gazowy) lub przydomowa elektrownia wiatrowa. Źródło to jest wykorzystywane głównie w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Zastosowanie sys-

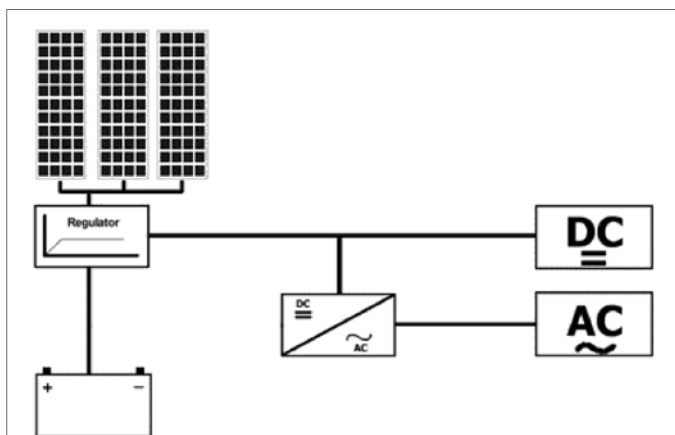
temu hybrydowego pozwala na efektywne wykorzystanie różnych systemów wytwarzania energii niezbędnej do zasilania danego obiektu [4].

Do zasilania budynków jednorodzinnych o stosunkowo małym zużyciu energii stosuje się system autonomiczny na prąd zmienny zawierający akumulatory magazynujące energię. W tym systemie energia zgromadzona w akumulatorach jest bezpośrednio przekazywana do odbiorników włączonych w obwód elektryczny modułu lub panelu fotowoltaicznego. System może być skonfigurowany również pod kątem połączenia z siecią domową w celu dostarczenia energii elektrycznej do wybranych obwodów elektrycznych.

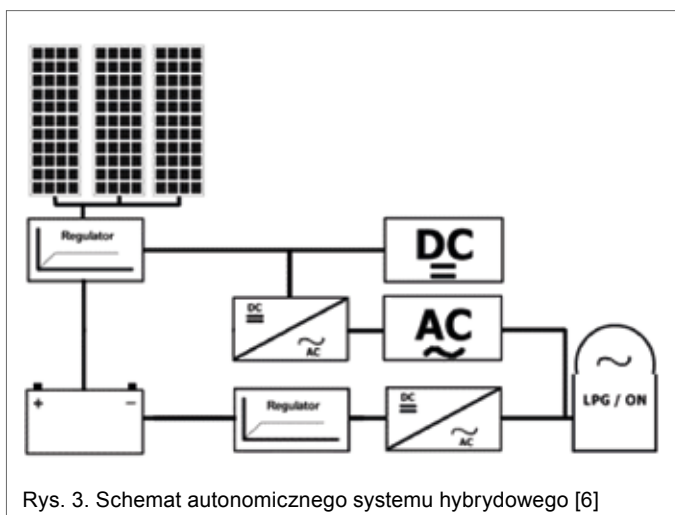
Systemy fotowoltaiczne przyłączone do sieci elektroenergetycznej mogą być stosowane również w domach jedno- i wielorodzinnych. Jest to ekonomiczny i bezpieczny system umożliwiający bezpośrednie bilansowanie mocy. W tym systemie, gdy

reklama





Rys. 2. Schemat autonomicznego systemu fotowoltaicznego na prąd zmienny [6]



Rys. 3. Schemat autonomicznego systemu hybrydowego [6]

moduły lub panele dostarczają zbyt mało energii elektrycznej, zasilanie odbywa się z sieci elektroenergetycznej. Natomiast gdy ogniwa dostarczają za dużo energii elektrycznej, możliwa jest sprzedaż nadwyżek energii. Przy takim rozwiązaniu konieczne jest posiadanie przez użytkownika odpowiedniej koncesji i umowy z operatorem systemu dystrybucyjnego. Ponadto konieczne jest m.in. techniczne dostosowanie funkcjonowania takich systemów do wymagań operatora określonych w warunkach przyłączenia instalacji fotowoltaicznej do sieci elektroenergetycznej.

Systemy fotowoltaiczne są dołączane do sieci elektroenergetycznej poprzez specjalny falownik, który przemienia prąd stały na prąd zmienny, synchronizuje system z siecią i pełni rolę zabezpieczenia w przypadku awarii sieci. Akumulatory w tym systemie nie są konieczne, ponieważ sieć jest w stanie przyjąć całą energię wyprodukowaną przez system fotowoltaiczny. Natomiast wymagane jest zainstalowanie liczników energii.

Wybór rodzaju i parametrów systemu fotowoltaicznego zależy głównie od: wymaganego rocznego i dobowego zapotrzebowania na energię elektryczną, sposobu wykorzystania wyprodukowanej energii elektrycznej i posiadanej powierzchni do montażu modułów lub paneli (dach budynku, elewacja budynku). Wielkość obciążenia instalacji zasilającej jest najistotniejszym czynnikiem kształtującym przyszłą pracę systemu fotowolta-

icznego i decydującym o doborze mocy modułów lub paneli. W profesjonalnych systemach fotowoltaicznych przyjmuje się, że moc modułów powinna być co najmniej o 30% większa od sumarycznej mocy zapotrzebowania odbiorników, a moc falownika musi być co najmniej o 20% większa od mocy obciążenia systemu zasilania.

Projektowanie systemów fotowoltaicznych w budynkach jest zwykle optymalizowane przy użyciu programów komputerowych, które dopasowują przewidywany profil obciążenia w ciągu roku i dnia do przeciętnego słonecznego napromieniowania na danym obszarze. Takie programy pozwalają dobrać optymalną wielkość zestawu modułów lub paneli fotowoltaicznych oraz właściwy akumulator, kontroler i falownik.

3. Aspekty praktyczne

Instalacje fotowoltaiczne mają nieograniczone możliwości zastosowania i można je stosować praktycznie w każdym miejscu, do którego dociera promieniowanie słoneczne. Najkorzystniej jest jednak lokalizować je w regionach o bardzo dobrych warunkach nasłonecznienia.

Systemy fotowoltaiczne odznaczają się długim czasem niezawodnej i bezawaryjnej pracy, bardzo łatwą i prostą eksploatacją, lekkością i estetyką rozwiązań oraz możliwością uzyskania energii elektrycznej o wymaganych przez użytkownika parametrach [1].

Wydajność systemu fotowoltaicznego jest uzależniona głównie od nasłonecznienia uzyskiwanego w skali roku w miejscu lokalizacji instalacji. Większa liczba słonecznych dni i większe natężenie promieniowania słonecznego pozwala na uzyskanie większej ilości energii elektrycznej z danej instalacji. Dużą rolę odgrywają również niektóre elementy montażu modułów lub paneli fotowoltaicznych, takie jak ich kierunek i kąt nachylenia. Pozwalają na dostosowanie systemu do kąta padania promieni słonecznych. W systemach fotowoltaicznych stosuje się również różnorodne rozwiązania systemów sterowania modułami lub panelami fotowoltaicznymi. Wykorzystuje się w nich czujniki pomiaru natężenia promieniowania słonecznego, które przesyłają informacje do sterownika. Sterownik po analizie danych wysyła sygnały sterujące do silników napędowych osi horyzontalnej lub wertykalnej w celu skierowania modułu lub panelu w stronę większego natężenia promieniowania słonecznego.

Średnioroczna suma energii promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą waha się w kraju w granicach 950–1250 kWh/m² [1]. Przy czym warunki meteorologiczne charakteryzują się bardzo nierównym rozkładem promieniowania słonecznego w cyklu rocznym. Ok. 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na 6 miesięcy sezonu wiosenno-letniego, od początku kwietnia do końca września. Czas operacji słonecznej w lecie wynosi 16 godzin dziennie, natomiast w zimie do 8 godzin dziennie. Średnioroczna liczba godzin nasłonecznionych wynosi w kraju 1600. Prowadzi to do nierównomiernej produkcji energii elektrycznej w skali roku, nadmiaru energii latem i niedoboru zimą. Jest to jedna z istotnych wad systemów fotowoltaicznych.

4. Aspekty ekonomiczne

Systemy fotowoltaiczne pozwalają na zaspokojenie od 10% do 100% zapotrzebowania na energię elektryczną w budynkach. Przy czym najlepsze efekty w tym obszarze uzyskuje

się, stosując energooszczędne rozwiązania w budynkach, np. stosowanie oświetlenia LED do oświetlenia pomieszczeń w budynku. W sytuacji coraz bardziej powszechnego wprowadzania rozwiązań energooszczędnych i użytkowania energooszczędnych urządzeń elektrycznych w gospodarstwach domowych instalacja fotowoltaiczna może pokrywać znaczną część zapotrzebowania na energię elektryczną w budynku jednorodzinnym.

Do pokrycia średniego rocznego zużycia energii na poziomie 1800 kWh dla gospodarstwa domowego składającego się z 3 osób, konieczny jest system fotowoltaiczny o mocy szczytowej ok. 2 kWp o powierzchni 18 m².

Podstawową wadą systemów fotowoltaicznych jest znaczny koszt instalacji takiego systemu. Jest on uzależniony od mocy i rodzaju systemu oraz zastosowanych urządzeń. To sprawia, że koszt wytworzenia energii elektrycznej w ogniwach fotowoltaicznych jest stosunkowo wysoki. Ma to wpływ na stosunkowo długi okres zwrotu takiej inwestycji, który w warunkach krajowych wynosi od kilku do kilkunastu lat. Okres zwrotu inwestycji jest bezpośrednio powiązany z liczbą słonecznych dni i natężeniem promieniowania słonecznego w miejscu lokalizacji instalacji fotowoltaicznej oraz z jej rodzajem i parametrami.

W ostatnich kilku latach na skutek istniejących mechanizmów wsparcia znacznie zwiększyła się liczba zrealizowanych instalacji fotowoltaicznych w kraju w autonomicznych systemach zasilania budynków jednorodzinnych. Często te instalacje funkcjonują obok instalacji solarnych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. W niektórych regionach kraju jednostki samorządu terytorialnego wprowadziły mechanizmy wspomagania inwestycji dotyczącej ogniw fotowoltaicznych dla gospodarstw domowych. Są to dotacje do montażu modułów lub paneli fotowoltaicznych. Ponadto można uzyskać znaczne środki finansowe w formie dotacji z funduszy proekologicznych lub niskooprocentowanych, preferencyjnych kredytów z instytucji finansowych.

4. Wnioski

Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznych do produkcji energii w budownictwie ma duże znaczenie w aspekcie oszczędności ekologiczno-energetycznych.

Instalacje fotowoltaiczne odznaczają się długim czasem niezawodnej i bezawaryjnej pracy, bardzo łatwą i prostą eksploatacją, lekkością i estetyką rozwiązań oraz możliwością uzyskania energii elektrycznej o wymaganych przez użytkownika parametrach.

Instalacje fotowoltaiczne mogą pokrywać w pełni lub w znacznej części zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku jednorodzinnym.

Podstawową barierą dla powszechnego wykorzystania systemów fotowoltaicznych w budownictwie stanowi wysoki koszt ich instalacji.

Wprowadzenie atrakcyjnych finansowych mechanizmów wsparcia inwestycji w instalacje fotowoltaiczne umożliwi intensywny rozwój tych instalacji w budownictwie.

Literatura

- [1] DOŁĘGA W.: *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w budownictwie*. VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna „Innowacyjne materiały i technologie w elektrotechnice i-MITEL 2012”, Przylęsko k. Gorzowa Wlkp. 18–20.04.2012, Materiały Konferencyjne z płytą CD, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2012.
- [2] LEWANDOWSKI W.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. WNT, Warszawa, 2007.
- [3] PASKA J.: *Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [4] STRZELECKI R.: *Technologie energoelektroniczne w nowoczesnych systemach elektroenergetycznych*. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 62, grudzień 2009, str. 164–189.
- [5] Baterie słoneczne: Energia słoneczna, www.modernhome.pl.
- [6] Systemy fotowoltaiczne: Fotowoltaika, www.fotowoltaika.net.

dr inż. Waldemar Dołęga –
Instytut Energoelektryki,
Politechnika Wrocławska,
e-mail: waldemar.dolega@pwr.wroc.pl