

Bezpieczeństwo pożarowe a funkcja AFCI w falownikach FoxESS

Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych stało się bardzo istotnym tematem w momencie pojawienia się nowelizacji prawa budowlanego, która miała miejsce we wrześniu 2020 r. Od tej chwili obowiązkiem jest uzgadnianie z rzeczoznawcami ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych projektów mikroinstalacji o mocy przyłączeniowej powyżej 6,5 kWp.

Od samego początku wiadomym było, że temat bezpieczeństwa pożarowego nie może zostać pominięty. Wynikało to z podstawowych wymagań Prawa budowlanego, którego art. 5 brzmi: „Objekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając: (...) 1) spełnienie podstawowych wymagań (...) b) bezpieczeństwa pożarowego”. Z racji braku szczegółowych przepisów krajowych należało korzystać z zasad wiedzy technicznej, jakimi były normy, standardy krajowe i zagraniczne, podręczniki dobrych praktyk opracowane przez producentów czy stowarzyszenia (jedno z pierwszych takich opracowań wydało SBF Polska PV).

Stało się jasne, że spojrzenie na bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych jest zagadnieniem znacznie szerszym, ponieważ znalazły się również zagadnienia wykraczające poza zasady wiedzy technicznej, a związane z przepisami krajowymi – dotyczące chociażby stosowania w obiektach przeciwpożarowych wyłączników prądu i problematyki związanej z koniecznością odcinania w budynku zasilania po stronie DC.

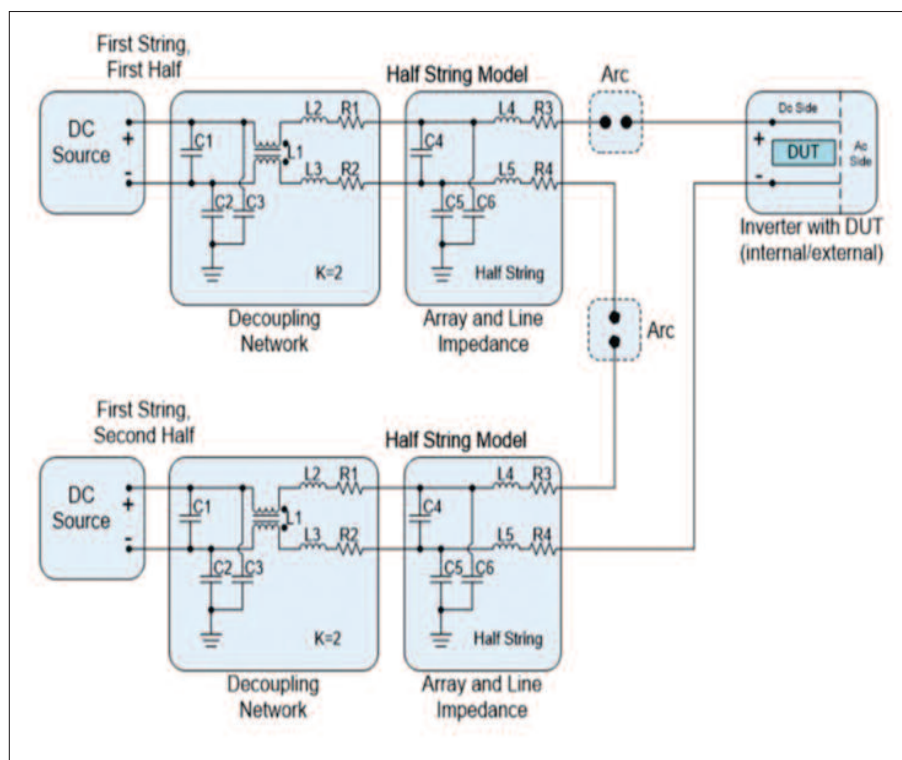
Obecnie branża ochrony przeciwpożarowej musi zmierzyć się z kolejnym wyzwaniem: rosnącą liczbą pożarów instalacji fotowoltaicznych. Jak zauważyli autorzy „najlepszych praktyk w zakresie bezpieczeństwa pożarowego (...)”, opracowanych m.in. przez Wydział Inżynierii Lądowej Uniwersytetu Putra w Malezji, pożary instalacji PV występują z częstotliwością na poziomie 0,029 pożaru na 1 MW. Przy bardzo dużym wzroście liczby mikroinstalacji w Polsce (na koniec 2021 r. było to 4,9 GW) takich pożarów należy po prostu się spodziewać. Według aktualnych światowych statystyk, zebranych zresztą we wspomnianym opracowaniu, jedną z najczęstszych przyczyn pożaru jest wystąpienie łuku elektrycznego prądu stałego elementów

wchodzących w skład instalacji PV. Łuk elektryczny jest mniej niebezpieczny w systemie prądu przemiennego, ponieważ bezpieczeństwo urządzeń AC znacznie rozwinęło się w ciągu ostatnich stuleci. Ponadto łuk elektryczny w systemie prądu przemiennego

ma tendencję do samowygaszania się, w przeciwieństwie do łuku prądu stałego, który utrzymuje się w sposób ciągły.

Łuk elektryczny to zjawisko wyładowania elektrycznego prądu o wysokim natężeniu przepływającego przez lukę powietrzną między dwoma przewodnikami umieszczonymi blisko siebie. Dochodzi wówczas do jonizacji cząsteczek gazów, czego efektem jest powstająca plazma o temperaturze kilku tysięcy stopni. Już kilka chwil działania łuku elektrycznego na palne elementy dachu wystarczy, aby spowodować zapłon, a w konsekwencji pożar.

Przyczyn powstawania łuków elektrycznych może być bardzo wiele. Do najczęstszych należą uszkodzenia przewodów DC, gdzie dochodzi do przerwania obwodu elektrycznego. Takie sytuacje mogą być związane z montażem instalacji fotowoltaicznej niezgodnie ze sztuką budowlaną czy dobrą praktyką instalatorską. Zalicza się do nich



Rys. 1. Schemat obwodu DC z miejscem występowania łuku

niewłaściwie prowadzone trasy kablowe, które w późniejszym okresie eksploatacji doprowadzają do uszkodzenia powłok izolacyjnych przewodów, źle zamontowane konektory DC czy też łączenie złączek różnych producentów.

Należy tutaj zwrócić uwagę, że już na etapie projektu instalacji fotowoltaicznej jesteśmy w stanie znacząco wpłynąć na bezpieczeństwo jej późniejszej pracy, począwszy od prawidłowego doboru komponentów po prawidłowy montaż.

Strona stałoprądowa instalacji fotowoltaicznej jest tak skonstruowana, że napięcie występuje na przewodach przez cały czas,

kiedy moduły oświetlane są promieniami słonecznymi. Napięcie to może sięgać nawet 1000 V. Wyjątkiem są instalacje wyposażone w system obniżenia napięcia po stronie prądu stałego do napięcia bezpiecznego, który może być dołączony do instalacji PV lub wbudowany w modułach fotowoltaicznych w postaci optymalizatorów mocy. W przypadku takiego rozwiązania znacząco zwiększa się jednak liczba połączeń w okablowaniu DC, co z drugiej strony podnosi ryzyko awaryjności instalacji. Ograniczając liczbę połączeń po stronie DC do minimum, wpływamy na zmniejszenie ryzyka powstanie potencjalnych punktów zapalnych. Pozwala to zachować pełną kompaktowość instalacji PV.

■ Ochrona AFCI w falownikach FoxESS

AFCI – czyli z języka angielskiego *Arc-Fault Circuit Interrupter* – to funkcja wykrywania łuków elektrycznych w obwodach prądu stałego.


Każdy falownik nowej serii trójfazowej FoxESS oznaczonej jako T-G3 ma w standardowym wyposażeniu funkcję AFCI. Jej działanie polega na wykrywaniu wystąpienia łuku w układzie i jego natychmiastowym wygaszeniu oraz jednoczesnej sygnalizacji błędu na wyświetlaczu falownika i w platformie monitorującej FoxCloud. Po wyeliminowaniu błędu falownik automatycznie wznowia pracę.

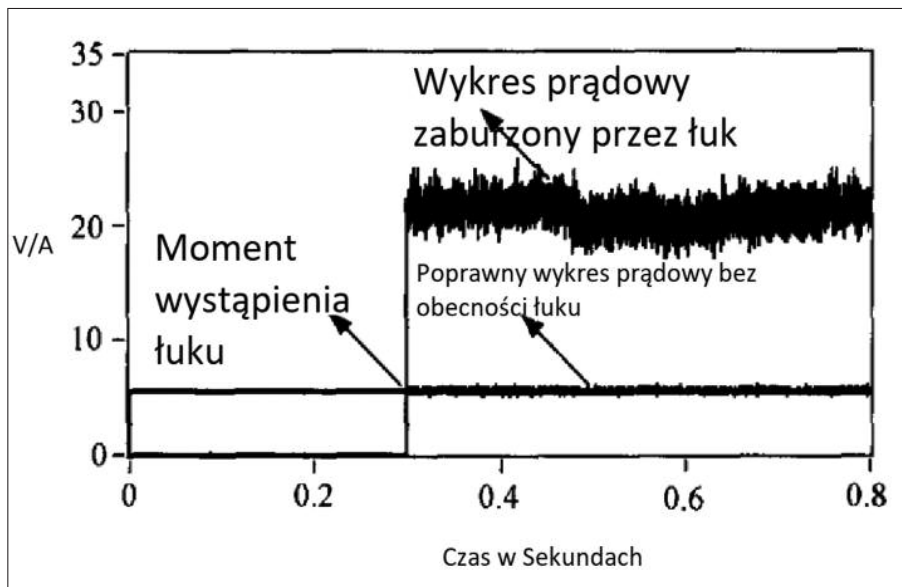
Na rys. 1 przedstawiony został schemat obwodu fotowoltaicznego, w którym występuje łuk elektryczny. W systemach fotowoltaicznych wyróżniamy łuki szeregowy, równoległy oraz doziemny. Z uwagi na topologię wykonania instalacji to łuki szeregowy występują najczęściej. Z powodu dużej liczby konektorów i połączeń kablowych w typowej instalacji fotowoltaicznej ryzyko wystąpienia łuku elektrycznego jest stosunkowo wysokie.

W jaki sposób możemy wykryć wystąpienie łuku?

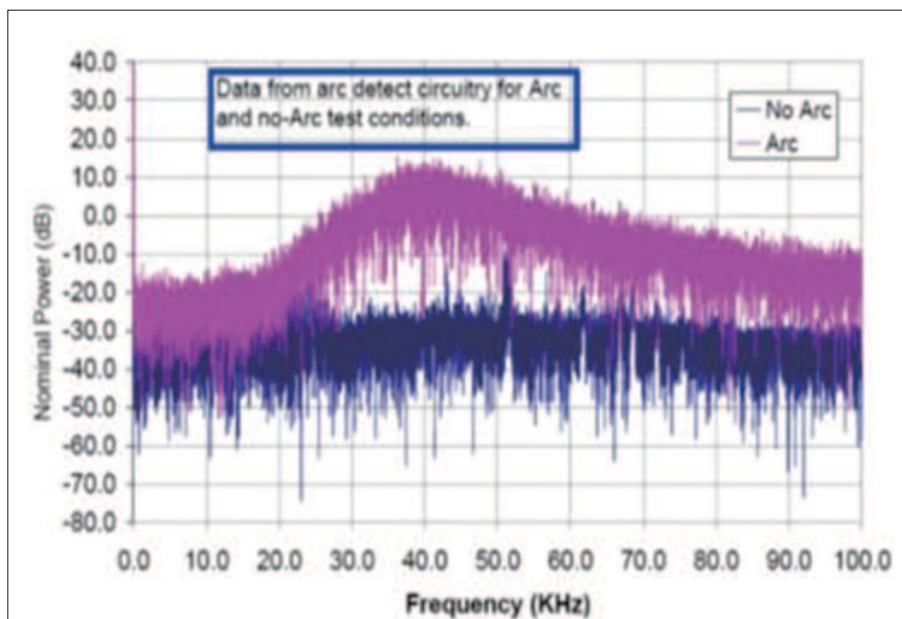
W przypadku poprawnego połączenia kablowego, wartości napięcia i natężenia prądu są stałe, gdy łuk elektryczny nie występuje. Pojawienie się łuku między dwoma stykami powoduje gwałtowny wzrost napięcia, a w odczycie prądowym falownika powstaje duże zaszumienie, uwidaczniające zwiększenie emisji energii w szerokim spektrum częstotliwości – tak jak pokazuje rys. 2 i 3. Istnieje wyraźna różnica w pomiarze obwodu elektrycznego, który pracuje poprawnie i tego, w którym powstaje łuk elektryczny.

Jak wspomniano wcześniej, w instalacji fotowoltaicznej występuje bardzo dużo połączeń elektrycznych, a co za tym idzie – trudno na bieżąco monitorować każde połączenie osobno. Ekonomiczniej i sprawniej jest monitorować całą instalację pod kątem występowania łuku gdziekolwiek w jej obrębie.

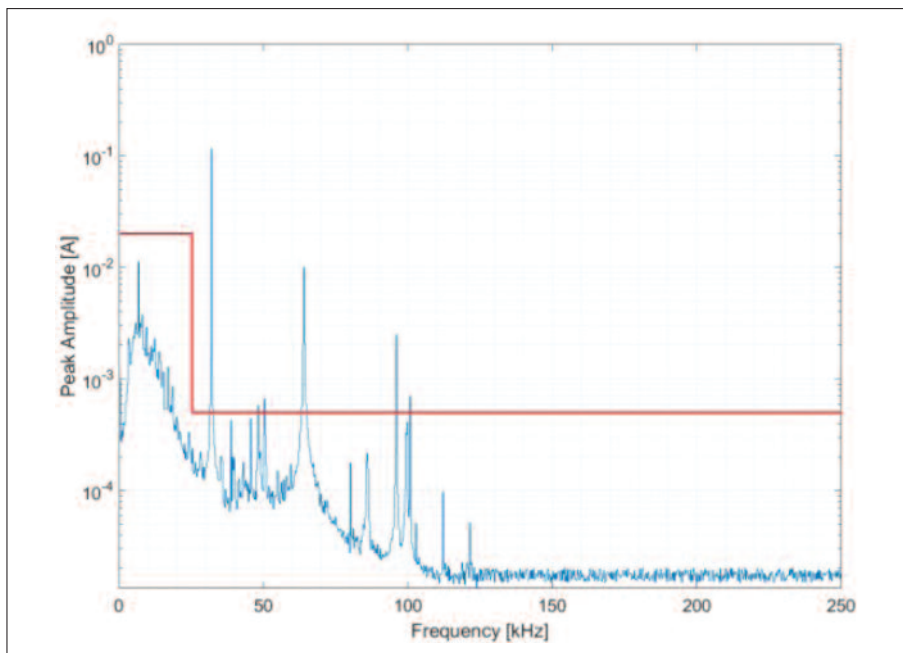
W ten właśnie sposób działa wykrywanie łuku elektrycznego w falownikach FoxESS. 



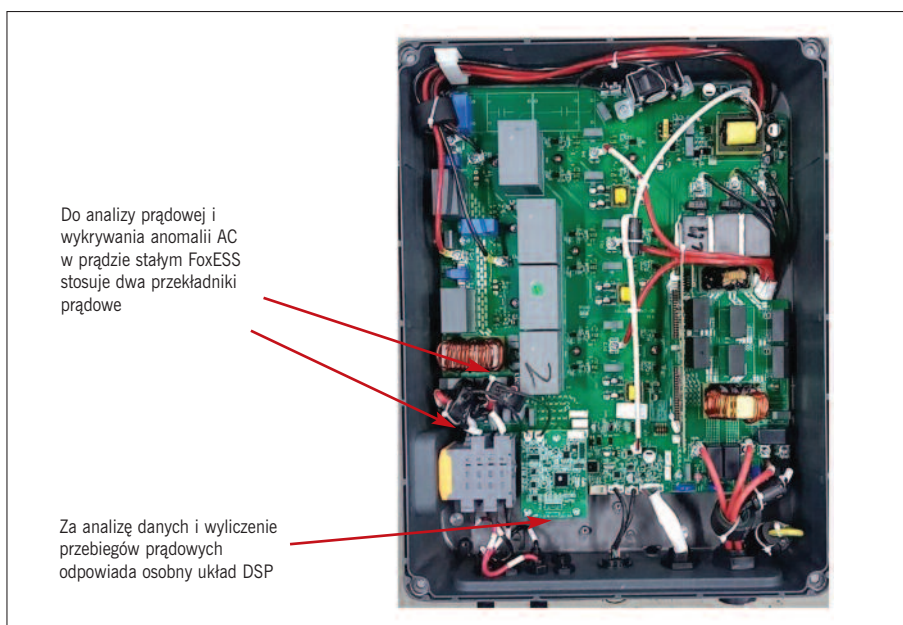
Rys. 2. Wykres napięcia i natężenia prądu w momencie wystąpienia łuku elektrycznego



Rys. 3. Wykres spektrum prądowego w obwodzie, w którym występuje łuk elektryczny oraz działającym poprawnie



Rys. 4. Przykład wykresu częstotliwości z zaznaczonym obszarem wykrywania anomalii



Rys. 5. Układ wykrywania i gaszenia łuku elektrycznego (AFCI) w falowniku FoxESS

Falownik monitoruje krzywe prądowe na wejściu prądu DC, przeszukując je w poszukiwaniu odchyłek AC w spektrum od 1 kHz do 250 kHz. System AFCI wykrywa nieliniowe zaburzenia w krzywej prądowej w przyłączonych łańcuchach PV, jednocześnie ignorując wystąpienie zaburzeń prądowych spowodowanych uruchomieniem instalacji czy włączeniem falownika. Jeśli zaburzenie pokrywa się z widmem wykresu prądowego wskazującym na wystąpienie łuku i przekracza zaprogramowane granice pomiarowe, falownik rozpoczyna sprawdzanie czy łuk wystąpił i czy wymagane jest wstrzymanie produkcji energii. Jeśli algo-

rytm wykrywania łuku zdecyduje, że łuk elektryczny występuje, falownik zostanie zatrzymany w ciągu 2,5 s.

Logika działania tego układu w falownikach FoxESS zakłada zadziałanie funkcji AFCI podczas wykrycia łuku elektrycznego oraz wyświetlenie komunikatu na ekranie falownika. Po upływie 5 min falownik spróbuje wznowić pracę. Jeśli ponownie wykryje problem, ponownie zatrzyma pracę. Powtórzy się to pięciokrotnie, po czym falownik wejdzie na stałe w tryb awaryjny. W takiej sytuacji konieczne będzie sprawdzenie instalacji pod kątem występowania przyczyny za-

działania AFCI oraz ręczne usunięcie sygnalizowanego na urządzeniu błędu.

■ Podsumowanie i wnioski

Bezpieczeństwo instalacji fotowoltaicznych stanowi priorytet w kontekście ich coraz szerszej popularności. W szczególności istotne jest bezpieczeństwo pożarowe obiektów. Oprócz dokładnego i profesjonalnego montażu szczególną uwagę należy poświęcić doborowi komponentów składowych, od elementów łączeniowych, tj. przewodów czy złączek, po elementy bazowe, takie jak serce każdej instalacji, czyli falownik.

Należy przeanalizować funkcjonalności jakie oferują producenci komponentów oraz ich faktyczny wpływ na zwiększone bezpieczeństwo i monitorowanie instalacji pod kątem bezpieczeństwa. Z całą pewnością system AFCI w falownikach marki FoxESS należy do takich funkcjonalności. Układ wykrywania i gaszenia łuku poprzez zatrzymanie pracy falownika stanowi prosty i skuteczny sposób ograniczający ryzyko pożaru. Dodatkowo system weryfikuje poprawny montaż instalacji między innymi przez sprawdzenie trasy kablowej DC i wyświetlenie omawianego komunikatu o zarejestrowaniu łuku elektrycznego.

Wybierając falownik marki FoxESS, nie mamy więc konieczności stosowania dodatkowych elementów elektronicznych, takich jak np. optymalizatory mocy oraz zewnętrzne urządzenia do przerywania łuku. Rozwiązania zastosowane w tych falownikach znacząco obniżają ryzyko wystąpienia awarii w instalacji fotowoltaicznej mogących stworzyć zagrożenie pożarowe.

□

mgr inż. Damian Stępień
– inżynier wsparcia technicznego
FoxESS Polska Sp. z o.o.

recenzja i opinia ekspercka:
mgr inż. Damian Kubera
– rzeczoznawca ds. zabezpieczeń ppoż.

