



# Funkcje falowników zwiększające bezpieczeństwo pożarowe instalacji PV

Seminarium Naukowo-Techniczne SITP  
Kościelisko, 18-20.10.2023r.

# Polskie Stowarzyszenie Rozwoju Fotowoltaiki

- Założone na początku 2022
- Skupia producentów i dsrybutorów wiodących marek falowników na Polskim rynku: Sungrow, SofarSolar, Growatt, Fronius, SMA
- Celem Stowarzyszenia jest m.in.:
  - działalność edukacyjna w zakresie instalacji fotowoltaicznych,
  - popularyzacja dobrych praktyk w zakresie realizacji inwestycji z zakresu instalacji fotowoltaicznych,
  - promowania dobrych praktyk z zakresu bezpieczeństwa instalacji odnawialnych źródeł energii w szczególności systemów fotowoltaicznych.

# O prowadzącym

- / ponad 12 lat w branży PV (projekty i realizacje)
- / udział w 200+ dedykowanych szkoleniach
- / członek licznych stowarzyszeń (m.in. SITP)
- / Prezes PSRF
- / 100+ prezentacji podczas różnych wydarzeń związanych z PV (targi, konferencje)
- / liczne publikacje i artykuły w periodykach
- / +48 786 815 907 / [maciej.pilinski@psrf.pl](mailto:maciej.pilinski@psrf.pl)



# Bezpieczeństwo pożarowe instalacji PV

# Bezpieczeństwo pożarowe

Bezpieczeństwo pożarowe  
instalacji fotowoltaicznych



Instalacja PV  
jako źródło  
pożaru

Gaszenie  
budynków z  
instalacją PV

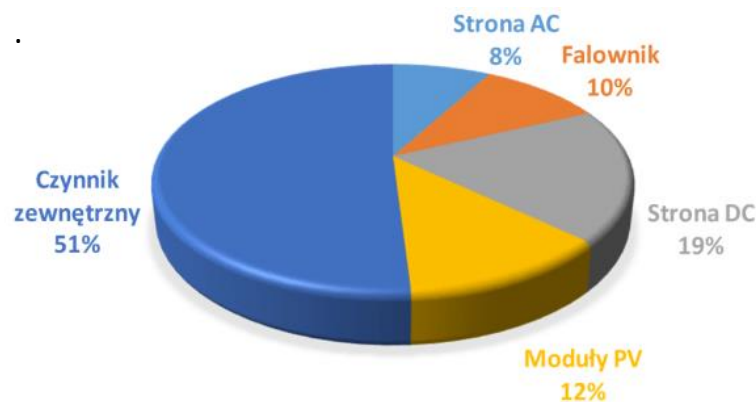


# Instalacja PV jako potencjalne źródło pożaru

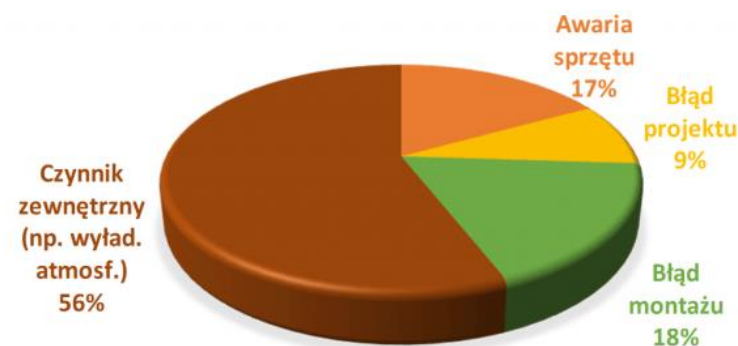


# Pożary instalacji PV

- / 210 pożarów wywołanych bezpośrednio przez system PV na **1,3 mln instalacji** \*)  
Jest to zaledwie 0,016% wszystkich instalacji fotowoltaicznych.
- / Raport sporządzony w Niemczech do roku 2013
- / Analiza wykazała, że tylko około 17% błędów powodujących pożar jest opartych na awariach sprzętu (patrz rysunek 2), a tylko 10% błędów występuje w falowniku (patrz rysunek 1). Ponad 70% błędów wynika z czynników zewnętrznych, takich jak wyładowanie atmosferyczne lub błędów montażowych (patrz rysunek 2).



Rys. 1) ŹRÓDŁO POŻARU



Rys. 2) PRZYCZYNA POŻARU

\*) liczba instalacji w Polsce na koniec czerwca 2023

# Czy system PV zwiększa ryzyko pożaru?

– „Instalacje fotowoltaiczne nie stanowią większego zagrożenia pożarowego niż jakiegokolwiek inne urządzenia techniczne!”



# Łuk elektryczny przyczyną pożaru

- Szczegółowa analiza przyczyn awarii dla zdarzeń pożarowych wskazała wystąpienie **łuku elektrycznego**, jako najważniejszą przyczynę możliwych wybuchów pożaru.
- Łuk elektryczny może zdarzyć się tylko wtedy, gdy wystąpią poważne usterki w istotnych dla bezpieczeństwa systemu PV elementach i nie zostaną one wcześniej wykryte.  
Przyczyną może być np. uszkodzenie podwójnej izolacji przewodu DC w kilku miejscach lub zwiększona oporność na styku złącza DC.



# Przyczyny

Posortowane według składników i prawdopodobieństwa wystąpienia:

- / **Wtyczka DC**
- / Zaciski śrubowe w rozdzielnicy lub falowniku (po stronie DC)
- / Połączenie lutowane (w module)
- / Dioda by-pass
- / Moduł
- / Bezpieczniki DC
- / Kabel DC
- / Wyłącznik prądu stałego
- / Skrzynka przyłączeniowa
- / Ogólne błędy instalacji



Złącza DC

# Prawidłowe zaciśnięcie (zaprasowanie) złącza MC4



**Siła wyrywania: 454N**

**Brak dostępu powietrza do żyły przewodu**

**Długotrwała wytrzymałość**

**Wymóg wg normy PN-EN 60352-2:  
siła wyrywania (4mm<sup>2</sup>) >310N**

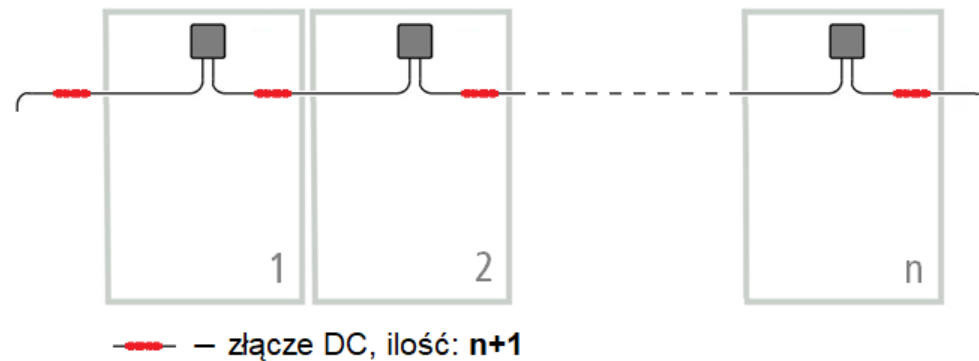


**Siła wyrywania: 94N**

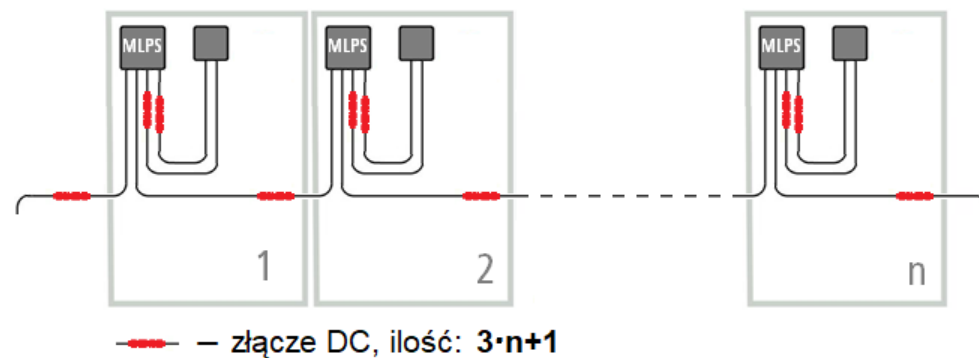
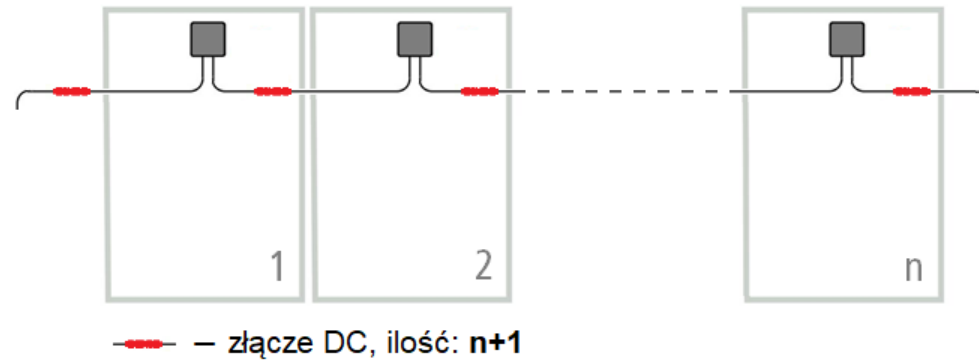
**Dostęp powietrza do żyły przewodu**

**Korozja, niebezpieczeństwo porażenia prądem lub pożaru**

# Ilość połączeń DC



# Ilość połączeń DC



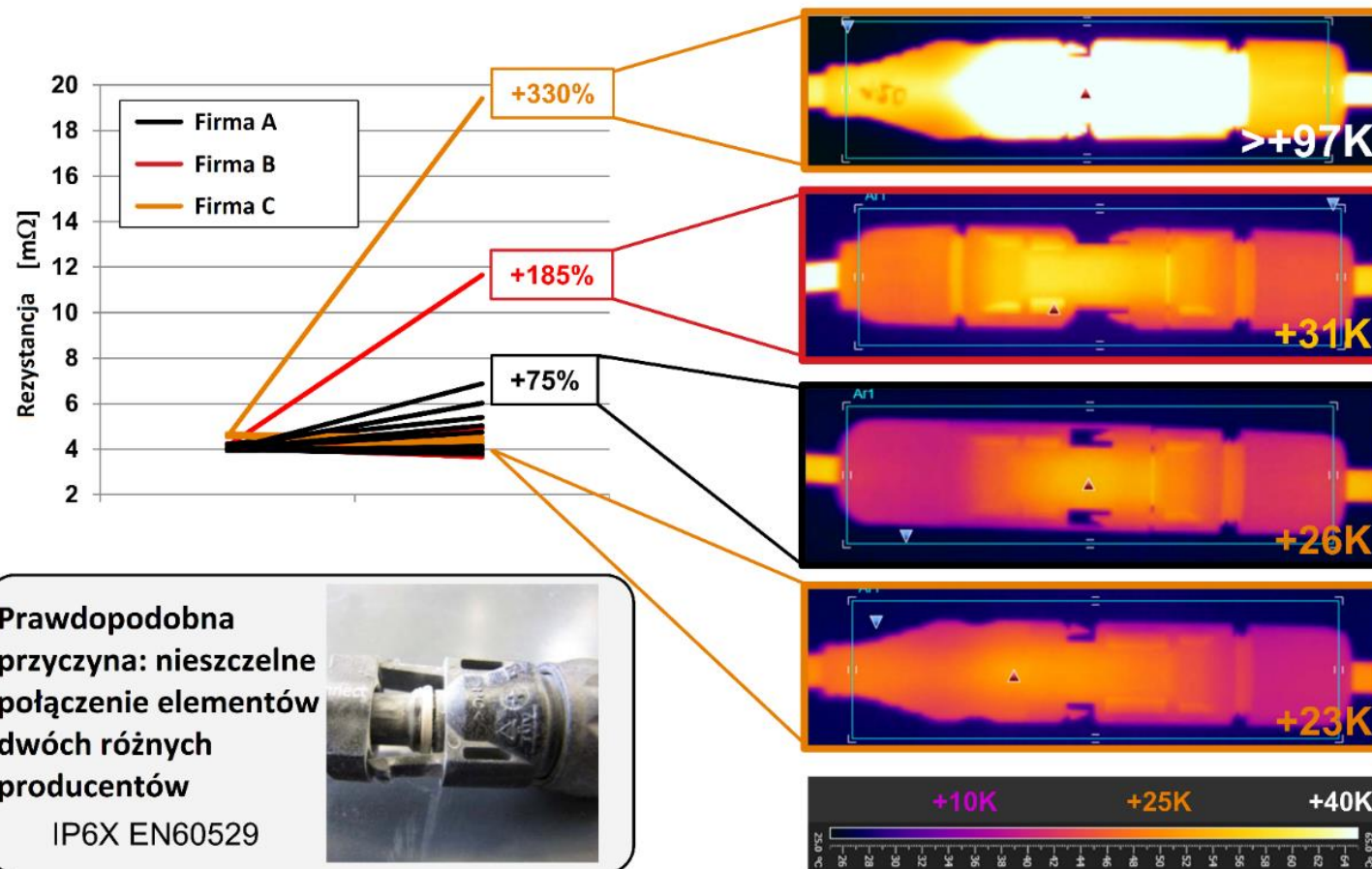
# „Kompatybilność” złączy MC4

Przyczyny niekompatybilności złączy DC różnych producentów:

- **producenci używają różnych stopów metali.** Powoduje to wysokie ryzyko zwiększonej rezystancji między złączami DC, np. z powodu korozji kontaktowej na styku dwóch różnych materiałów;
- **producenci stosują różne konstrukcje styków.** Powoduje to wysokie ryzyko zwiększonej odporności;
- **nie są zdefiniowane tolerancje mechaniczne.** Może to prowadzić zarówno do stresu materiałowego, jak i do luźnych (niepewnych) połączeń;
- **materiał użyty do polimerowych (plastikowych) części oryginalnego złącza DC nie został ujawniony.** To stwarza ryzyko niekompatybilności chemicznej oraz różnej rozszerzalności cieplnej, co przekłada się na przyspieszone starzenie elementów oraz ryzyko rozszczelnienia złącza, co może prowadzić do przedostania się pyłu i wody.

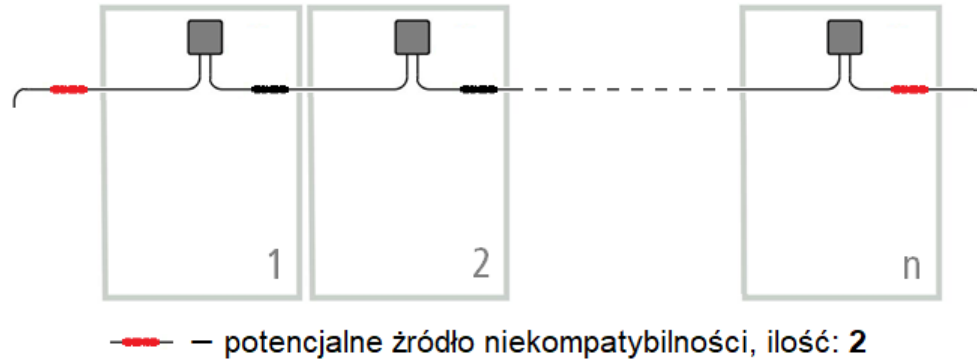


# „Kompatybilność” złączy MC4

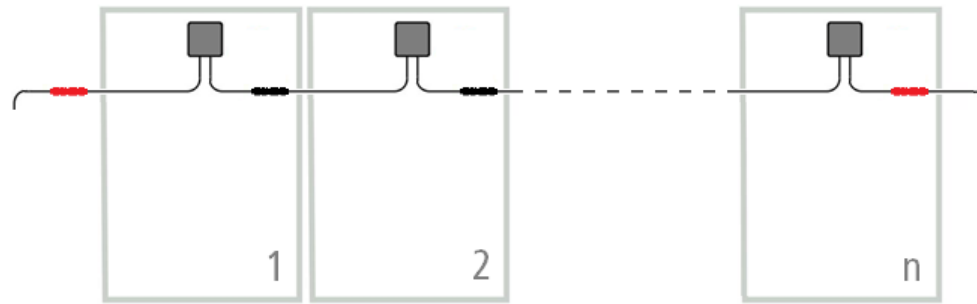





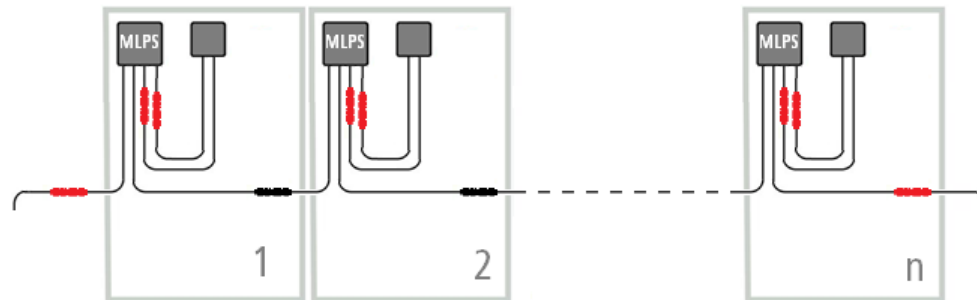
# Ilość połączeń DC




# Ilość połączeń DC



 — potencjalne źródło niekompatybilności, ilość: 2



 — potencjalne źródło niekompatybilności, ilość:  $2 \cdot n + 2$

Jak  
zapobiegać?

# Pomiar rezystancji izolacji

# IMD – Insulation Monitoring Device

## **712.538.101 Urządzenia monitoringu**

Urządzenia IMD należy dobierać zgodnie z EN 61557-8.

Jeżeli IMD jest integralną częścią falownika, funkcja IMD powinna być zgodna z EN 62109-2 lub EN 61557-8.

W przypadku rozległego panelu PV (> 100 kWp) zaleca się zastosowanie automatycznego systemu lokalizacji uszkodzeń izolacji, wg EN 61557-9.

## **712.421 Ochrona przed pożarem, powodowanym przez urządzenia elektryczne**

**712.421.101** Ochrona przed skutkami uszkodzeń izolacji po stronie d.c. w przypadku prostej separacji wewnątrz falownika lub po stronie a.c.

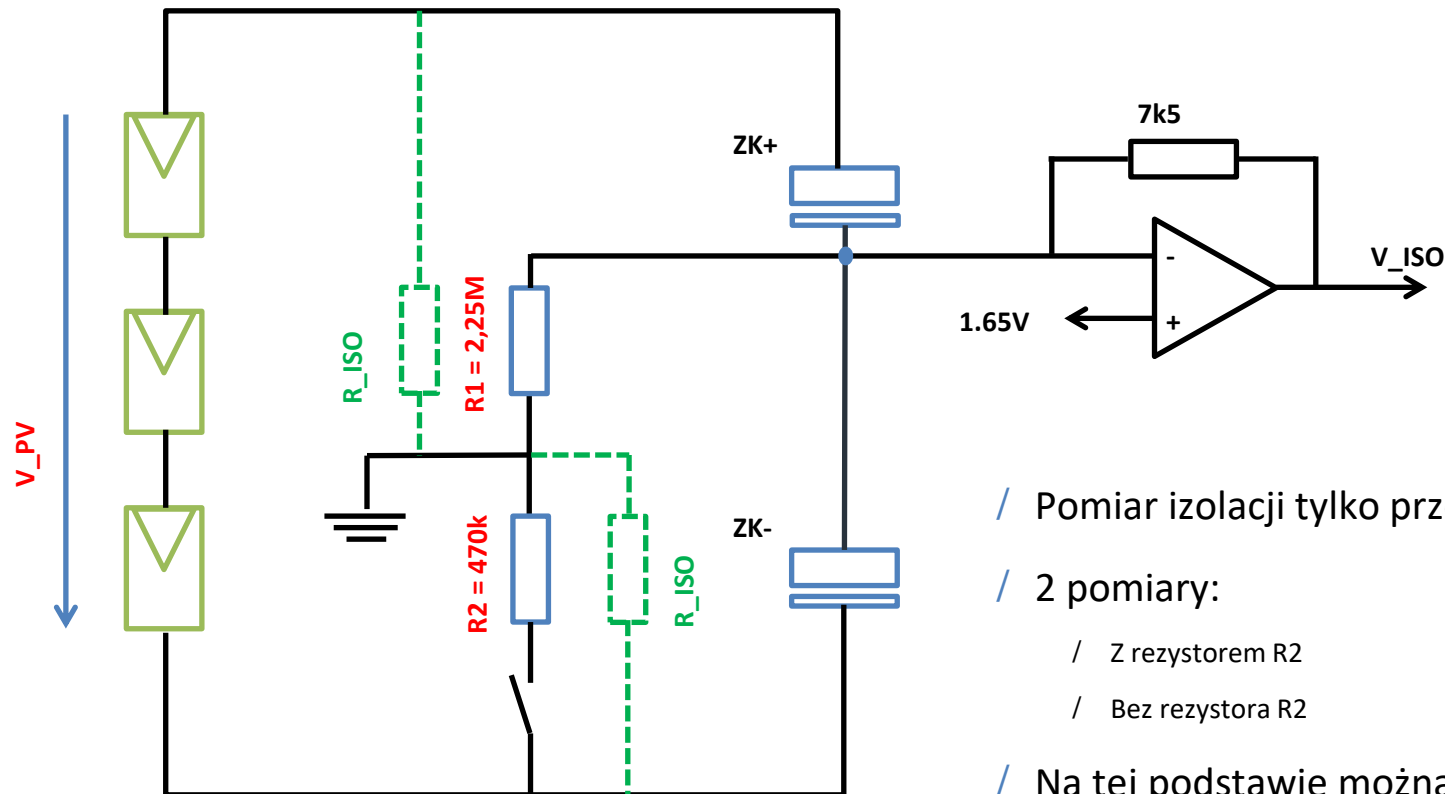
Zaleca się wyeliminowanie uszkodzenia z jak najkrótszą zwłoką możliwą do uzyskania w praktyce.

**712.421.101.1** Należy zainstalować urządzenie do monitorowania izolacji (IMD), z wyjątkiem przypadków, w których zastosowanie ma 712.421.101.2, w celu weryfikacji stanu izolacji po stronie d.c. przez cały czas życia panelu PV.

**UWAGA** Urządzenia monitorujące izolację (IMD), zgodne z EN 61557-8, spełniają tę funkcję.

Funkcję monitorowania może pełnić falownik ze zintegrowanym monitoringiem izolacji, zdolnym również do wykrywania jej uszkodzeń.

# Pomiar wartości izolacji po stronie DC



- / Pomiar izolacji tylko przed uruchomieniem falownika
- / 2 pomiary:
  - / Z rezystorem R2
  - / Bez rezystora R2
- / Na tej podstawie można obliczyć rezystancję izolacji

Jak leczyć?

AFPE

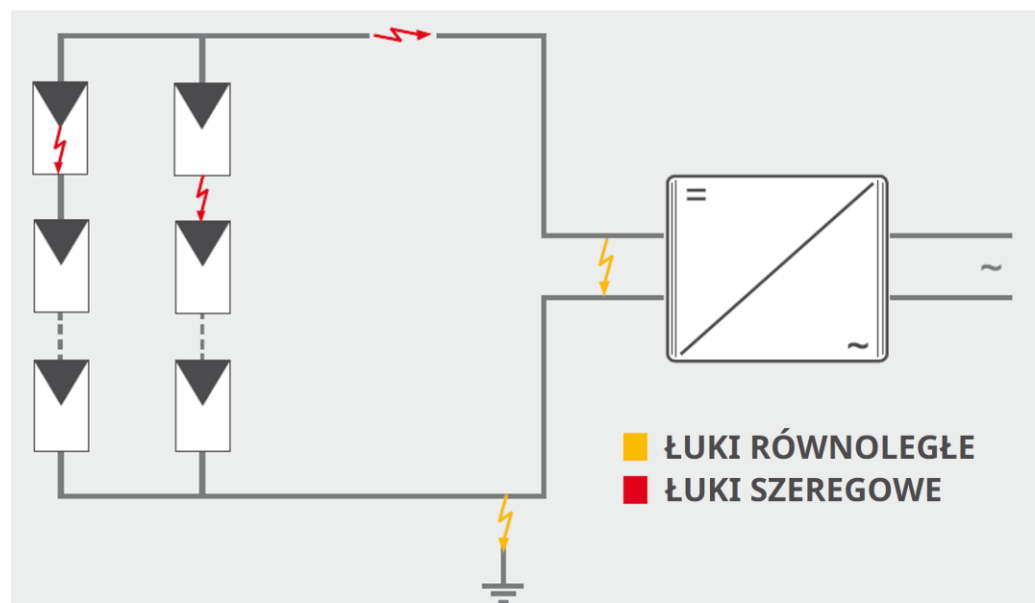
(AFCI wg IEC 63027)



# Natura łuku...



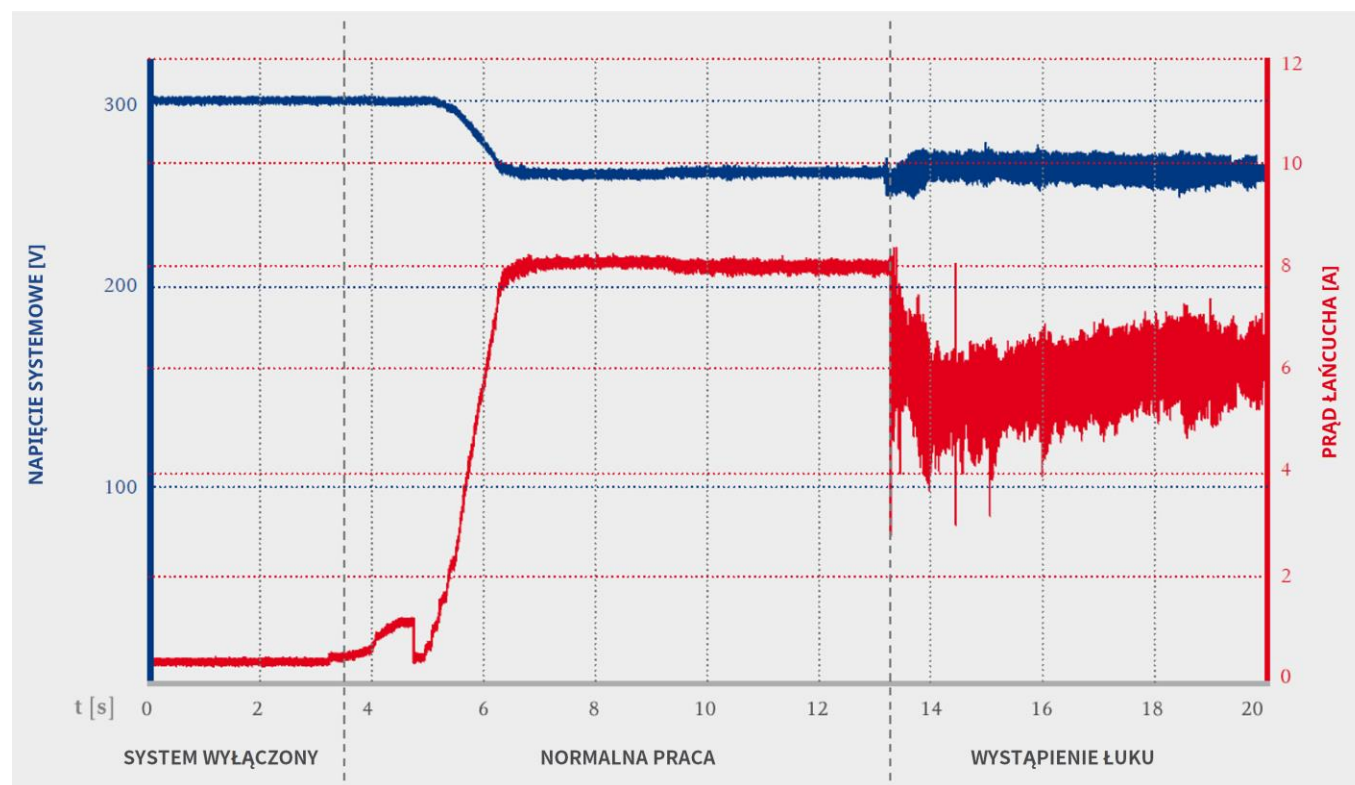
- Łuki dzielimy na szeregowe i równoległe
- Najczęściej występują łuki szeregowe. Zdecydowana większość w złej jakości, źle zaciśniętych, niekompatybilnych (różni producenci, różne typy) złączach DC
- Im mniej połączeń DC, tym mniejsze statystycznie prawdopodobieństwo wystąpienia łuku



# Natura łuku...



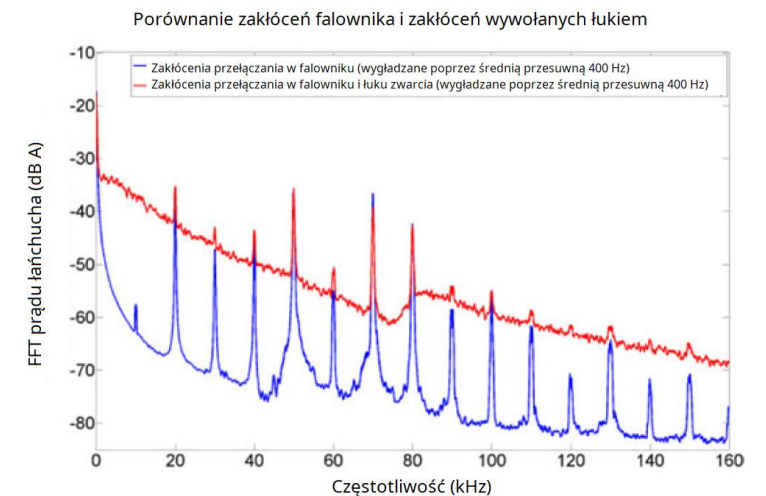
- Łuki powodują określone prądy o wysokiej częstotliwości w okablowaniu PV
- Dzięki FFT można rozpoznać „wzorce” łuku, ale możliwe są też fałszywe rozpoznania



# AFPE – Arc Fault Protection Equipment



- Znana pod nazwą **AFCI** (funkcjonalność z norm USA)
- Zasada działania AFPE
  - łuki powodują określone prądy o wysokiej częstotliwości w okablowaniu PV
  - AFPE wykrywa te prądy
  - wyłącza falownik, więc łuk DC gaśnie
  - zgłaszane są kody stanu błędu
- Norma dla AFPE (IEC 63027) została opublikowana w maju 2023
- Opracowany zgodnie ze standardem, certyfikowany tak szybko, jak to możliwe
- Celem jest wykrycie każdego łuku (zdefiniowanego przez normę) i uniknięcie fałszywych wyłączeń



# Co się dzieje w przypadku wykrycia łuku?



– IEC 63027 definiuje jak ma działać funkcja AFPE:

## 1. Łuk

Falownik przerywa produkcję na 5 minut

## 2. Łuk

Falownik przerywa produkcję na 5 minut

## 3. Łuk

Falownik przerywa produkcję na 5 minut

## 4. Łuk

Falownik przerywa produkcję na 5 minut

## 5. Łuk

Falownik przerywa produkcję i musi zostać ponownie aktywowany ręcznie przez instalatora. Pole modułów musi zostać sprawdzone

24 godziny

PURF

Literatura

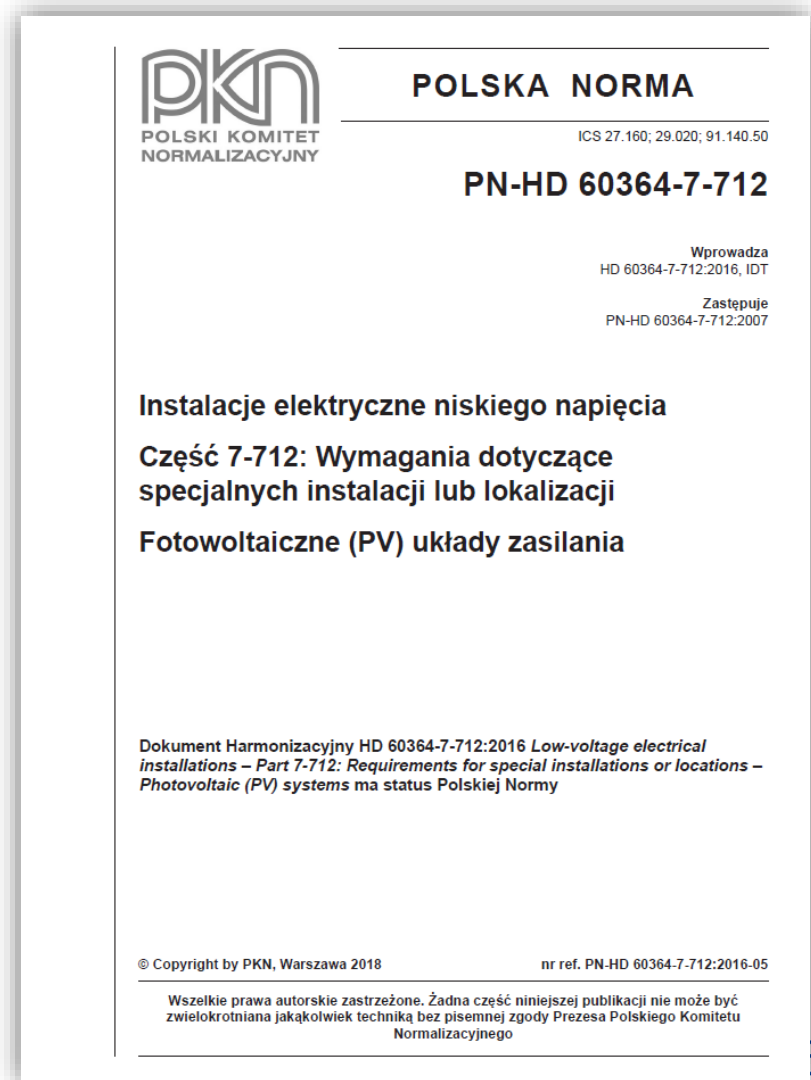
# Polskie normy

<https://sklep.pkn.pl>

– PN-HD 60364-7-712:2016

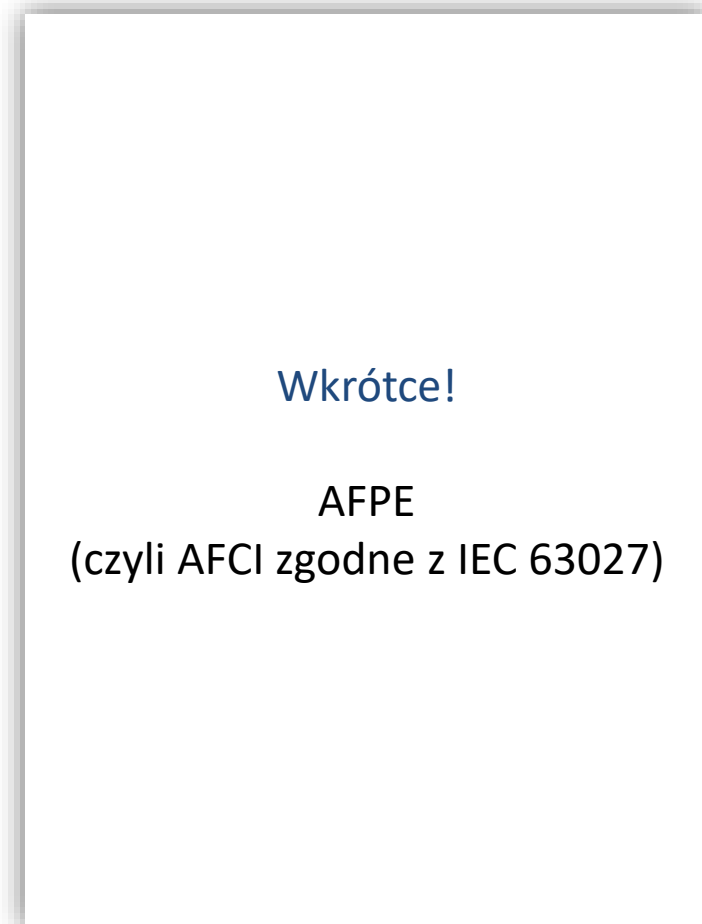
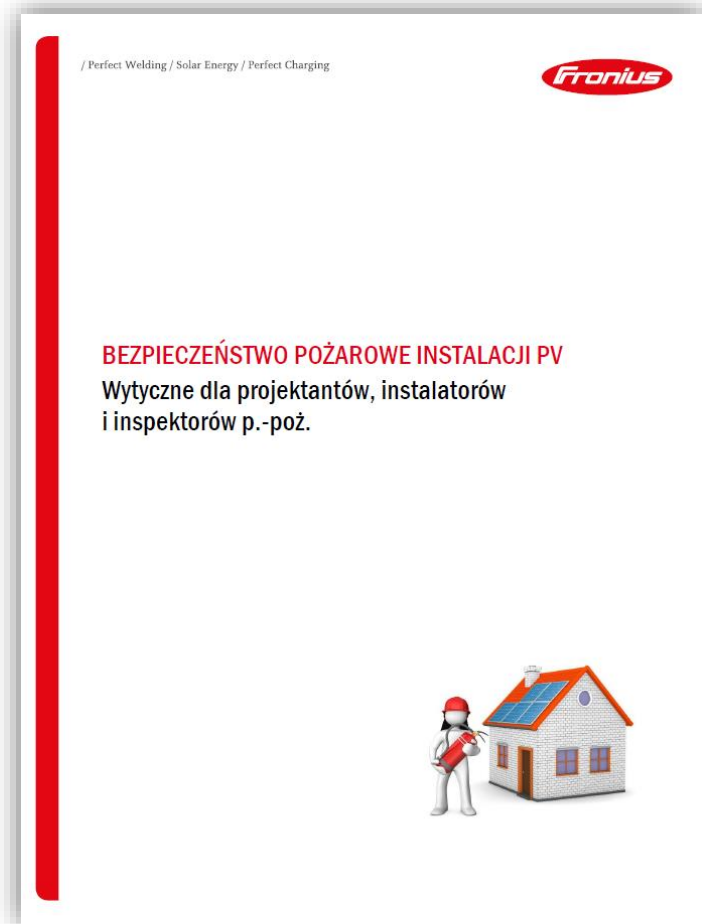
– PN-EN 62446-1:2016

– PN-EN IEC 62446-2:2020



# “Białe księgi”

– <https://www.forum-fronius.pl/do-pobrania>



# Poradnik CNB OP

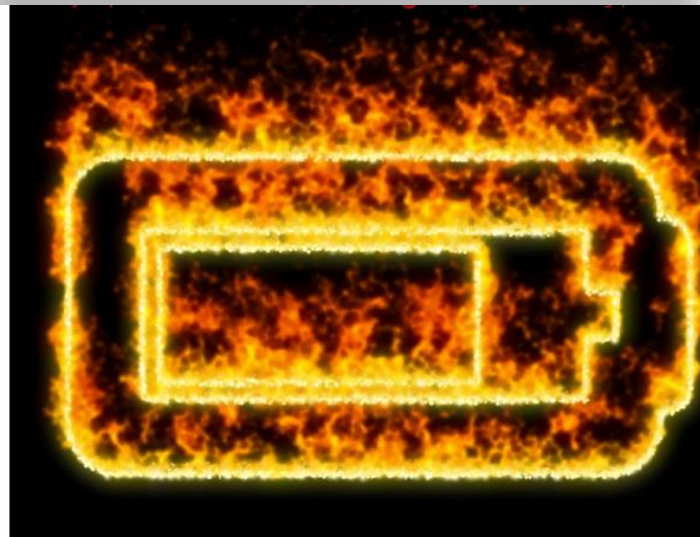
- <https://www.cnbop.pl/pl/wydawnictwa/ksiazki/ocena-ryzyka-poarowego-w-instalacjach-fotowoltaicznych-okrelenie-koncepcji-bezpieczestwa-w-celu-minimalizacji-ryzyka> 15159





# Poradniki PSRF

– <https://psrf.pl/baza-wiedzy/>



Poradnik PPSRF-001/2022

Wymagania PPOŻ dla  
systemów magazynowania  
energii



[www.psrp.pl](http://www.psrp.pl)

POLSKIE STOWARZYSZENIE ROZWOJU FOTOWOLTAIKI



Poradnik PSRF-001/2023

Kompaktowa konstrukcja  
sposobem na poprawę  
bezpieczeństwa instalacji  
fotowoltaicznej



[www.psrp.pl](http://www.psrp.pl)

POLSKIE STOWARZYSZENIE ROZWOJU FOTOWOLTAIKI



# KG PSP – SZP 6 – „Standardowe zasady postępowania ...”

Nazwa systemu		Skrót	Nr SZP
Instalacja fotowoltaiczna		PV	6
 Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej <b>Standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń w obrębie instalacji fotowoltaicznych</b>			
Data wydania	Wydanie	Zatwierdził	
marzec 2022 r.	pierwsze	nadbrnyg. Arkadiusz PRZYBYŁA Zastępca Komendanta /podpisano elektronicznie/	
Opracował	Przedłożył	Zaakceptował	
Zespół KG PSP	Zastępca Dyrektora Biura Planowania Operacyjnego st. bryg. mgr inż. Michał LANGNER	Dyrektor Biura Planowania Operacyjnego st. bryg. mgr inż. Jacek ZALECH	
<b>Cel dokumentu. Wprowadzenie.</b>			
<b>Cel dokumentu</b> Niniejszy dokument ma na celu usystematyzowanie wiedzy na temat postępowania ratowniczego na obiektach wyposażonych w instalację fotowoltaiczną (PV, ang. photovoltaic). Należy pamiętać, że podczas prowadzenia działań występuje szereg nieprzewidywalnych sytuacji, trudnych do zdefiniowania w dokumencie tego typu. Biorąc pod uwagę powyższe, należy zawsze pamiętać, że podczas formułowania zamiarów taktycznych, bezpieczeństwo ratowników stanowi priorytet. Niniejsze standardowe zasady postępowania (SZP) mają być wsparciem Kierującego Działaniem Ratowniczym, a nie stanowić wykładnię jego działania. Z uwagi na dynamiczny rozwój technologiczny instalacji fotowoltaicznych część rozwiązań będzie wymagała okresowej aktualizacji, co może w przyszłości prowadzić do zmiany obecnie przedstawionych koncepcji działań ratowniczych.			
<b>Wprowadzenie</b> Zadaniem instalacji fotowoltaicznych jest przetwarzanie energii promieniowania słonecznego bezpośrednio w energię elektryczną. Instalacje fotowoltaiczne zaliczane są do odnawialnych źródeł energii (OZE). Wyróżniamy trzy podstawowe typy instalacji fotowoltaicznych: 1) on-grid – instalacja podłączona do sieci elektroenergetycznej, 2) off-grid – instalacja niepodłączona do sieci elektroenergetycznej, co wymaga magazynowania energii, 3) hybrydowa – instalacja łącząca w sobie rozwiązania z on-grid oraz off-grid z możliwością przyłączenia innych źródeł energii. Z uwagi na charakter budowy i pracy instalacja PV może w sytuacjach awaryjnych stanowić zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym. Instalacja fotowoltaiczna pracuje zarówno podczas dziennego oświetlenia, jak i (w ograniczonym zakresie) w warunkach ograniczonego oświetlenia (np. sztucznego). Instalację fotowoltaiczną można podzielić na część stałoprądową (moduły – falownik) oraz zmiennoprądową (falownik – instalacja elektryczna w budynku). Instalacje PV montowane są na dachach, na elewacjach budynków, czy też bezpośrednio na gruncie. W przypadku zdarzeń w obrębie instalacji wolnostojących (montowanych na ziemi), taktyka działań nie różni się znacząco w stosunku do przedstawionej poniżej. Należy brać pod uwagę możliwość lokalizacji falownika także bezpośrednio pod modułem PV. Sama konstrukcja instalacji wolnostojącej składa się z pionowych profili stalowych wbitych w grunt oraz poziomych poprzecznie ułożonych profili, do których mocowane są moduły. System montażu zapewnia stabilne przymocowanie modułów do konstrukcji wsporczej poprzez profil nośny oraz system montażowy haków i śrub.			

# Wytyczne SITP



# Zapraszam do kontaktu

dr inż. Maciej Piliński

[maciej.pilinski@psrf.pl](mailto:maciej.pilinski@psrf.pl)

+48 786 815 907

[www.psrp.pl](http://www.psrp.pl)

**PSRF**

Dziękuję za uwagę!

Zapraszam na stronę:

<https://www.psrf.pl>