

Ograniczenie ryzyka wystąpienia pożaru w instalacjach PV

Wytyczne dla projektantów, instalatorów oraz inspektorów przeciwpożarowych

Niniejszy materiał bazuje na dokumencie opracowanym przez Niemieckie Stowarzyszenie Przemysłu Solarnego (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.) – BSW-Solar.

W instalacjach elektrycznych, a więc także w systemach fotowoltaicznych, bezpieczeństwo ma ogromne znaczenie. Systemy PV, które są projektowane, instalowane i eksploatowane zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami technicznymi, są bezpieczne i niezawodne nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach pogodowych. Mogą jednak zaistnieć scenariusze zdarzeń, które wymagają dodatkowych urządzeń zabezpieczających. Przykładowo w systemach, które nie są regularnie monitorowane i w których moduły są instalowane na łatwopalnym dachu lub izolacji.

Powstawanie łuku elektrycznego

Łuk elektryczny może zdarzyć się tylko wtedy, gdy wystąpią poważne usterki w istotnych dla bezpieczeństwa systemu PV elementach i nie zostaną one zawczasu wykryte. Przyczyną może być np. uszkodzenie podwójnej izolacji przewodu DC w kilku miejscach lub zwiększona oporność na styku uszkodzonego złącza.

Zasadniczo rozróżnia się łuki równoległe i szeregowy. Łuki szeregowy nie są łatwe do zidentyfikowania. Najlepiej jednak można zapobiec ich powstawaniu lub co najmniej zminimalizować je, jeśli zastosuje się do wytycznych niniejszego dokumentu. W przypadku tzw. łuków równoległych już zapewnienie monitorowania stanu izolacji DC przez falownik zapewnia znaczną ochronę, ponieważ poprzez wyeliminowanie pierwszych symptomów błędów izolacji w większości przypadków można zapobiec powstaniu łuku równoległego. Oznacza to jednak, że operator systemu fotowoltaicznego musi być szczególnie uczulony, aby analizować komunikaty o błędach pochodzące z falownika i poinformować o nich specjalistyczną firmę.

Przykładowo dla falowników firmy Fronius błędy związane ze zbyt niską wartością stanu izolacji sygnalizowane są kodem #475.

Zasady prowadzenia przewodów

Środki zapobiegające powstawaniu łuków elektrycznych i rozprzestrzenianiu się uszkodzeń są łatwe do wdrożenia w fazie projektowania oraz w fazie instalacji. Poniższe zalecenia oparte są na możliwych do zaobserwowania głównych przyczynach powstawania łuków elektrycznych w systemach fotowoltaicznych. Dzięki uwzględnieniu tych zaleceń ryzyko wyładowania łukowego jest w dużej mierze wykluczone, a jego skutki są ograniczone.

Typ kabli i przewodów

Należy stosować wyłącznie kable solarne odpowiednie do zastosowań zewnętrznych i trudnych warunków pogodowych

oraz odporne na promieniowanie UV. W Europie obecnie stosowane są indywidualne specyfikacje dla poszczególnych krajów. Normy nie są identyczne, a przy wyborze kabli solarnych należy również wziąć pod uwagę ich ogniotrwałość.

Wykorzystanie kanałów kablowych

Kanały kablowe oferują niezawodną ochronę przed obciążeniami mechanicznymi kabli i przed ich uszkodzeniem mechanicznym. Należy pamiętać, że na końcach kanałów kablowych lub siatek kablowych, a także na odgięciach i rozgałęzieniach nie może być ostrych krawędzi. Mogą one prowadzić do uszkodzenia izolacji kabli. Metalowe kanały kablowe mogą również łagodzić skutki wyładowań łukowych, ponieważ nie są one wykonywane z materiału łatwopalnego.



Rys. 1: Korytko z zadziorami.
Uwaga – niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji!

Rys. 2: Gratowanie kanałów kablowych, tak aby izolacja przewodów pozostała nienaruszona przez dłuższy czas

Rys. 3: Należy stosować ochronę krawędzi lub dodatkowo zabezpieczoną instalację w plastikowych rurach w obszarze krawędzi i ugięć przewodów



Rys. 4: Kratka kablowa z wolnymi końcami prętów i ostrymi krawędziami.
Uwaga – niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji!

Rys. 5: Należy usunąć końcówki prętów lub użyć ochraniaczy krawędzi

Rys. 6: Zalecana jest prowadnica kabla zintegrowana w konstrukcji wsporczej



Podczas układania przewodów należy zapewnić, aby nie były one stale zanurzone w wodzie. W przeciwnym razie izolacja może zostać uszkodzona. Warunek ten musi być zapewniony podczas instalowania kabli.

Elastyczne kable muszą być prowadzone ze wsparciem mechanicznym i zabezpieczone przed wpływami środowiskowymi po zainstalowaniu na stałe (PN EN 50565-1). Wymogi te dotyczą również kabli fotowoltaicznych zgodnie z normą PN EN 50618.

Promień gięcia

Promień gięcia określony przez producenta musi być przestrzegany. W przeciwnym razie izolacja może być nadmiernie naprężona, co prowadzi do powstawania pęknięć, szczególnie w niskich temperaturach.

W przypadku elastycznych przewodów do instalacji fotowoltaicznych z reguły promień gięcia nie powinien być mniejszy niż $4 \times D$.

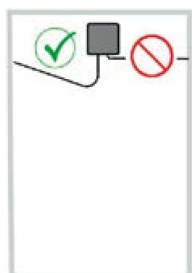


Rys. 7. Należy nie doprowadzać do pęknięcia izolacji

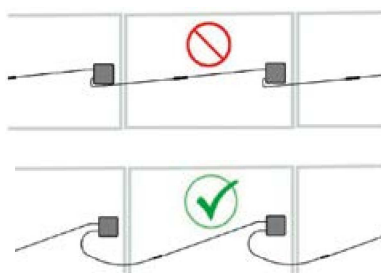


Rys. 8. Promień gięcia a średnica kabla

Podczas montażu kabli do skrzynek przyłączowych falowników, skrzynek przyłączeniowych modułów, wtyczek i rozdzielaczy należy również zapewnić odpowiednie promienie gięcia. W szczególności w przypadku modułów montowanych poprzecznie należy z góry rozważyć wystarczającą długość kabli. Zawsze należy przestrzegać dopuszczalnych promieni zginania.



Rys. 9. Skrzynka połączeniowa modułu



Rys. 10. W przypadku modułów montowanych poprzecznie należy zwrócić uwagę na odpowiednie długości kabli, aby zachować zgodność z promieniem gięcia i uniknąć dodatkowych obciążeń rozciągających na modułowym gnieździe połączeniowym

Przy zmianie kierunku wiązek kabli należy wziąć pod uwagę różne długości kabli.



Rys. 11. Zmiana kierunku prowadzenia przewodów

Jeśli promień gięcia nie może być dotrzymany przez zbyt krótkie przewody łączące, jest to uważane za poważną wadę instalacji.

Bezpieczny montaż przewodów

Mocowanie kabli służy przede wszystkim do przenoszenia obciążeń. Chroni to kable i zintegrowane zabezpieczenia (np.

złącza) przed odkształceniami i przed przeciążeniem mechanicznym. Nasadka powinna zapobiegać otarciom linii lub ścieraniu izolacji. Nie wolno uszkadzać izolacji przewodów urządzeniami mocującymi. Wymagania te mogą zwykle spełniać tylko odpowiednie urządzenia / wsporniki. Opaski kablowe nadają się zatem tylko do mocowania kabli, a nie do przenoszenia obciążenia. Można stosować wyłącznie opaski kablowe zatwierdzone do użytku na zewnątrz (w szczególności odporność na promieniowanie UV).

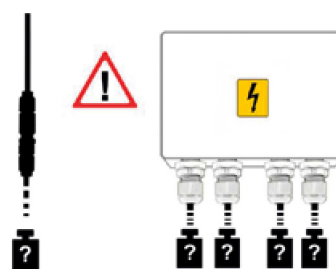
Odstępy mocowania muszą być przestrzegane zgodnie z instrukcjami producenta lub ustaleniami z producentem przewodów. Jeśli nie są one dostępne, przyjmuje się, że odległość montażowa przewodów PV w poziomie powinna być nie mniejsza niż 250 mm, a w pionie nie mniejsza niż 400 mm.

Podstawowe wymaganie: przewody muszą być luźno ułożone, nie mogą być układane pod obciążeniem mechanicznym, muszą być odciążone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń. W trakcie funkcjonowania instalacji nie mogą być nigdy poddawane mechanicznemu naprężeniu. Należy unikać kontaktu z ostrymi krawędziami lub porysowaniem na szorstkim podłożu.

Kable należy mocować w odstępach zgodnych z instrukcjami producenta.

Odciążenie

Odciążenie chroni połączenia liniowe przed przeciążeniem mechanicznym. W poszczególnych elementach (wtyczka, skrzynka przyłączeniowa modułu itp.) są one często zintegrowane i dlatego mogą one absorbować jedynie ograniczone siły. Przykładowo w przypadku wtyczek PV o średnicach przewodów 4–9 mm zintegrowany w standardzie reduktor naprężeń może wytrzymać 80N (IEC/EN 62852). Ewentualnie występujące obciążenia muszą zostać pochłonięte przez sposób układania.



Rys. 12. Złącza DC i skrzynki połączeniowe modułów z dławikami PG – zintegrowane przepusty absorbują siły tylko w ograniczonym zakresie

Odpowiednie zaprojektowanie i ustawienie złączy

Układając złącza, należy upewnić się, że są one prawidłowo zainstalowane (patrz także rozdział: „Zalecenia dotyczące odpowiednich komponentów”). Wtyczki muszą być zaślepione zgodnie ze specyfikacją producenta i nie mogą być montowane pod naprężeniem mechanicznym (należy przestrzegać odciążenia, patrz rys. 12).



Rys. 13. Złącze DC

Wtyki PV są zwykle chronione przed wnikaniem wody. Należy unikać trwałego zanurzenia wtyczek w wodzie. Ciągłe narażenie na wodę może negatywnie wpływać na poprawność działania złączy.

Należy unikać umiejscawiania złączy w zasięgu bezpośredniego działania światła słonecznego.

O ile to możliwe, podczas projektowania instalacji należy wziąć pod uwagę dostępność złączy dla późniejszych przeglądów i serwisu: w trakcie funkcjonowania instalacji należy zapobiegać ewentualnemu zanieczyszczeniu i powstawaniu mchu na złączach lub należy regularnie usuwać tego typu zabrudzenia. Wtyczki muszą być zainstalowane zgodnie ze specyfikacją producenta.

Ograniczenie możliwości rozprzestrzeniania się ognia

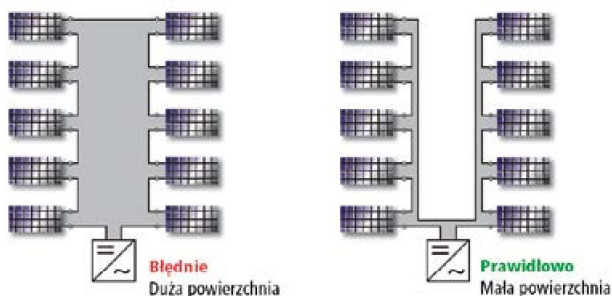
Łuk elektryczny może zapalić łatwopalne membrany dachowe i leżącą pod nimi izolację w przypadku bezpośredniego kontaktu. Na etapie planowania należy zatem sprawdzić, czy można zastosować niepalne membrany dachowe lub izolację. Jeśli nie jest to możliwe, wpływ ewentualnego wystąpienia łuku należy zminimalizować w sposób trwały i wystarczający – należy zapewnić odległości między przewodem i poszyciem dachu (kanały kablowe lub wystarczająco gruba baza mineralna, taka jak żwir).

Wybierając materiały instalacyjne, należy wziąć pod uwagę, że tworzywa sztuczne mają wyższy potencjał zapłonu i rozprzestrzeniania się ognia niż materiały metalowe.

Ochrona przewodów na dachu

Wejścia kablowe do budynku muszą być wykonane profesjonalnie. Nie należy prowadzić kabli po ostrych krawędziach i nie należy przytwierdzać ich bezpośrednio do dachu. Odnośnie do wpływu grawitacji na przewody decydujące są specyfikacje producenta kabla. Należy przestrzegać zalecanych maksymalnych odległości poziomych i pionowych mocowań kabli. Opaski kablowe są niedozwolone w przypadku działania grawitacji na przewody.

Zasadniczo powierzchnia wszystkich pętli przewodów musi być utrzymywana na jak najniższym poziomie w celu zmniejszenia indukowanych napięć spowodowanych uderzeniami piorunów (rys. 14). Bezpośrednio przed wprowadzeniem do budynku zaleca się, aby przewody DC-plus i DC-minus były poprowadzone osobno w odległości 5 do 10 cm od budynku.



Rys. 14. Przy układaniu przewodów należy minimalizować powierzchnię pętli

Kontynuowaniu możliwego równoległego łuku przez wpu-
sty dachowe można zapobiec poprzez osobne zamontowanie
przewodów DC-plus i DC-minus bezpośrednio przed wpro-
wadzeniem do budynku. Generalnie zaleca się stosowanie
bariery ogniowej do wprowadzania kabli do budynku. W ten
sposób zapobiega się przekazywaniu ognia przez tzw. efekt
bezpiecznika.

Bezpieczne szafki rozdzielcze i rozdzielnice

Skrzynki przyłączeniowe modułów PV muszą spełniać wymaga-
nia normy PN-EN 61439-2 (i jej załączników).

Należy zapewnić prawidłowe podłączenie kabli oraz rozdzie-
lenie strony dodatniej i ujemnej w skrzynkach przyłączeniowych
generatora i innych skrzynkach zaciskowych. Zwiększona rezy-
stancja styku z powodu niewłaściwego połączenia może dopro-
wadzić do przegrzania punktu końcowego, a to z kolei do ryzyka
pożaru z powodu łuków szeregowych.

Nawet przy rozłącznikach należy przestrzegać specyfikacji pro-
ducenta. Niektórzy producenci zalecają używanie rozłączników
DC minimum raz każdego roku. W wyniku tego działania powsta-
jące osady tlenkowe są ścierane, a rezystancja kontaktu jest znacz-
nie zmniejszona.

Zalecenia dotyczące odpowiednich materiałów

Przewody

Najwłaściwsze jest zastosowanie jednożyłowych kabli PV
z oznaczeniem PV1-F, a następnie H1Z2Z2-K (PN-EN 50618).
Posiadają izolację, która pozwala na ich stosowanie w urządzeniach
i systemach klasy II. Ponadto mają wysoką odporność na wpływ
środowiska takie jak promieniowanie UV i wysoką wytrzymałość
mechaniczną. Jeśli inne przewody są używane jako linie główne lub
stałe, muszą być odporne na zwarcie doziemne i zwarcie między
przewodami. Należy je chronić przed warunkami atmosferycznymi
i promieniowaniem UV, np. w zamkniętych kanałach kablowych.

Złącza MC4

Należy stosować wyłącznie złącza zgodne z PN-EN 62852.
Odpowiedniki (męskie / żeńskie) muszą być tego samego typu
i producenta.

Kanały i korytka kablowe (systemy prowadzenia przewodów)

Kanały i korytka kablowe muszą być zatwierdzone przez pro-
ducenta do użytku na zewnątrz. W przypadku kanałów kablo-
wych producent powinien zapewnić odpowiednią ochronę krawę-
dzi. Preferowane są metalowe kanały kablowe i rury instalacyjne,
pod warunkiem że są one odporne na korozję. Gdy stosowane są
kanały z tworzywa sztucznego, muszą być odporne na warunki
atmosferyczne, a zwłaszcza na promieniowanie UV i ozon.

Tuleje

W celu wprowadzenia kabla do kanału kablowego należy
zastosować tuleje (np. zgodnie z DIN 18195 część 9).

Mocowania

Złącza kablowe nie są odpowiednie do mocowania kabli.
Mogą być używane tylko do łączenia kabli. Do zamocowania
należy zastosować odpowiednie zaciski kablowe, klipsy itp.

Falowniki

Falowniki powinny być bezwzględnie instalowane zgodnie
z wytycznymi producenta. Ze względu na zakres tego tematu
zostanie mu poświęcone osobne opracowanie.

Uziemienie, ochrona odgromowa i przeciwpzepięciowa

Właściwe uziemienie instalacji fotowoltaicznej wraz z ewen-
tualną ochroną przed skutkami wyładowań atmosferycznych
mają ogromne znaczenie dla uniknięcia jakichkolwiek usterek
elektrycznych, które mogłyby doprowadzić do powstania pożaru.
Gorąco zachęcamy do zapoznania się z obszerną literaturą udo-
stępnianą przez wiodących producentów tych rozwiązań, takich
jak Jean Mueller (CITEL) lub DEHN.

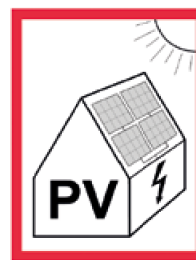
Uwaga ogólna

W przypadku obiektów rolniczych może być również konieczna odporność na działanie amoniaku.

Oznakowanie

Dla bezpieczeństwa osób zaleca się, aby budynek, w którym znajduje się instalacja fotowoltaiczna, posiadał oznakowanie zgodne z normą PN-HD 60364-7-712:2016 w następujących miejscach:

- w rozdzielni głównej budynku,
- obok głównego licznika energii (jeśli jest oddalony od rozdzielni głównej),
- obok głównego wyłącznika,
- w rozdzielni, w której przyłączona jest instalacja fotowoltaiczna do instalacji elektrycznej budynku.



Rys. 15. Etykieta wskazująca na obecność instalacji elektrycznej w budynku

Rekomendacje dotyczące użytkowania

Aby zapewnić długoterminową wydajność i bezpieczeństwo pracy systemu PV, należy go poddawać regularnej inspekcji i konserwacji. Poniższy przegląd zawiera zalecenia dotyczące zawartości i częstotliwości konserwacji.

Kiedy	Gdzie	Co	Kto	Uwagi
Codziennie	Falownik	Kontrola wyświetlacza roboczego w celu uniknięcia utraty wydajności przy wyłączeniach awaryjnych	Operator	Alternatywnie: monitorowanie z aktywnym raportowaniem o błędzie do operatora
	Monitoring danych operacyjnych (system)	Kontrola stanu pracy za pomocą zdalnego monitorowania (w przypadku ochrony przeciwpożarowej należy zwrócić szczególną uwagę na błędy izolacji)	Operator / serwis	
		Analizy komunikatów o błędach i odpowiednie działania serwisowe	Serwis	
Miesięcznie	Licznik energii	Monitorowanie wydajności: regularna rejestracja i analiza odczytów liczników (nie dotyczy automatycznego gromadzenia i oceny danych operacyjnych)	Operator / serwis	
	Powierzchnia modułów	Kontrola wzrokowa, czy występują poważne, oczywiste wady, takie jak przesunięte moduły, luźne: zaciski modułów, elementy ram montażowych lub kable solarne	Operator	Przemieszczanie się w okolicy pola modułów tylko po zatwierdzonych trasach!
Regularnie, najrzadziej co cztery lata	Cała instalacja	Powtórzenie pomiarów i testów przy uruchamianiu zgodnie z PN-EN 62446-1	Serwis	
Sytuacyjne – po automatycznym wyłączeniu falownika	Cała instalacja	Rozwiązywanie problemów	Serwis	

* W niniejszym dokumencie określenie „kable” i „przewody” stosowane jest zamiennie, choć skłaniamy się do definicji, wg której o ile każdy kabel jest przewodem, to nie każdy przewód jest kablem. W „Aparatach i urządzeniach elektrycznych” Witolda Kotlarskiego czytamy: „przewody mające izolację z materiałów stałych budowane są na niższe napięcia – maksymalnie do 6 kV, a kable praktycznie na cały zakres stosowanych napięć”.

Zastrzeżenie

Niniejszy artykuł bazuje na oryginalnym dokumencie „Merkblatt für Planer und Installateure. Lichtbogenrisiken an PV-Anlagen reduzieren” przygotowanym przez:

- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. - **BSW-Solar** (Niemieckie Stowarzyszenie Przemysłu Solarnego e.V. – BSW-Solar)
- Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. - **DGS** (Niemieckie Towarzystwo Energii Słonecznej e.V. – DGS)
- Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE)
- GDV TÜV Rheinland – www.tuv.com
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. – **GDV** (Ogólne Stowarzyszenie Niemieckich Ubezpieczycieli e.V. – GDV)
- Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke – **ZVEH** (Centralne Stowarzyszenie Niemieckiej Inżynierii Elektrycznej i Informatyki – ZVEH)

Pierwsza edycja: lipiec 2017 r.

Wydawca niemieckiej edycji: Bundesverband Solarwirtschaft e.V.

Zawarte w dokumencie informacje zostały pozyskane przez komitet ekspertów z BSW-Solar na podstawie wcześniejszych badań przyczyn powstawania i skutków działania ognia dla systemów fotowoltaicznych w projekcie www.pv-brandsicherheit.de TÜV Rheinland, Fraunhofer ISE i DGS Berlin Brandenburg we wrześniu 2015 r. Zalecenia, adaptacja i tłumaczenie były tworzone z najwyższą starannością. Wydawca oryginalnego dokumentu nie ponosi jednak żadnej odpowiedzialności za prawidłowość i przydatność informacji w indywidualnych przypadkach ani za dokładność i rzetelność tłumaczenia na język polski. Niezbędna jest zatem wnikliwa analiza okoliczności i lokalnych przepisów, które należy zachować w przypadku konkretnej realizacji.

Bardzo dziękujemy za zgodę na wykorzystanie materiałów i publikację tych niezwykle ciekawych wytycznych na polskim rynku.

Tłumaczenie: dr inż. Maciej Piliński, Fronius Polska Sp. z o.o.