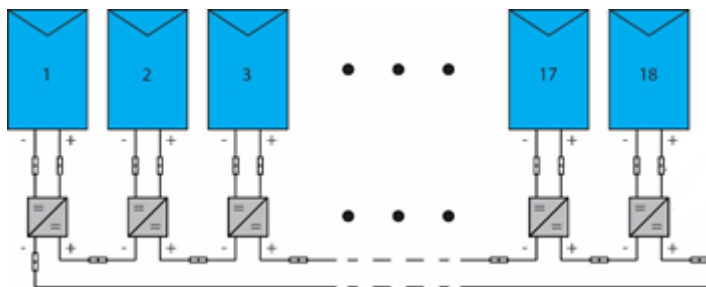


Nota techniczna – Wymagania dotyczące bezpieczników dla łańcuchów w systemach SolarEdge

Wprowadzenie

System SolarEdge znacząco różni się od tradycyjnych falowników łańcuchowych pod względem rozkładu i instalacji łańcuchów. Moduły fotowoltaiczne nie są bezpośrednio łączone w szeregiach. Każdy moduł fotowoltaiczny w panelu jest podłączony do wejścia optymalizatora mocy SolarEdge, a kable wyjściowe optymalizatora mocy są wzajemnie połączone w szeregiach.



W związku z tym zachowanie systemu SolarEdge w przypadku awarii różni się od zachowania tradycyjnego łańcuchowego systemu falownika.

W niniejszym dokumencie przedstawiono porównanie mechanizmów zabezpieczenia nadprądowego obu systemów i przeanalizowano reakcje systemów w przypadku wystąpienia różnych usterek. Z analizy tej wynika, że w ramach najpopularniejszych instalacji¹ bezpieczniki dla łańcuchów należy stosować wyłącznie w przypadku instalacji czterech lub większej liczby łańcuchów.

Wartość prądu znamionowego wszystkich urządzeń w ramach segmentu falownik-optymalizatory (złącza², kable, rozłączniki itp.) musi wynosić 36 A.

Gdy łańcuchy są bezpośrednio połączone z falownikiem, bezpieczniki w jednej polaryzacji są wystarczające do zabezpieczenia obu polaryzacji zgodnie z wymogami normy HD 60364-7-712 kl. 712.432.101.

Wymagania dotyczące bezpieczników dla łańcuchów

Zgodnie z normą IEC 62548 i amerykańską normą NEC-2017, art. 690.9, należy zapewnić zabezpieczenie nadprądowe łańcuchów (bezpieczniki dla łańcuchów), jeżeli możliwa wartość prądu wstecznego przewyższa maksymalną wartość prądu znamionowego modułu fotowoltaicznego. Zgodnie z normą EN 60269-6 bezpiecznik łańcucha powinien zapewniać rozłączenie prądu przekraczającego jego wartość znamionową o 1,35 razy (IEC) lub 1,56 razy (amerykańska norma NEC) w ciągu jednej godziny, a zatem przez jedną godzinę kable i moduły muszą wytrzymać obciążenie prądem do 35% (IEC) lub 56% (NEC) wyższym. W krótszym okresie czasu mogą występować wyższe wartości prądu, co oznacza, że kable i moduły wytrzymują wyższe obciążenie prądem w ciągu maksymalnie jednej godziny.

W systemie SolarEdge moduły fotowoltaiczne nie są bezpośrednio podłączone do falownika. W związku z tym podczas oceny konieczności zastosowania bezpieczników w łańcuchach instalator powinien rozważyć, czy istnieje możliwość oddziaływania prądu wstecznego na wszystkie komponenty systemu, takie jak: moduły fotowoltaiczne, optymalizatory, skrzynka instalacyjna, złącza itp.

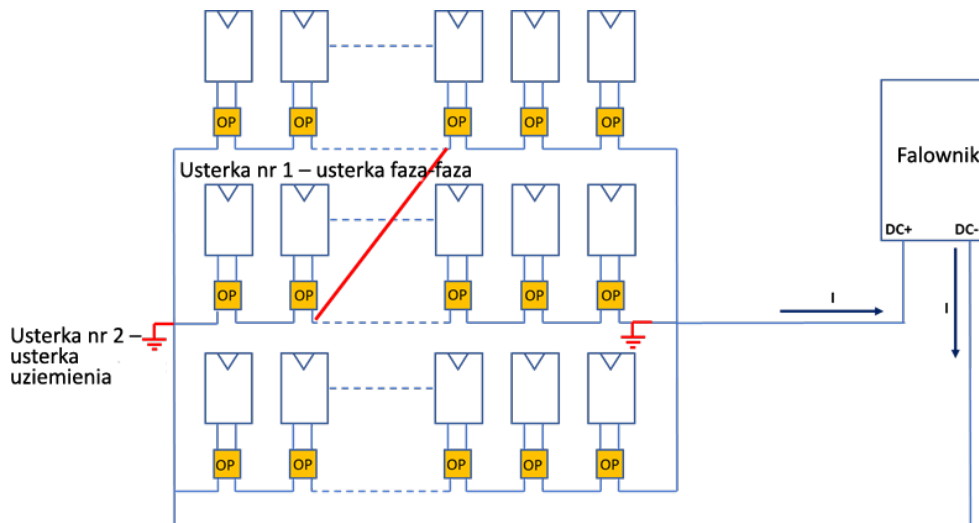
¹ Z wyjątkiem użycia optymalizatora M1600

² [https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_\(en\)_hi.pdf#page=12-13](https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_(en)_hi.pdf#page=12-13)

Scenariusze usterek

Aby w systemie fotowoltaicznym powstał prąd wsteczny, musi nastąpić zwarcie łańcucha lub części łańcucha. Może to być wynikiem dwóch sukcesywnych usterek uziemienia lub usterki połączenia faza-faza.

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat obu rodzajów usterek izolacji:



Zwarcia będące wynikiem usterek połączenia faza-uziemienie

Systemy łańcuchowe

W łańcuchowych systemach falownika każda usterka uziemienia spowoduje wskazanie awarii izolacji w falowniku oraz rozłączenie falownika nieposiadającego transformatora od sieci, jednak sama usterka nie ustąpi. W przypadku drugiej awarii izolacji w innej części systemu DC (w ramach tego samego łańcucha lub w innym łańcuchu) następuje zwarcie łańcucha lub jego części. Wówczas przez moduły fotowoltaiczne może płynąć prąd wsteczny o krytycznej wartości, przewyższającej wartość prądu znamionowego bezpiecznika modułu fotowoltaicznego. W celu przerwania tego przepływu wymagane jest zastosowanie zabezpieczenia nadprądowego dla łańcucha, o niższej wartości prądu znamionowego niż maksymalna wartość prądu znamionowego modułu. W przypadku prądu wstecznego o wartości niższej niż wartość prądu znamionowego modułu przepływ nie zostanie przerwany, co może powodować ryzyko pożaru w miejscu usterki uziemienia. Z punktu widzenia przyjętego w normie ryzyko to uznaje się za niewielkie, a w związku z tym zabezpieczenie nie jest wymagane.

Systemy SolarEdge

W systemach SolarEdge usterka uziemienia spowoduje reakcję na awarię izolacji prowadzącą do wyłączenia systemu. Nie tylko następuje rozłączenie falownika, ale również wyłączenie optymalizatorów i przejście do trybu bezpieczeństwa z ograniczeniem wartości prądu łańcucha do bezpiecznego poziomu około 0 A. W przypadku kolejnej usterki chwilowo może nastąpić przepływ prądu. Gdy instalacja obejmuje trzy równoległe łańcuchy lub mniejszą ich liczbę, system SolarEdge wytrzymuje powstały prąd, a optymalizatory minimalizują szanse przepływu prądu wstecznego do modułów. W związku z tym dodatkowe zabezpieczenie łańcuchów nie jest wymagane.

Zwarcia będące wynikiem usterek połączenia faza-faza

Ze względu na wykorzystanie podwójnie izolowanych kabli jednożyłowych ryzyko wystąpienia usterek połączenia faza-faza jest niewielkie. W związku z tym zgodnie z normą do ochrony modułów fotowoltaicznych przed skutkami zwarć nie jest wymagane zastosowanie dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych (takich jak bezpieczniki dla łańcuchów). Tym niemniej należy mieć na uwadze tego rodzaju usterki.

Systemy łańcuchowe

W łańcuchowych systemach falownika usterka połączenia faza-faza może skutkować powstaniem prądu wstecznego o krytycznej wartości. W celu ochrony modułów fotowoltaicznych należy zastosować zabezpieczenie nadprądowe łańcuchów, jeżeli wartość prądu znamionowego modułu jest niewystarczająca. Jednak nawet przy zastosowaniu bezpieczników w ramach łańcuchów, gdy wartość prądu jest niższa niż wartość prądu znamionowego modułu, w miejscu usterki występuje prąd, który może spowodować pożar.

Systemy SolarEdge

Optymalizatory mocy SolarEdge zapewniają wewnętrzne ograniczenie przepływu prądu. Dzięki topologii optymalizatorów i sterowaniu przetwornikami przepływ prądu wstecznego do modułu fotowoltaicznego jest niemożliwy. Optymalizatory ograniczają przepływ prądu do wejścia modułu fotowoltaicznego nawet do 14 A (w zależności od modelu) i ograniczają przepływ prądu w obwodzie wyjściowym DC optymalizatora nawet do 18 A³. Optymalizatory mocy SolarEdge posiadają certyfikat potwierdzający brak przepływu prądu wstecznego do modułu fotowoltaicznego oraz brak przepływu prądu wstecznego do pozostałej części łańcucha, co oznacza, że prąd z łańcucha może płynąć wyłącznie w jednym kierunku. Nie istnieje zatem ryzyko powstania prądu wstecznego w modułach.

W większości przypadków usterka połączenia faza-faza ma wpływ na sterownik napięcia stałego i niezwłocznie prowadzi do wyłączenia systemu, w tym wyłączenia optymalizatorów, ograniczając wartość prądu łańcucha do bezpiecznego poziomu około 0 A. Jeżeli jednak kable nie zostały odpowiednio zwymiarowane w celu zapewnienia odpowiednich zdolności przewodzenia dla maksymalnej wartości prądu, może być konieczne zastosowanie zabezpieczeń nadprądowych w celu ochrony kabli przed wyłączeniem systemu.

W przypadku instalacji trzech równoległych łańcuchów lub mniejszej ich liczby zabezpieczenie nadprądowe nie jest konieczne, jeżeli kable są w stanie wytrzymać potencjalny prąd wsteczny przez 15 sekund. W porównaniu z tradycyjnymi łańcuchowymi systemami falownika po upływie tego czasu prąd nie występuje i nie istnieje ryzyko pożaru w miejscu usterki.

Zabezpieczenie przeciwprzeciążeniowe

Systemy łańcuchowe

W łańcuchowych systemach falownika prąd łańcucha może przekraczać wartości STC wskazane w arkuszu danych modułu. W związku z tym stosuje się margines bezpieczeństwa (na przykład 10%) w celu uwzględnienia wyższego natężenia napromieniowania i innych warunków otoczenia, które mogą powodować zwiększenie prądu.

Systemy SolarEdge

W systemie SolarEdge prąd łańcucha jest ograniczony do maksymalnej wartości prądu wyjściowego optymalizatora, nawet jeżeli prąd modułu zwiększy się na skutek warunków otoczenia. Ponadto optymalizatory ograniczają przepływ prądu do wejścia modułu fotowoltaicznego. W związku z tym stosowanie marginesu bezpieczeństwa podczas obliczania maksymalnej wartości prądu łańcucha nie jest konieczne.

³ Z wyjątkiem użycia optymalizatora M1600