

## **Efektywność instalacji PV w szeregowym i równoległym połączeniu paneli**

**Autorzy: Szczepan Paszkiel, Piotr Szpulak - *Faculty of Electrical Engineering, Automatic Control and Computer Science Institute of Electric Power Engineering and Renewable Energy***

**(„Energetyka” – sierpień 2018)**

Efektywność instalacji fotowoltaicznych zależy głównie od warunków atmosferycznych oraz sposobu połączenia ogniw fotowoltaicznych.

Podobnie jak wszystkie inne urządzenia półprzewodnikowe, ogniwa słoneczne są wrażliwe na temperaturę. Optymalna temperatura pracy paneli fotowoltaicznych mieści się w przedziale 20-25°C. Wraz ze wzrostem temperatury rośnie prąd zwarcia ze względu na wzrost rezystancji, a napięcie obwodu otwartego maleje [1].

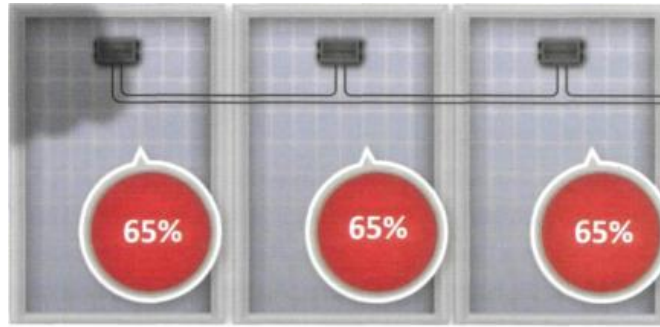
Napięcie zmienia się wraz ze zmianą temperatury - średnio nawet o ok. 3-5% na 10 stopni Celsjusza, natomiast warunki oświetlenia mają relatywnie niski wpływ. Z kolei natężenie prądu zmienia się proporcjonalnie do wszelkich różnic w dostępie do światła słonecznego, a jednocześnie pozostaje całkowicie niezależne od wahań temperatury.

Tradycyjne instalacje fotowoltaiczne charakteryzują się szeregowym połączeniem ogniw, w którym falowniki śledzą maksymalny punkt mocy wspólnie - dla całego łańcucha ogniw fotowoltaicznych, powodując proporcjonalny wzrost napięcia, natomiast natężenie prądu równe jest natężeniu, takim jak przy jednym module.

W przypadku zastosowania równoległego połączenia ogniw w instalacji PV następuje proporcjonalny wzrost natężenia płynącego prądu, przy napięciu równym znamionowemu napięciu jednego modułu.

Należy jednak zachować zasadę, aby równolegle łączyć moduły o tym samym napięciu, szeregowo natomiast - moduły o tym samym natężeniu prądu.

W szeregowym sposobie podłączenia falowników najsłabszy moduł obniża moc wszystkich pozostałych modułów, generując problem zaniżania produkcji mocy całego szeregu przez najsłabszy w danej chwili panel (rys. 1).



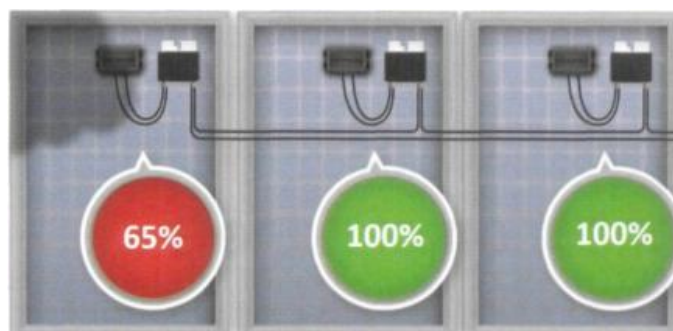
Rys.1. Szeregowy sposób podłączenia falowników

Połączenia równoległe wydają się być zdecydowanie bardziej wydajne w sytuacji, gdy pod uwagę brany jest efekt zacienienia oraz chęć uzyskania maksymalnej mocy połączonych modułów.

Czynnikami, mającymi wpływ na efekt zacienienia, są:

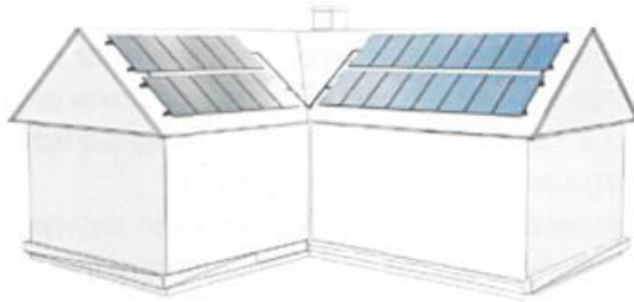
- a) zanieczyszczenia paneli (ptasie odchody, kurz itp.),
- b) częściowe zacienienie (rys. 2) (cień kominów, drzew itp.),
- c) zalegający śnieg,
- d) tolerancja mocy modułów fotowoltaicznych.

W rozwiązaniu równoległego połączenia każde ogniwo w instalacji fotowoltaicznej pracuje niezależnie od siebie, zapewniając większe uzyski (rys. 2). Możliwe jest to poprzez zastosowanie optymyzerów mocy i inwenterów dla każdego z ogniw oddzielnie, umożliwiając tym samym śledzenie punktu mocy maksymalnej osobno dla pojedynczego modułu.



Rys. 2. Równoległy sposób podłączenia falowników

Zastosowanie optymyzerów mocy dla każdego z ogniw z osobna redukuje więc straty związane z częściowym zacienieniem instalacji, jej częściowym zabrudzeniem czy uszkodzeniem jednego z ogniw. W takim rozwiązaniu spadek produkcji wystąpi wyłącznie dla danego panelu, przy czym reszta pracować będzie na 100% swoich możliwości. Ta metoda stanowi więc doskonałe rozwiązanie dla dachów o nieregularnym kształcie lub zorientowanych na różne strony świata (rys. 3).



Rys. 3. Dach zorientowany na różne strony świata

Nawet w takich samych warunkach atmosferycznych moc generowana przez ogniwa fotowoltaiczne (nawet tej samej klasy) jest różna i zależy od wartości parametrów napięcia oraz natężenia prądu, na jakich pracuje moduł.

Znamionowa moc paneli fotowoltaicznych zazwyczaj obliczana jest przyjmując promieniowanie słoneczne o wartości  $1000 \text{ W/m}^2$  oraz temperaturę pracy paneli równą 25 stopni Celsjusza. W Polsce takie warunki atmosferyczne zdarzają się niezwykle rzadko.

Badanie nasłonecznienia poszczególnych części kraju zostało szerzej przedstawione w artykule *Investment profitability analysis of an on-grid photovoltaic system* [2].

Jak bowiem wykazują dane statystyczne, maksymalne chwilowe promieniowanie słoneczne w okresie letnim w Polsce wynosi  $900\text{-}1000 \text{ W/m}^2$ . Natomiast temperatura, jaką panel uzyskuje w okresie letnim sięga nawet 80 stopni Celsjusza. Fakt ten ma duży wpływ na spadek wydajności paneli. Nawet przy dużej ilości energii efektywność paneli może się obniżyć o niemal 20%.

Aby więc zapewnić rzeczywistą efektywność instalacji PV na poziomie deklarowanym jako znamionowy, niezbędne jest zwiększenie liczby paneli fotowoltaicznych w instalacji o wartość, która nie będzie powodowała przeciążenia inwertera. Przyjmuje się, że górna granica zwiększenia wynosi 20% projektowanej instalacji.

W celu zapewnienia właściwego bezpieczeństwa p.poż. każdy budynek powinien być wyposażony w schemat instalacji PV, zawierający rozmieszczenie poszczególnych elementów i kabli elektrycznych. Mimo coraz większej popularności inwestycji w PV, w Polsce nie ma przepisów, które obligowałyby, aby każdy budynek, posiadający taką instalację wyposażony był w gaśnicę proszkową w miejscu instalacji falownika i urządzeń zabezpieczających instalację PV.

Instalacje PV powinny być zabezpieczane m.in. przez instalację odgromową i przeciwprzepięciową, a także rozłączniki bezpiecznikowe i wyłączniki.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Radziemska E., The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells, *Renewable Energy*, 2003.
- [2] Szpulak P., Paszkiel S., Wawrzyniak S., Gryszpiński M., Investment profitability analysis of an on-grid photovoltaic system, *IAPGOŚ*2017.
- [3] Jastrzębska G., Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., Warszawa 2013.