

SYSTEMY ENERGETYKI ODNAWIALNEJ

W5:

FOTOWOLTAIKA -

- Zabezpieczenia elektryczne
- Portale do monitoringu instalacji PV

Prowadzący:

dr inż. Marcin Michalski

mgr inż. Sebastian Majerski

ZABEZPIECZENIA W SYSTEMIE FOTOWOLTAICZNYM

$$P=U*I$$

Zabezpieczenia elektryczne

```
graph TD; A[Zabezpieczenia elektryczne] --> B[Strona DC]; A --> C[Strona AC]; B --> D["- zabezpieczenia nadprądowe<br/>- zabezpieczenia przeciwprzepięciowe<br/>- zabezpieczenie p.poż"]; C --> E["- zabezpieczenia nadprądowe<br/>- zabezpieczenia przeciwprzepięciowe<br/>- zabezpieczenie przed pracą wyspową<br/>- zabezpieczenie p.poż"];
```

Strona DC

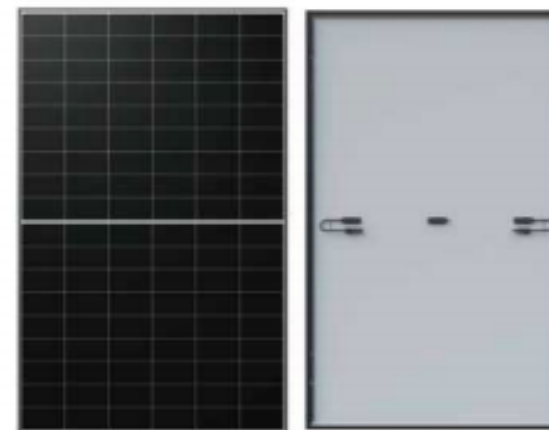
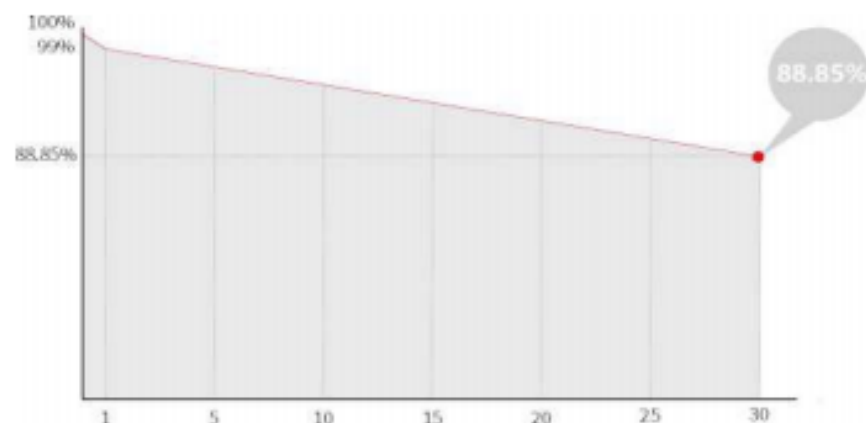
- zabezpieczenia nadprądowe
 - zabezpieczenia przeciwprzepięciowe
- zabezpieczenie p.poż

Strona AC

- zabezpieczenia nadprądowe
 - zabezpieczenia przeciwprzepięciowe
- zabezpieczenie przed pracą wyspową
 - zabezpieczenie p.poż

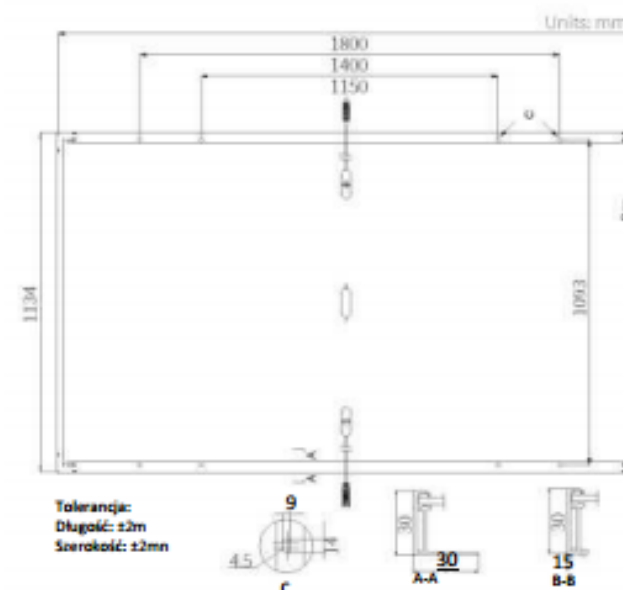
Wartość dodatkowa

30-letnia gwarancja na moc



Parametry mechaniczne

Orientacja ogniwa	108 (6X18)
Skrzynka przyłączeniowa	IP68, trzy diody
Kabel wyjściowy	4mm ² , +400, -200mm/±1200mm długość można dostosować do indywidualnych potrzeb
Szkło	Pojedyncze szkło, powlekane szkło hartowane 3,2 mm
Rama	Rama z anodowanego stopu aluminium
Ciężar	21.6kg
Wymiar	1800X1134X30mm
Opakowanie	Opakowanie 36 sztuk na palecie / 216 sztuk na 20'GP / 864 sztuk na 40'HC



Charakterystyka elektryczna

STC : AM1.5 1000W/m²25°C

NOCT: AM1.5 800W/m² 20C 1m/s

Niepewność pomiaru dla P_{max}: ±3%

Typ modułu	LR7-S4HVH-475M		LR7-S4HVH-480M		LR7-S4HVH-485M		LR7-S4HVH-490M	
Warunki testowania	STC NOCT		STC NOCT		STC NOCT		STC NOCT	
Maksymalna moc: (P _{max} /W)	475	362	480	365	485	369	490	373
Napięcie obwodu otwartego: (V _{oc} /V)	40.18	38.18	40.29	38.29	40.40	38.39	40.52	38.51
Prąd zwarcia (I _{sc} /A)	15.03	12.08	15.13	12.16	15.23	12.24	15.33	12.32
Napięcie przy maksymalnej mocy (V _{mp} /V)	33.16	31.52	33.28	31.63	33.40	31.74	33.51	31.85
Prąd przy maksymalnej mocy (I _{mp} /A)	14.33	11.49	14.43	11.57	14.53	11.65	14.63	11.73
Wydajność modułu [%]	23,3		23.5		23,8		24.0	

Parametry operacyjne

Temperatura robocza	-40°C~+85°C
Tolerancja mocy wyjściowej	0 ~ 3%
Maksymalne napięcie systemu	DC1500V (IEC)
Maksymalna wartość znamionowa bezpiecznika szeregowego	25A
Nominalna temperatura robocza ogniwa	45±2C
Klasa ochrony	Klasa II
Klasa odporności ogniowej	IEC klasa C

Obciążenie mechaniczne

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone test	25mm Hailstone at the speed of 23 m/s

Parametry temperaturowe (STC)

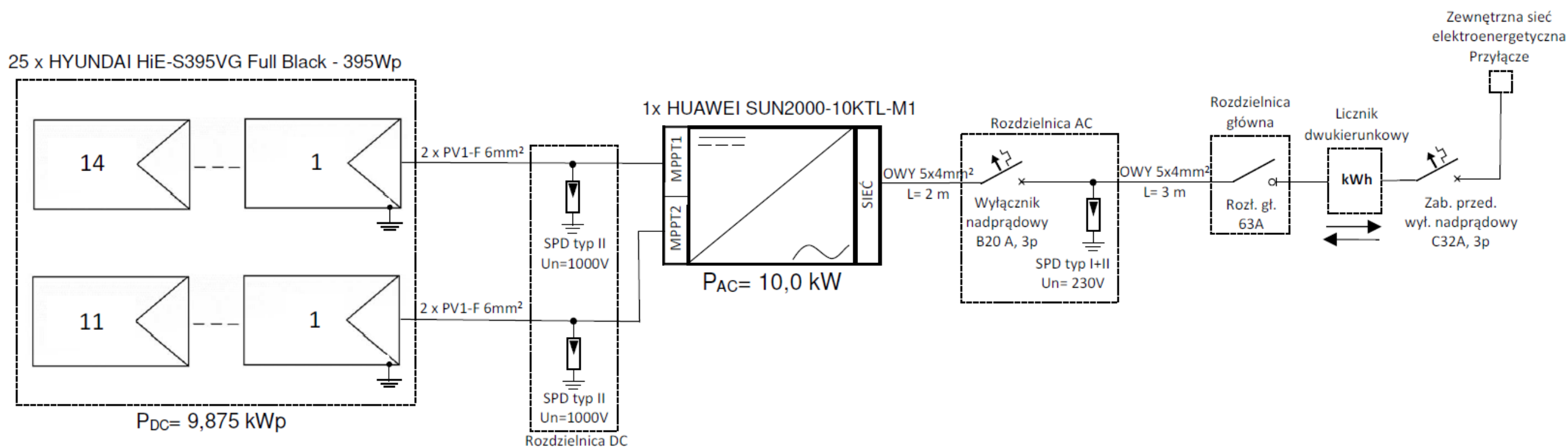
Współczynnik temperaturowy I _{sc}	+0.050%/°C
Współczynnik temperaturowy V _{oc}	-0.200%/C
Współczynnik temperaturowy P _{max}	-0.260%/C

Przykładowa karta katalogowa falownika

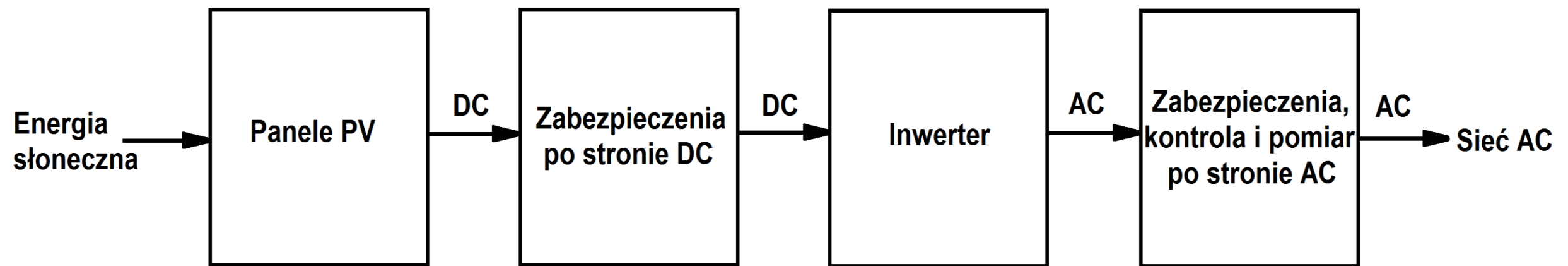
Model	SUN-5K-SG01HP3 -EU-DM2	SUN-6K-SG01HP3 -EU-DM2	SUN-8K-SG01HP3 -EU-DM2	SUN-10K-SG01HP3 -EU-DM2	SUN-12K-SG01HP3 -EU-DM2
Dane wejścia akumulatora					
Typ akumulatora	Ołowiowo-kwasowy lub litowo-jonowy				
Zakres napięcia akumulatora (V)	160-700				
Maks. prąd ładowania (A)	37				
Maks. prąd rozładowania (A)	37				
Strategia ładowania dla akumulatora li-ion	Samoadaptacja do BMS				
Liczba portów akumulatora	1				
Dane wejścia PV					
Maksymalna moc dostępu PV (W)	10000	12000	16000	20000	24000
Maks. moc wejściowa PV (W)	8000	9600	12800	16000	19200
Maks. napięcie wejściowe PV (V)	1000				
Napięcie startowe (V)	180				
Zakres napięcia MPPT (V)	150-850				
Znamionowe napięcie wejściowe DC (V)	600				
Maks. prąd wejściowy PV (A)	18+18				
Maks. prąd zwarcia (A)	27+27				
Liczba MPP / Liczba stringów MPPT	2/1+1				
Dane wejścia/wyjścia AC					
Znamionowa moc czynna AC (W)	5000	6000	8000	10000	12000
Maks. moc pozorna AC (W)	5500	6600	8800	11000	13200
Prąd znamionowy wej./wyj. AC (A)	7.6/7.3	9.1/8.7	12.2/11.6	15.2/14.5	18.2/17.4
Maks. prąd wej./wyj. AC (A)	8.4/8	10/9.6	13.4/12.8	16.7/16	20/19.2
Maks. prąd by-pass port Grid->Load (A)	35				
Moc szczytowa (poza siecią) (W)	2-krotność mocy znamionowej, 10s				
Współczynnik mocy	0.8 wiodący do 0.8 opóźniony				
Znamionowe napięcie wej./wyj./zakres (V)	220/230 0.85Un-1.1Un				
Znamionowa częstotliwość sieci (Hz)	50Hz/45Hz-55Hz 60Hz/55Hz-65Hz				
Sposób przyłączenia do sieci	3L+N+PE				
Całkowite zniekształcenie prądu harmonicznego (THDi)	<3% (nominalnej mocy)				
Prąd wejściowy DC	<0.5% In				
Wydajność					
Maks. Sprawność	97.6%				
Euro sprawność	96.5%				
Wydajność MPPT	>99%				

POPRAWNOŚĆ DOBORU INSTALACJI PV

1. Analiza zużycia energii
2. Warunki lokalizacji i montażu
3. Dobór komponentów i parametrów technicznych
 - Moduły
 - Falownik
 - Magazyn energii
 - Zabezpieczenia i przewody
4. Aspekty ekonomiczne i eksploatacyjne



ZABEZPIECZENIA W SYSTEMIE FOTOWOLTAICZNYM



DC:

- ogranicznik przepięć (T2 lub T1+T2, gdy nie zachowamy odstępu izolacyjnego)
- rozłącznik DC
- bezpieczniki topikowe (gPV) -> gdy łączymy równolegle >2 łańcuchy modułów

DC P.POŻ.:

- optymalizatory mocy z funkcją napięcia bezpiecznego
- zabezpieczenie rozłącznikowe awaryjne
- zabezpieczenie zwarciovowe (np. AFCI)

AC:

- ogranicznik przepięć T2 (lub T1+T2)
- wyłącznik nadprądowy (3P lub 3P+N)
- rozłącznik z wkładkami bezp. (dla większych mocy)

AC P.POŻ.

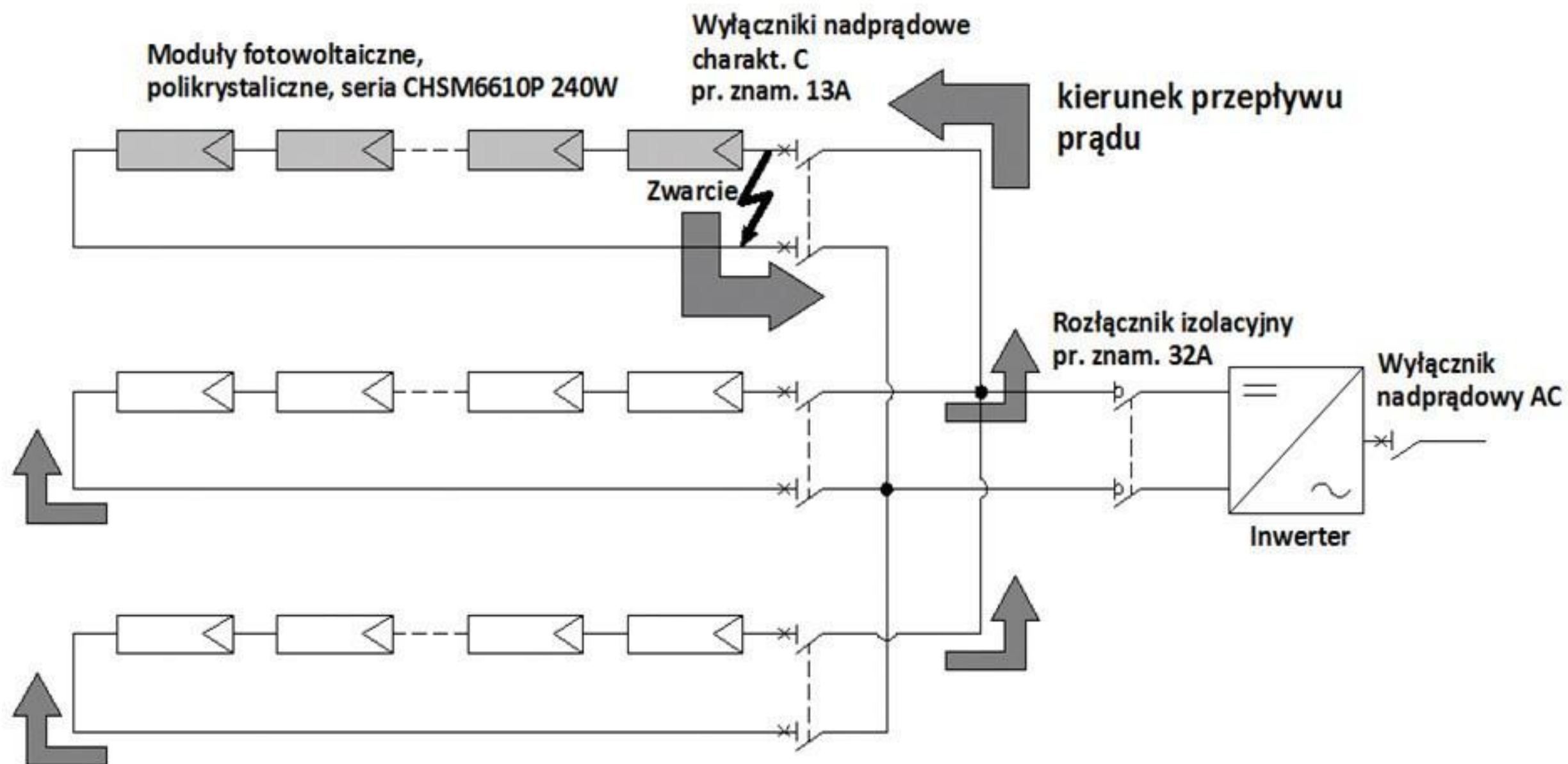
- wyłącznik różnicowoprądowy (100mA, 300mA)

INSTALACJA UZIEMIAJĄCA

INSTALACJA ODGROMOWA

ZABEZPIECZENIA W SYSTEMIE FOTOWOLTAICZNYM

STRONA DC – BEZPIECZNIKI TOPIKOWE



STRONA DC – BEZPIECZNIKI TOPIKOWE

Ważne aby zabezpieczenie nadprądowe miało charakterystykę gPV.

$$I_n > \frac{I_{sc}}{K} \cdot 1,4 \quad i \quad I_n < \frac{I_{sc}}{K} \cdot 2,0$$

I_n - prąd znamionowy zabezpieczenia

I_{sc} - prąd zwarcia generatora prądu (modułów)

K - współczynnik korygujący w zależności od temperatury otoczenia

Maksymalna temperatura otoczenia °C	Wartość współczynnika K
20	1
40	0,92
45	0,90
50	0,87
55	0,85
60	0,82
65	0,79
70	0,76



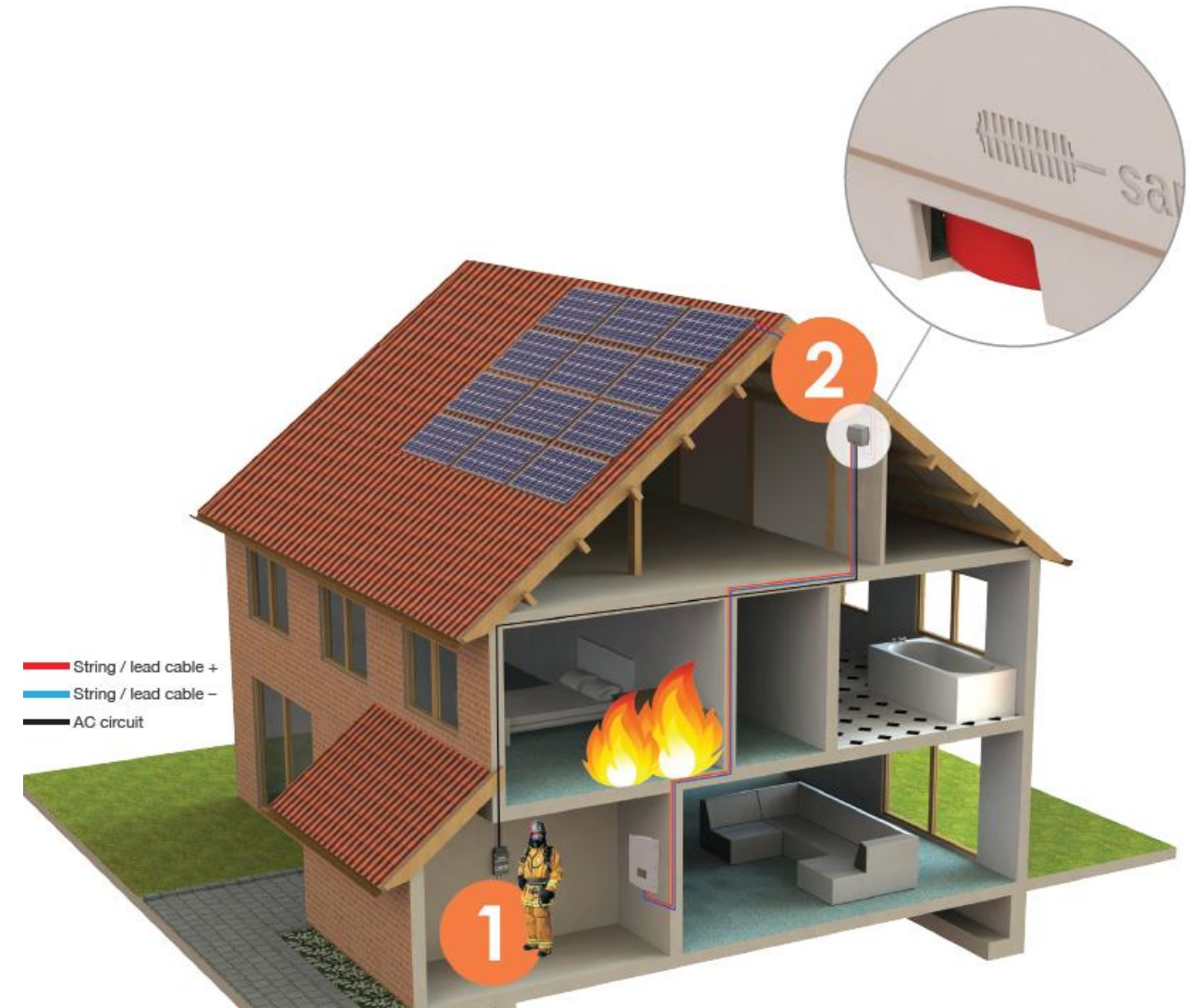
STRONA DC – ROZŁĄCZNIKI DC

Aspekt	Zasadność stosowania	Wymóg normatywny
Bezpieczeństwo serwisowe	Umożliwia bezpieczne odłączenie generatora PV od falownika przy pracach konserwacyjnych, pomiarach, wymianie falownika czy czyszczeniu paneli.	PN-HD 60364-7-712
Ochrona przeciwpożarowa	Straż pożarna musi mieć możliwość szybkiego odcięcia napięcia DC (które może podtrzymywać pożar).	Wymogi PSP + uzgodnienie ppoż. (dla mocy >6,5 kW)
Ochrona sprzętu	Chroni falownik przed pracą bez obciążenia lub przy uszkodzeniu stringa.	Dobra praktyka + zalecenia producentów falowników
Widoczne odłączenie	Zapewnia fizyczne przerwanie obwodu (w przeciwieństwie do elektronicznych rozłączników w falownikach).	PN-HD 60364-7-712



STRONA DC – ROZŁĄCZNIKI PPOŻ

BUDYNKI MIESZKALNE	BUDYNKI KUBATUROWE 1000 m3 LUB Z INSTALACJĄ PPOŻ
- Dobra praktyka i ograniczenie możliwości wystąpienia pożaru, - Przewody, - Koryta kablowe, - Złącza MC4, - Uziemienie konstrukcji, - Ograniczniki przepięć DC i AC, - Stosowanie rozłączników DC i optymalizatorów mocy, - Wyłącznie instalacji poprzez wyłącznik główny w budynku, - Oznakowanie instalacji, - Konieczność uzgodnienia projektu z rzeczoznawcą PPOŻ, - Zawiadomienie PSP	- Dobra praktyka i ograniczenie możliwości wystąpienia pożaru, - Montaż falownika na zewnątrz budynku, - Stosowanie rozłączników DC PPOŻ prze wejściem przewodami do budynku, - Wysterowanie przycisku PPOŻ na odcięcie zasilania DC, - Oznakowanie instalacji, - Konieczność uzgodnienia projektu z rzeczoznawcą PPOŻ, - Zawiadomienie PSP



Numer normy	Tytuł normy
PN-EN 62852:2015-05	Złącza DC stosowane w systemach fotowoltaicznych -- Wymagania bezpieczeństwa i badania
PN-EN 61439-2:2011	Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe -- Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej
PN-EN 50565-1:2014-11	Przewody elektryczne -- Wytyczne stosowania przewodów na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750 V (U0/U) -- Część 1: Wskazówki ogólne
PN-EN 50618:2015-03	Kable i przewody elektryczne do systemów fotowoltaicznych
PN-EN 62446-1:2016-08	Systemy fotowoltaiczne (PV) -- Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania -- Część 1: Systemy podłączone do sieci -- Dokumentacja, odbiory i nadzór
IEC 62446-2	Systemy fotowoltaiczne (PV) - Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania - Część 2: Systemy podłączone do sieci - Konserwacja systemów PV
PN-HD 60364-7-712	Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji -- Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania

STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC

Przy wyborze ochronnika przepięciowego należy uwzględnić:

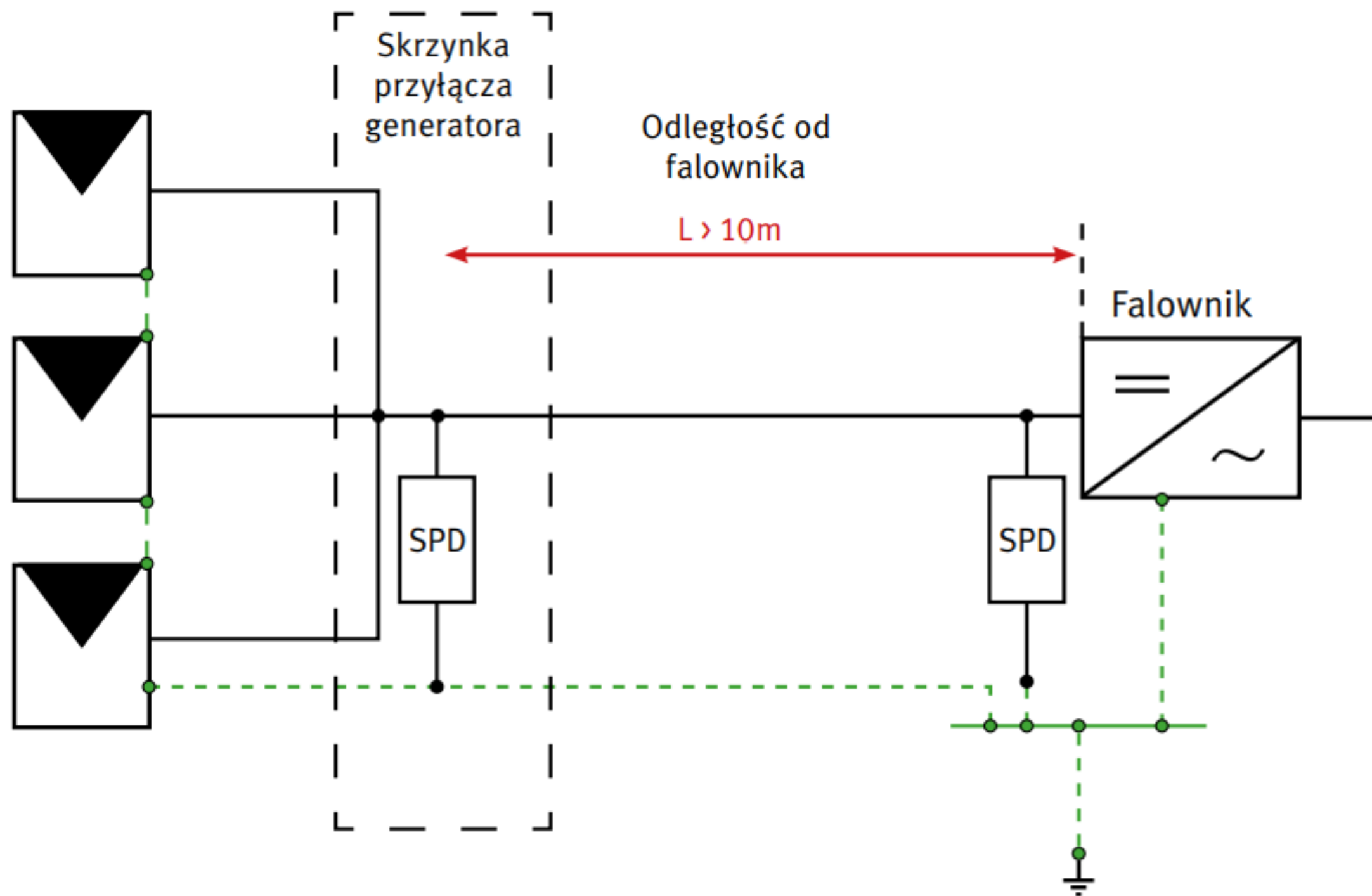
- **Napięcie robocze systemu PV** – wartość napięcia musi odpowiadać specyfikacji instalacji.
- **Prąd udarowy** – im wyższa wartość prądu, tym lepsza ochrona przed dużymi przepięciami.
- **Klasa ogranicznika przepięć dla PV** – rekomendowane są urządzenia klasy T1+T2 dla kompleksowej ochrony.

NORMY PN:

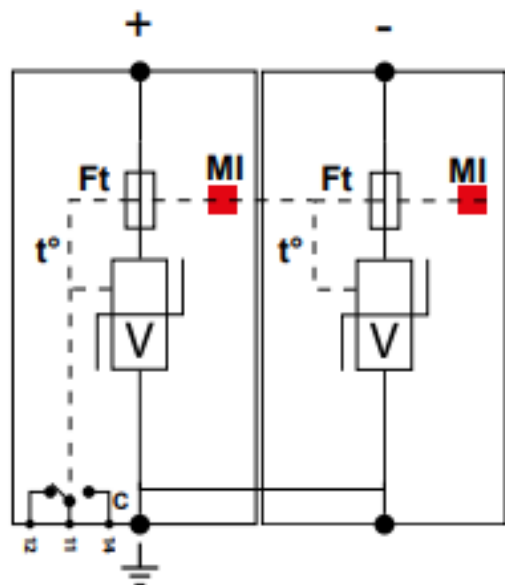
- **PN-IEC 61643-1** Urządzenia ograniczające przepięcia dołączone do sieci rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania techniczne i metody badań.
- **PN-IEC-60364-4-442** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia.
- **PN-IEC 60364-4-443:1999** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi.
- **PN-HD 60364-7-712:2007** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-712: Wytyczne dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.



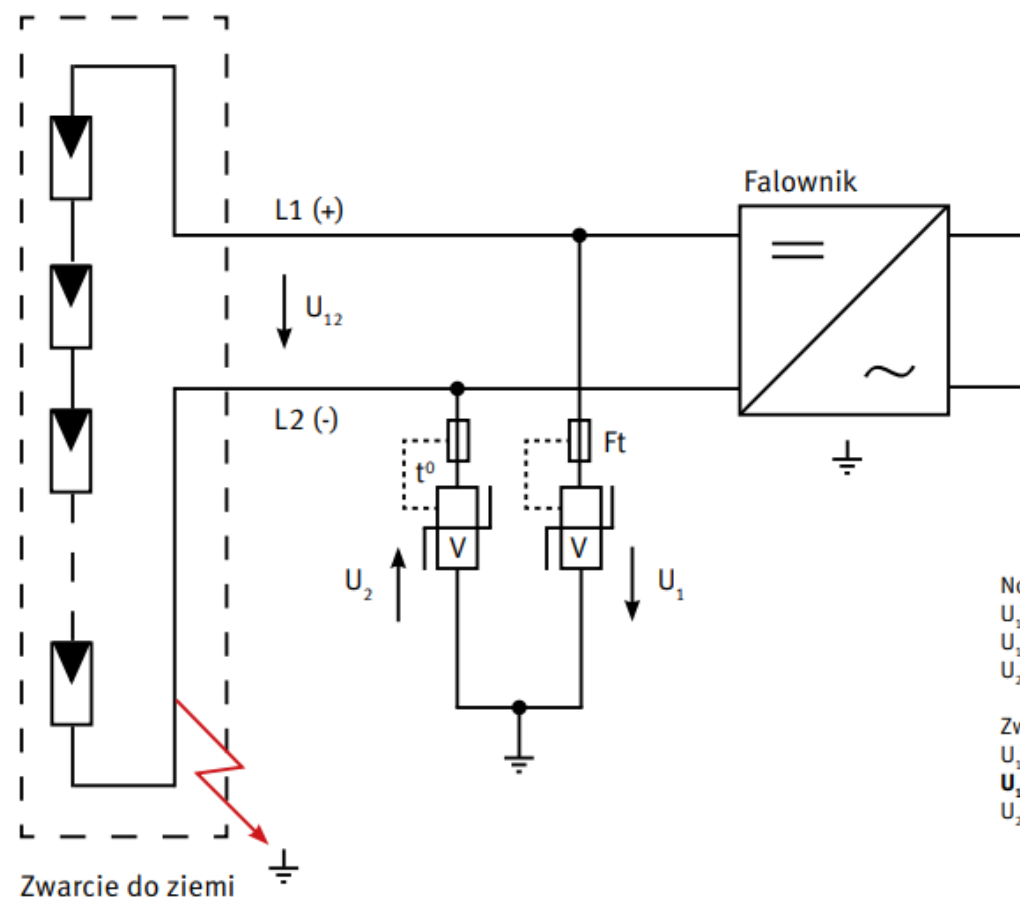
STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC



STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC



WARYSTOROWE
PODSTAWOWE



Zwarcie do ziemi

Schemat nr 1

Problem:
Przy zwarcu 1 bieguna generatora do ziemi cały prąd popłynie przez 1 warystor.

Rozwiązanie: każdy warystor musi być przewidywany na 1000V

Wady: cena i wielkość

Normalna praca

$U_{12} = 1000V$

$U_1 = 500V$

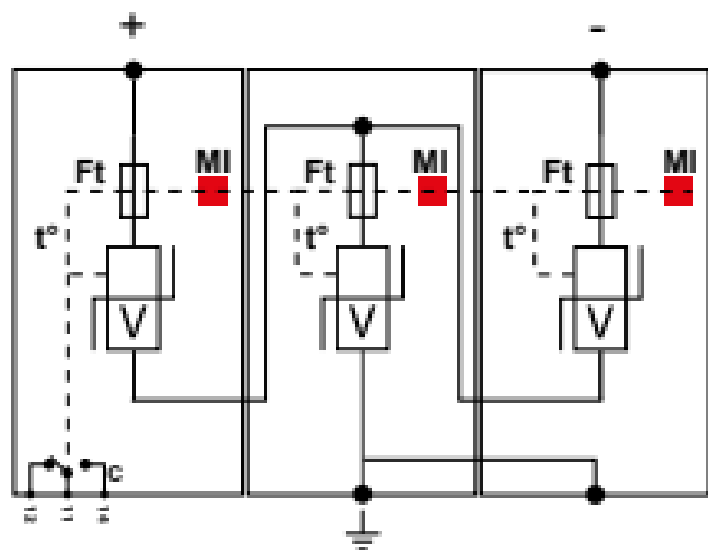
$U_2 = 500V$

Zwarcie w instalacji

$U_{12} = 1000V$

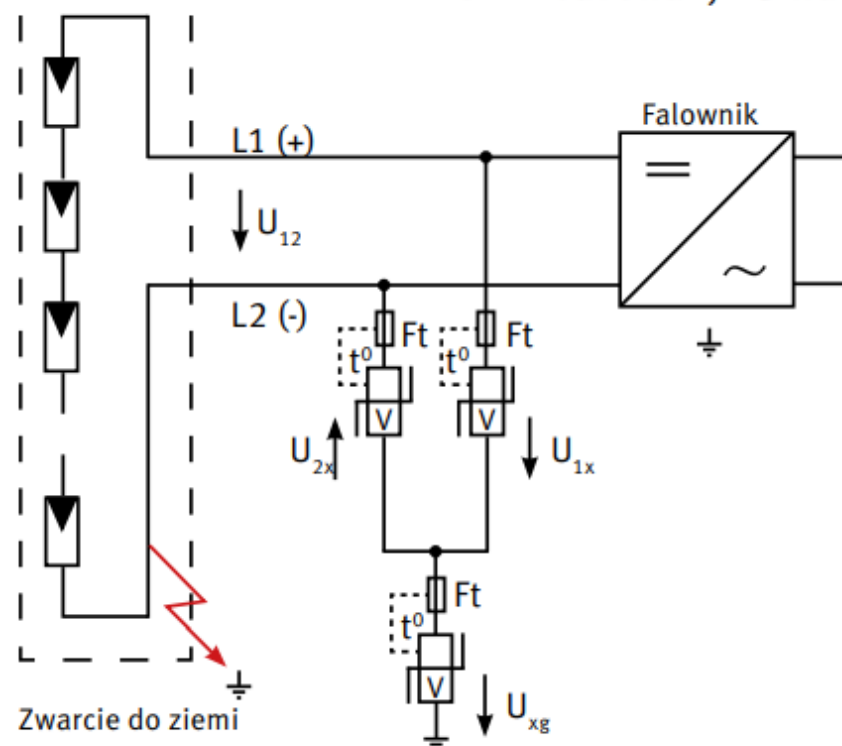
$U_1 = 1000V$

$U_2 = 0V$



WARYSTOROWE
UKŁAD Y

SPD zbudowany z 3 warystorów (układ Y)



Zwarcie do ziemi

Schemat nr 2

Zaletą układu Y: napięcie dzieli się 50/50, na 2 warystorki połączone szeregowo, ogranicznik przepięć funkcjonuje dalej bez problemów. Wada rozwiązania na warystorkach – prąd upływu

$U_{12} = 1000V$

$U_{1x} = 500V$

$U_{2x} = 0V$

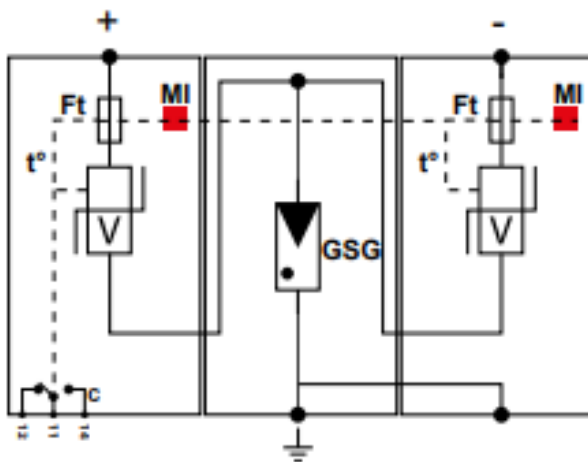
$U_{xg} = 500V$

Ft - zabezpieczenie termiczne

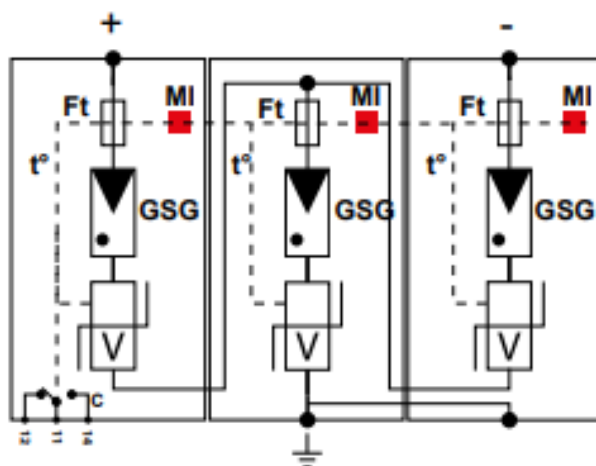
t° - termiczne urządzenie odłączające

V - warystor

STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC

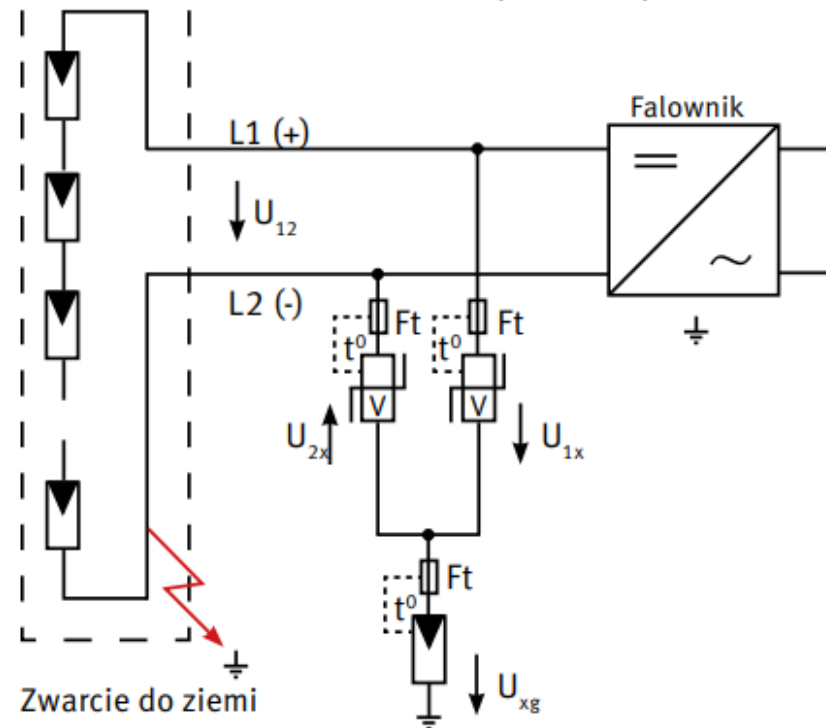


WARYSTOROWO-ISKIERNIKOWE PODSTAWOWE



WARYSTOROWO-ISKIERNIKOWE TYPU VG

SPD zbudowany z 2 warystorów i 1 iskiernika gazowego (układ Y)



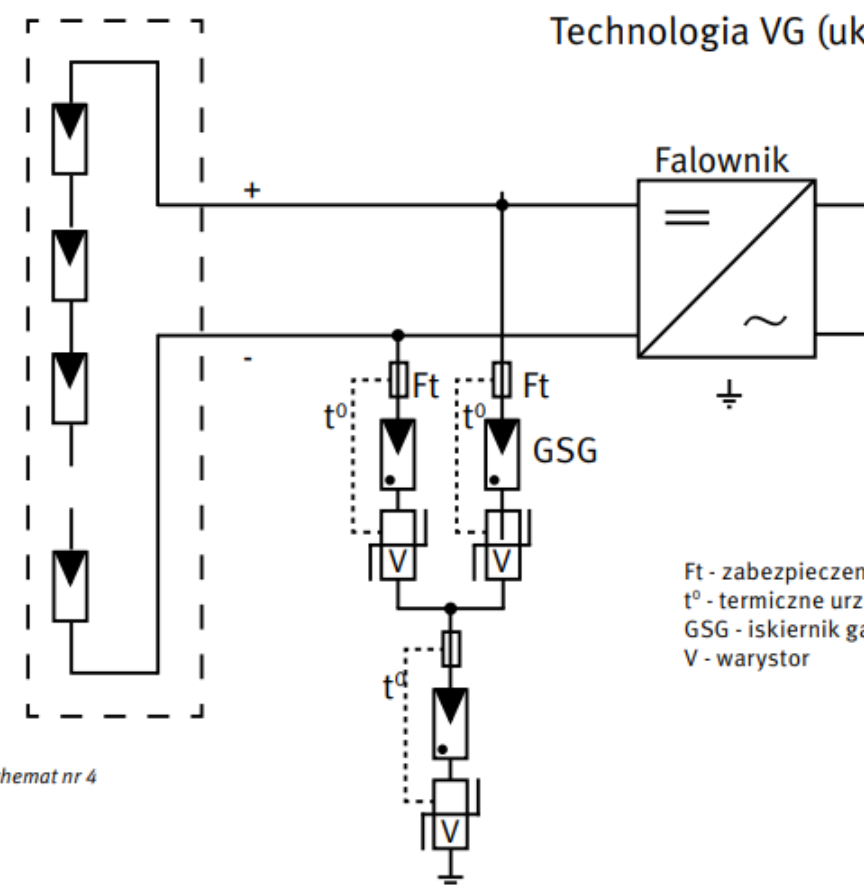
Schemat nr 3

Zaletą układu Y: napięcie dzieli się 50/50, na warystor i iskiernik gazowy połączone szeregowo, ogranicznik przepięć funkcjonuje dalej bez problemów. Zaletą rozwiązania na 2 warystorach i 1 iskierniku gazowym – brak prądu upływu

$U_{12} = 1000V$
 $U_{1x} = 500V$
 $U_{2x} = 0V$
 $U_{xg} = 500V$

Ft - zabezpieczenie termiczne
 t° - termiczne urządzenie odłączające
 V - warystor

Technologia VG (układ Y)



Schemat nr 4

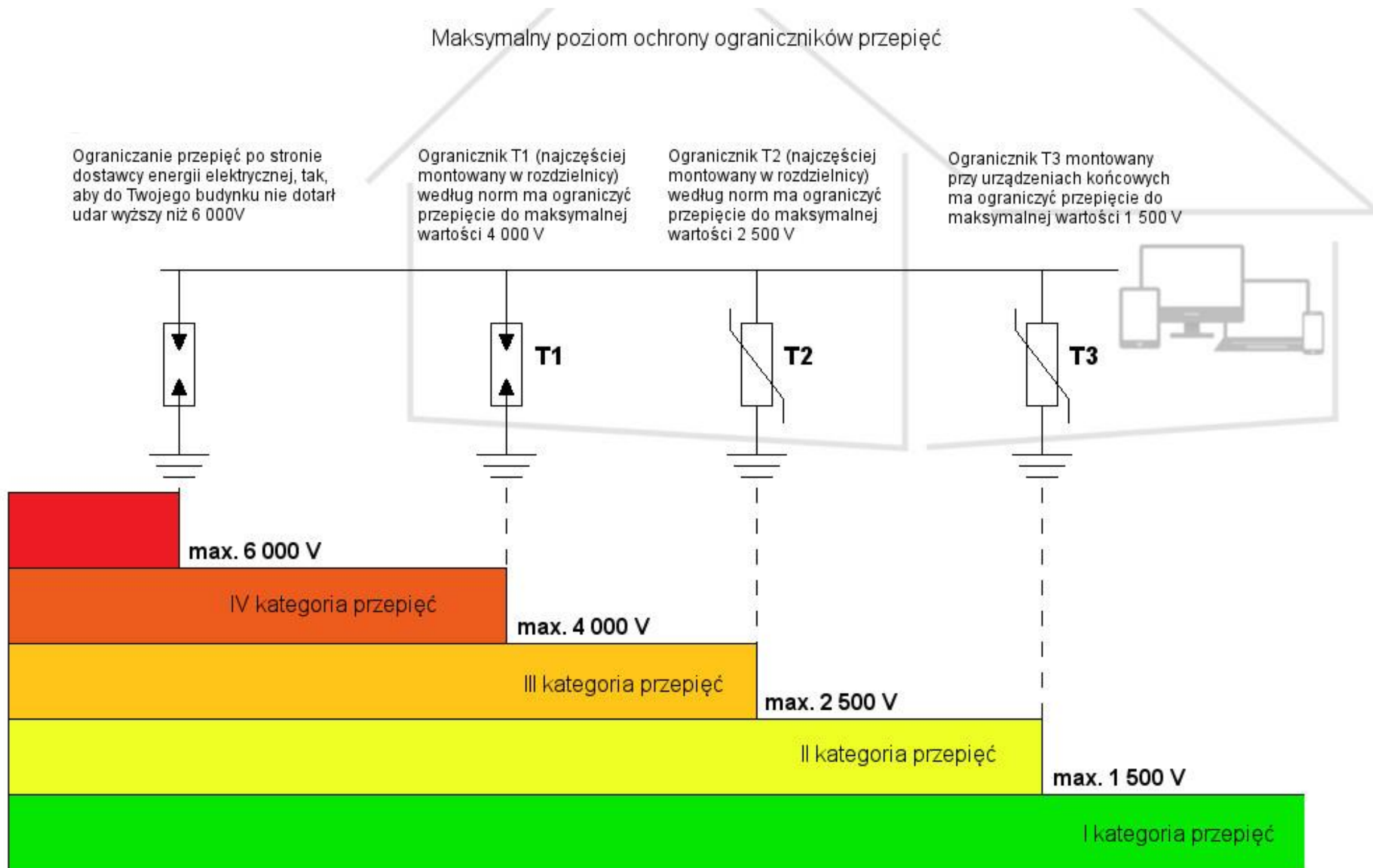
Dzięki zastosowaniu szeregowo połączonych iskierników gazowych i warystorów nie występuje prąd upływu i prąd roboczy.

Ft - zabezpieczenie termiczne
 t° - termiczne urządzenie odłączające
 GSG - iskiernik gazowy
 V - warystor

STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC i AC

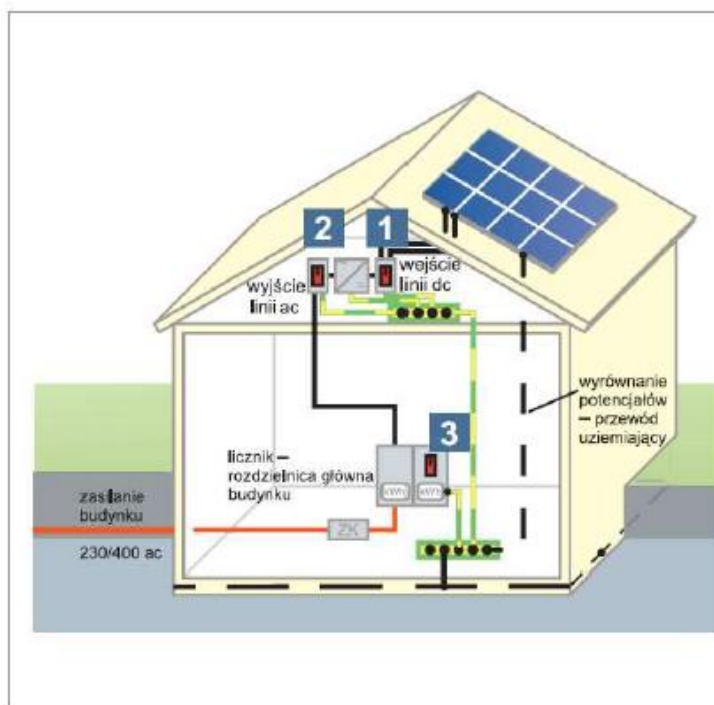
Typ SPD	Klasa testowa	Kształt fali udarowej	Technologia główna	Typowe wartości (na biegun i łącznie)	Zastosowanie w PV DC
Typ 1 (T1)	Klasa I	10/350 μ s (piorunowa)	Iskiernik (GDT)	In: 12,5 kA / 25 kA, Imax: 50 kA (czasami do 100 kA)	Bardzo duże instalacje z zewnętrzną ochroną odgromową (LPS) lub ryzyko bezpośredniego uderzenia
Typ 2 (T2)	Klasa II	8/20 μ s (indukowana/łączeniowa)	Warystory (MOV)	In: 5–20 kA (najczęściej 10–20 kA) Imax: 20–100 kA (najczęściej 40–65 kA)	Najpopularniejszy w standardowych instalacjach dachowych i gruntowych
Typ 1+2 (T1+T2)	Klasa I + II	10/350 μ s + 8/20 μ s	Hybryda (iskiernik GDT + warystor MOV)	In: 20 kA Imax: 40–100 kA	Zalecany standard w większości instalacji PV (najlepszy kompromis)
Typ 3 (T3)	Klasa III	Kombinowana 1,2/50 μ s – 8/20 μ s	Warystory (MOV)	Imax: 5–20 kA (najczęściej 5–10 kA)	Ochrona końcowa przy falowniku lub urządzeniach el. (rzadko stosowany samodzielnie)

STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ DC i AC

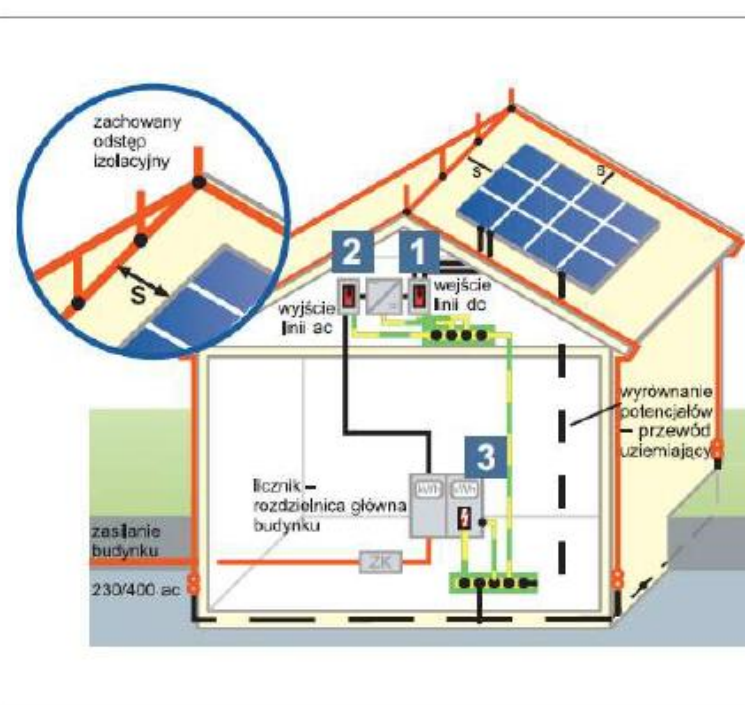


Wymagana wytrzymałość uderowa urządzeń 230 / 400 V AC

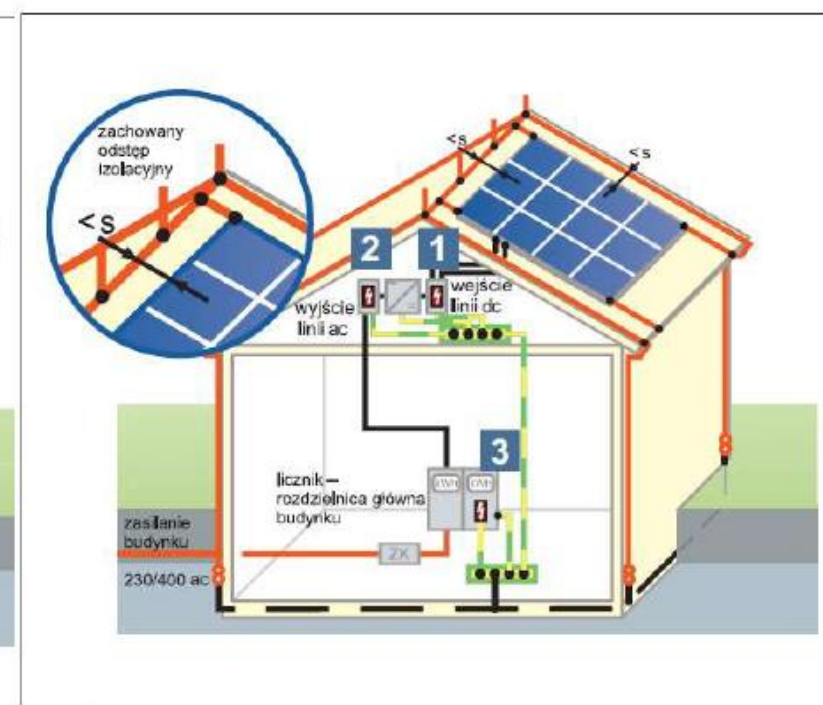
Trzy podstawowe przypadki związane z doбором SPD dla Instalacji PV w obiektach budowlanych



Obiekt bez LPS



Obiekt z LPS
Odstęp s - zachowany

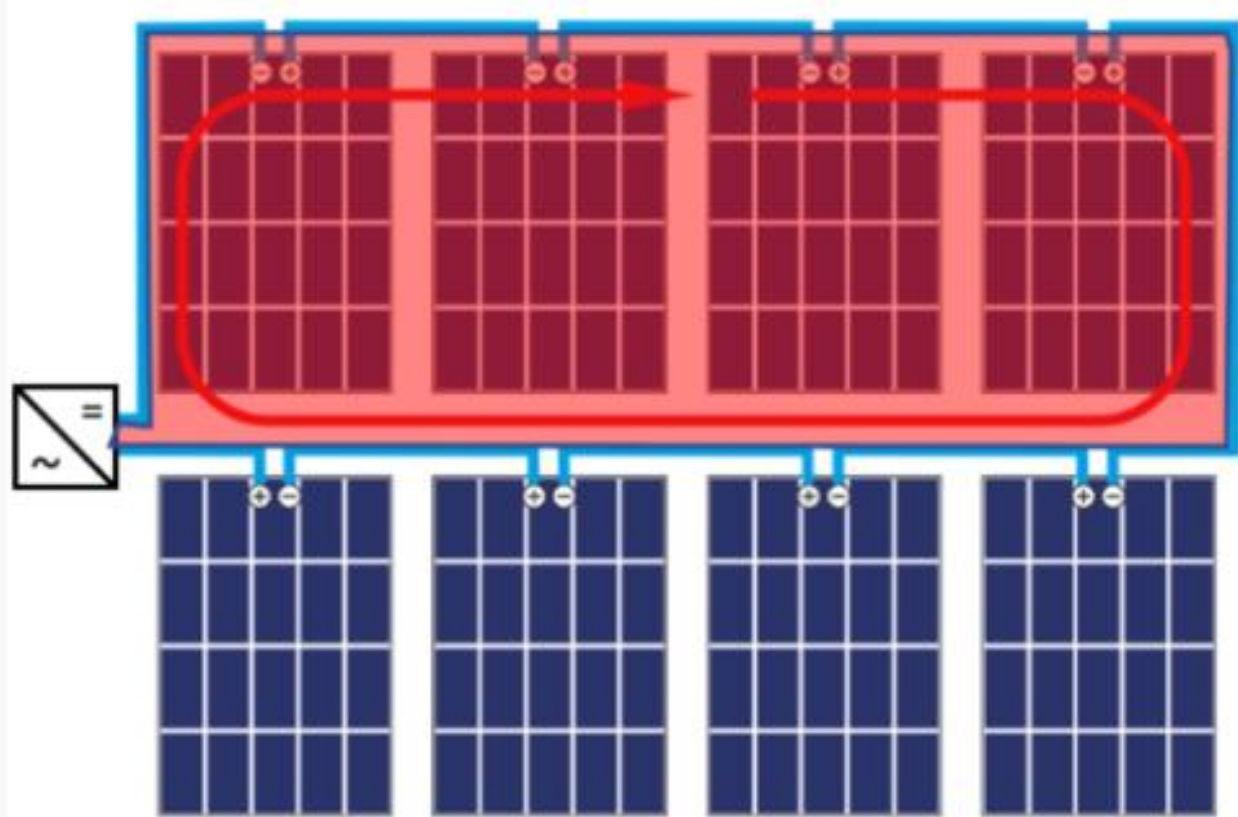


Obiekt z LPS
Odstęp s – nie zachowany

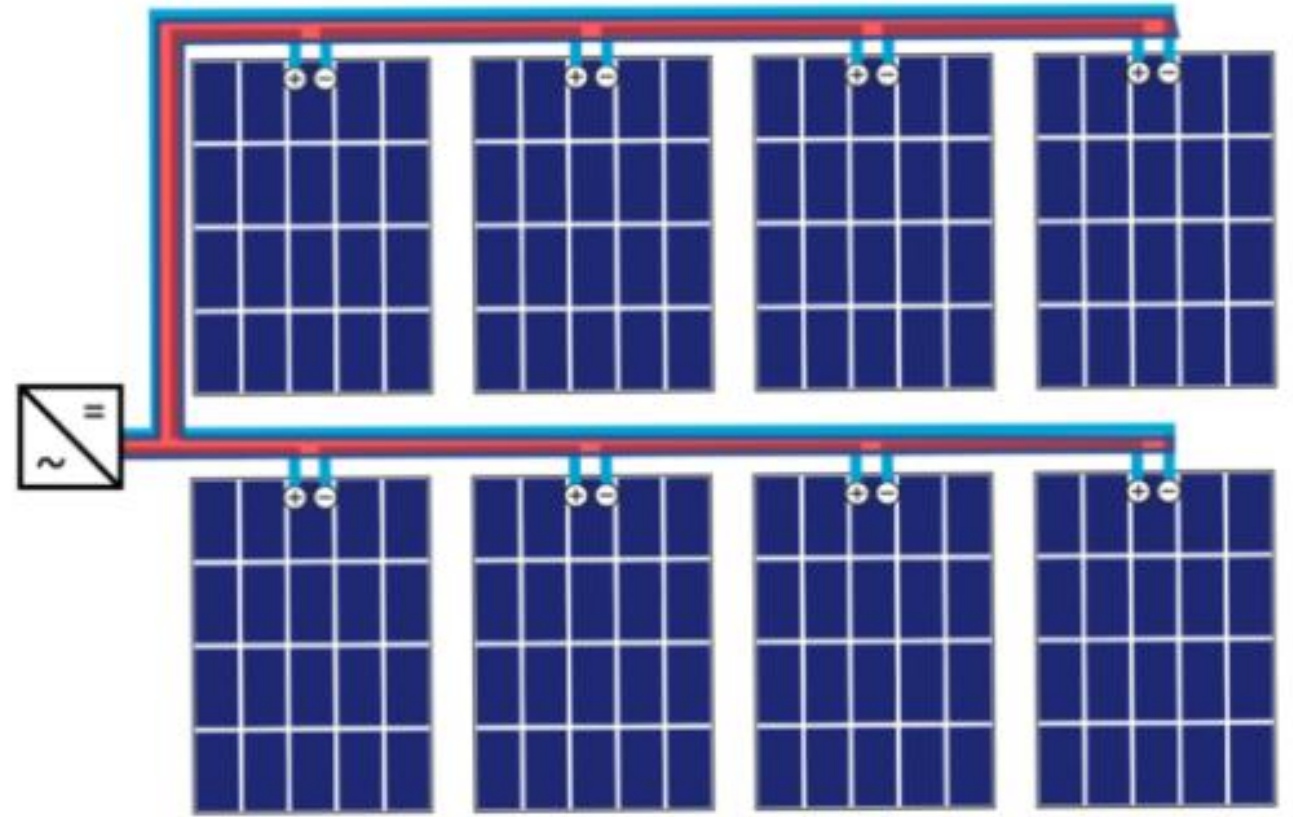
	Opis miejsca montażu SPD	wyrówn. potencjał.	SPD
A	Montaż SPD w obiekcie bez zewnętrznego urządzenia piorunochronnego (LPS)	6 mm ² *	SPD -Typ 2 wg EN 61643-11 *
B	Montaż SPD w obiekcie z zewnętrznym (LPS), odstęp izolacyjny s jest zachowany	6 mm ²	SPD -Typ 2 wg EN 61643-11 *
C	Montaż SPD w obiekcie z zewnętrznym (LPS), odstęp izolacyjny s jest nie zachowany	16 mm ²	SPD Typ 1 wg EN 61643-11

STRONA DC – OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ

PĘTLE INDUKCYJNE



a) duża powierzchnia pętli = duże ryzyko indukowania się przepięć



b) minimalizacja pętli = mniejsze ryzyko indukowania się przepięć

Sposób łączenia modułów PV może decydować o podatności obwodu DC na indukowanie się przepięć. Im większa powierzchnia pętli tworzonej przez obwód DC tym większa indukcyjność i wartości napięć indukowanych na skutek oddziaływania piorunowego pola elektromagnetycznego. W celu minimalizacji pętli należy zapewnić uporządkowane i wspólne trasy dla przewodów łączących moduły PV.

ZABEZPIECZENIE NADPRĄDOWE PO STRONIE AC

- Zazwyczaj charakterystyka B (zależy od wytycznych producenta)
- Prąd znamionowy większy od prądu generowanego przez falownik i mniejszy od wartości długotrwałej obciążalności prądowej

ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻALNOŚĆ DŁUGOTRWAŁĄ
dla obwodu jednofazowego dla obwodu trójfazowego

$$I_B = \frac{P}{U_{nf} * \cos\varphi}$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi}$$

Gdzie:

I_B - maksymalny prąd roboczy falownika [A]

U_{nf} – napięcie fazowe [V]

U_n – napięcie międzyfazowe [V]

P – moc falownika po stronie AC [W]

$\cos\varphi$ – współczynnik mocy/przesunięcia fazowego w instalacji

PV, przyjmuje się 1

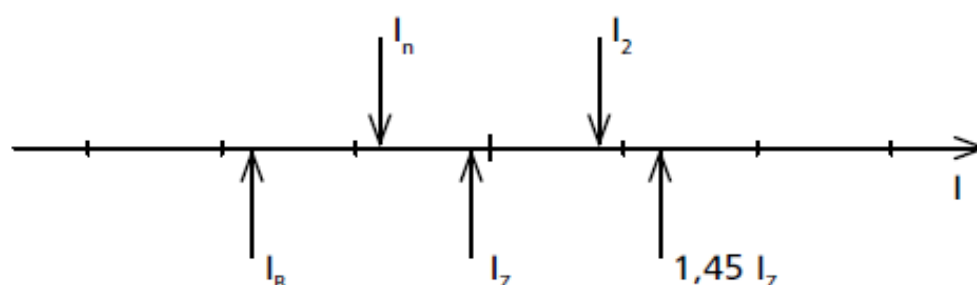


ZABEZPIECZENIE NADPRĄDOWE PO STRONIE AC

Zabezpieczenie przeciążeniowe przewodów powinno spełniać następujące warunki:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$



gdzie:

I_B - prąd obliczeniowy w obwodzie elektrycznym (prąd obciążenia przewodów), [A]

I_z - dopuszczalna obciążalność prądowa długotrwała przewodu, [A]

I_n - prąd znamionowy urządzeń zabezpieczających (lub nastawiony prąd urządzeń zabezpieczających), [A]

I_2 - prąd zadziałania urządzeń zabezpieczających, [A]

Prąd zadziałania urządzeń zabezpieczających I_2 należy określać jako krotność prądu znamionowego I_n wyłącznika lub bezpiecznika według zależności:

$$I_2 \leq k_2 \cdot I_n$$

gdzie:

k_2 - współczynnik krotności prądu powodującego zadziałanie urządzenia zabezpieczającego, przyjmowany jako równy:

- 1,6 - 2,1 dla wkładek bezpiecznikowych,
- 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B, C i D.

Przekrój znamionowy żyły mm ²
1
Miedź
1,5
2,5
4
6
10
16
25
35
50
70
95
120
150
185
240
300

ZABEZPIECZENIE NADPRĄDOWE PO STRONIE AC



3-biegunowy

6
10
13
16
20
25
32
40
50
63

RBK ...



NH ...



A	000	00	1	2	3	4a
6	1,6					
10	1,1					
16	1,8		1,8			
20	2,3		2,3			
25	2,4	2,4	2,4			
32	3,1	3,1	3,1			
35	3,0	3,0	3,0			
40	3,7	3,7	3,7			
50	4,1	4,1	4,1	4,1		
63	5,4	5,6	6,6	6,8		
80	6,5	6,8	8,0	8,3		
100	7,5	7,5	9,4	10,7		
125		10,0	11,8	12,2		
160		12,0	14,6	15,0		
200			18,0	18,5		
224			19,0	19,2	20,0	
250			20,0	20,6	21,1	
315				25,0	25,0	
355				31,5	32,0	
400				28,5	34,0	31,2
500					43,0	36,5
630					43,1	44,4
800						68,0
1000						72,9
1250						100,5
1600						126,2

ZABEZPIECZENIE NADPRĄDOWE PO STRONIE AC

Charakterystyka A	Charakterystyka B	Charakterystyka C	Charakterystyka D
Rzadko spotykane wyłączniki nadprądowe o charakterystyce czasowo-prądowej A to wyłączniki o działaniu bezzwłocznym.	Najpowszechniej stosowane <u>wyłączniki nadprądowe</u> , które implementuje się przede wszystkim w rozwiązaniach mieszkaniowych i różnego rodzaju lokalach komercyjnych o mocach do kilku kW. Przykładem może być wyłącznik HN-C25.	Ten rodzaj wyłączników czasowo-prądowych wykorzystywany jest przede wszystkim w aplikacjach przemysłowych.	Są to <u>wyłączniki nadprądowe</u> stosowane wyłącznie w rozwiązaniach typowo przemysłowych.
Służą do zabezpieczania wrażliwych na fluktuacje natężenia energii elektrycznej urządzeń elektronicznych.	Stosowane są do zabezpieczania obwodów gniazdkowych, obwodów oświetleniowych oraz urządzeń AGD i RTV o niewielkim prądzie rozruchowym.	Służą do zabezpieczania urządzeń o dużych prądach rozruchowych – np. trójfazowych silników elektrycznych.	Stosowane do zabezpieczania urządzeń elektroenergetycznych o dużych prądach rozruchowych – np. turbin czy generatorów.
Prąd wyzwalań przeciążeniowego: 1,13-,145	Prąd wyzwalań przeciążeniowego: 1,13-,145	Prąd wyzwalań przeciążeniowego: 1,13-,145	Prąd wyzwalań przeciążeniowego: 1,13-,145
-	Prąd wyzwalań zwarciovego: 3-5	Prąd wyzwalań zwarciovego: 5-10	Prąd wyzwalań zwarciovego: 10-20

ZABEZPIECZENIE NADPRĄDOWE PO STRONIE AC

50 kW

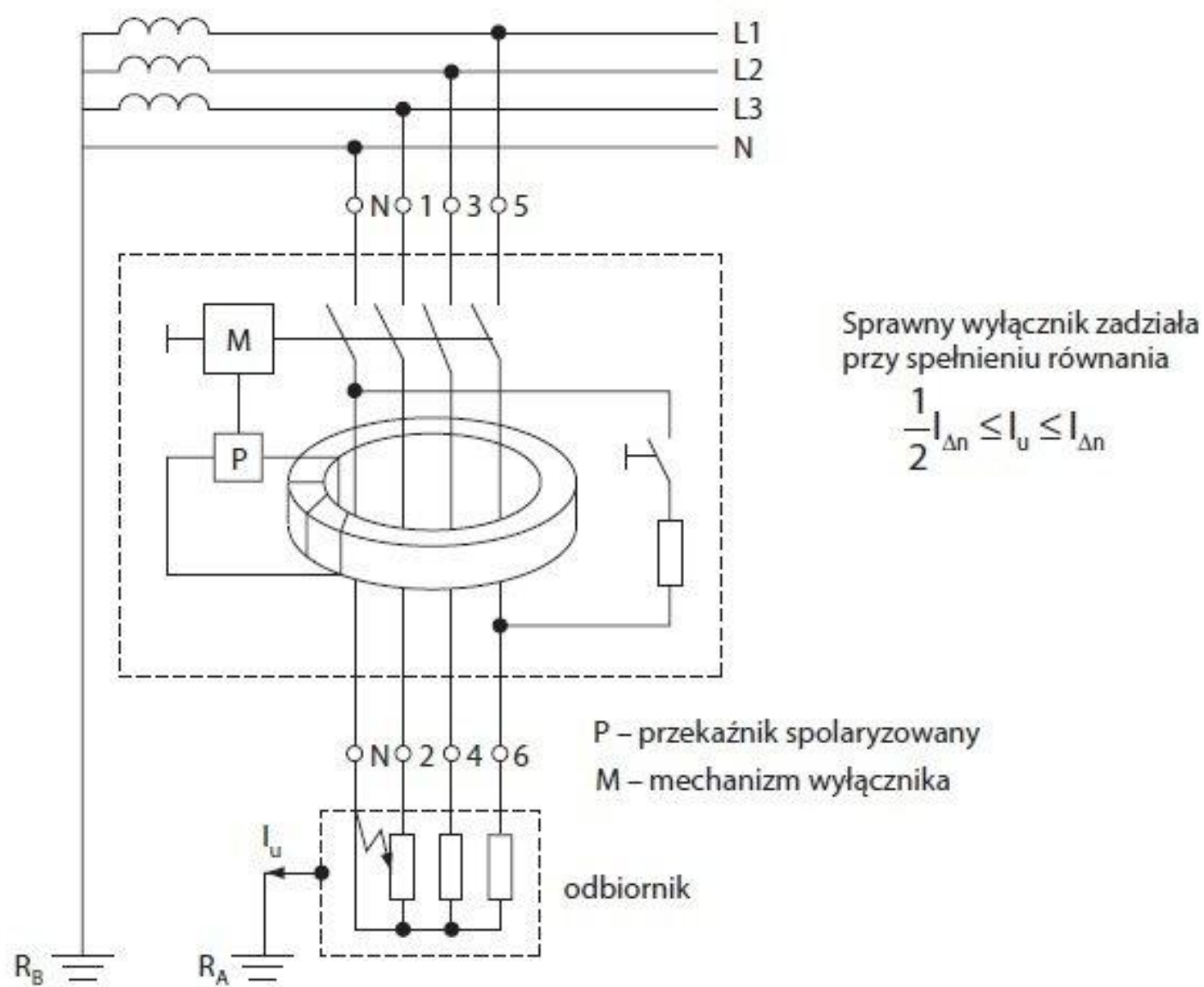


300 kW



ZABEZPIECZENIA AC - RCD

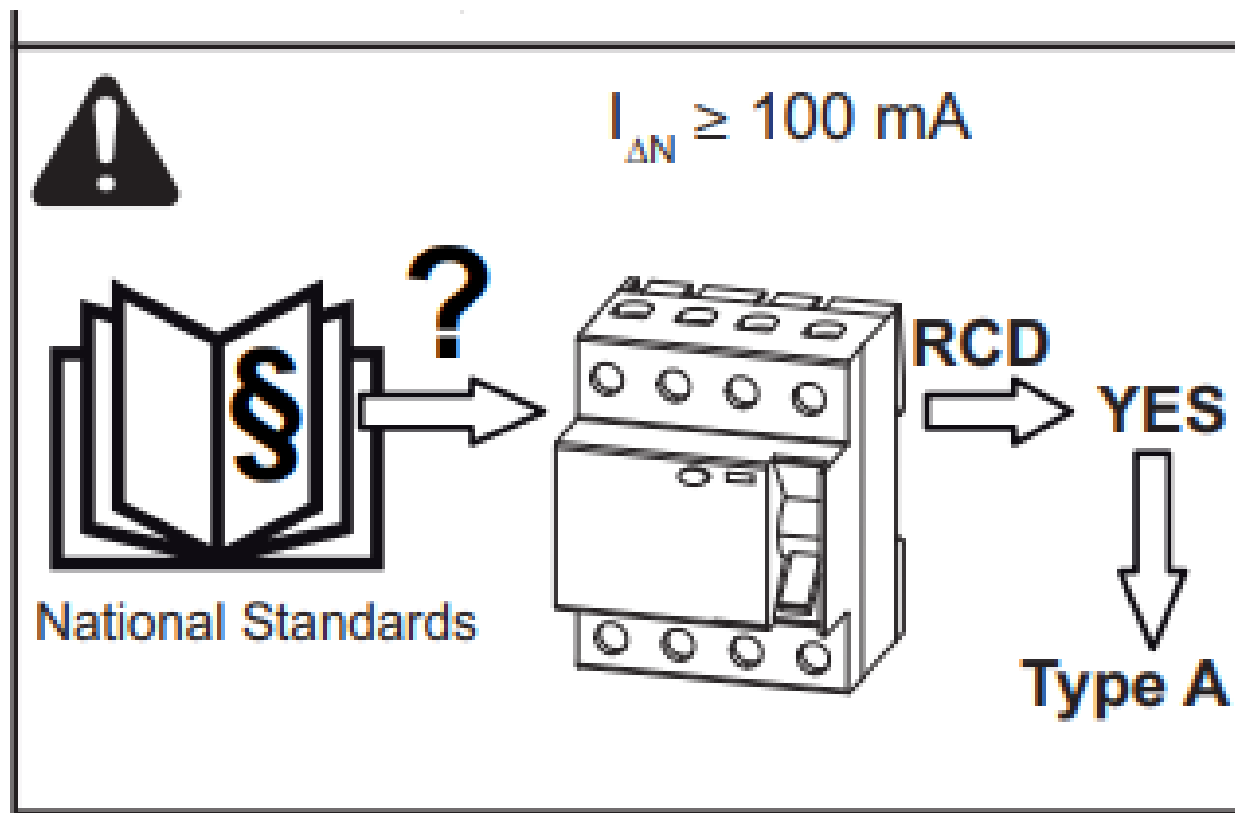
Wyłączniki różnicowoprądowe (RCD) w instalacjach fotowoltaicznych (PV) stosuje się głównie po stronie AC (przemiennej) w celu ochrony przed pożarem. Zaleca się stosowanie wyłączników typu A lub B (czułych na prąd stały i przemienny) o prądzie różnicowym zazwyczaj 100 lub 300 mA.



ZABEZPIECZENIA AC - RCD

Parametr	30 mA	100 mA	300 mA
Główny rodzaj ochrony	Przeciwporażeniowa (dodatkowa/uzupełniająca)	Pośrednia (częściowo przeciwporażeniowa + przeciwpożarowa)	Przeciwpożarowa (głównie)
Przed czym chroni	Przed porażeniem prądem przy bezpośrednim kontakcie (wyłącza przy ~15–30 mA – bezpieczny próg dla człowieka)	Przed wyższymi upływami (50–100 mA) – chroni instalację przed przegrzaniem (pożarem)	Przed pożarem (upływy 150–300 mA powodują nagrzewanie izolacji >40–100 W → ryzyko zapalenia drewna, słomy itp.)
Czas zadziałania	< 30 ms (przy $5 \times I_{\Delta n}$)	< 30–100 ms	< 100–300 ms (często typ S – selektywny)
Ryzyko fałszywych wyłączeń w PV	Bardzo wysokie (naturalne upływy falownika nawet 10–50 mA w normalnej pracy)	Średnie	Niskie – zalecane właśnie z tego powodu
Zalecane miejsce w instalacji PV	Tylko w obwodach końcowych budynku (gniazda, łazienki, kuchnia) – nie bezpośrednio za falownikiem	Za falownikiem w małych instalacjach (<10 kWp) lub gdy producent dopuszcza	Standard za falownikiem (mikroinstalacje i większe) – często jako główny RCD typu S
Wymóg normatywny / zalecenie	Obowiązkowy w obwodach gniazdowych ≤32 A (ogólna instalacja)	Zalecany przez wielu producentów falowników (np. SMA: minimum 100 mA na falownik)	Zalecany w PV jako ochrona przeciwpożarowa i przeciw fałszywym wyzwoleniom
Koszt orientacyjny (4P, typ B)	180–350 zł	220–450 zł	250–550 zł

ZABEZPIECZENIA AC - RCD



Wskazówka!

Lokalne przepisy, wymogi operatora sieci przesyłowej lub inne okoliczności mogą nakazywać wyposażenie przewodu przyłączeniowego w wyłącznik różnicowo-prądowy.

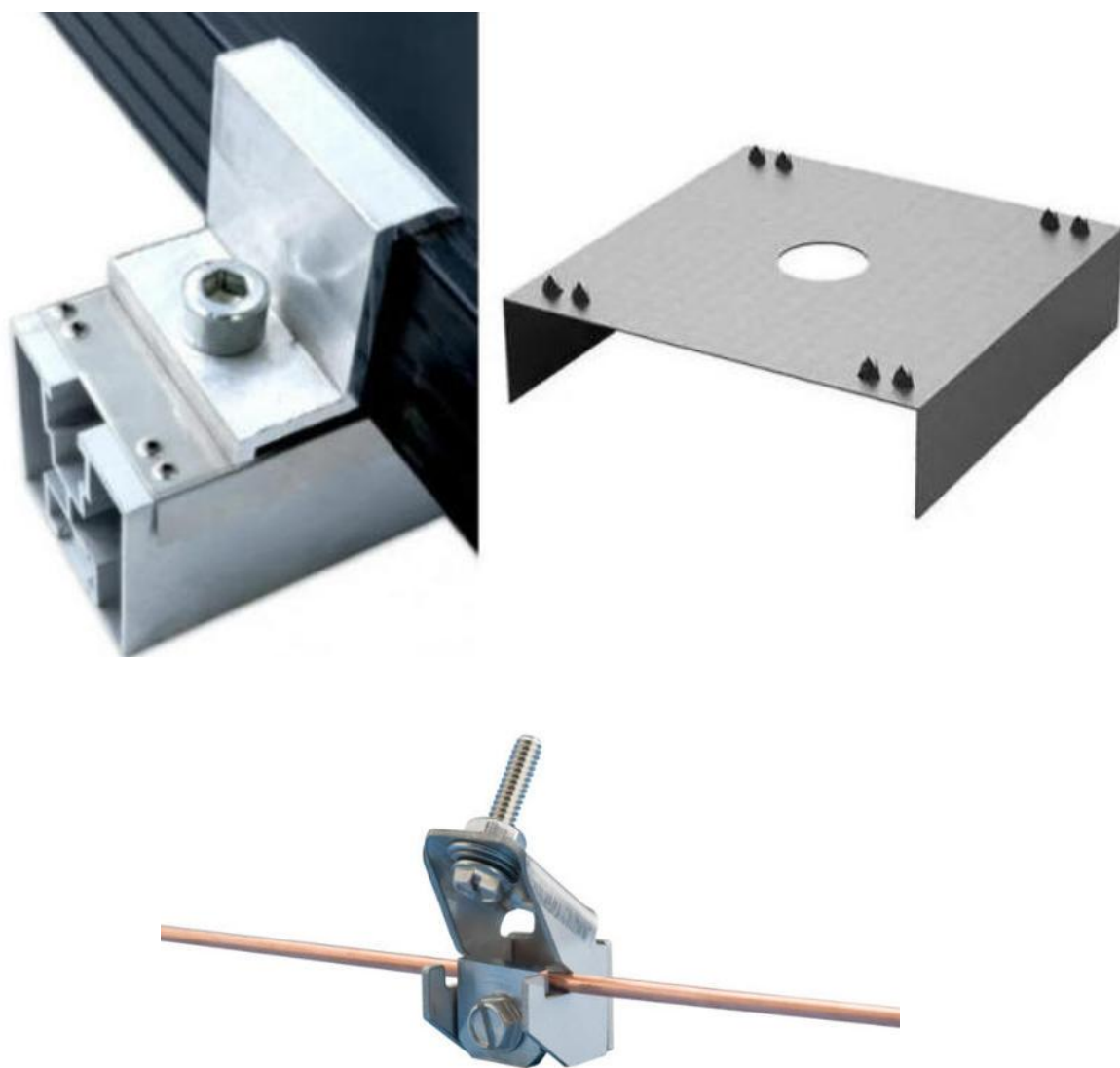
Zazwyczaj w takim przypadku wystarczający jest wyłącznik różnicowo-prądowy typu A o prądzie zadziałania co najmniej 100 mA. W poszczególnych przypadkach i w zależności od warunków lokalnych mogą jednak występować błędne zadziałania wyłącznika różnicowo-prądowego typu A. Z tego powodu firma Fronius zaleca zastosowanie wyłącznika różnicowo-prądowego przystosowanego do pracy z przetwornicą częstotliwości.

ZABEZPIECZENIA – UZIEMIENIE INSTALACJI PV

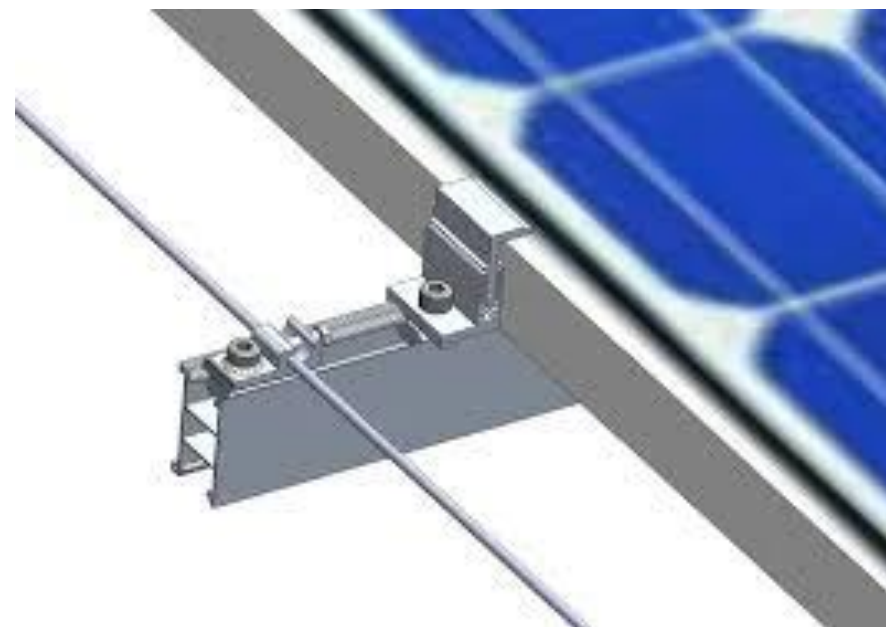
Uziemienie instalacji ma je z kolei chronić przed przypadkowym przepięciem związanym z uszkodzeniem mechanicznym izolacji przewodów, stopieniem złączy MC4, itp., gdy na ramie modułów, lub konstrukcji wsporczej może pojawić się duży ładunek elektryczny. Uziemiamy:

- ramy paneli fotowoltaicznych
- konstrukcję wsporczą paneli
- falownik

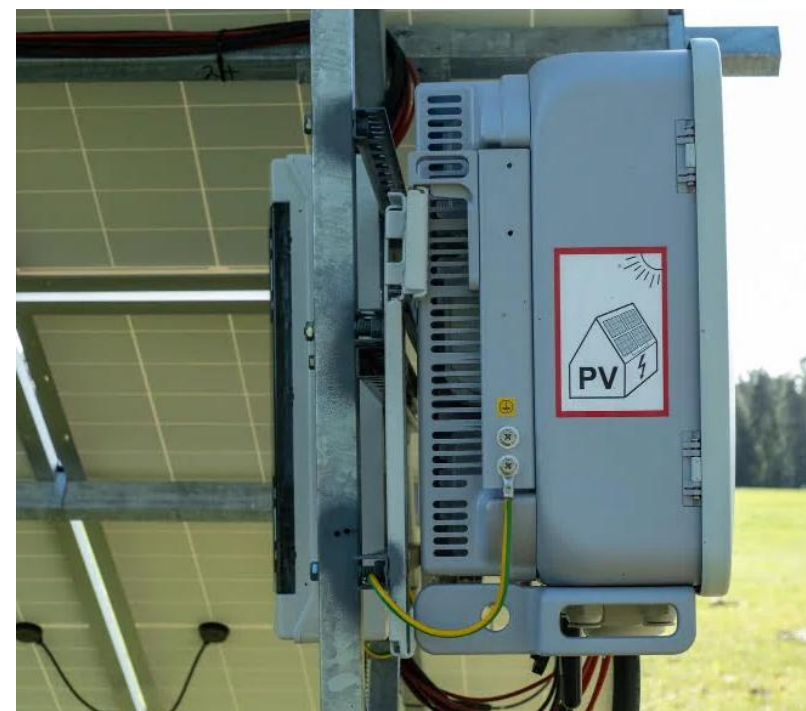
Uziemienie ramy modułów



Uziemienie konstrukcji



Uziemienie falownika



ZABEZPIECZENIA – INSTALACJA ODGROMOWA

Instalacja odgromowa (LPS – Lightning Protection System) jest zewnętrzną ochroną przed bezpośrednim uderzeniem pioruna. Jej zadaniem jest przechwycenie prądu piorunowego (nawet do 200 kA), bezpieczne odprowadzenie go do ziemi i zapobieżenie uszkodzeniom mechanicznym, termicznym, pożarowi oraz przeskokom iskrowym (side flash) do instalacji PV.

Co chronimy:

- Panele PV (duża powierzchnia, niska wytrzymałość udarowa)
- Konstrukcję nośną
- Przewody DC (napięcie do 1500 V, wrażliwe na indukcję)

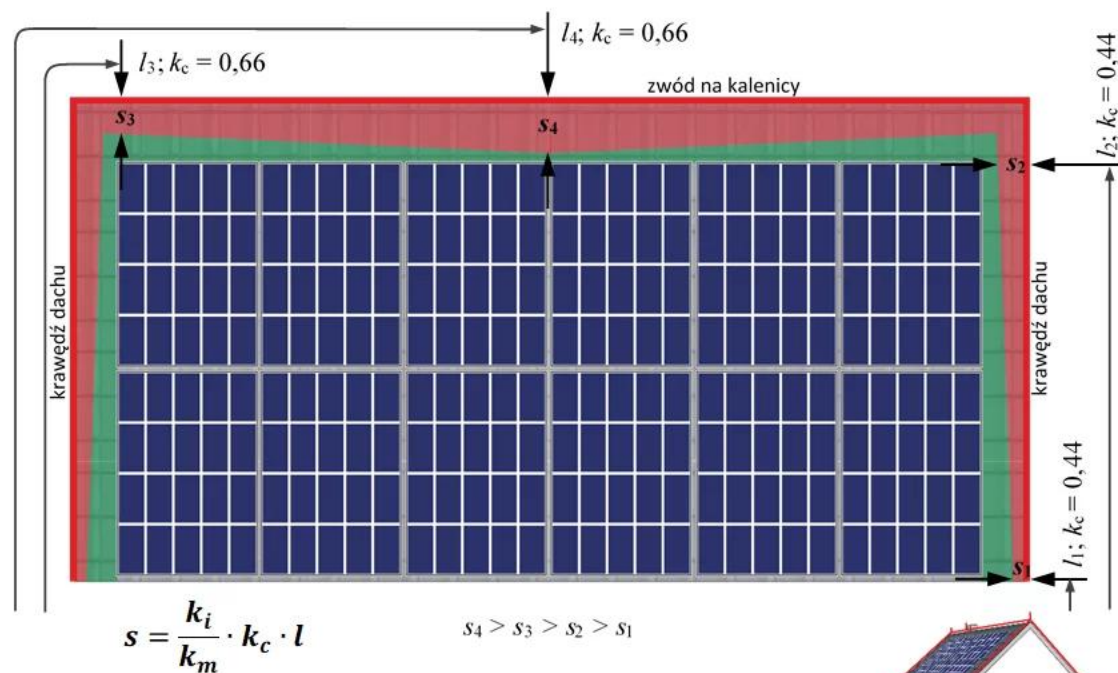
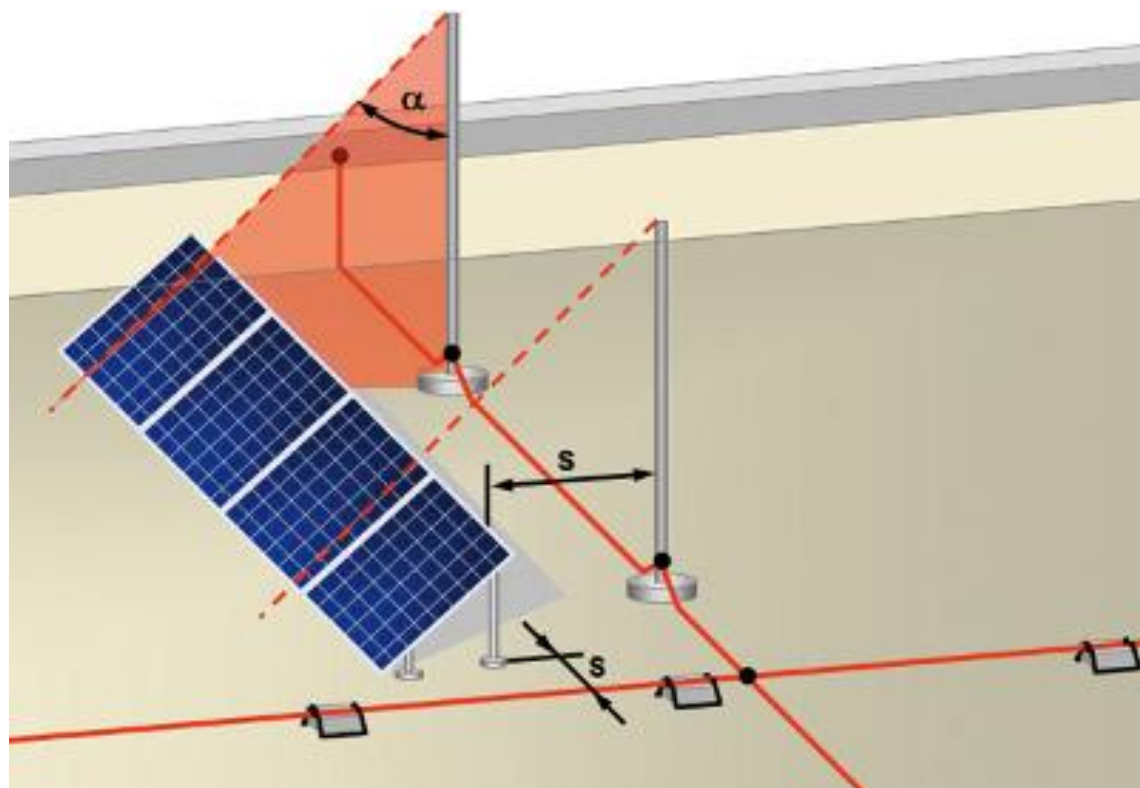
Główne elementy LPS :

- Zwody powietrzne (iglice pionowe, przewody poziome na kalenicy/krawędziach, siatka na dachu płaskim).
- Przewody odprowadzające (miedziane lub aluminiowe, min. 16–50 mm²).
- Uziomy (fundamentowe, otokowe, pionowe) – rezystancja $\leq 10 \Omega$.
- Połączenia wyrównawcze (ekwipotencjalizacja) konstrukcji PV z LPS.

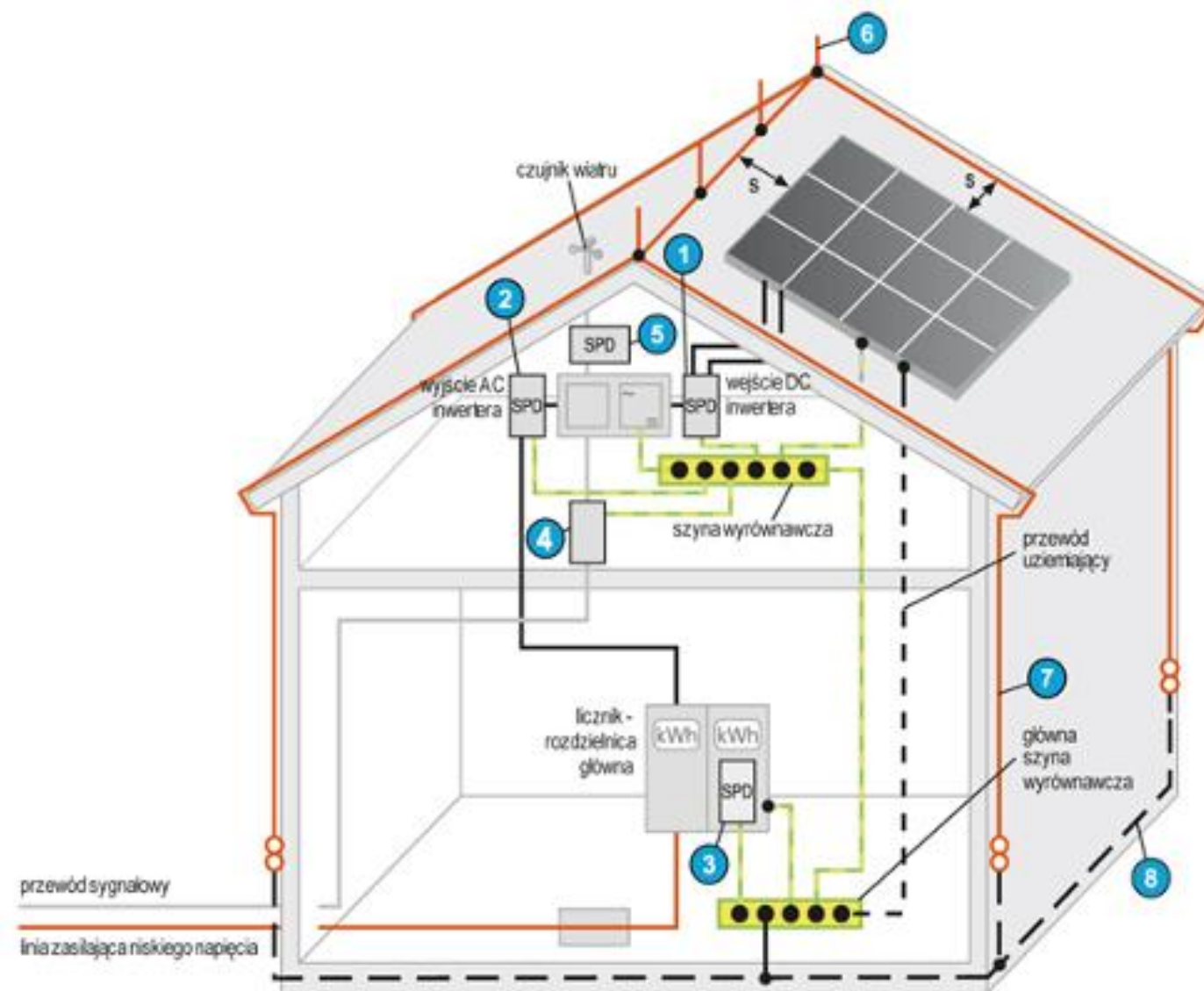
Zasady doboru:

- Ocena ryzyka – PN-EN 62305-2
- PV musi znajdować się w strefie ochronnej LPS
- Odstęp izolacyjny (separacyjny) „s”

ZABEZPIECZENIA – INSTALACJA ODGROMOWA



- obszar zagrożony przeskokiem iskrowym (brak zachowanego odstępu separującego)
- obszar bezpieczny dla montażu paneli PV z zachowaniem odstępu separującego



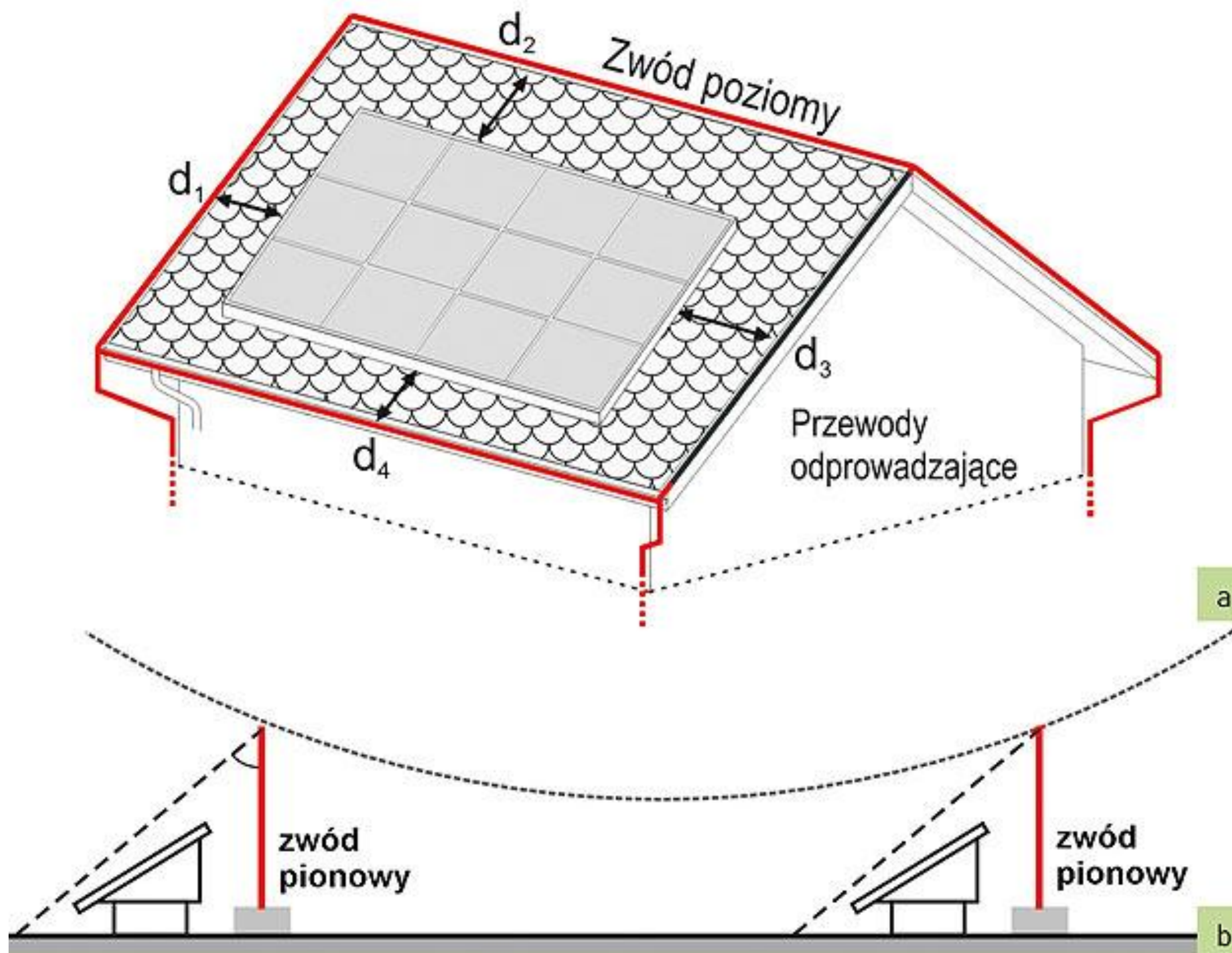
s odstęp izolacyjny (zachowany)
 SPD ogranicznik przepięć

- | | |
|---|---|
| 1 SPD typu 2 do instalacji PV | 5 SPD do linii sygnałowej (kategoria D1 wg normy EN 61643-21) |
| 2 SPD typu 2 - instalacja 230/440VAC | 6 zwody na dachu budynku |
| 3 SPD typu 1 - instalacja 230/440VAC | 7 przewody odprowadzające |
| 4 SPD do linii sygnałowej (kategoria D1 wg normy EN 61643-21) | 8 uziom budynku |

ZABEZPIECZENIA – INSTALACJA ODGROMOWA



ZABEZPIECZENIA – INSTALACJA ODGROMOWA



DOBÓR PRZEWODÓW

Właściwy dobór przewodów musi uwzględniać:

- wytrzymałość mechaniczną (miejsce układania)
- długotrwałą obciążalność prądową przewodu
- przeciążalność i warunki zwarciowe
- spadki napięcia (zalecany do 1%)

Zgodnie z normą PN-EN 60445 ze względu na funkcje pełnione w instalacjach elektrycznych wyróżnia się:

- 1) Przewody czynne a.c.: liniowe (L), neutralny (N), środkowy (M);
- 2) Przewody czynne d.c: przewód dodatni (L+), przewód ujemny (L-);
- 3) Przewody ochronne: (PE, PEN, PEL*, PEM**);
- 4) Przewody połączeń ochronnych wyrównawczych (PB),
 - uziemiony (PBE),
 - nieziemiony (PBU);
- 5) Przewody uziemiające:
 - przewód uziemiający funkcjonalny (FE),
 - przewód wyrównawczy funkcjonalny (FB).



DOBÓR PRZEWODÓW

DOBÓR PRZEWODÓW



Dane techniczne	Budowa	Właściwości
– Napięcie nominalne 1800 V DC-1200V AC – Temperatura pracy minimalna -40°C maksymalna +90°C – Temperatura układania minimalna -40°C – Temperatura zwarcia maksymalna +250°C – Maksymalne obciążenie wzdłużne 15 N/mm² – Minimalny promień gięcia 4 x Ø kabla	– elastyczny przewód jednożyłowy do połączeń w instalacjach fotowoltaicznych, podwójnie izolowany, bezhalogenowy, płomienioodporny – żyła miedziana, pobieleną, 5kl. – izolacja – specjalna guma usieciowana G21 – izolacja zewnętrzna – specjalna usieciowana mieszanka gumy M21 – LSOH= bezhalogenowy, niska emisja dymu – kolor izolacji wewnętrznej: czarny – kolor izolacji zewnętrznej: niebieski, czerwony, czarny	– jednożyłowy przewód zgodny z CEI 20-91 – rozprzestrzenianie płomienia wg EN 60332-1-2 – emisja gazów wg EN 50267-2-1 – gęstość dymu wg EN 61034-2 – korozyjność gazów wg EN 50267-2-2 – dyrektywa niskonapięciowa 2006/95/CE – dyrektywa ROHS 2011/65/CE – certyfikat jakości CA01.00546 – przewidywany okres eksploatacji 25 lat

DOBÓR PRZEWODÓW

UPROSZCZONY WZÓR NA PRZEKRÓJ UWZGLĘDNIAJĄCY ZAKŁADANY SPADEK NAPIĘCIA

$$S = \frac{P_{MPP} * l}{U^2 * \gamma * \Delta U_{\%dop}} [mm^2]$$

Gdzie:

S – przekrój przewodu [mm^2]

P_{MPP} - moc łańcucha/stringu[W]

l – całkowita długość przewodu [m] (2x dł. od falownika do modułów)

U – napięcie obwodu MPP (napięcie robocze U_{MPP}) [V]

γ – przewodność właściwa [$m/\Omega * mm^2$] (dla miedzi $\gamma = 55$)

$\Delta U_{\%dop}$ – dopuszczalny spadek napięcia [%] (1% = 0,01)

PRZYKŁAD

20 modułów 500Wp=10000Wp

$$S = \frac{10000 * 80}{683,2^2 * 55 * 0,01} = 3,11 [mm^2]$$

10 modułów 500Wp =5000Wp

$$S = \frac{5000 * 60}{341,6^2 * 55 * 0,01} = 4,67 [mm^2]$$

Dla 20 modułów dobieramy przekrój przewodu większy niż 3 mm^2 . W katalogu tj. 4 mm^2 .

Dla 10 modułów dobieramy przekrój przewodu większy niż 4 mm^2 . W katalogu tj. 6 mm^2 .



DOBÓR PRZEWODÓW

Liczba żył x przekrój [mm²]	Kolor opony	Średnica. zew. w mm	Waga Cu kg/km	Waga ok. kg/km
1 x 2,5	czarny	4,5	24,0	42,0
1 x 2,5	niebieski	4,5	24,0	42,0
1 x 2,5	czerwony	4,5	24,0	42,0
1 x 4	czarny	5,2	38,4	60,0
1 x 4	niebieski	5,2	38,5	60,0
1 x 4	czerwony	5,2	38,4	60,0
1 x 6	czarny	5,9	57,6	82,0
1 x 6	niebieski	5,9	57,6	82,0
1 x 6	czerwony	5,9	57,6	82,0
1 x 10	czarny	6,9	96,0	123,0
1 x 10	niebieski	6,9	96,0	123,0
1 x 10	czerwony	6,9	96,0	123,0
1 x 16	czarny	8,3	153,6	190,0
1 x 16	niebieski	8,3	153,6	190,0
1 x 16	czerwony	8,3	153,6	190,0
1 x 25	czarny	10,0	240,0	285,0
1 x 35	czarny	11,0	336,0	376,0
1 x 50	czarny	13,0	480,0	530,0
1 x 70	czarny	15,3	672,0	745,0
1 x 95	czarny	17,0	912,0	960,0
1 x 120	czarny	19,1	1152,0	1220,0
1 x 150	czarny	22,7	1440,0	1550,0
1 x 185	czarny	25,5	1776,0	1930,0
1 x 240	czarny	28,3	2304,0	2550,0

DOBÓR PRZEWODÓW

ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻALNOŚĆ DŁUGOTRWAŁĄ
dla obwodu jednofazowego dla obwodu trójfazowego

$$I_B = \frac{P}{U_{nf} * \cos\varphi}$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi}$$

Gdzie:

I_B - maksymalny prąd roboczy falownika [A]

U_{nf} – napięcie fazowe [V]

U_n – napięcie międzyfazowe [V]

P – moc falownika po stronie AC [W]

$\cos\varphi$ – współczynnik mocy/przesunięcia fazowego, przyjmuje się 1 dla falowników

Prawidłowo dobrany przekrój przewodu powinien spełniać warunek:

$$I_z > I_B$$

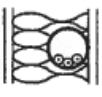
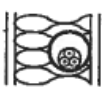
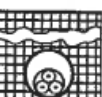
Gdzie:

I_z - dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla danego typu i przekroju przewodu, [A]. Wartość tą można przyjąć z tabel umieszczonych w katalogu producenta przewodów, lub wg normy PN-IEC 60364-5-53:2001

I_B - prąd obliczeniowy (roboczy) linii, [A]

Prawidłowo dobrany przewód, oprócz warunku obciążalności długotrwałej powinien spełniać również warunek dopuszczalnego spadku napięcia (według norm i dobrych praktyk do 1%).

Obciążalność prądowa długotrwała przewodu
wg normy PN-IEC 60364-5-523

Przekrój znamionowy żyły mm ²	Instalacja wykonana sposobami podanymi w tablicy 52-B1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Miedź						
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18
2,5	18	17,5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	34	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196	–	–	299	230
185	245	223	–	–	341	258
240	286	261	–	–	403	297
300	328	298	–	–	464	336
Aluminium						
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5
4	18,5	17,5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155	–	–	227	178
185	194	176	–	–	259	200
240	227	207	–	–	305	230
300	261	237	–	–	351	260

UWAGA – W kolumnach 3, 5, 6 i 7 przyjęto, że żyły o przekrojach do 16 mm² włącznie są okrągłe. Wartości dla większych przekrojów odnoszą się do żył sektorowych i mogą być bezpiecznie stosowane do żył okrągłych.

DOBÓR PRZEWODÓW

DOPUSZCZALNY SPADEK NAPIĘCIA:

dla obwodu jednofazowego

dla obwodu trójfazowego

$$\Delta U\% = \frac{200 * P * l}{U_{nf}^2 * \gamma * S} [\%]$$

$$\Delta U\% = \frac{100 * P * l}{U_n^2 * \gamma * S} [\%]$$

Dopuszczalne wartości według normy dla odbiorników $\Delta U_{\%dop} = 3 \%$

Dopuszczalne wartości według dobrych praktyk $\Delta U_{\%dop} = 1 \%$

PRZYKŁAD:

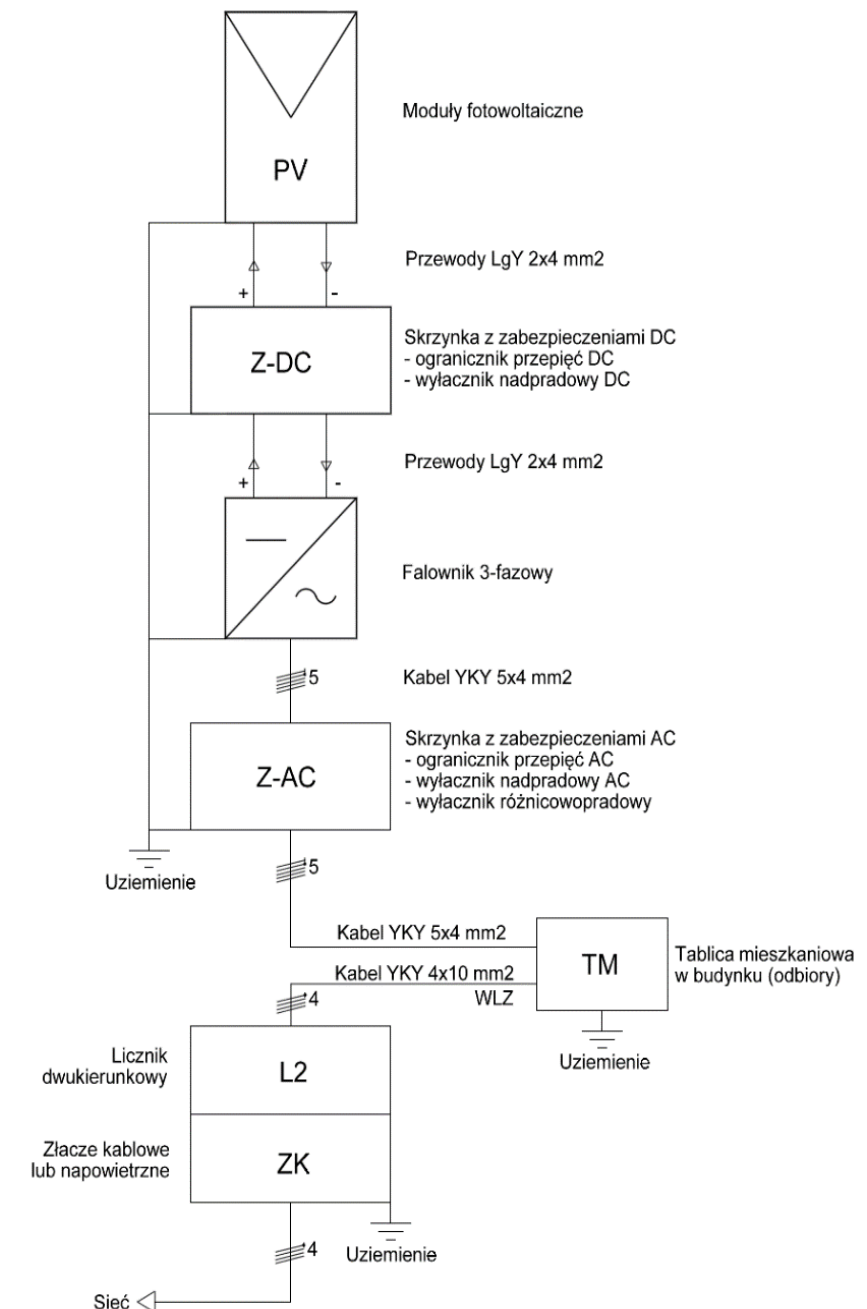
$$\Delta U\% = \frac{200 * 4600 * 15}{230^2 * 55 * 4} = 1,19 [\%] \quad \Delta U\% = \frac{100 * 5000 * 15}{400^2 * 55 * 2,5} = 0,21 [\%]$$

$$\Delta U = \frac{\Delta U\%}{100} * U_n = \frac{1,19}{100} * 230 = 2,73 [V]$$

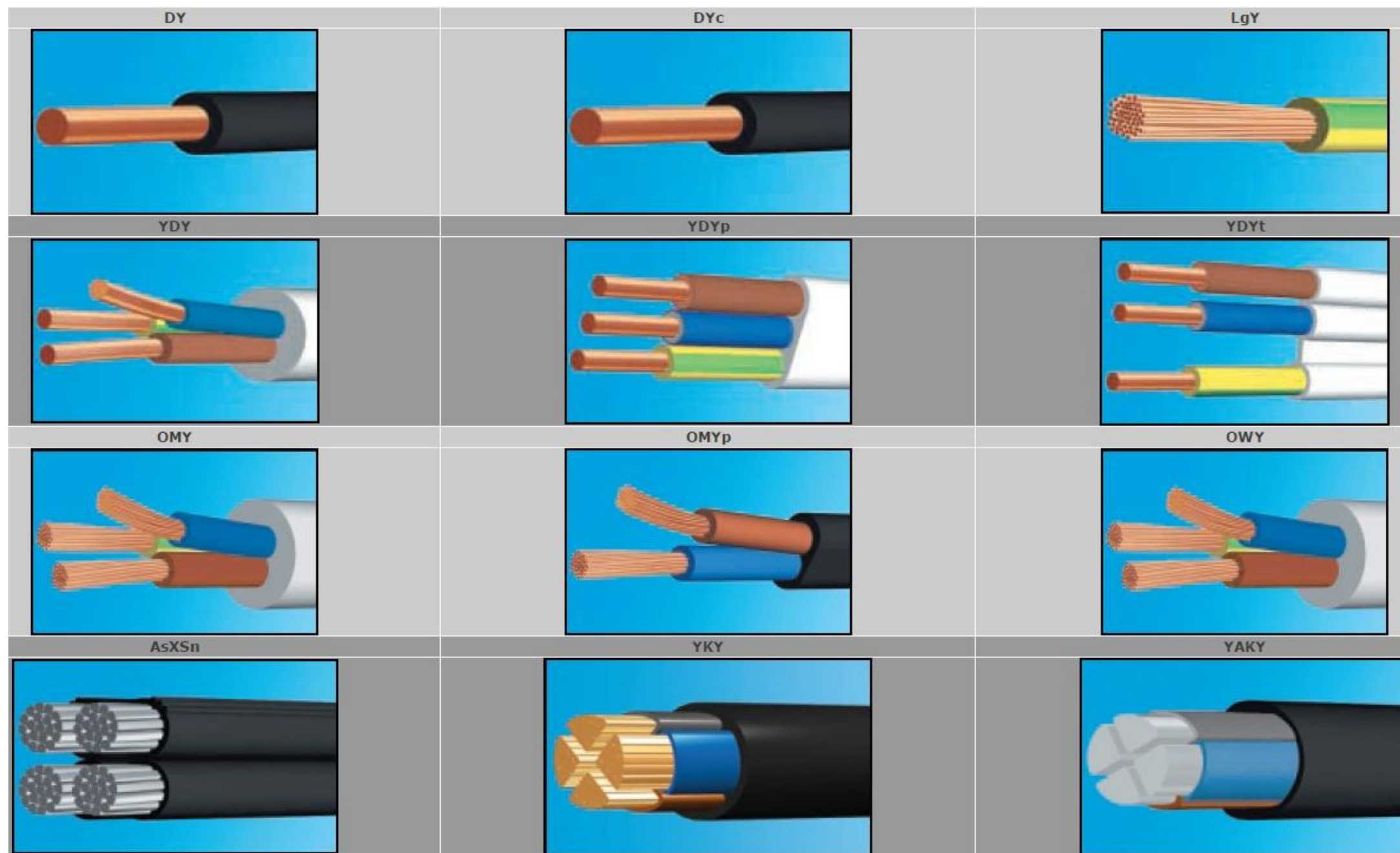
$\Delta U\% < \Delta U_{\%dop}$ - warunek spełniony gdyż spadek napięcia jest mniejszy niż 1%

$$S = \frac{2 * P * l}{U_{nf}^2 * \gamma * \Delta U_{\%dop}} [mm^2]$$

$$S = \frac{P * l}{U_n^2 * \gamma * \Delta U_{\%dop}} [mm^2]$$



DOBÓR PRZEWODÓW



DY - przewód o żyłę miedzianej, jednodrutowej (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y)

DYc - przewód o żyłę miedzianej, jednodrutowej (D) oraz o izolacji z polwinitu odpornego na ciepło (Yc)

LgY - przewód o żyłę miedzianej, wielodrutowej (L), giętkiej (g) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y)

YDY - przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y)

YDYp - przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y), płaski (p)

YDYt - przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y), wtynkowy (t)

OMY - przewód oponowy (O), mieszkaniowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), okrągły

OMYp - przewód oponowy (O), mieszkaniowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), płaski (p)

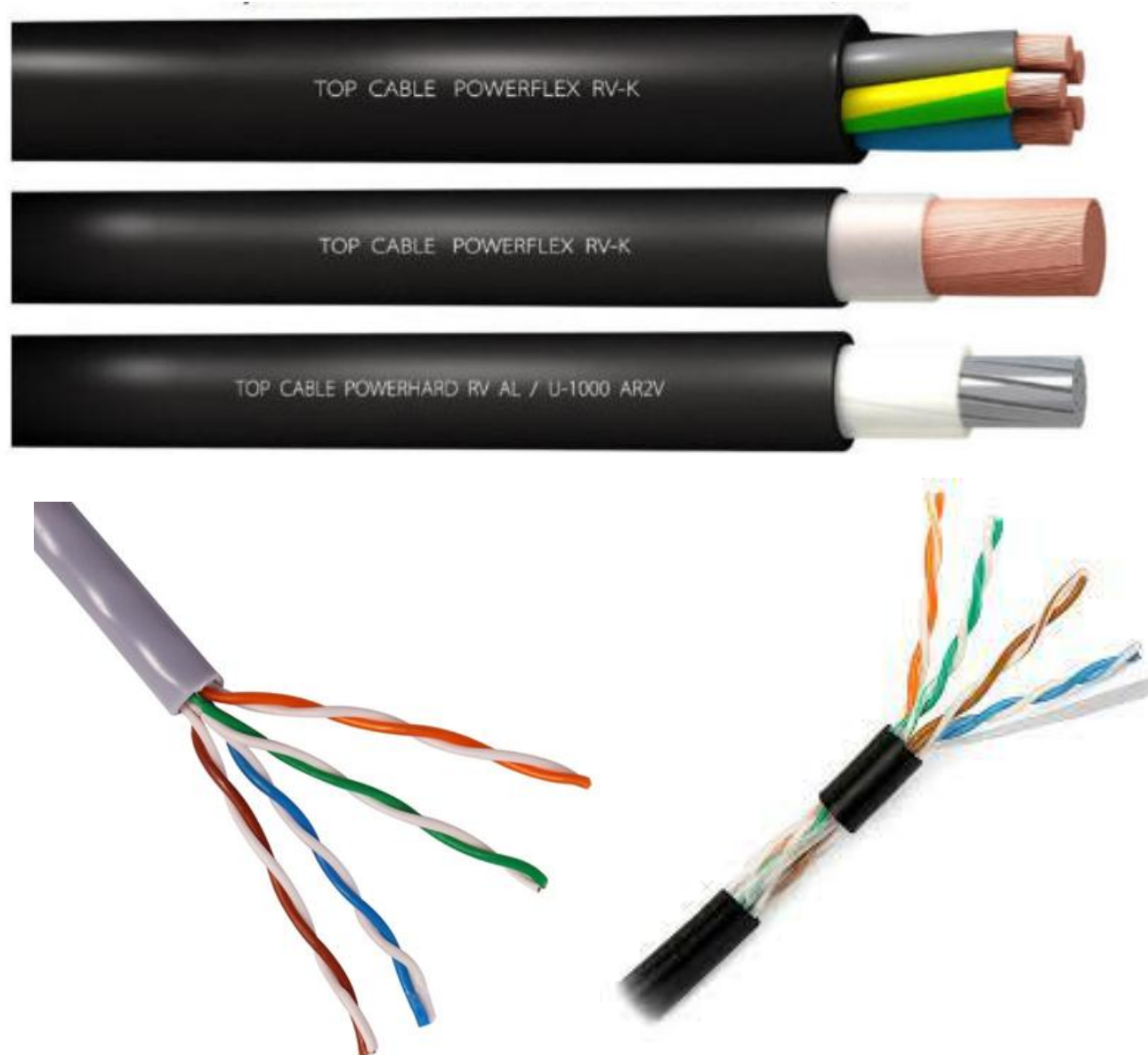
OWY - przewód oponowy (O), warsztatowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), okrągły

AsXSñ - przewód elektroenergetyczny samonośny (s) o żyłach aluminiowych (A) oraz o instalacji z polietylenu usieciowanego (XS), odporny na rozprzestrzenianie się ognia (n)

YKY - kabel (K) elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej (Y) i powłoce polwinitowej (Y), z żyłami miedzianymi

YAKY - kabel (K) elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej (Y) i powłoce polwinitowej (Y), z żyłami aluminiowymi

DOBÓR PRZEWODÓW



- Przewody stosowane do połączeń specjalnych np. mikroinwertery.
- Przewody umieszczane w trudnych warunkach środowiskowych.
- Przewody sieciowe do połączeń komunikacyjnych pomiędzy falownikami, licznikami energii ect.
- Przewody umieszczane w korytach kablowych lub w ziemi.

DOBÓR PRZEWODÓW

PROWADZENIE PRZEWODÓW DC I AC



Prawidłowo



Nieprawidłowo



Nieprawidłowo



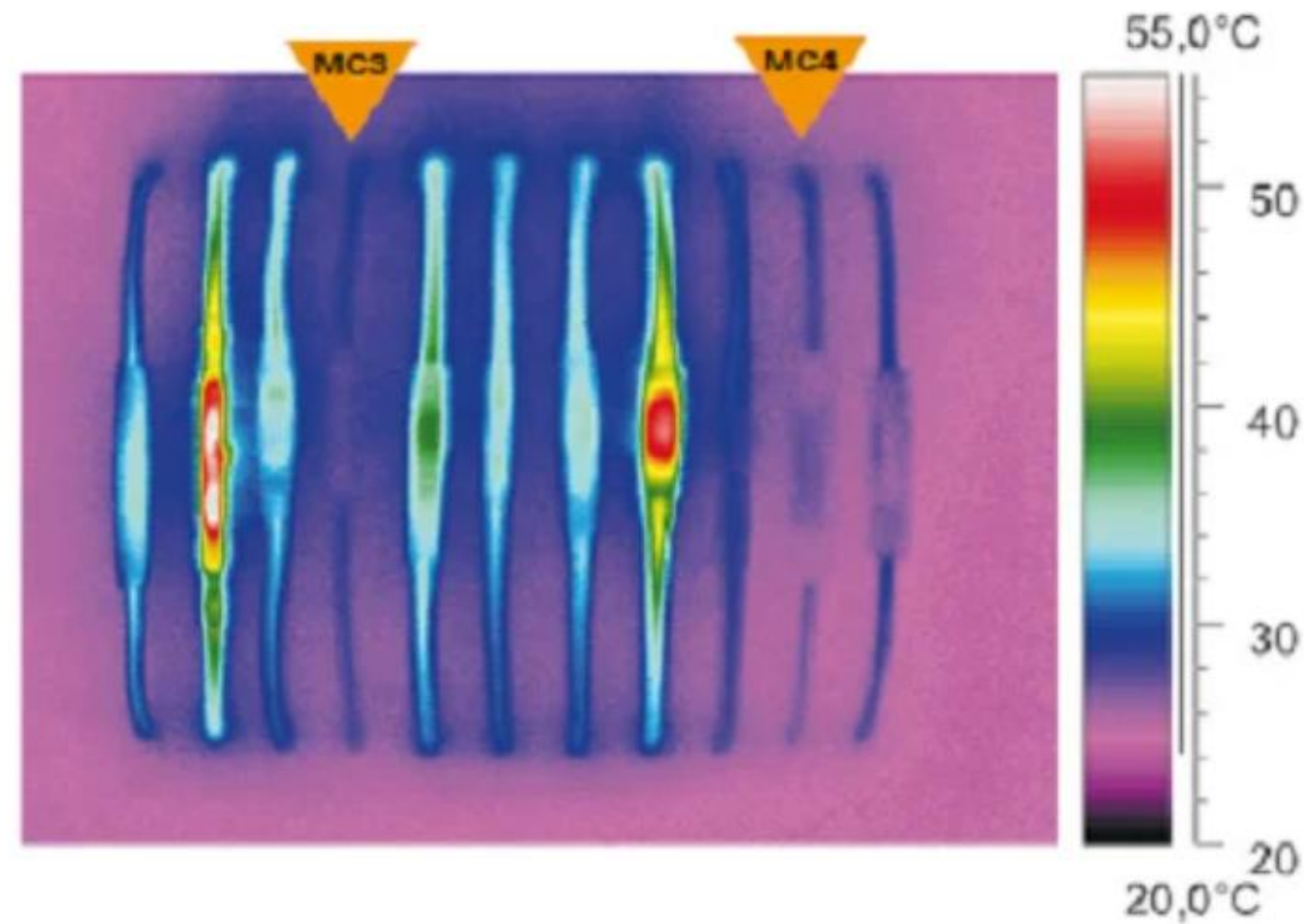
DOBÓR PRZEWODÓW

POŁĄCZENIE PRZEWODÓW DC



DOBÓR PRZEWODÓW

POŁĄCZENIE PRZEWODÓW DC



DOBÓR ROZDZIELNIC ELEKTYCZNYCH

- Wykonane zgodnie z normami EN 60670-1
- Posiadające klasę szczelności IP 65, umożliwiającą zastosowanie wewnątrz oraz na zewnątrz budynku,
- Posiadające II klasę ochronności,
- Odpowiednie do stosowania na stronę DC do 1000V oraz AC do 500V,
- Odporne na promieniowanie UV oraz warunki atmosferyczne,
- Wyposażone w estetyczną obudowę z przezroczystymi drzwiczkami (podgląd stanu zadziałania zabezpieczeń).

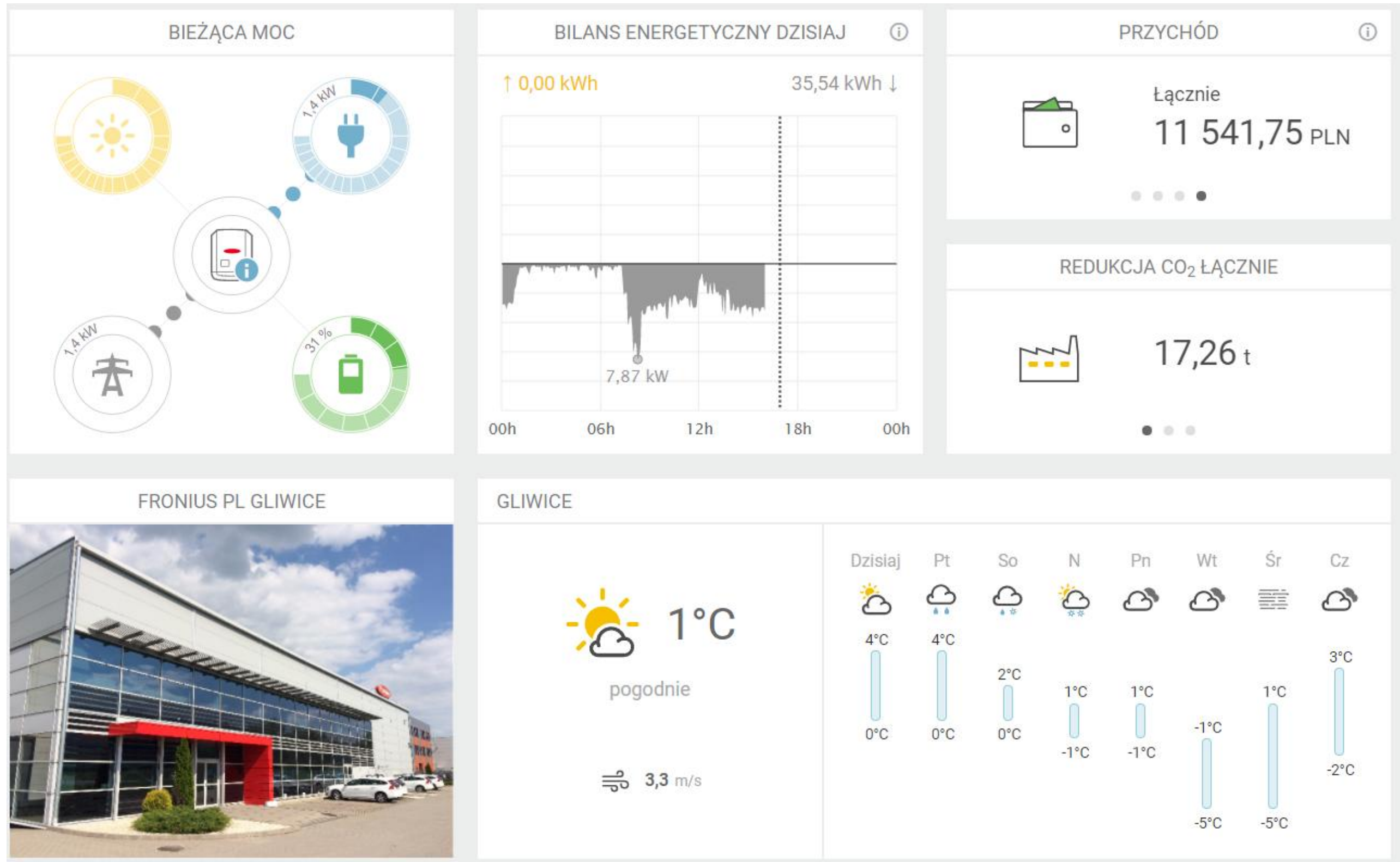


OZNAKOWANIE INSTALACJI PV



MONITORING PRACY INSTALACJI PV

FRONIUS (solarweb.com)



SOLAREGE (monitoring.solaredge.com)



Polskie (Polish) ▼

Witamy w portalu monitoringu firmy SolarEdge

Nazwa użytkownika:

Hasło:

☐ Nie jestem robotem 
reCAPTCHA
Prywatność - Warunki

Login

☐ Zapamiętaj mnie

[Nie pamiętasz hasła?](#)




Nowy instalator? [Kliknij tutaj](#)

Nowy właściciel systemu? Aby skonfigurować konto, skontaktuj się z instalatorem.

Instalacje publiczne

Konto demonstracyjne

© Wszelkie prawa zastrzeżone przez SolarEdge 2020
[Warunki użytkowania](#) | [Polityka prywatności](#)

46

SOLAREEDGE (monitoring.solaredge.com)

Moc	Energia dzień	Energia mies.	Całkowita energia	Całkowity dochód
0 W	989,99 Wh	97,76 kWh	30,62 MWh	13871,58 £

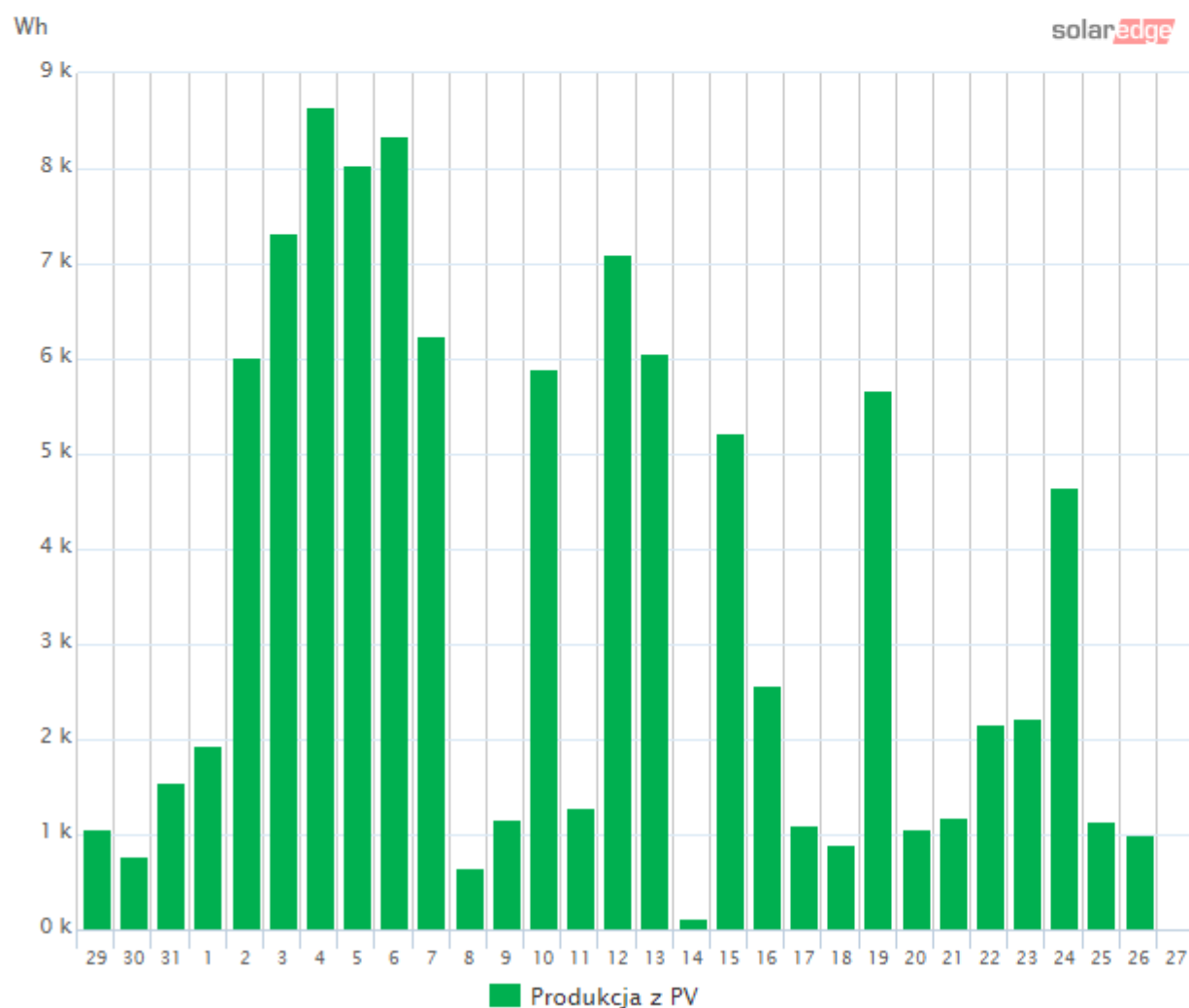
solaredge

Moc i energia

Dzień Tydzień Miesiąc **Cykl rozliczeniowy** Rok

29.10.2020 - 27.11.2020

Produkcja systemu: **101.16 kWh**



Nazwa	12 wilderness heights
Adres	12 wilderness heights, Southampton,England,United...
Zainstalowano	24.10.2011
Ostatnia	26.11.2020 16:58
Szczytowa wartość	3,91 kWp

Przewaga chmur
6 °C
Odczucie 4 °C
Wiatr NNE, 9 km/h
Wilgotność 84 %
Wschód o 07:39
Zachód o 16:06

czwartek



9 - 4 °C
Częściowe
zachmurzenie

piątek



8 - 7 °C
Pochmurnie

sobota



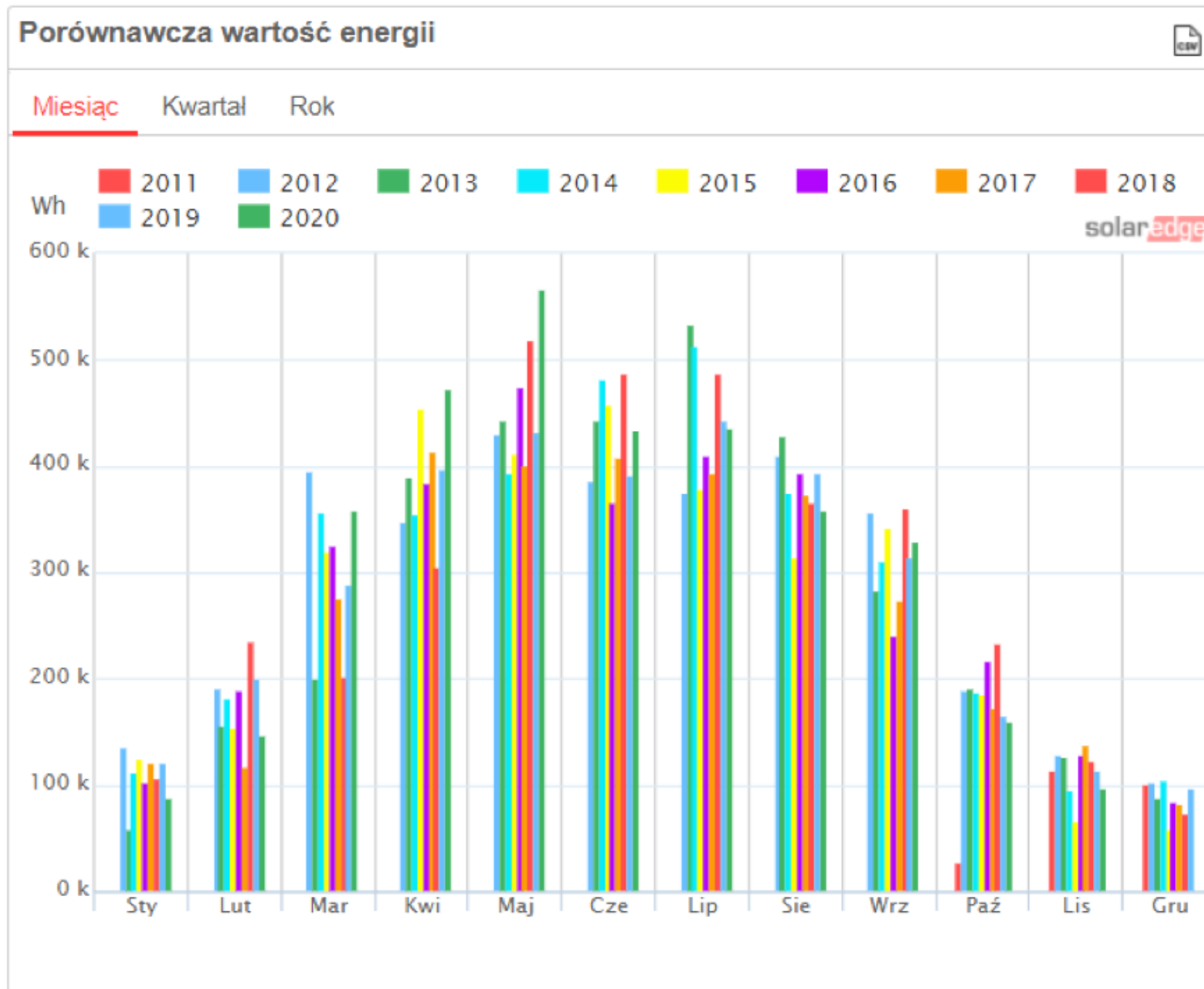
10 - 5 °C
Częściowe
zachmurzenie

Korzyści dla środowiska



Redukcja emisji CO2

SOLAREEDGE (monitoring.solaredge.com)



Korzyści dla środowiska

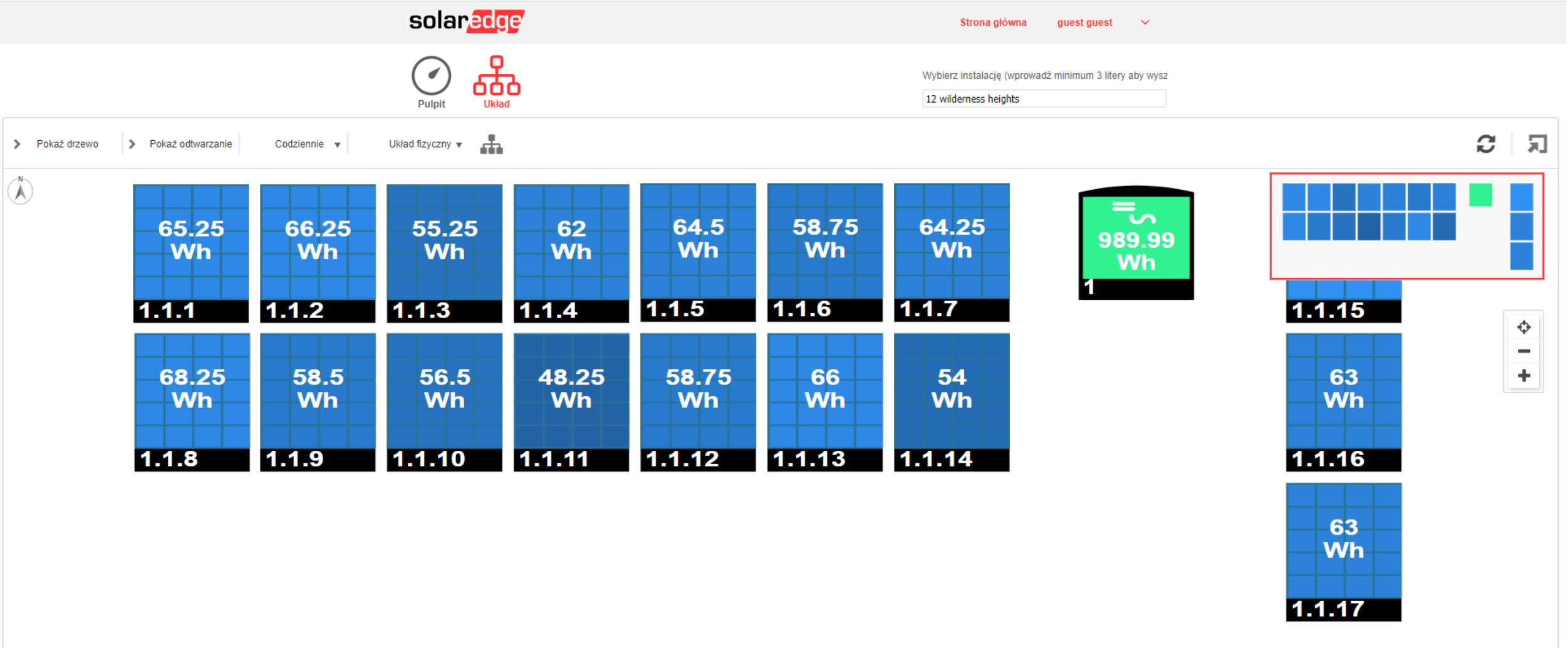


Redukcja emisji CO2
7 826,17 kg



Ekwiwalent posadzonych drzew
358,24

SOLAREGE (monitoring.solaredge.com)



PV MONITOR (pvmonitor.pl)

Najlepsi teraz

**Wydajność**

zen801.7%

**Moc**

zen800.1kW

Najlepsi dziś

**Wydajność**

G_Wierzbinek_i102	107.4%
Krzysztof_	107.1%
kowale20	102.2%
solsafe	102.0%
G_Wierzbinek_i52	100.7%

**Moc**

Chruślice	19.2kW
plettac	17.0kW
Kaco	16.2kW
morrdimer	13.9kW
DARKEZ2	13.5kW

Najwięcej wygenerowali

**Dziś**

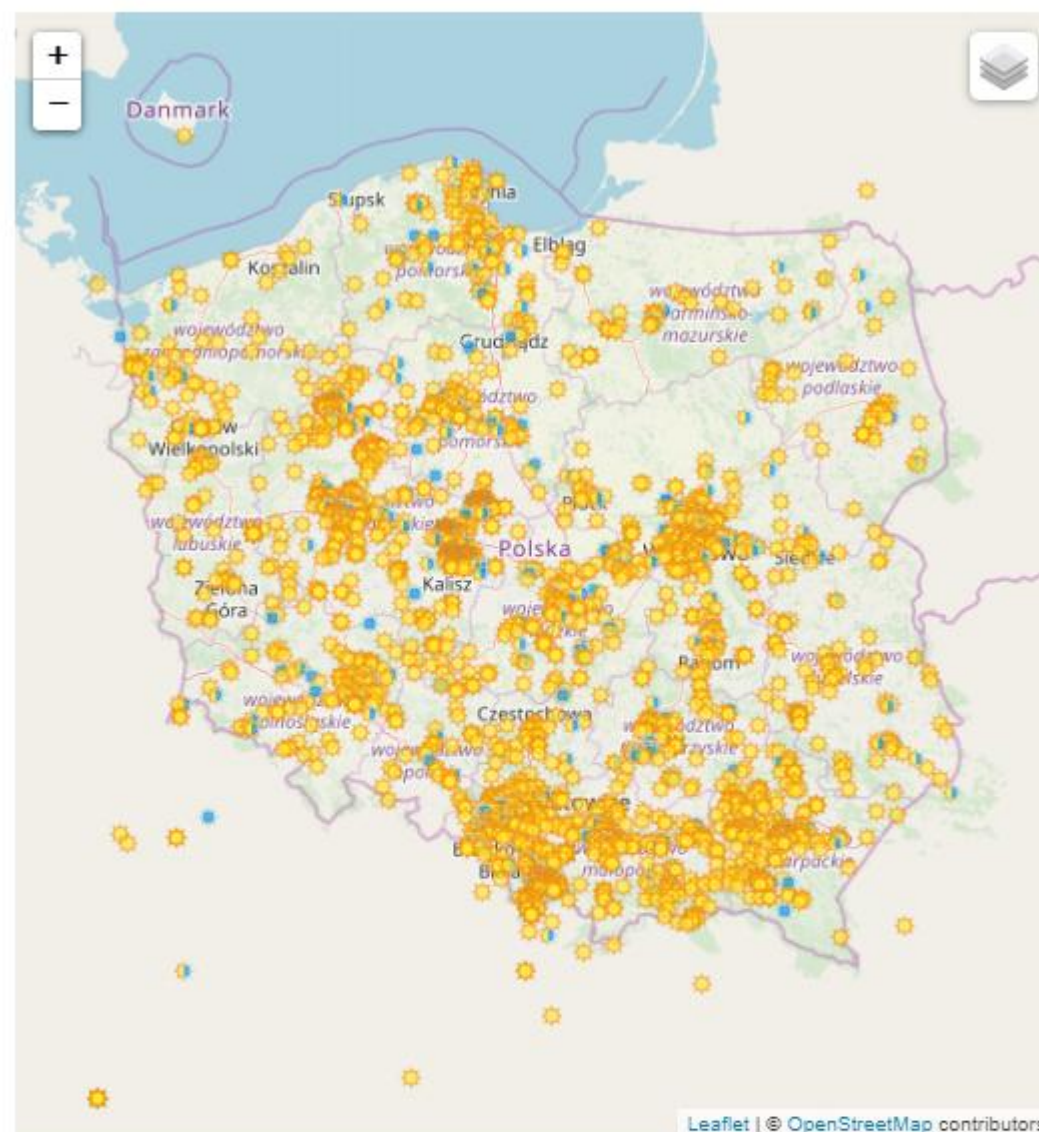
Chruślice	100.9kWh
morrdimer	79.6kWh
plettac	73.7kWh
pejan	66.2kWh
Hal-1	55.6kWh

**30 dni**

Chruślice	1808.0kWh
Simek	1556.0kWh
plettac	1359.0kWh
energo-solar	1355.0kWh
Energo-Solar	1355.0kWh
Sylwester	1355.0kWh

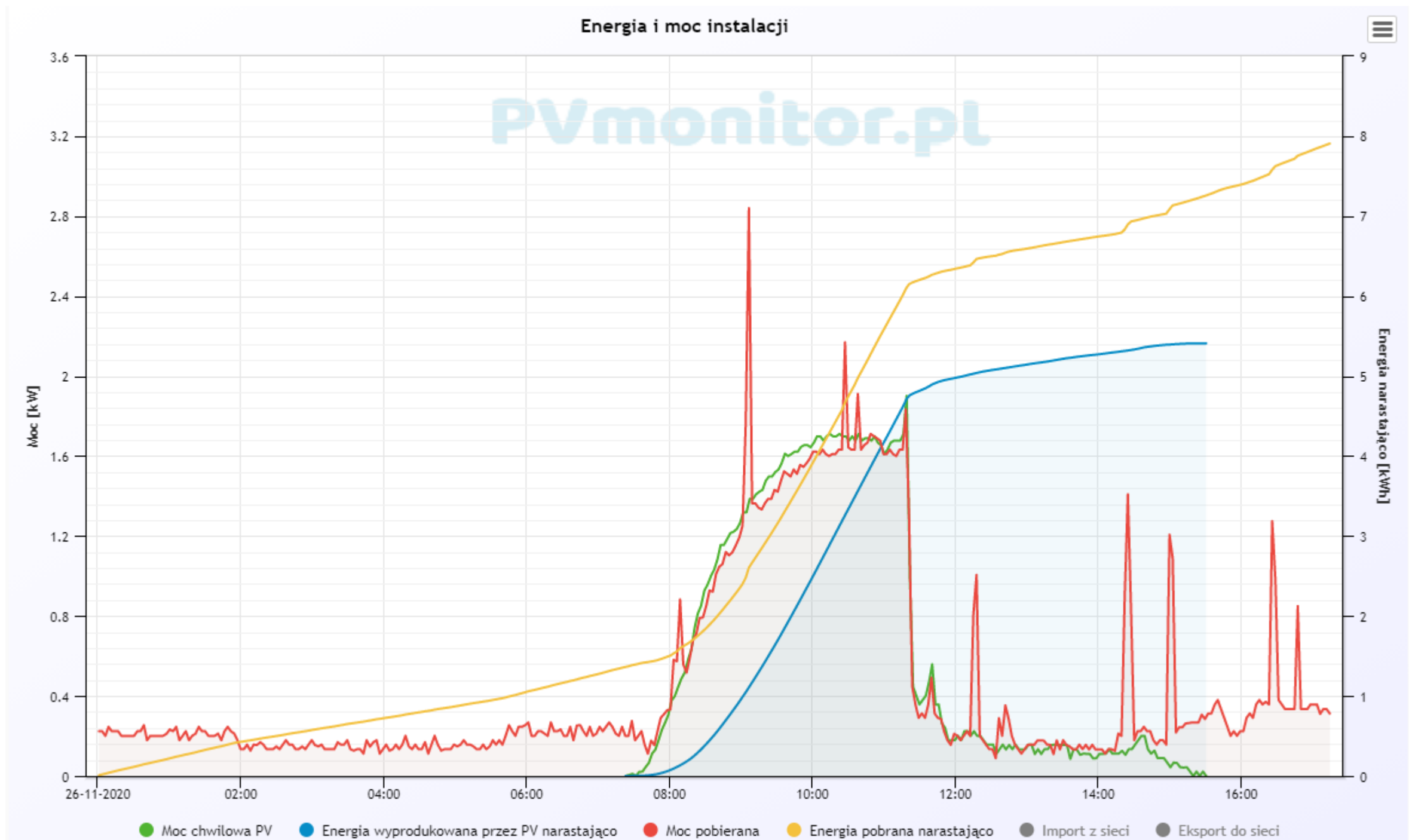
Najlepsi z kWp

Mapa przedstawia aktualnie pracujące instalacje OZE. **Poczekaj chwilę** na wczytanie danych, jest ich na prawdę dużo. Jeśli przeszkadzają Ci czerwone obwódki, to wyłącz warstwę "Wydajność PV".



- ✓ Słoneczka oznaczają instalacje użytkowników zarejestrowanych na naszym portalu.
- ✓ Żółte to instalacje wytwórcze (pv, wiatraki, itp.), niebieskie to pompy ciepła, żółtoniebieskie to pv + pc.
- ✓ Czerwona obwódka dookoła instalacji wskazuje na to, że w danej chwili produkowana jest energia elektryczna.

PV MONITOR (pvmonitor.pl)



HUAWEI (eu5.fusionsolar.huawei.com)



FusionSolar



Username/Email



Password



Log In

[Installer Registration](#)

[Demo Site](#)

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Prezentacja powstała na podstawie:

- „Praktyczny Poradnik Instalatora” Atum Sp z o.o.
Tytko R., Góralczyk I. „Fotowoltaika. Urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne.” Kraków 2015
- Szymański B. „Instalacje fotowoltaiczne” Wydanie III, Kraków 2014
- Materiały NCN - <https://ncn.gov.pl>
- <https://web.facebook.com/januszpv/>
- Solaris18.blogspot.pl
- <https://instsani.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej>
- Kart katalogowych producentów systemów fotowoltaicznych