

# Aplikacje fotowoltaiczne

Fotowoltaika to dziedzina techniki z obszaru OZE, zajmująca się pozyskiwaniem energii elektrycznej w procesie zamiany energii promieniowania słonecznego na prąd stały. Podstawowym elementem każdej instalacji fotowoltaicznej jest moduł składający się z półprzewodnikowych ogniw, wykonanych głównie z krystalicznego krzemu.

Ogniwa fotowoltaiczne zwane również solarnymi lub słonecznymi są oferowane na ogół w formie płaskich modułów o powierzchni do 1,7 m<sup>2</sup>. Pojedyncze ogniwo solarne jest w stanie wygenerować energię elektryczną o mocy sięgającej 7,8 W. Mimo relatywnie wysokich kosztów, liczba już uruchomionych lub planowanych inwestycji fotowoltaicznych stale rośnie. Powodem są głównie dwa czynniki: ekologiczny – ponieważ fotowoltaika nie zanieczyszcza środowiska, nie powoduje hałasu i należy do rodziny odnawialnych źródeł energii (ang. green power, czyli zielona energia) oraz praktyczny – z uwagi na powszechną dostępność promieniowania słonecznego. Typowa elektrownia fotowoltaiczna jest złożona na ogół z co najmniej kilkuset paneli (modułów w zestawie) współpracujących z odpowiednio zaprojektowaną instalacją elektryczną.

## Moduły fotowoltaiczne

Wewnątrz modułów fotowoltaicznych są zamontowane ogniwa solarne ze strukturą półprzewodnikową, wykonaną z krystalicznego krzemu. Ogniwa te składają się z dwóch warstw półprzewodnikowych typu p (+) i n (-). Jeżeli na ogniwo padają promienie słoneczne, pomiędzy obiema warstwami powstaje siła elektromotoryczna i zaczyna płynąć prąd elektryczny. Ogniwa w modułach są łączone szeregowo i/lub równolegle.

Moduły fotowoltaiczne są wykonywane jako:

- monokrystaliczne, wykonane z ogniw z jednorodnego krystalu krzemu;
- polikrystaliczne, składające się z ogniw zawierających wiele drobnych krystalów krzemu.

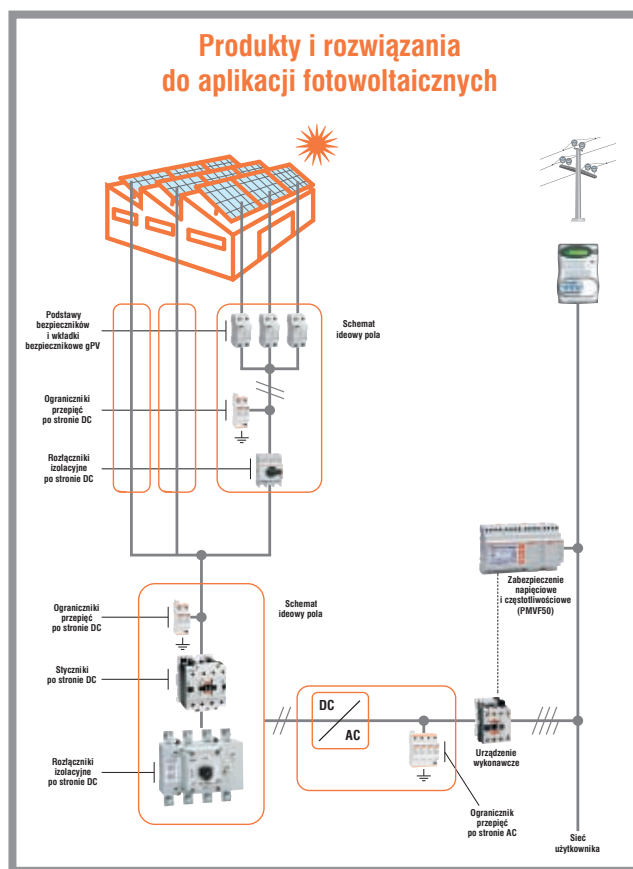
Moduły monokrystaliczne mają ciemną jednorodną barwę, a ich ogniwa kształt sześciokątny. Sprawność modułów monokrystalicznych wynosi 13-17%.

Moduły polikrystaliczne charakteryzują się kolorem ciemnognatowym, który po zastosowaniu warstwy antyrefleksyjnej zmienia się na niebieski. Sprawność tych modułów wynosi 11-15%, jest zatem niższa od sprawności modułów monokrystalicznych. Ale produkty polikrystaliczne są tańsze, z uwagi na ich mniej skomplikowany proces produkcji.

Ogniwa w modułach są pokryte laminatem, od góry są chronione szybą antyrefleksyjną, a od dołu warstwą izolacyjną. Moduły po bokach są zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi aluminiową ramą. Na tylnej powierzchni modułów są montowane puszki z przewodami przyłączeniowymi i osprzętem łączeniowym.

## Systemy fotowoltaiczne samodzielne i podłączone do terenowej sieci energetycznej

Obecnie w energetyce powiązanej z techniką fotowoltaiczną możemy wyróżnić dwie głów-



Rys. 1. Przykład instalacji fotowoltaicznej (źródło: LOVATO ELECTRIC)

ne tendencje rozwojowe:

- systemy samodzielne lub niezależne (ang. „off-grid”);
- systemy podłączone do sieci elektroenergetycznej (ang. „on-grid” lub „grid-connected”).

Przytaczam tu także terminy angielskie, ponieważ pojawiają się one również w polskich opracowaniach i projektach.

Pierwszy z wymienionych systemów polega na tym, że ogniwa solarne są połączone szeregowo i ładują baterię akumulatorów

za pomocą regulatora ładowania. W układzie tym za baterią akumulatorów jest również zainstalowany przekształtnik (inwerter lub konwerter) DC/AC, ponieważ większość urządzeń wymaga zasilania napięciem przemianym.

Drugi system, w praktyce częściej spotykany i realizowany, stanowi instalacja podłączona do terenowej sieci energetycznej. Przewody z ogniw solarnych są doprowadzone

do jednej skrzynki podłączeniowej i razem zgrupowane w jedną instalację. Za skrzynką montuje się jednofazowy lub trójfazowy konwerter DC/AC. Konwerter ten łączy instalację fotowoltaiczną z siecią energetyczną. Za konwerterem napięcie przemiennie 50 Hz jest przekazywane do sieci.



Rys. 2. Moduły fotowoltaiczne zasilające sygnalizatory uliczne

Fot. K. Schmitzer

**Niektórzy producenci oferują również wyłączniki nadprądowe do instalacji fotowoltaicznych na napięcia pracy do 1000 V DC, z wyzwalaczami reagującymi na prądy zwarciove nieznacznie większe od ich prądów znamionowych.**

### Przykład instalacji fotowoltaicznej podłączonej do sieci terenowej

Na rys. 1 przedstawiono pogładowy schemat instalacji umożliwiającej zasilanie sieci użytkowników w energię pochodzącą z paneli słonecznych, wykonany przez firmę LOVATO ELECTRIC – producenta m.in. aparatury i urządzeń do aplikacji fotowoltaicznych, określanych w literaturze również jako systemy PV (ang. „photovoltaic system”).

W instalacji tej są zastosowane następujące aparaty i urządzenia:

- podstawy i wkładki bezpiecznikowe przeznaczone do ochrony ogniw solarnych;
- ograniczniki przepięć z wymiennymi wkładkami, służące

do ochrony przed przepięciami po stronie instalacji DC;

- styczniki umożliwiające odłączenie obciążenia, stosowane pomiędzy zespołem ogniw a przetwornikiem napięcia stałego na przemienne DC/AC;
- rozłączniki izolacyjne do rozłączania lub zmiany konfiguracji instalacji DC;
- przetwornik DC/AC;
- ograniczniki przepięć po stronie napięcia przemiennego AC;
- urządzenia wykonawcze, np. styczniki lub wyłączniki bądź rozłączniki do załączania, rozłączania obciążenia, stosowane pomiędzy przetwornikiem DC/AC a siecią;
- systemy ochrony i sterowania, czyli zabezpieczenia napięciowe i częstotliwościowe współpracujące z urządzeniami wykonawczymi;
- liczniki energii.

W porównaniu z klasycznymi instalacjami DC, aplikacja fotowoltaiczna różni się kilkoma istotnymi szczegółami. Z reguły instalacje fotowoltaiczne pracują w zakresie napięć o wartości 400-1000 V DC. Druga istotna różnica polega na tym, że prądy zwarciove ogniw solarnych są niewiele większe od ich prądów znamionowych (różnica wynosi około 10%). Podczas nieprawidłowej pracy instalacji PV może nastąpić zmiana kierunku przepływu prądu płynącego przez aparaty zainstalowane po stronie DC. Zatem aparaty i urządzenia przeznaczone do zastosowania w instalacjach PV muszą być odporne na napięcia o znacznie większych wartościach. Przykładowo wkładki bezpiecznikowe oraz ograniczniki przeciwprzepięciowe oferowane do systemów PV charakteryzują się napięciem pracy 1000-1500 V DC. Uwaga ta dotyczy również wymaganych napięć pracy około 1000 V DC dla styczników, wyłączników i rozłączników.

Zabezpieczenie napięciowe i częstotliwościowe wymusza zadziałanie styków urządzenia wykonawczego, jeżeli w sieci użytkownika zostaną zdiagnozowane nieprawidłowości wykraczające poza dozwolony limit odnoszący się do wartości napięć i częstotliwości. Wówczas urządzenie wykonawcze odłączy instalację farmy fotowoltaicznej od sieci użytkownika.

Niektórzy producenci oferują również wyłączniki nadprądowe do instalacji fotowoltaicznych na napięcia pracy do 1000 V DC, z wyzwalaczami reagującymi na prądy zwarciove nieznacznie większe od ich prądów znamionowych. W przypadku instalacji PV występuje też duży problem z gaszeniem łuku elektrycznego ze względu na płynące prądy jednokierunkowe DC oraz wysokie napięcia pracy. Jednym z możliwych rozwiązań jest szeregowo łączenie kilku aparatów zamiast stosowania jednego urządzenia. Wówczas w komorze każdego aparatu szeregowo jest gaszony łuk o mniejszej wartości.

Inne warunki pracy systemów PV wymuszają na konstruktorach aparatów ochronnych i łączeniowych stosowanie odmiennych rozwiązań technicznych w porównaniu z urządzeniami oferowanymi do typowych układów w obwodach prądu stałego.

### Przewody oraz osprzęt łączeniowy stosowane w instalacjach PV

Firma HELUKABEL jest jednym z producentów kabli, przewodów oraz osprzętu łączeniowego – przeznaczonych do zastosowań fotowoltaicznych. Kable i przewody tego producenta dla instalacji PV wykazują następujące właściwości:

- są odporne na niskie i wysokie temperatury (znacznie wyższe od temperatur otocze-

nia), opady atmosferyczne, promieniowanie UV, ozon, chemikalia, oleje, wysokie temperatury oraz na ścieranie i cięcie;

- technologia ich wykonania umożliwia prawidłową eksploatację w ciągu co najmniej 25 lat.

Poziom cen nie może być jedynym kryterium doboru przewodów dla instalacji PV. HELUKABEL ma w swoim programie produkcji rodzinę przewodów o nazwie SOLARFLEX<sup>®</sup>, przeznaczoną do instalacji PV. Istnieją dwa warianty ich wykonania. Pierwszy z nich polega na tym, że żyły pojedyncze są izolowane podwójnie (w tym również te w oplocie). W drugim wariantcie występują dwie podwójnie izolowane żyły. HELUKABEL w zestawieniu danych technicznych przewodu SOLARFLEX<sup>®</sup>-X PV1-F TWIN podaje, że maksymalna temperatura pracy żyły wynosi +120°C. Odpowiednie konstrukcje złączy HELUSOL, wtyków PV i obudów panelowych PV-JB pozwalają na zapewnienie wymaganej jakości i wytrzymałości instalacji oraz przyczyniają się do skrócenia czasu i obniżenia kosztów montażu.

### Energetyka PV a ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>

Elektrownie fotowoltaiczne przyczyniają się w dużym stopniu do ograniczenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery, a zatem spełniają wymagania UE w tym względzie. Specjalistyczne źródła związane z problematyką fotowoltaiki podają, że farma PV wytwarzająca w ciągu roku energię elektryczną o wartości 1 MWh przyczynia się do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> na poziomie co najmniej 100 ton rocznie. Taka ilość CO<sub>2</sub> jest emitowana do atmosfery jako efekt uboczny wygenerowania 1 MWh w przypad-

ku klasycznej energetyki węglowej.

### Fotowoltaika w Europie i w Polsce

Jak informują specjalistyczne źródła Komisji Europejskiej tylko w ubiegłym roku w Europie przekazano do eksploatacji farmy fotowoltaiczne produkujące energię elektryczną o wartości 18,5 GWh. Pod tym względem Europa jest światowym liderem.

40%. Unia Europejska planuje, aby do roku 2020 co najmniej 20% energii elektrycznej pochodziło z odnawialnych źródeł energii. Europejskimi liderami energetyki fotowoltaicznej są Niemcy, Włochy i Hiszpania. Polska fotowoltaika jest dopiero intensywnie rozwijana. Jednak już w naszym kraju możemy odnotować pozytywne tendencje. Coraz więcej osób decyzyjnych jest przekonanych

Planuje się rozbudowę tej elektrowni i zwiększenie jej mocy do 1,8 MW. Poniesione koszty budowy tej elektrowni – 8,6 mln zł – gmina zamierza spłacić w ciągu siedmiu lat. Po tym okresie cały zysk pozostanie w kasie gminy.

Pozyskiwana w ten sposób energia służy m.in. do oświetlenia szkoły, sali gimnastycznej, boisk sportowych typu „Orlik”, do zasilania urządzeń w oczysz-



Fot. K. Schnitzer

Rys. 3. Zasilanie hybrydowe – panel solarny wspomagany turbiną wiatrową

łączna wartość zainstalowanych w fotowoltaice europejskich mocy sięga 52 GW. Obecnie około 2% łącznego zapotrzebowania krajów Unii Europejskiej na energię elektryczną jest pokrywane energią pozyskiwaną z promieniowania słonecznego. Taka wartość energii solarnej wystarczyłaby na pokrycie całkowitego zapotrzebowania energetycznego mniejszego kraju europejskiego, np. Austrii. Opracowania UE dowodzą również, że w ciągu ostatnich 10 lat roczny przyrost (w skali r/r) zainstalowanych w Europie mocy pozyskiwanych z fotowoltaiki wyniósł średnio około

o wielu korzyściach płynących z wykorzystania energii pochodzącej z odnawialnych źródeł. Dobrym przykładem jest elektrownia fotowoltaiczna w gminie Wierzchosławice, na południu kraju, która od dwóch lat czerpie ekonomiczne korzyści z „darmowej” energii słonecznej. Dzięki swojej elektrowni Wierzchosławice zyskały w ciągu dwóch lat około 900 tys. złotych. Moc zainstalowanych paneli słonecznych wynosi 1 MW. Ciekawostką jest to, że w Wierzchosławicach osiągnięto wynik lepszy o kilkadziesiąt MWh w porównaniu z podobnymi farmami w Niemczech.

czalni ścieków oraz w stacji uzdatniania wody.

Na terenie Polski są planowane i realizowane dalsze instalacje fotowoltaiczne. Niektóre prognozy przewidują, że Polska do roku 2020 stanie się piątym pod względem zainstalowanych mocy w energetyce słonecznej krajem UE. Ważne jest również i to, że budowa farm fotowoltaicznych nie budzi takich protestów ekologów jak to ma miejsce w przypadku elektrowni wiatrowych czy wodnych. ■

**Krzysztof Schnitzer**  
protokol@protokol.com