# Dobór ograniczników przepięć do ochrony instalacji fotowoltaicznych zgodnie z PN-HD 60364-7-712

dr inż. Tomasz Maksimowicz

## 1. Wstęp

Odnawialne źródła energii (OZE), wykorzystywane są już powszechnie we wszelkich obszarach budownictwa i energetyki. Coraz częściej stosowane zarówno w sektorze prywatnym, jak i przemysłowym, instalacje fotowoltaiczne (PV) są narażone na skutki oddziaływania wyładowań atmosferycznych. Wykonywane często jako rozbudowa istniejących instalacji elektrycznych powinny być dostosowane zarówno pod kątem ochrony odgromowej, jak i przed przepięciami do danego obiektu. Wytyczne w zakresie ochrony odgromowej fotowoltaicznych układów zasilania ujęte są, przede wszystkim, w normie zharmonizowanej **PN-HD 60364-7-712:2016-05** ***Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji -- Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania*** [1] z uwzględnieniem wymogów norm odgromowych serii PN-EN 62305 [2]. Norma [1] skupia się przede wszystkim na ochronie przed przepięciami, w kwestii ochrony odgromowej należy odnieść się zatem do zasad ogólnych wg PN-EN 62305-3 [2]. Dodatkowe, bardziej szczegółowe informacje można znaleźć standardzie międzynarodowym **IEC 61643-32** [3].

## 2. Ochrona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna

W zakresie ochrony odgromowej instalacji PV należy zwrócić uwagę na dwie podstawowe kwestie: czy ochrona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna jest konieczna, a jeżeli tak, to należy ją wykonać w taki sposób, aby urządzenie LPS było odseparowane od elementów PV.

Jeżeli projektowany jest nowy budynek, to zawsze **należy dokonać oceny ryzyka wg PN-EN 62305-2 w celu stwierdzenia, czy ochrona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna jest wymagana**. Jeżeli według tej oceny taka ochrona nie jest wymagana, to decyzję o jej stosowaniu powinien podejmować projektant w uzgodnieniu z inwestorem. Urządzenie piorunochronne zawsze może być wykonane na budynku, nawet gdy taka ochrona nie jest konieczna, w celu zwiększenia bezpieczeństwa obiektu. W przypadku istniejących obiektów budowlanych ochrona paneli PV przed bezpośrednim uderzeniem pioruna powinna być dostosowana do klasy istniejącego urządzenia piorunochronnego budynku (LPS). Jeżeli budynek nie jest wyposażony w urządzenie piorunochronne lub nie ma określonego poziomu ochrony LPL to należałoby przeprowadzić ocenę ryzyka według PN-EN 62305-2 w celu zweryfikowania potrzeby stosowania środków ochrony i określenia ewentualnej klasy LPS. Należy jednak podkreślić, że **jeżeli budynek nie wymaga ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna, to znajdująca się na jego dachu instalacja PV takiej ochrony także nie wymaga**. Zawsze należy rozważać kompletną ochronę budynku, a nie tylko znajdujących się na nim urządzeń. Nie należy nigdy wykonywać zatem ochrony wyłącznie paneli PV – urządzenie piorunochronne zawsze powinno obejmować cały budynek wraz z urządzeniami znajdującymi się na jego dachu.

Obecnie powstaje coraz więcej elektrowni fotowoltaicznych lokalizowanych na otwartych przestrzeniach. Takie elektrownie PV mogą zajmować bardzo duże powierzchnie, liczone często w hektarach. W praktyce im większa moc elektrowni PV, tym większa zajmowana przez

nią powierzchnia i statystycznie większe ryzyko uderzenia pioruna. Dla przykładu elektrownia o mocy do 1 MW, która może zajmować powierzchnię do 2 ha jest statystycznie narażona na uderzenie pioruna 1 raz na 20 lat (przy typowej dla obszaru Polski gęstości doziemnych wyładowań atmosferycznych $N_g$ = 2,5 wył./km$^2$/rok). Normy do ochrony naziemnych elektrowni PV zalecają najczęściej przyjęcie III klasy LPS [3].

W budynkach z dachami spadzistymi panele PV często znajdują się w strefie ochronnej zwodów poziomych ułożonych na kalenicy dachu. Zależy to jednak od powierzchni dachu i jego nachylenia, w związku z tym zawsze należy zweryfikować czy LPS nie wymaga uzupełnienia o dodatkowe zwody. Panele PV na dachach płaskich oraz elektrownie PV na otwartym terenie chronione są najczęściej z zastosowaniem zwodów pionowych. Strefy ochronne dla instalacji fotowoltaicznych wyznacza się metodą toczącej się kuli lub metodą kąta ochronnego w zależności od określonej klasy LPS zgodnie z PN-EN 62305-3 [2]. Metody te są ogólnie znane i nie będą z tego względu opisane w niniejszym artykule. Przy projektowaniu ochrony paneli PV należy zwrócić uwagę na inną szczególnie istotną kwestię. Zgodnie z punktem 712.534.101 normy zharmonizowanej PN-HD 60364-7-712 [1], instalacja PV **powinna znajdować się w strefie LPZ $0_B$ i być odseparowana od wszystkich części urządzenia piorunochronnego** (Rys. 1a). Poprzez odseparowanie należy rozumieć brak bezpośredniego połączenia i zachowanie odstępu separującego obliczanego według punktu 6.3 normy PN-EN 62305-3 [2]. Zachowanie bezpiecznych odległości od metalowych części urządzenia piorunochronnego i podłączonych do niego przewodzących elementów konstrukcyjnych budynku nie zawsze jest jednak możliwe. Sytuacja taka może wystąpić w przypadku maksymalnego wykorzystania powierzchni dachu zajmowanej przez panele lub tam, gdzie budynki pokryte są dachami metalowymi. W takich sytuacjach należy wykonać piorunochronne połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami LPS a metalową obudową paneli (Rys. 1b).

***712.534 Urządzenia do ochrony przed przepięciami***
***712.534.101 Postanowienia ogólne***
*Jeżeli instalacja PV znajduje się w przestrzeni chronionej przez LPS, wszystkie przewody zasilające i sygnałowe lub linie układu PV należy odseparować od wszystkich części LPS.*
*(…)*
*Jeżeli nie można zapewnić wymaganego odstępu separującego, to pomiędzy instalacją PV a LPS należy zastosować połączenie wyrównawcze, według opisu w EN 62305-3.*

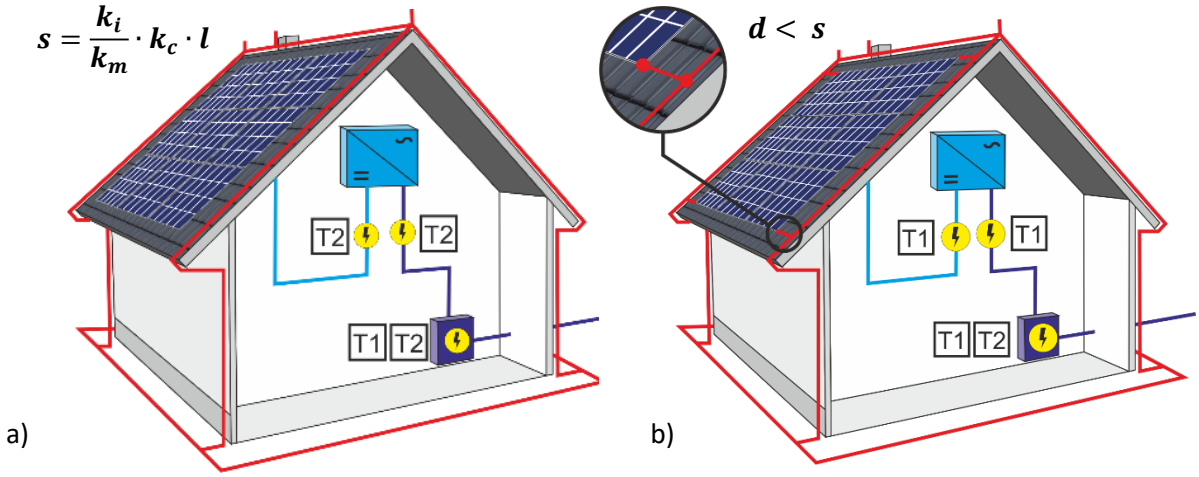
Odstęp separujący według metody uproszczonej oblicza się z zależności [2]:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot l$$

gdzie:

$s$ – odstęp separujący w m
$k_i$ – współczynnik zależny od klasy LPS
$k_m$ – współczynnik zależny od materiału izolacji elektrycznej
$k_c$ – współczynnik zależny od podziału prądu pioruna
$l$ – długość w metrach, mierzona wzdłuż przewodów LPS od punktu, w którym rozpatrywany jest odstęp separujący do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego lub do uziomu.


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85




**Rys. 1.** Budynek z instalacją PV chroniony przez LPS:
a) z zapewnionym odstępem separującym; b) przy zastosowaniu połączenia wyrównawczego.

Wartości współczynników *k* podano w tablicy 1. W przypadku większości systemów PV jako stałe można przyjąć $k_i$ = 0,04 i $k_m$ = 1 co odpowiada LPS klasy III lub IV oraz odstępowi rozpatrywanemu w powietrzu. Jako zmienne do wyliczenia wartości *s* występować będą: współczynnik zależny od podziału prądu pioruna $k_c$ oraz odległość *l* mierzona wzdłuż przewodów LPS od rozpatrywanego punktu do uziemienia.

**Tablica 1.** Wartości współczynników do obliczeń odstępów separujących według metody uproszczonej [2]

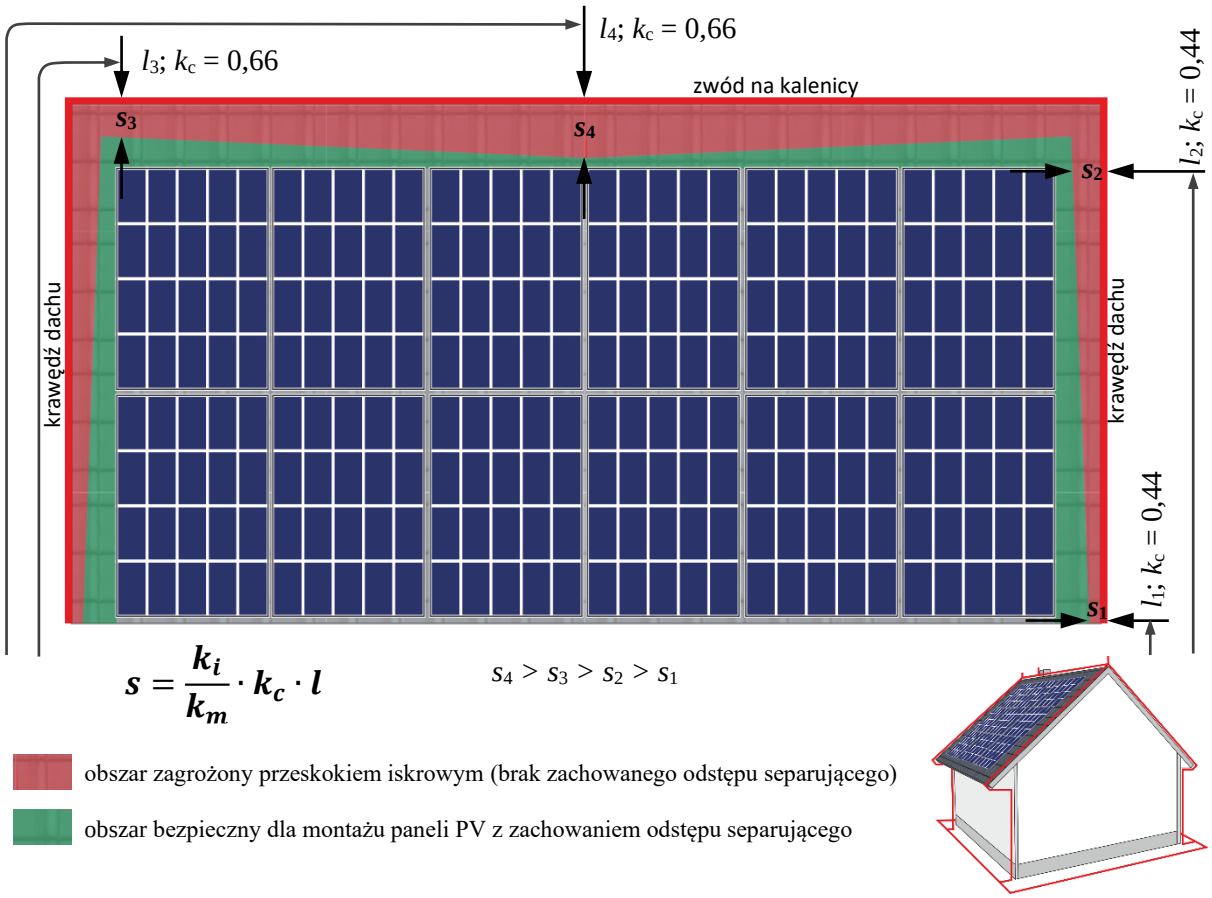
| $k_i$ | | $k_c$ | | $k_m$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| LPS klasy III-IV | 0,04 | *n* = 1* | 1 | powietrze | 1 |
| LPS klasy II | 0,06 | *n* = 2 | 0,66 | beton, cegły, drewno | 0,5 |
| LPS klasy I | 0,08 | *n* > 2 | 0,44 | | |

* – dotyczy LPS odseparowanego i zwodów pionowych; *n* – liczba przewodów odprowadzających.

Dla zobrazowania odstępu separującego rozpatrzony zostanie przypadek montażu paneli PV na powierzchni dachu spadzistego o wymiarach 10 m x 5 m przedstawiony na rysunku 2. Do obliczeń przyjęto, że urządzenie piorunochronne klasy IV budynku zawiera 4 przewody odprowadzające, a długość przewodów odprowadzających od krawędzi dachu do uziomu otokowego wynosi 6 m. W punkcie $s_1$ przy dolnej krawędzi dachu odstęp separujący od przewodu LPS będzie wynosił zaledwie 11 cm ($k_c$ = 0,44 i $l_1$ = 6 m). Natomiast w punkcie $s_2$ odległym od krawędzi dachu o 4,5 m wymagany odstęp będzie wynosił już 18 cm ($k_c$ = 0,44 i $l_1$ = 10,5 m). W przypadku odstępu rozpatrywanego od zwodu poziomego prowadzonego po kalenicy dachu należy już przyjąć wartość $k_c$ = 0,66, ponieważ prąd w zwodzie poziomym podzieli się tylko na dwie części. Zatem wymagane odstępy od przewodu LPS na szczycie dachu będą większe: $s_3$ = 30 cm przy krawędzi ($k_c$ = 0,66 i $l_3$ = 11,5 m) oraz $s_4$ = 42 cm pośrodku dachu ($k_c$ = 0,66 i $l_4$ = 16 m).

Odstęp separujący powinien być zatem rozpatrywany zawsze w najmniej korzystnym przypadku, czyli w punkcie, w którym długość *l* będzie największa. Należy także zawsze brać pod uwagę odpowiednią wartość współczynnika $k_c$ na podstawie potencjalnego podziału prądu pioruna w LPS.


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85




**Rys. 2.** Analiza odstępu separującego od przewodów LPS na dachu spadzistym.

Sposób wykonania ochrony paneli PV: z zachowaniem odstępów separujących lub z zastosowaniem połączeń wyrównawczych ma decydujące znaczenie w kwestii ochrony przed przepięciami obwodów stałoprądowych DC.

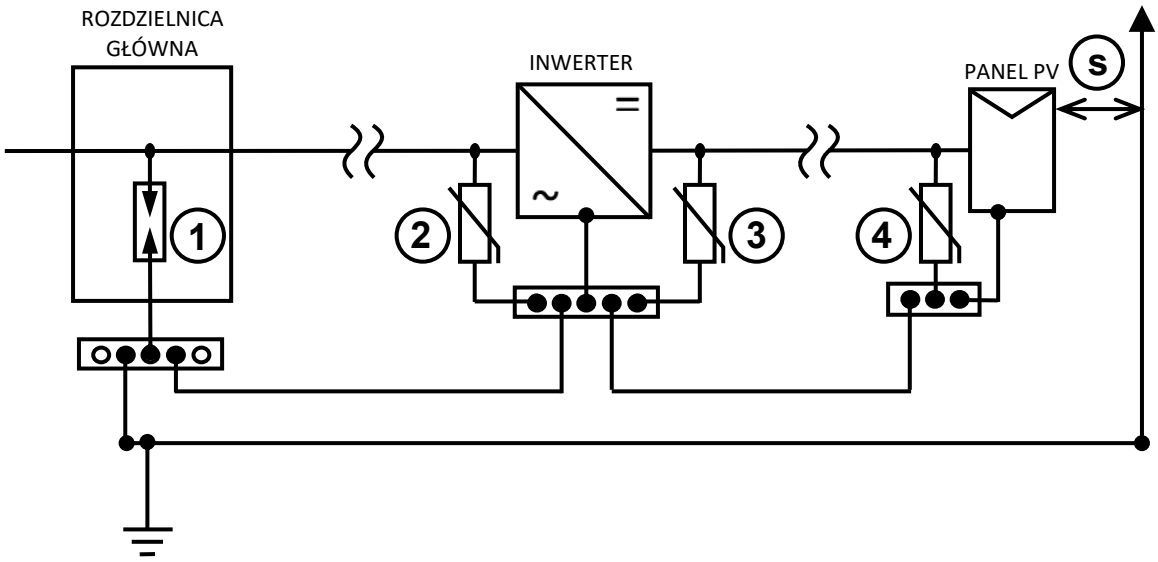
### 3. Kiedy należy stosować ograniczniki przepięć?

Załącznik C do normy [1] przedstawia przykłady lokalizacji ograniczników przepięć (SPD) w instalacji elektrycznej, w której występują obwody PV (Rys. 3.):

1. rozdzielnica główna obiektu,
2. strona AC inwertera,
3. strona DC inwertera,
4. panele PV.

Najbardziej podatnym na uszkodzenia elementem instalacji PV są nie panele PV narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna, lecz inwertery DC/AC. Od strony stałoprądowej narażone są zarówno na przepięcia indukowane w łańcuchach PV, jak i częściowe prądy pioruna mogące przeniknąć do instalacji przy wyładowaniu bezpośrednim w wyniku przeskoków iskrowych. Od strony AC inwerter może być z kolei narażony na przepięcia występujące w sieci elektroenergetycznej.


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85




**Rys. 3.** Lokalizacja SPD w instalacji fotowoltaicznej

Nie w każdym przypadku ograniczniki przepięć należy instalować we wszystkich wskazanych lokalizacjach. Zastosowanie SPD w rozdzielnicy głównej zależy od kryteriów ocenianych według norm serii PN-EN 62305 oraz PN-HD 60364-4-443 [4]. Ochrona falownika po stronie prądu przemiennego zgodnie z punktem 712.534.103 jest wymagana, gdy *falownik znajduje się w odległości większej niż 10 m od złącza instalacji* (rozdzielnicy głównej). Ochrona obwodów po stronie DC powinna być stosowana, gdy ochrona przed przepięciami jest wymagana według PN-HD 60364-4-443 [4].

***712.443.101 Ochrona przed przepięciami dorywczymi***
*Tam, gdzie zgodnie z HD 60364-4-443 ochrona przed przepięciem dorywczym jest wymagana powinna być zastosowana również po stronie DC instalacji PV.*

Zgodnie z punktem 712.443.101 ochrona po stronie DC jest zatem wymagana zawsze, jeżeli budynek wyposażony jest w urządzenie piorunochronne lub spełnione jest kryterium współczynnika CRL dotyczącego długości linii elektroenergetycznej według [4]. Kryterium CRL wymusza stosowanie SPD przykładowo, gdy budynek mieszkalny położony jest w obszarze wiejskim lub podmiejskim i odległość do najbliższego ogranicznika zainstalowanego w sieci elektroenergetycznej wynosi zaledwie 68 m dla linii kablowej, lub 34 m dla linii napowietrznej (dla typowej gęstości wyładowań doziemnych $N_g$ = 2,5 wyładowania/km$^2$/rok) [5]. Jeżeli ochrona przed przepięciami dorywczymi według PN- HD 60364-4-443 [4] nie jest wymaga, to należy z kolei dokonać oceny ryzyka (pkt 712.443.102) na podstawie długości $L$ (w metrach) trasy kablowej między falownikiem, a punktami łączenia modułów PV różnych łańcuchów. Według tej oceny ochrona jest wymagana, jeżeli długość $L$ jest większa od długości $L_{crit}$ określonej zgodnie z tablicą 712.102 [1].

**Ogranicznik przepięć po stronie DC zawsze powinien być instalowany jak najbliżej falownika**. Dodatkowe SPD mogą być jednak wymagane także w innych miejscach, na przykład, gdy odległość między wejściem kabla DC do budynku a falownikiem jest większa niż


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85

10 m (SPD instalowane na granicy LPZ 0/1) lub bezpośrednio przy panelach w rozległych układach elektrowni PV na otwartym terenie.

**Tablica 2.** Oszacowane krytyczne długości $L_{crit}$ (na podstawie Tablica 712.102 [1])

| Typ instalacji | Obiekty mieszkalne | Elektrownia PV na otwartej przestrzeni | Obiekty niemieszkalne |
|---|---|---|---|
| $L_{crit}$ | 115 / $N_g$ | 200 / $N_g$ | 450 / $N_g$ |
| $L_{crit}$ dla $N_g$ = 2,5 wył/km$^2$/rok | 46 m | 80 | 180 |
| $L \geq L_{crit}$ | Wymagana jest ochrona przeciwprzepięciowa po stronie DC | | |
| $L < L_{crit}$ | Nie jest wymagana ochrona przeciwprzepięciowa po stronie DC | | |

$N_g$ - gęstość wyładowań doziemnych (wyładowanie/km$^2$/rok) odpowiadającą lokalizacji linii zasilającej i przyłączonych obiektów

Sumując wszystkie powyższe kryteria, należy uznać, że **ochrona przed przepięciami instalacji PV zgodnie z normą zharmonizowaną PN-HD 60364-7-712 [1] powinna być stosowana niemal w każdym przypadku**.

## 4. Dobór ograniczników przepięć

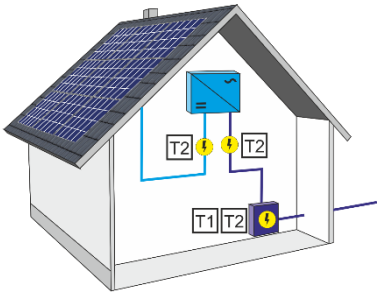
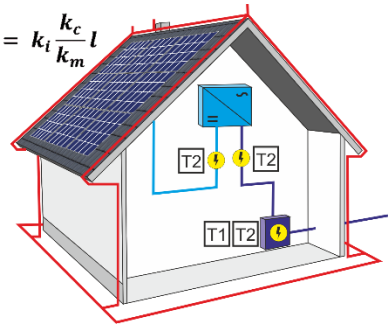
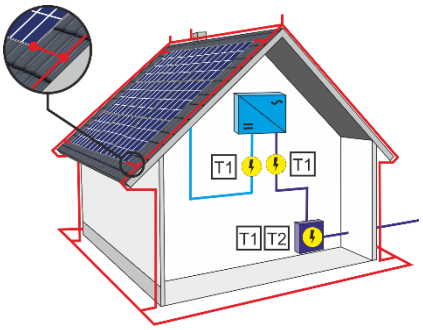
Dobór typu SPD w praktyce zależy od obecności urządzenia piorunochronnego i sposobu jego wykonania (Tablica 3) a wytyczne w tym zakresie opisują normy [1, 3]. W rozdzielnicy głównej budynku w większości przypadków zastosowanie mają ograniczniki typu 1 lub najlepiej typu 1+2 o niskim napięciowym poziomie ochrony, które mają zadeklarowaną odporność na prądy pioruna $I_{imp}$. Zastosowanie ograniczników warystorowych typu 2 w tym miejscu jest dopuszczalne wyłącznie, gdy można wykluczyć ryzyko uderzenia pioruna w zewnętrzną linię elektroenergetyczną. Dobór SPD do ochrony falownika, zarówno pod stronie DC, jak i AC zależy od wykonania urządzenia piorunochronnego. Jeżeli zastosowano połączenia wyrównawcze między konstrukcją paneli a przewodami LPS jak na rysunku 1b, to zgodnie z punktem 712.534.102.6 [1] należy stosować SPD typu 1. W obwodach DC należy stosować ograniczniki o odporności nie mniejszej niż $I_{total}$ = 12,5 kA. Ograniczniki przepięć typu 2 do ochrony falownika po stronie AC i DC powinny być stosowane tylko wtedy, jeżeli nie ma urządzenia piorunochronnego lub zachowane zostały bezpieczne odstępy separujące. Bardziej szczegółowe informacje o doborze SPD do obwodów DC zawarte są w [3].

***712.534.102.1 Dobór klasy probierczej SPD***
*Na ogół SPD powinny należeć do II klasy probierczej. Jeżeli przewidziana jest ochrona przed skutkami wyładowań bezpośrednich, a odstęp separujący S nie jest zachowany zgodnie z EN 62305-3, należy stosować SPD I klasy probierczej (na ogół w połączeniu z SPD II klasy probierczej).*

Wymaga się (pkt. 712.534.102.4 [1]), aby minimalna wartość znamionowego prądu wyładowczego $I_n$ ograniczników typu 2 wynosiła co najmniej 5 kA (8/20 µs). Norma zwraca jednocześnie uwagę, że stosowanie SPD o wyższych parametrach powoduje wydłużenie trwałości urządzeń do ograniczania przepięć.


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85

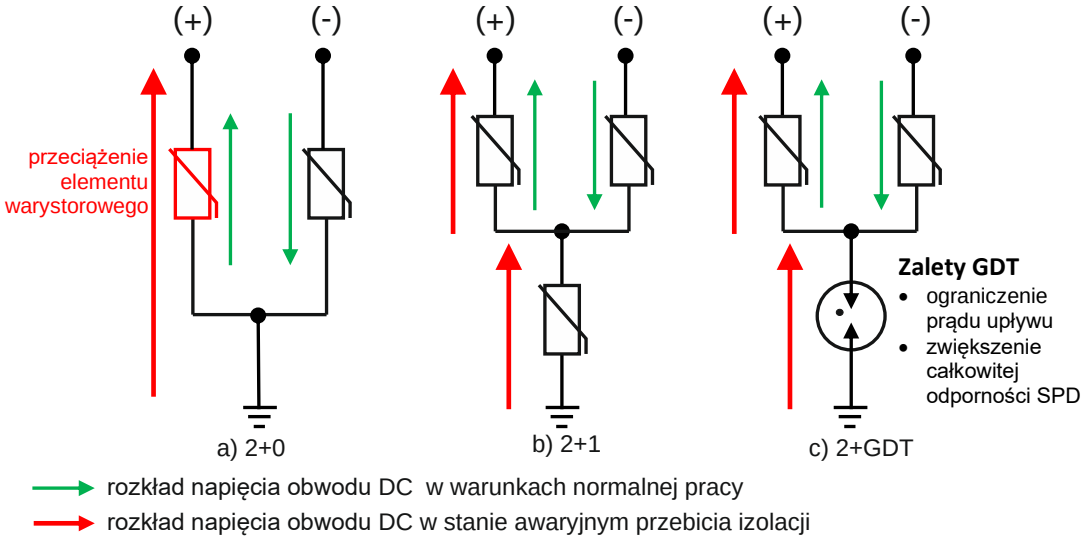
**Tablica 3.** Dobór typów SPD w poszczególnych lokalizacjach w zależności od sposobu wykonania ochrony odgromowej

| Lokalizacja SPD | Rozdzielnica główna ① | Strona AC inwertera ② | Obwód DC ③ ④ |
|---|---|---|---|
|  |  **RST Power T2*** T2 $I_n$ =20 kA |  **RST Power T2** T2 $I_n$ =20 kA |  **RST Solar PV T2** T2 $I_n$ =20 kA |
| $s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$  |  **RST Power T1+T2** T1 T2 $I_{imp}$ =12,5 kA |  **RST Power T2** T2 $I_n$ =20 kA |  **RST Solar PV T2** T2 $I_n$ =20 kA |
|  |  **RST Power T1+T2** T1 T2 $I_{imp}$ =12,5 kA |  **RST Power T1+T2** T1 T2 $I_{imp}$ =12,5 kA |  **RST Solar PV T1+T2** T1 T2 $I_{total}$ =12,5 kA |

* - w rozdzielnicy głównej można zastosować ogranicznik Typu 2 w przypadku, gdy zasilany jest wyłącznie linią kablową, która nie łączy się z linią napowietrzną i można wykluczyć ryzyko bezpośredniego uderzenia pioruna w linię

Ograniczniki PV występują w różnych konfiguracjach, wśród których jako najczęściej spotykane można wyróżnić: konfigurację U czyli 2+0 oraz konfiguracje Y w wykonaniu 2+1 lub 2+GDT (rys. 4). Podstawowa konfiguracja (2+0) stanowi połączenie biegunów (+) i (-) obwodu DC za pomocą dwóch warystorów w układzie typu U względem punktu uziemiającego. Wadą takiego rozwiązania jest ryzyko związane z uszkodzeniem SPD w wyniku przebicia izolacji w obwodzie stałoprądowym. Ograniczniki do ochrony obwodu PV składają się często z warystorów o napięciu znamionowym równym co najmniej połowie maksymalnego napięcia $U_{OCmax}$ w stanie jałowym panelu PV. Całkowita wartość napięcia panelu PV w warunkach normalnej pracy odkłada się na dwóch połączonych warystorach. W przypadku przebicia izolacji (zwarcia jednego z biegunów obwodu DC do ziemi) całkowite napięcie obwodu DC odkłada się na pojedynczym module warystora (Rys. 4a) co może doprowadzić do jego przeciążenia termicznego i uszkodzenia. Z tego względu zaleca się stosowanie

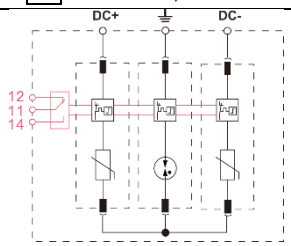
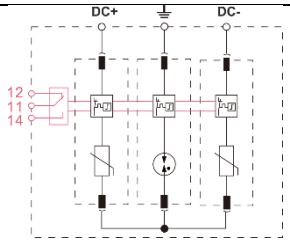
trójmodułowych ograniczników, w konfiguracji połączeń typu Y z dodatkowym warystorem (Rys. 4b) lub iskiernikiem GDT (Rys. 4c).




**Rys. 4.** Konfiguracje ograniczników przepięć do ochrony obwodów DC instalacji PV

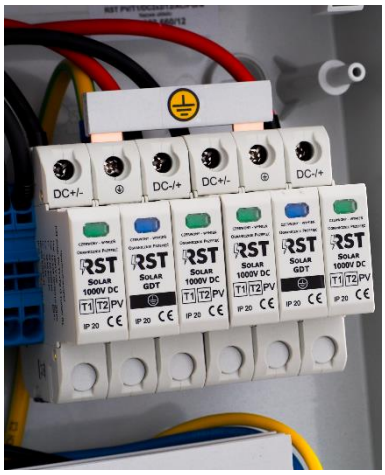
Dodatkowy element (warystor lub GDT) w gałęzi ochronnej zabezpiecza ogranicznik przed jego uszkodzeniem w przypadku przebicia izolacji w obwodzie DC instalacji PV. Rozwiązanie z zastosowaniem iskiernika dodatkowo eliminuje prąd upływu powodowany przez elementy warystorowe zwiększając tym samym trwałość SPD. Przykłady ograniczników przepięć różnych typów w poszczególnych konfiguracjach przedstawiono w tablicy 4.

**Tablica 4.** Konfiguracje ograniczników przepięć do ochrony obwodów stałoprądowych instalacji fotowoltaicznych

| **Typ SPD** | **RST Solar PV T1+T2 G 1000V DC** | **RST Solar PV T2 G 1000V DC** |
|---|---|---|
| | <br>**T1** $I_{total}$ =12,5 kA<br>**T2** $I_n$ =25 kA ; $I_{max}$ = 50 kA | <br>**T2** $I_n$ =20 kA ; $I_{max}$ = 40 kA |
| **Schemat** |  |  |
| $U_{CPV}$ | 1000 V | 1000 V |
| $U_p$ | 4,75 kV | 4,0 kV |
| **Właściwości** | Konfiguracja Y, z odgromnikiem sumującym względem zacisku PE, brak prądu upływu, odporny na przebicie izolacji w obwodzie DC, moduły warystorowe o podwyższonej odporności na częściowe prądy pioruna | Konfiguracja Y, z odgromnikiem sumującym względem zacisku PE, brak prądu upływu, odporny na przebicie izolacji w obwodzie DC, moduły warystorowe odporne na przepięcia indukowane |

Dodatkową zaletą rozwiązania 2+GDT jest wyższa całkowita wytrzymałość takiego ogranicznika. W SPD z wymiennymi, wyłącznie warystorowymi, modułami ochronnymi maksymalna wytrzymałość ogranicznika jest równa wytrzymałości pojedynczego modułu. Odgromnik charakteryzuje się wyższą wytrzymałością udarową, dzięki czemu moduł sumujący GDT jest w stanie wytrzymać maksymalne prądy odprowadzane przez oba moduły warystorowe, decydując tym samym o maksymalnej wytrzymałości takiego ogranicznika. Dla uzyskania wyższej wytrzymałości udarowej ogranicznika bazującego wyłącznie na elementach warystorowych, względem zacisku uziemiającego należy stosować układ dwóch równolegle połączonych warystorów – takie rozwiązanie wymaga już stosowania innego rodzaju obudów.

Obecnie standardem w ogranicznikach PV są wymienne moduły ochronne oraz optyczna sygnalizacja stanu ogranicznika. Okienka sygnalizacyjne zmieniają kolor jeżeli moduł ochronnych ulegnie uszkodzeniu. Różne kolory okienek w jednym ograniczniku nie zawsze jednak oznaczają stan uszkodzenia. W ogranicznikach w konfiguracji 2+GDT moduł sumujący iskiernikowy oznaczany jest najczęściej dla odróżnienia innym kolorem. Najczęściej moduły warystorowe posiadają okienka w kolorze zielonym, a moduły iskiernikowe w kolorze niebieskim lub żółtym (Rys. 5.). Kolor czerwony, zarówno dla elementów MOV, jak i GDT, oznacza najczęściej uszkodzenie i konieczność wymiany modułu ochronnego. Uszkodzenie modułu ochronnego powoduje rozłączenie gałęzi ochronnej – instalacja może pracować dalej ale pozostaje bez ochrony.




**Sygnalizacja stanu ogranicznika przepięć**

**zielony** – sprawny stan SPD, instalacja chroniona; kolor zielony może być stosowany zarówno do elementów warystorowych, jak i iskiernikowych jeżeli SPD składa się z jednego typu elementów; jeżeli w SPD występują zarówno elementy warystorowe, jak i iskiernikowe, to kolor zielony stosowany jest do elementów warystorowych

**niebieski** – sprawny stan SPD, instalacja chroniona; kolor niebieski stosowany jest najczęściej do odróżnienia elementów iskiernikowych od elementów warystorowych oznaczonych kolorem zielonym

**czerwony** – stan uszkodzenia SPD, instalacja bez ochrony, konieczna jak najszybsza wymiana modułu ochronnego lub całego ogranicznika

**Rys. 5.** Sygnalizacja stanu SPD

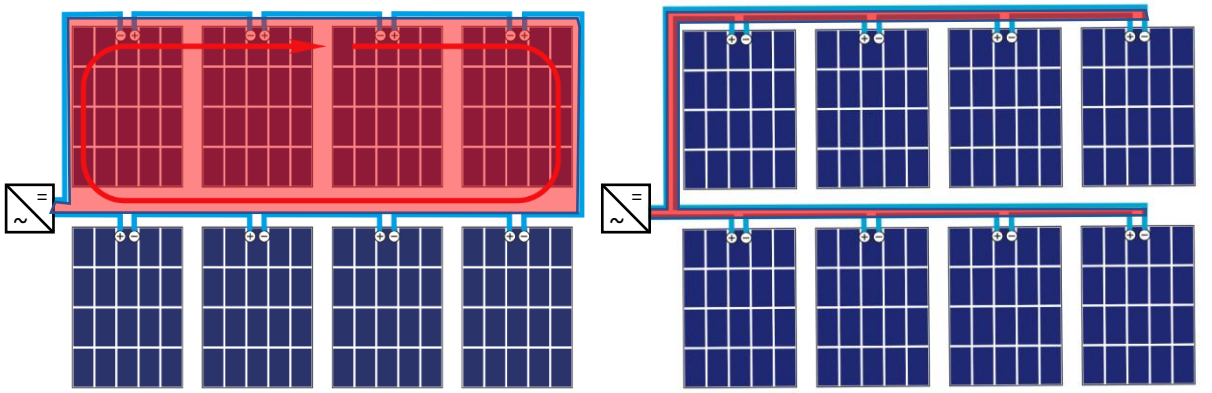
## 5. Minimalizacja pętli

Z punktu widzenia zagrożenia piorunowego największe ryzyko związane jest z wyładowaniami pobliskimi. O ile prawdopodobieństwo bezpośredniego uderzenia pioruna wynosi statystycznie typowo raz na kilkadziesiąt lat to prawdopodobieństwo zaindukowania się niebezpiecznych przepięć jest zdecydowanie większe. W zależności od wielkości instalacji niebezpieczne mogą się okazać nawet wyładowania doziemne w odległości do kilkuset metrów. Struktura okablowania instalacji PV opiera się na łańcuchach, które samoistnie tworzą pętle podatne na indukowane się przepięć w obwodach stałoprądowych DC. Z tego względu bardzo duże znaczenie ma sposób prowadzenia tras kablowych i to nie tylko w rozległych

instalacjach PV na otwartych przestrzeniach, ale także w przypadku stosunkowo niewielkich instalacji na dachach budynków. Zgodnie z punktem 712.521.102 normy [1] w celu ograniczenia przepięć indukowanych w łańcuchach PV *„należy zmniejszyć – do granic możliwości – powierzchnie wszystkich pętli”*.

> ***712.521.102*** *Aby zminimalizować wartości napięć indukowanych przez wyładowania piorunowe, należy zmniejszyć – do granic możliwości – powierzchnie wszystkich pętli, a zwłaszcza tworzących oprzewodowanie łańcuchów PV. Przewody DC i połączeń wyrównawczych powinny przebiegać obok siebie.*

Sposób łączenia modułów PV może decydować o podatności obwodu na indukowanie się przepięć. Im większa powierzchnia pętli tworzonej przez obwód DC (rys. 6a) 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 (rys. 6b).



a) duża powierzchnia pętli = duże ryzyko indukowania się przepięć

b) minimalizacja pętli = mniejsze ryzyko indukowania się przepięć

**Rys. 6.** Pętle powstające w obwodach DC instalacji PV

## 6. Podsumowanie

Kwestia ochrony przed przepięciami instalacji fotowoltaicznych jest obszernie omówiona w normie zharmonizowanej PN-HD 60364-7-712. Dobór ograniczników przepięć zależy przede wszystkim od sposobu wykonania ochrony odgromowej. Panele PV powinny znajdować się w przestrzeni LPZ 0B oraz w bezpiecznych odstępach separujących od przewodów LPS. Łączenie konstrukcji paneli z LPS, za pomocą połączeń wyrównawczych powinno być ostatecznością. Do ochrony obwodów DC zaleca się stosowanie ograniczników przepięć w konfiguracji typu Y, zabezpieczających przed uszkodzeniem SPD w sytuacjach awaryjnych.
Ochrona przed przepięciami powinna być stosowana ze względu na zabezpieczenie nie tylko samej instalacji PV, ale także instalacji i osób wewnątrz budynku. Ze względów ekonomicznych instalacja PV nie powinna ulec uszkodzeniu, zanim nie zwróci się koszt inwestycji.


RST sp. z o. o.
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85

**Literatura:**

1. **PN-HD 60364-7-712:2016-05** Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji -- Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania
2. **PN-EN 62305-3:2011** Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
3. **IEC 61643-32** Low-voltage surge protective devices - Part 32: Surge protective devices connected to the DC side of photovoltaic installations - Selection and application principles
4. **PN-HD 60364-4-443:2016-03** Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi -- Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi
5. T. Maksimowicz, **Dobór ograniczników przepięć w instalacjach elektrycznych według znowelizowanych norm PN-HD 60364**, elektro.info nr 4/2018, pp. 44-48, Kwiecień 2018


**RST sp. z o. o.**
Ul. Gen. W. Andersa 40a, 15-113 Białystok
rst@rst.pl | +48 85 307 00 85