

dr inż. Jakub Grela

# Instalacje fotowoltaiczne

Ogólnodostępne, niewyczerpalne i ekologiczne promieniowanie słoneczne, które nie ingeruje negatywnie w środowisko, stanowi źródło energii, które z pomocą instalacji fotowoltaicznej, wykorzystywane jest do generacji energii elektrycznej. Należy zaznaczyć, że proces ten polega na przetwarzaniu, a nie wytwarzaniu, energii nieelektrycznej w elektryczną. Każda taka instalacja składa się z modułów fotowoltaicznych, które mogą zostać zamontowane na dachu obiektu, obok budynku, wkomponowane w jego elewację, zintegrowane z żaluzjami lub występować w formie szyb zespolonych.

Wzrost liczby instalowanych instalacji oraz tym samym rynku fotowoltaicznego w Polsce jest imponujący. W 2019 roku odnotowano wzrost o około 104 tysiące mikroinstalacji fotowoltaicznych, a rok 2020 może okazać się pod tym kątem jeszcze lepszy. W lipcu 2020 Polskie Sieci Elektroenergetyczne podały do informacji, że moc zainstalowana w fotowoltaice wynosiła 2 108,9 [MWp] (czyli przekroczyła 2 [GW]). Jeśli takie tempo wzrostu, pomimo pandemii, miałoby zostać utrzymane to na koniec 2020 roku w Polsce moc może osiągnąć wartość nawet 3 [GW]. Dodatkowo również w tym samym miesiącu Ministerstwo Klimatu poinformowało, że do programu Mój Prąd złożono już 100 000 wniosków o dofinansowanie. Pod pojęciem rynku fotowoltaicznego należy rozumieć także przepisy prawa, programy pomocowe i dotacje, producentów, dystrybutorów, instalatorów, kwestie bezpieczeństwa, czy też dobre praktyki. Wszystkie wymienione aspekty wpływają na coraz większe wzrosty instalacji montowanych w Polsce.

## Słońce jako źródło energii

W każdej sekundzie przez Słońce emitowana jest energia o mocy równej  $3,846 \times 10^{26}$  [J], z czego do atmosfery ziemskiej dociera średnio 1,367 [kW/m<sup>2</sup>]. Podczas przejścia światła przez atmosferę ziemską zachodzą zjawiska (absorpcja, rozpraszanie, lokalne zmiany w atmosferze, jak i pora dnia i roku), które mają bezpośredni wpływ na ilość promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi. W granicach 30% mocy promieniowania docierającej do górnych warstw stratosfery jest absorbowane i odbijane a następnie dociera do powierzchni jako promieniowanie rozproszone (ok. 23% promieniowania całkowitego) oraz w postaci wiązki bezpośredniej (77%). Ilościowo efekty te zależą od lokalnego składu atmosfery i drogi przebytej przez promieniowanie słoneczne. Droga ta jest zmienna i zależna od pory dnia, roku oraz lokalizacji. Promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni Ziemi jest charakteryzowane różnymi wielkościami, z których trzy mają istotne znaczenie w fotowoltaice.

Są to:

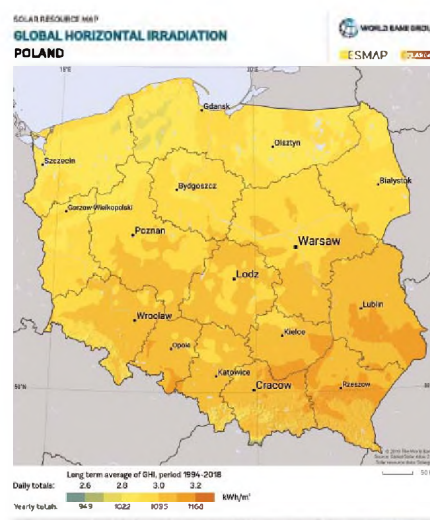
- natężenie promieniowania słonecznego [W/m<sup>2</sup>],
- nasłonecznienie [J/m<sup>2</sup>],
- usłonecznienie [h].

**Natężenie promieniowania słonecznego** jest chwilową wartością gęstości mocy promieniowania (suma energii promieniowania w całym zakresie długości fal, padającą na jednostkę powierzchni docierającego do dowolnie usytuowanego ogniwa słonecznego), padającego w ciągu 1 sekundy na powierzchnię 1 m<sup>2</sup>, prostopadłą do kierunku promieniowania. W ciągu dnia natężenie promieniowania słonecznego docierające do powierzchni Ziemi ulega ciągłym zmianom, zazwyczaj kształtuje się ono w przedziale 100 – 800 [W/m<sup>2</sup>]. Natomiast pogodne dni (słoneczne, bezchmurne niebo) notowane są najwyższe wartości rzędu 1000 [W/m<sup>2</sup>].

**Nasłonecznienie** zwane również napromienianiem, jest energią promieniowania słonecznego podającą na jednostkę powierzchni (1 m<sup>2</sup>) w ciągu określonego czasu (np.: godziny, dnia, miesiąca, roku). Nasłonecznienie jest wielkością opisującą zasoby energii słonecznej w danym miejscu i czasie.

**Usłonecznienie** określa liczbę godzin z bezpośrednio widoczną tarczą słoneczną. Liczba godzin słonecznych jest zmienna i zależna od położenia geograficznego. Dla obszaru Polski liczba ta waha się w granicach 1500-1650 godz./rok.

Na rysunku 1 przedstawiono wartości średniej rocznej energii promieniowania słonecznego w odniesieniu do 1 m<sup>2</sup> na terenie Polski. Wynosi ona od 980 do 1150 [kWh/m<sup>2</sup>] i brak jest istotnych różnic w docierającej energii dla różnych rejonów kraju.



Rysunek 1 – Średnia roczna energia promieniowania słonecznego w odniesieniu do 1 m<sup>2</sup> na terenie Polski.

Ilość energii elektrycznej pozyskiwanej ze Słońca zależy od kilku czynników zewnętrznych:

- intensywność promieniowania,
- przejrzystość atmosfery,
- kąt padania promieni słonecznych.

Przezroczystość atmosfery jest czynnikiem, który ma znaczny wpływ na wydajność instalacji solarnych. Na niekorzystne zmiany właściwości optycznych powietrza mają wpływ para wodna, pyłki roślin oraz zanieczyszczenia w postaci pyłów pochodzenia przemysłowego. Należy zaznaczyć, że podczas miesięcy letnich przezroczystość atmosfery jest mniejsza ze względu na większą ilość pary wodnej.

W celu najbardziej efektywnego wykorzystania docierającej do powierzchni modułów fotowoltaicznych energii słonecznej, należy uwzględnić odpowiednie ich usytuowanie względem stron świata i nachylenia do poziomu, tak aby uzyskać optymalny kąt padania promieni słonecznych. Największe nasłonecznienie przyjmuje płaszczyzna ustawiona w stosunku do pozornego ruchu słońca w taki sposób, aby promienie padały na nią prostopadle.

Optymalną pozycją funkcjonowania przetworników słonecznych w środkowoeuropejskich szerokościach geograficznych jest orientacja powierzchni absorbującej na południe i nachylenie jej do płaszczyzny horyzontalnej pod kątem odpowiadającym szerokości geograficznej. Czynnikiem warunkującym kąt i kierunek pochylenia instalacji jest okres jej pracy w ciągu roku oraz techniczne możliwości montażu. Dla systemów funkcjonujących cały rok, uzasadniona jest zmiana kąta nachyleń modułów fotowoltaicznych stosownie do pory roku, ze względu na zmianę promieniowania globalnego. W Europie Centralnej, w okresie kwiecień – sierpień, optymalny kąt nachylenia to 30 stopni. Praktycznie kąty nachylenia między 30 i 45 stopni okazują się najbardziej korzystne, co zostało zobrazowane na rysunku 2. Jeżeli wykonanie dachu budynku nie zapewnia odpowiedniego kąta pochylenia paneli, możliwe jest jego niwelowanie za pomocą odpowiedniej konstrukcji wsporczej, tak aby osiągnąć ustawienie zbliżone do idealnego dla danej szerokości geograficznej. Z reguły, jeśli kąt pochylenia dachu zawiera się w zakresie 15-60 stopni, wspomniane konstrukcje niwelujące są rzadko stosowane – zwiększone nakłady finansowe mogą pochłoniąć korzyści wynikające ze zwiększonego uzysku energii.

O wiele częstszym problemem jest taki montaż instalacji, wynikający z orientacji dachu, w którym to ustawienie paneli nie występuje w kierunku idealnie południowym. Analizując rysunek 2 należy zwrócić uwagę, że dla większości kątów pochylenia modułów odchylenie od południa o kąt do 30 stopni zarówno w kierunku zachodnim, jak i wschodnim, powoduje straty w stosunku do kierunku idealnie południowego o nie więcej niż 3%. Dopiero w przypadku większych wartości odchylenia straty, które będą rosły, mogą okazać się bardzo istotne, zwłaszcza dla większych kątów pochylenia. Należy zwrócić uwagę, że dla instalacji pochylnych pod małym kątem do 15 stopni, odchylenie od kierunku idealnie południowego nie ma

istotnego znaczenia.

Można wyróżnić kilka rodzajów konstrukcji wsporczych, na których umieszczone mogą zostać moduły fotowoltaiczne. Z reguły o wyborze konstrukcji decyduje wielkość całego systemu, rodzaj powierzchni jaka jest do dyspozycji lub względy ekonomiczne.

**Konstrukcje wolnostojące** na ogół wykorzystywane są w dużych komercyjnych instalacjach. Ich zaletą jest łatwy dostęp i kontrola pracy modułów oraz bardzo dobre warunki do chłodzenia modułów przez wiatr.

**Konstrukcje na dach skośny** stosowane głównie w systemach prosumenckich, zaletą ich jest stosunkowo niewielki koszt oraz możliwość wykorzystania powierzchni dachu która w innych okolicznościach jest ciężka do zagospodarowania.

**Konstrukcje na dach płaski**, jednym z zadań systemów montażowych jest uzyskanie kąta ułożenia modułów pozwalającego na maksymalne wykorzystanie potencjału niesionego przez energię słoneczną. Konstrukcje te są najczęściej trwale związane z dachem, ingerując w jego strukturę. Natomiast dostępne są również konstrukcje obciążane przez odpowiednie bloczki betonowe oraz obciążniki wypełnione wodą lub piaskiem, czy też rozwiązania z modułami montowanymi pod kątem kilkunastu stopni w kierunku wschodnim i zachodnim.

**Konstrukcje nadążne (solar tracker)** są to urządzenia wyposażone w odpowiednie siłowniki, których zadaniem jest poruszanie modułów celem utrzymania kąta, pod którym promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni przymocowanych paneli fotowoltaicznych. Ich zadaniem jest zmaksymalizowanie uzysków energetycznych.

|         | Zachód |      |      |      |      | Południe |      |       |       |       | Wschód |       |       |      |  |
|---------|--------|------|------|------|------|----------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|--|
|         | 90 °   | 75 ° | 60 ° | 45 ° | 30 ° | 15 °     | 0 °  | -15 ° | -30 ° | -45 ° | -60 °  | -75 ° | -90 ° |      |  |
| Pionowo | 90 °   | 56 % | 60 % | 64 % | 67 % | 69 %     | 71 % | 71 %  | 71 %  | 69 %  | 65 %   | 62 %  | 58 %  |      |  |
|         | 80 °   | 63 % | 68 % | 72 % | 75 % | 77 %     | 79 % | 80 %  | 80 %  | 79 %  | 77 %   | 74 %  | 69 %  | 65 % |  |
|         | 70 °   | 69 % | 74 % | 78 % | 82 % | 85 %     | 86 % | 87 %  | 87 %  | 86 %  | 84 %   | 80 %  | 76 %  | 70 % |  |
|         | 60 °   | 74 % | 79 % | 84 % | 87 % | 90 %     | 91 % | 93 %  | 93 %  | 92 %  | 89 %   | 86 %  | 81 %  | 76 % |  |
|         | 50 °   | 78 % | 84 % | 88 % | 92 % | 95 %     | 96 % | 97 %  | 97 %  | 96 %  | 93 %   | 89 %  | 85 %  | 80 % |  |
|         | 40 °   | 82 % | 86 % | 90 % | 95 % | 97 %     | 99 % | 100 % | 99 %  | 98 %  | 96 %   | 92 %  | 88 %  | 84 % |  |
|         | 30 °   | 86 % | 89 % | 93 % | 96 % | 98 %     | 99 % | 100 % | 100 % | 98 %  | 96 %   | 94 %  | 90 %  | 86 % |  |
| Płasko  | 20 °   | 87 % | 90 % | 93 % | 96 % | 97 %     | 98 % | 98 %  | 98 %  | 97 %  | 96 %   | 94 %  | 91 %  | 88 % |  |
|         | 10 °   | 89 % | 91 % | 92 % | 94 % | 95 %     | 95 % | 96 %  | 95 %  | 95 %  | 94 %   | 93 %  | 91 %  | 90 % |  |
|         | 0 °    | 90 % | 90 % | 90 % | 90 % | 90 %     | 90 % | 90 %  | 90 %  | 90 %  | 90 %   | 90 %  | 90 %  | 90 % |  |

Rysunek 2 – Uzysk z energii jako procentowa zmiana dla różnych kątów pochylenia.

### Moduły fotowoltaiczne zbudowane są z ogniw

Ogniwa fotowoltaiczne są podstawowym elementem, z którego zbudowane są moduły. W ostatnich dziesięcioleciach obserwowany jest intensywny rozwój technologii wytwarzania ogniw. Ma on na celu zapewnienie zwiększenia sprawności energetycznej i obniżenie ceny, poprzez zastosowanie nowych materiałów lub metod wytwarzania. Materiałem, który jest obecnie powszechnie stosowanym do produkcji ogniw fotowoltaicznych jest krzem. Pierwiastek ten cechuje się pewnymi charakterystycznymi właściwościami, które przemawiają za jego stosowaniem:

- najbardziej znany materiał półprzewodnikowy,
- relatywnie tani i stosunkowo łatwo dostępny,
- bardzo dobrze opanowana technologia wytwarzania krzemu krystalicznego,
- akceptowalny stosunek ceny do sprawności modułów,
- wysoka trwałość struktur krystalicznych.

Typowe ogniwo fotowoltaiczne pod względem budowy przypomina konstrukcją diodę. Te ogniwa, w których obie warstwy (p i n) wykonano z tego samego materiału (np. z pojedynczego kryształu krzemu), nazywane są ogniwami monokrystalicznymi o homozłączu p-n (tzn. obie struktury p i n wykonano z tego samego półprzewodnika). Z kolei te budowane z wielu kryształów tego samego materiału określane są ogniwami polikrystalicznymi z homozłączem, a gdy warstwy p i n są wykonane z wielu kryształów różnych materiałów nazywane są ogniwami polikrystalicznymi z heterozłączem.

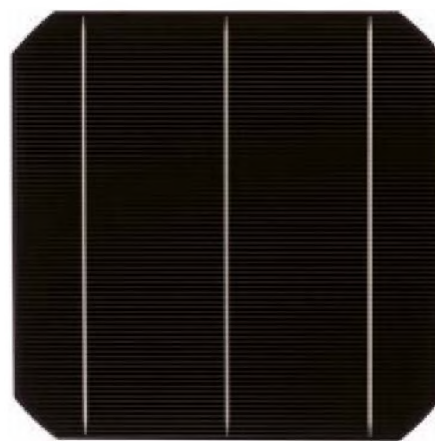
Innym sposobem budowy ogniwa fotowoltaicznych może być również zastosowanie materiałów bezpostaciowych, w których nie występuje uporządkowanie atomów takie jak we wspomnianej sieci krystalicznej – nazywane są one amorficznymi. Wyróżnia się wiązania wysyczone atomami wodoru z homozłączem, np. a-Si:H, lub z heterozłączem, np. a-SiGe lub a-SiC.

Na znaczeniu zyskują również tak zwane ogniwa cienkowarstwowe – o grubości rzędu kilku mikrometrów, elastyczne i półprzezroczyste na bazie heterostruktury CIS/CdS. Obecnie najwyższą sprawność w warunkach laboratoryjnych (ok. 35%) uzyskują ogniwa wykonane na bazie arsenku galu, dodatkowo jest ona słabo zależna od temperatury, co stwarza szansę na stosowanie koncentratorów promieniowania i zmniejszenie gabarytów modułów i paneli PV.

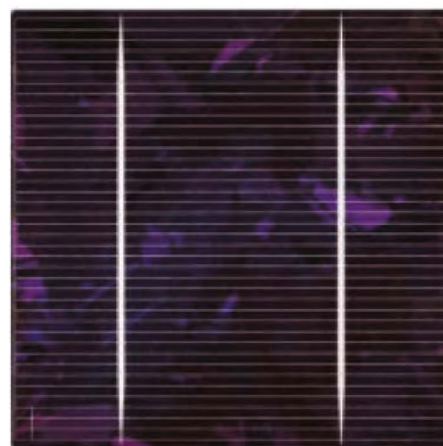
Według ogólnej klasyfikacji ogniwa fotowoltaiczne dzielone są na trzy generacje:

- I. Krzemowe ogniwa krystaliczne
  - a) monokrystaliczne (rysunek 3)
  - b) polikrystaliczne (rysunek 4)
- II. Ogniwa cienkowarstwowe
  - a) krzem amorficzny (a-Si) (rysunek 5)
  - b) tellurek kadmu (CdTe) (rysunek 6)
  - c) dwuselenek indowo-miedziowy (CIGS oraz CIS) (rysunek 7)
- III. Ogniwa trzeciej generacji
  - a) ogniwa organiczne

Ogniwa z krzemu krystalicznego wycinane są z bloków krzemowych, w zależności od technologii mogą to być bloki monokrystaliczne (cały blok stanowi jeden duży kryształ krzemu) lub polikrystaliczne (wiele mniejszych kryształów w jednym bloku). Należy zauważyć, że ogniwa monokrystaliczne są bardziej wydajne, a co za tym idzie dostarczają więcej energii z tej samej powierzchni w porównaniu do polikrystalicznych. Technologia krzemowych ogniwa krystalicznych jest najbardziej rozwinięta i stanowi około 80% rynku fotowoltaicznego. Pod względem sprawności ogniwa krzemowe są w stanie przekształcić od 14 do 22% energii słonecznej na elektryczność.



Rysunek 3 – Ogniwo monokrystaliczne.



Rysunek 4 – Ogniwo polikrystaliczne.

Moduły cienkowarstwowe powstają przez napylenie bardzo cienkiej warstwy materiału foto-aktywnego na powierzchni takiej jak szkło, plastik czy stal. W przypadku krzemu amorficznego (a-Si) grubość warstwy półprzewodnika wynosi 1µm. Jest on w stanie zaabsorbować więcej energii niż ogniwa krystaliczne, jednak generowany jest mniejszy przepływ elektronów, co przekłada się na wydajność rzędu 4-8%. Istnieją przesłanki, że technologia a-Si będzie najbardziej znaczącą metodą produkcji fotoogniwa w najbliższej przyszłości. Argumentem przemawiającym za nią jest czas zwrotu poniesionych nakładów finansowych wyrażonych w ilości dostarczonej energii. Czas ten jest znacznie krótszy niż dla technologii krystalicznych.



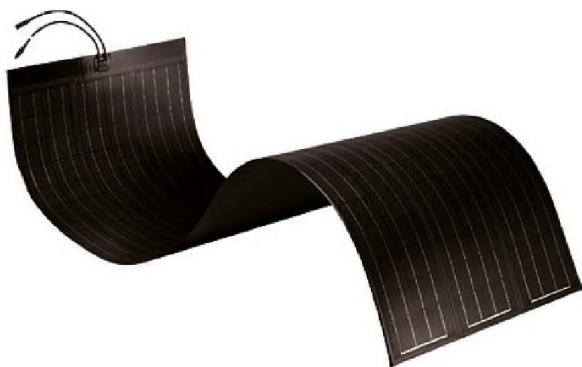
Rysunek 5 – Ogniwo amorficzne.

Ogniwa z tellurku kadmu są tańsze w produkcji, jednak ograniczona dostępność surowców stoi na przeszkodzie do rozwoju technologii. Efektywność przetwarzania energii sięga 11%.



Rysunek 6 – Ogniwo CdTe (tellurek kadmu).

Ogniwa CIS (dwuselenek indowo-miedziowy) oraz CIGS (mieszanka miedzi, indu, galu i selenu) charakteryzują się najwyższą sprawnością spośród rozwiązań cienkowarstwowych - kształtującą się na poziomie 7-13%. Należy zwrócić uwagę na problematyczną dla tej technologii dostępność pierwiastków.



Rysunek 7 – Ogniwo CIGS.

Najbardziej popularnym parametrem charakteryzującym dany panel fotowoltaiczny jest jego moc (watt peak [Wp]). Wp jest to maksymalna, szczytowa moc modułu fotowoltaicznego, wyznaczona w warunkach STC (ang. Standard Test Conditions). Warunki STC, w których sprawdzane są standardowo właściwości modułów fotowoltaicznych to specyficzne standaryzowane warunki atmosferyczne, takie jak temperatura wynosząca 25°C, natężenie promieniowania słonecznego równe 1000 [W/m<sup>2</sup>], oraz tzw. optyczna grubość atmosfery o wartości 1,5AM. Należy zwrócić uwagę, że na ogół (w rzeczywistych warunkach pracy paneli fotowoltaicznych), panują inne warunki niż te przyjmowane jako standardowe STC – tym samym przekłada się to na niższe wartości mocy, względem tych podawanych przez producentów baterii. Za fakt ten odpowiada w głównej mierze niższe niż przyjmowane w warunkach STC natężenie promieniowania słonecznego – dla przypomnienia w Polsce osiąga ono wartości z zakresu 100-800 [W/m<sup>2</sup>], a rzad-

ko przekracza 900 [W/m<sup>2</sup>]. Kolejną dyskusyjną kwestią jest temperatura oświetlanego panelu, która z reguły jest wyższa niż 25°C. Wraz ze wzrostem temperatury modułu spada jego moc nominalna, co należy mieć na uwadze podczas projektowania instalacji fotowoltaicznej. Dlatego, niektórzy z producentów udostępniają informację o parametrach paneli wyznaczonych w tzw. warunkach NOCT (ang. Normal Operating Cell Temperature), które dobrane są w sposób bardziej zbliżony do rzeczywistych warunków pracy baterii. Główna różnica w takim podejściu do badań polega na wyznaczeniu temperatury modułu fotowoltaicznego, podczas gdy jest on oświetlany promieniowaniem słonecznym o natężeniu wynoszącym 800 [W/m<sup>2</sup>], a temperatura otoczenia panelu wynosi 20°C i prędkość wiatru jest równa 1 [m/s]. Parametry te przedstawiają przyjęte standardowe warunki środowiskowe, zbliżone do rzeczywistych warunków pracy. Istotne jest zwrócenie uwagi, że moc modułu wyznaczona w warunkach NOCT jest znacznie niższa niż ta podawana w warunkach laboratoryjnych STC – nawet 25-30%. Należy podkreślić, że projektując instalację fotowoltaiczną i dobierając jej komponenty powinno się uwzględniać rzeczywiste wartości mocy nominalnej.

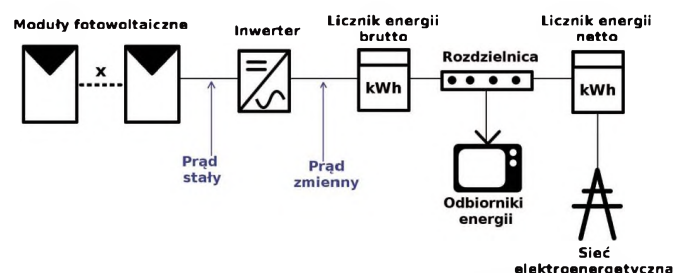
### Instalacje fotowoltaiczne

Moduły stanowią podstawowy element instalacji fotowoltaicznych. Generalnie można stwierdzić, że każda instalacja fotowoltaiczna, oprócz wspomnianych paneli, składa się z odbiornika energii oraz w zależności od konfiguracji i zastosowania, odpowiednich urządzeń pomocniczych, takich jak: akumulatory, regulator ładowania, regulator napięcia, falownik oraz inne urządzenia pomiarowe i sterujące.

Najbardziej ogólny podział instalacji fotowoltaicznych jaki jest wyróżniany dzieli się na trzy grupy:

1) Instalacje sprzężone z siecią energetyczną (on-grid).

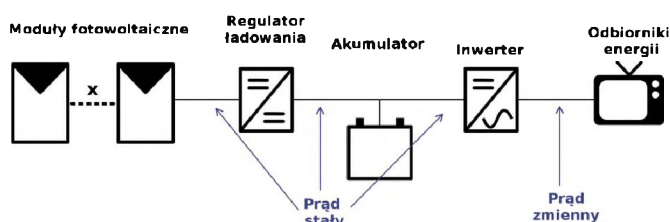
Instalacje współpracujące z siecią energetyczną składają się z modułów fotowoltaicznych podłączonych do sieci poprzez inwerter. W tego typu systemach na ogół nie wymagane jest instalowanie akumulatorów, a ich moc może być dowolnie formowana. Cała energia generowana przez panele fotowoltaiczne jest przyjmowana do sieci elektroenergetycznej. W przypadku małych instalacji przydomowych priorytetowo energia wyprodukowana przez panele wykorzystywana jest na potrzeby własne, niemniej jednak pojawiają się okresy, w których występują nadwyżki energii, które mogą być sprzedane. Ideowy schemat blokowy systemu on-grid został przedstawiony na rysunku 8.



Rysunek 8 – Schemat blokowy systemu on-grid.

2) Instalacje autonomiczne, wyspowe, nie dołączone do sieci (off-grid).

Główną cechą instalacji off-grid jest ich brak połączenia z tradycyjną siecią elektroenergetyczną. W tym celu instalacje tego typu wyposażane są w bank akumulatorów, które pełnią rolę buforu energii elektrycznej. Znajdują one zastosowanie w takich miejscach, gdzie dostęp do sieci publicznej jest utrudniony lub niemożliwy i umożliwiają tym samym niezależnie energetyczne obiektu. Przykładowo systemy off-grid wykorzystywane są do zasilania oświetlenia znaków drogowych, stacji nadawczych sieci GSM, boi w akwenach wodnych czy nawet domów położonych w terenach nie wyposażonych w odpowiednią infrastrukturę. Należy zaznaczyć, że koszt stosowania akumulatorów oraz ich serwisowania może okazać się znaczący, dlatego rozwiązania tego typu poddawane są dokładnym analizom ekonomicznym. Ideowy schemat blokowy systemu off-grid został przedstawiony na rysunku 9.



Rysunek 9 – Schemat blokowy systemu off-grid.

3) Instalacje hybrydowe.

Systemy tego typu łączą w sobie cechy zarówno rozwiązań on-grid i off-grid. Połączone są one z siecią elektroenergetyczną (z której mogą pobierać jak i oddawać energię elektryczną) i jednocześnie posiadają możliwość magazynowania energii w banku akumulatorów (co oferuje możliwość pracy wyspowej nawet w chwili awarii sieci energetycznej). Do rozwiązań awaryjnych stosuje się też dodatkowe źródło energii jak generator spalinowy lub turbina wiatrowa. Zwłaszcza w systemach

hybrydowych wyróżnia się priorytety pracy, czyli różne tryby konfiguracji instalacji:

- 1) z naciskiem na magazynowanie energii
  - a) panele fotowoltaiczne,
  - b) zasilanie z sieci zewnętrznej,
  - c) panele fotowoltaiczne i zasilanie z sieci zewnętrznej,
- 2) z naciskiem na zasilanie urządzeń odbiorczych
  - a) panele fotowoltaiczne,
  - b) zasilanie z sieci zewnętrznej,
  - c) panele fotowoltaiczne, akumulatory i zasilanie z sieci zewnętrznej.

W zależności od konfiguracji i zastosowania w skład instalacji fotowoltaicznej, wchodzi różne urządzenia, takie jak:

- akumulatory - stosowane są najczęściej w systemach off-grid i hybrydowych, ich zadaniem jest gromadzenie energii i zapewnienie jej stałego dopływu w nocy, czy przy słabym nasłonecznieniu;
- regulator ładowania - wykorzystywany do odpowiedniej regulacji procesu ładowania chroniąc akumulator przed zbyt głębokim rozładowaniem lub przeładowaniem;
- falownik (inwerter) - stosowany jest w instalacjach, które mają dostarczać prąd przemienny. Przetwarzają one prąd stały generowany przez moduły fotowoltaiczne na prąd przemienny o parametrach zgodnych z siecią energetyczną. Inwertery oferują funkcje sterowania i regulacji: (i) automatyka załączania i wyłączania, (ii) monitorowanie i synchronizacja sieci, (iii) ograniczanie prądu wyjściowego i wejściowego, (iv) monitorowanie pracy obwodów wewnętrznych;
- urządzenia monitorujące parametry - są to elementy odpowiedzialne za pomiar parametrów pracy instalacji fotowoltaicznej. Bardziej rozbudowane i zaawansowane wersje oferują rejestrację danych historycznych i ich analizę oraz raportowanie.

dr inż. Jakub Grela

**Pełna oferta produktów dostępna na:**



**[www.megacennik.eu](http://www.megacennik.eu)**