



Jak dobrać ograniczniki przepięć do instalacji nn z układami fotowoltaicznymi?

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

15-620 BIAŁYSTOK
ul. Elewatorska 17/1

tel.: +48 85 307 00 85

www.rst.pl
e-mail: rst@rst.pl



Białystok, sierpień 2021 r.

1. Wstęp

Ochrona przed przepięciami dotyczy zarówno rozległych obiektów przemysłowych, jak i typowych domków jednorodzinnych. Niestety ilość różnych opinii na forach internetowych, zaleceń i wytycznych, z jakimi można się spotkać dorównuje bardzo dużej liczbie produktów, jakie są obecnie dostępne na rynku. Projektant, instalator czy właściciel budynku często mają przez to problem w ustaleniu, czy taka ochrona jest konieczna, gdzie powinna być zlokalizowana i jaki typ ogranicznika należy zastosować. W niniejszym artykule postaramy się odpowiedzieć na te pytania na przykładzie podstawowych wymagań dla ochrony instalacji elektrycznych, które w dzisiejszych czasach bardzo często obejmują już, nie tylko podstawową instalację niskiego napięcia, ale także obwody stałoprądowe fotowoltaicznych układów zasilania.

2. Kiedy ochrona przed przepięciami powinna być stosowana?

Na pytanie, czy stosowanie ograniczników przepięć jest obowiązkowe, odpowiedź nie jest wcale taka prosta. Można spotkać się ze skrajnymi opiniami w tej kwestii, począwszy od wyolbrzymiania ryzyka związanego ze skutkami oddziaływania pioruna, po całkowite lekceważenie tematu. W praktyce, w pierwszej kolejności to inwestor powinien zadać sobie przede wszystkim pytanie, czy chce zabezpieczyć swoją instalację przed ewentualnym uszkodzeniem na skutek wyładowań atmosferycznych. Powinien przy tym uwzględnić także warunki ubezpieczenia, z którymi warto się zapoznać bardziej szczegółowo, ponieważ mogą one wymagać stosowania takiej ochrony. Niezależnie od woli inwestora, należy uwzględnić odpowiednie przepisy i wytyczne norm, według których należy wykonywać instalacje elektryczne. Kwestię wykonywania instalacji elektrycznych inaczej niż według Polskich Norm pozostawimy bez dalszej dyskusji.

Zgodnie z warunkami technicznymi [1] „*instalacje i urządzenia elektryczne powinny zapewniać ochronę przed przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi*” (§180 pkt. 2), a „*w instalacjach elektrycznych należy stosować urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej*” (§ 183 pkt. 10). Według niektórych, te zapisy są jednoznaczne z obowiązkiem stosowania ograniczników przepięć. Należy jednak zwrócić uwagę, że w rozporządzeniu znajdują się także zapisy postaci „*zgodnie z Polskimi Normami*”, które to wyszczególnione są w załączniku do rozporządzenia i przywołane do poszczególnych paragrafów. W zakresie ochrony odgromowej i instalacji elektrycznych przywołane są odpowiednio normy serii PN-EN 62305 oraz PN-HD 60364. Zapisy paragrafów §180 i §183 należy zatem interpretować w taki

sposób, że stosowanie ograniczników przepięć powinno być wymagane, jeżeli wynika to zapisów przywołanych norm.

Analizując zapisy poszczególnych części serii norm zharmonizowanych PN-HD 60364, w pierwszej kolejności należy przywołać punkt 534.4.1 [2]: „Jeżeli obiekt jest **wyposażony w zewnętrzne urządzenie piorunochronne** lub jeżeli ochrona przed skutkami bezpośredniego uderzenia piorunu została określona w inny sposób, **to należy stosować SPD Typu 1**”. Wymaganie to powinno być bezwzględnie przestrzegane w związku z zagrożeniem, jakie powoduje wzrost potencjału uziemienia przy bezpośrednim uderzeniu pioruna. Zatem jeżeli chronimy budynek przed uszkodzeniem fizycznym na skutek wyładowania atmosferycznego to jednocześnie należy zabezpieczyć także instalację elektryczną.

Jeżeli budynek nie jest wyposażony w LPS, to z punktu widzenia norm odgromowych ochrona przed przepięciami może wynikać z zarządzania ryzykiem [3], a jeżeli nie, to należy przeanalizować zapisy części 443. normy zharmonizowanej [4]. Zgodnie z punktem 443.4 „Ochrona przed przepięciem przejściowym powinna być zapewniona tam, gdzie skutek powodowany przepięciem ma wpływ na życie ludzkie, usługi publiczne i dziedzictwo kulturowe, działalność handlową lub przemysłową, dużą liczbę osób”. W praktyce zapis ten dotyczy niemal wszystkich obiektów, poza prywatnymi budynkami mieszkalnymi, dla których z kolei należy dokonać oceny ryzyka „w celu ustalenia, czy konieczna jest ochrona przed przepięciami”. Ocena ryzyka opisana w punkcie 443.5 polega na obliczeniu wartości współczynnika CRL, który zależy od przeznaczenia obiektu, jego położenia i rodzaju linii elektroenergetycznej. W danym środowisku o potrzebie ochrony decyduje długość linii od obiektu do najbliższego ogranicznika przepięć zainstalowanego w sieci energetycznej. Przykładowe wyniki obliczeń przedstawione w tabelicy 1. wskazują, że zgodnie z tą procedurą ochrona przed przepięciami jest wymagana w praktyce w każdym budynku położonym w środowisku wiejskim lub podmiejskim.

Tablica 1. Graniczne długości linii energetycznych, powyżej których ochrona przed przepięciami jest wymagana na podstawie oceny współczynnika CRL wg pkt. 443.5 normy PN-HD 60364-4-443 [4]

| Typ budynku | mieszkalne ($F = 2$) | | pozostałe ($F = 1$) | |
|-------------------------------------|--|----------|--------------------------|----------|
| | wiejskie; podmiejskie | miejskie | wiejskie; podmiejskie | miejskie |
| Gęstość wyładowań doziemnych | $N_g = 2,5$ wyładowania/km ² /rok | | | |
| Środowisko | wiejskie; podmiejskie | miejskie | wiejskie; podmiejskie | miejskie |
| Linia napowietrzna nn L_{PALgr} | 34 m | 340 m | 17 m | 170 m |
| Linia podziemna nn L_{PCLgr} | 68 m | 680 m | 34 m | 340 m |
| Linia napowietrzna SN L_{PAHgr} | 170 m | - | 85 m | 850 m |
| Linia podziemna SN L_{PCHgr} | 340 m | - | 170 m | - |

443.4 Kontrola przepięć

Ochrona przed przepięciem przejściowym powinna być zapewniona tam, gdzie skutek powodowany przepięciem ma wpływ na:

- a) życie ludzkie, np. służby bezpieczeństwa, medyczne i zakłady opieki;*
- b) usługi publiczne i dziedzictwo kulturowe, np. utrata usług publicznych, centrów IT, muzeów;*
- c) działalność handlową lub przemysłową, np. hotele, banki, przemysł, rynki handlowe, gospodarstwa.*
- d) duża liczba osób, np. duże budynki, biura, szkoły.*

We wszystkich innych przypadkach, ocena ryzyka według 443.5 jest przeprowadzana w celu ustalenia, czy konieczna jest ochrona przed przepięciami przejściowymi. Jeżeli ocena ryzyka nie jest wykonywana, instalacja elektryczna powinna być wyposażona w ochronę przed przepięciem przejściowym.

Coraz częściej elementem instalacji elektrycznej niskiego napięcia, zarówno w obiektach biurowych, przemysłowych, jak i mieszkalnych są fotowoltaiczne układy zasilania. Należy zatem także przywołać punkt 712.443.101 normy zharmonizowanej [5], według którego „*Tam, gdzie zgodnie z HD 60364-4-443 ochrona przed przepięciem dorywczym jest wymagana powinna być zastosowana również po stronie d.c. instalacji PV*”. Z kolei, jeżeli ochrona po stronie nn nie jest wymagana, to norma wymaga przeprowadzenia kolejnej oceny ryzyka, według której decyzja o stosowaniu SPD uzależniona jest od rodzaju obiektu, jego położenia i długości obwodów stałoprądowych.

3. Jaki ogranicznik przepięć należy stosować w instalacji elektrycznej niskiego napięcia?



Dobór odpowiedniego ogranicznika przepięć ma istotne znaczenie dla skuteczności ochrony. Przede wszystkim urządzenie dobierane jest w zależności od rodzaju sieci chronionej instalacji (np. TN-S, TNC) z uwzględnieniem konfiguracji i wymaganej liczby modułów. Ogranicznik do ochrony obwodów zasilania niskiego napięcia powinien spełniać wymagania normy produktowej PN-EN 61643-11 [6]. Z punktu widzenia ochrony przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych kluczowy jest dobór SPD ze względu na rodzaj potencjalnego zagrożenia. Należy tu rozróżnić oddziaływanie częściowych prądów pioruna lub prądów indukowanych. Te pierwsze przenoszą znacznie większe energie, mogąc powodować poważniejsze uszkodzenia, przez co do ochrony przed ich skutkami konieczne jest stosowanie urządzeń o wyższej odporności. W ogólnym przypadku, podstawowe zróżnicowanie SPD wynika właśnie ze względu na rodzaje udarów prądowych, które charakteryzują poziom wytrzymałości urządzenia. Wśród urządzeń do ograniczania przepięć, jako podstawowe należy wyróżnić ograniczniki Typu 1 - zdolne do odprowadzania do ziemi częściowych prądów pioruna (I_{imp} , np. 10/350 μ s), oraz ograniczniki Typu 2 – wytrzymałe na przepięcia indukowane (I_n , 8/20 μ s). Ograniczniki Typu 1 charakteryzujące się parametrem $I_{imp} = 12,5$ kA są znacznie bardziej wytrzymałe od SPD Typu 2 z deklarowanym prądem $I_n = 20$ kA ze względu na bardzo dużą różnicę w energii obu udarów.

Według polskiej wersji językowej, zgodnie z 534.4.1 „SPD powinien być zainstalowany możliwie **najbliżej złącza instalacji**” [2]. W oryginale normy występuje „*origin of the installation*”, a zatem chodzi tu o początek instalacji, którym nie zawsze powinno być złącze kablowe. Jeżeli budynek nie jest wyposażony w urządzenie piorunochronne, to ogranicznik przepięć może być instalowany zarówno w rozdzielnicy głównej (RG) lub w złączu instalacji bez względu na jej lokalizację. Natomiast, jeżeli występuje LPS, to ogranicznik można instalować w złączu tylko wtedy, gdy jest ono zlokalizowane na elewacji budynku. Jeżeli w takim przypadku złącze znajduje się np.: przy ogrodzeniu posesji, to SPD należy instalować wyłącznie w rozdzielnicy głównej. Lokalizacja SPD w RG będzie zatem zawsze właściwa, natomiast w przypadku złącza - zależy to od jego położenia i obecności LPS.

Zgodnie z przywołanym wcześniej punktem 534.4.1 norm zharmonizowanych, stwierdzającym konieczność stosowania ochrony przed przepięciami w obiektach wyposażonych w urządzenie piorunochronne, należy w takim przypadku na początku instalacji stosować ograniczniki Typu 1 z deklarowanym parametrem I_{imp} . Ogranicznik Typu 1 należy stosować także w obiektach niewyposażonych w LPS, jeżeli są zasilane z linii napowietrznej i nie można wykluczyć ryzyka bezpośredniego uderzenia pioruna w linię energetyczną. Ogranicznik Typu 2, w złączu lub rozdzielnicy głównej można stosować wyłącznie w przypadku braku LPS w obiektach zasilanych bezpośrednio linią kablową.

Zgodnie z tabelicą 534.4 (pkt. 534.4.4.4.2), do ochrony typowych obiektów, sklasyfikowanych według poziomu ochrony LPL IV oraz III, wystarczające jest zastosowanie ograniczników Typu 1 o wytrzymałości $I_{imp} = 12,5$ kA/pole (np.: 10/350 μ s) [2]. Wyższe wartości wymagane są wyłącznie dla obiektów specjalnych, sklasyfikowanych według poziomów LPL II i I. Ograniczniki charakteryzujące się wytrzymałością $I_{imp} = 12,5$ kA obecnie mogą być wykonane w technologii iskiernikowej w obudowach o szerokości zaledwie pojedynczego modułu (1TE) na pole. Przykładem jest ogranicznik kombinowany **RST POWER T1+T2 4+0 275V**, z iskiernikiem wieloprzerwowym w głównym torze ochronnym. Takie rozwiązanie stanowi zdecydowanie lepszą alternatywę w stosunku do powszechnie dostępnych SPD Typu 1 warystorowych. Uzyskanie wytrzymałości na prądy pioruna na poziomie 25 kA/pole wymaga już urządzeń o większych rozmiarach (np. LEUTRON CT-T1+2+3/3+1-350-FM), typowo o szerokości montażowej 2TE na pole. W obiektach specjalnych, wyższe poziomy wytrzymałości mogą być także wymagane przez obowiązujące tam przepisy wewnętrzne dla zapewnienia wyższej skuteczności ochrony. Zgodnie z normami odgromowymi, skuteczności ograniczników Typu 1 o wytrzymałości 12,5 kA oraz 25 kA wynoszą odpowiednio 95% i 99% [3]. Obecnie wielu producentów oferuje już przede wszystkim ograniczniki Typu 1+2, które w porównaniu do standardowego Typu 1 charakteryzują analogiczną odpornością na prądy udarowe, ale niższym napięciowym poziomem ochrony (typowo $U_p < 1,5$ kV), co pozwala na bezpośrednią ochronę większości urządzeń elektrycznych.

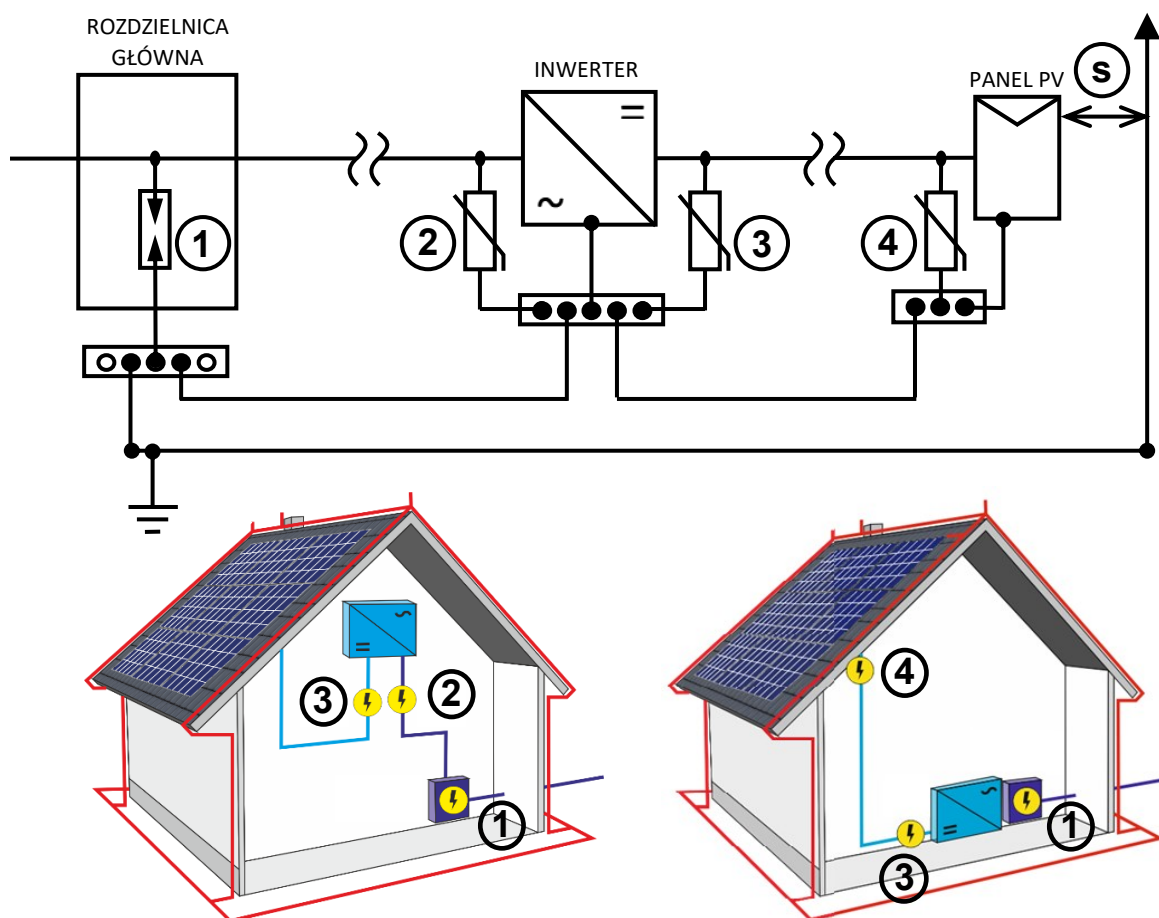
Tablica 2. Przykłady ograniczników Typu 1 i Typu 2 oraz ich podstawowe właściwości i parametry

| Typ SPD | Typ 1 + Typ 2 | Typ 2 |
|------------------------|---|---|
| Przykład |  |  |
| | RST Power T1+T2 4+0 275V Nr kat. 801 404 | RST Power T2 4+0 275V Nr kat. 802 204 |
| Konstrukcja SPD | kombinowany, iskiernik wieloprzerwowy równoległe z warystorami | warystorowy |
| Odporność na udary | T2 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ T2 $I_n = 25 \text{ kA}; I_{max} = 50 \text{ kA}$ | T2 $I_n = 20 \text{ kA}; I_{max} = 40 \text{ kA}$ |
| Poziom ochrony | $U_p < 1,5 \text{ kV}$ | $U_p < 1,5 \text{ kV}$ |
| Przeznaczenie | ochrona przed częściowymi prądami pioruna i przepięciami indukowanymi | ochrona przed przepięciami indukowanymi |
| Podstawowa lokalizacja | rozdzielnicza główna | rozdzielnice lokalne |
| Obszar zastosowań | obiekty wyposażone w LPS klasy IV lub III oraz zasilane z linii napowietrznych | jako drugi stopień ochrony w dowolnych obiektach |

Należy pamiętać, że napięciowy poziom ochrony zapewniany przez ogranicznik zainstalowany w rozdzielniczy głównej jest zachowany jedynie w pewnej odległości, dlatego w bardziej rozległych instalacjach należy stosować kolejne stopnie ochrony. Analizując dalej zapisy punktu 534.4.1 dowiadujemy się, że „**mogą być potrzebne dodatkowe SPD Typu 2 lub Typu 3 i powinny być one umieszczone w stałej instalacji elektrycznej od strony odbiorników, na przykład w podrozdzielnicach lub przy gniazdkach rozdzielczych**” [2]. Można spotkać się z dosyć restrykcyjnymi zaleceniami, według których dodatkowe SPD należy stosować już w odległości 10 m wzdłuż trasy kablowej. Ograniczniki Typu 2 mają na celu ochronę przed przepięciami indukowanymi oraz utrzymanie odpowiedniego napięciowego poziomu ochrony w większej odległości od poprzedzających je ograniczników. Dla SPD Typu 2 wymagany poziom wytrzymałości na prądy wyładowcze powinien być nie mniejszy niż $I_n \geq 5 \text{ kA}$ (8/20 μs) (tablica 534.3, pkt. 534.4.4.4.1) [2]. Zastosowanie ograniczników o wyższym znamionowym prądzie wyładowczym $I_n = 20 \text{ kA}$ (np.: **RST POWER T2 4+0 275V**) zapewnia skuteczniejszą ochronę i dłuższy okres eksploatacji takiego urządzenia. Ograniczniki Typu 2 doskonale sprawdzają się jako tzw. dodatkowe SPD stosowane w kolejnych punktach rozdziału energii, takich jak rozdzielnice lokalne lub piętrowe. Stosowanie w tych miejscach SPD Typu 1 nie ma uzasadnienia, ponieważ częściowe prądy pioruna przy właściwie zaprojektowanej ochronie tam nie wystąpią. Koordynacja ograniczników polega między innymi na ich odpowiednim stopniowaniu, a więc SPD Typu 1 w rozdzielniczy głównej, a dalej wyłącznie SPD Typu 2 lub typu 3 w rozdzielnicach lokalnych lub bezpośrednio przy urządzeniach.

4. Co i jak należy zabezpieczać w systemach fotowoltaicznych?

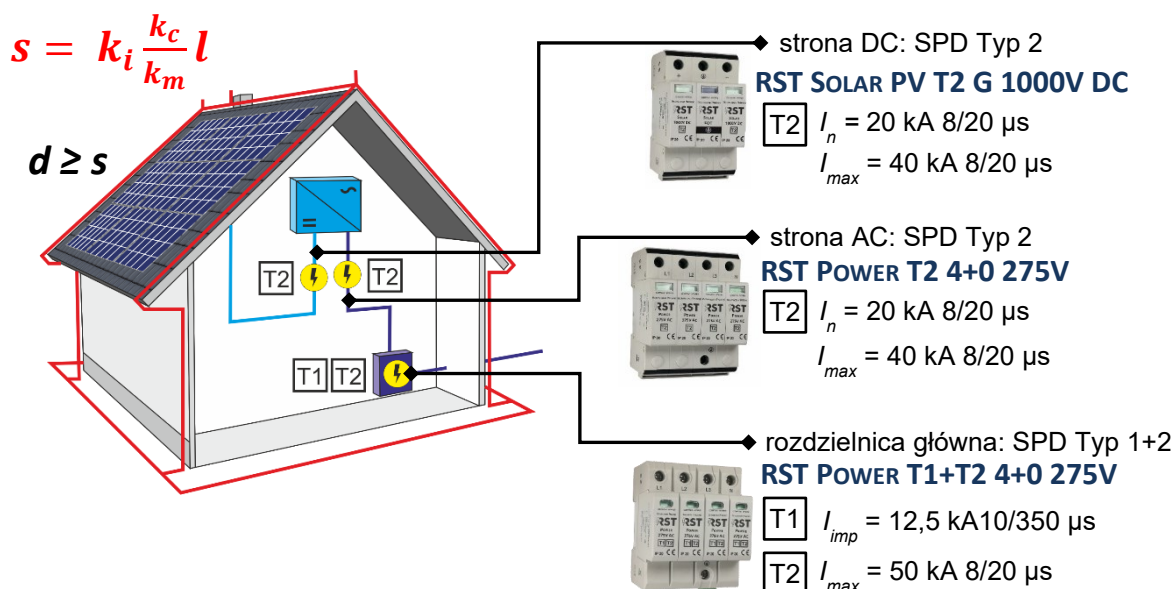
Podstawowym elementem instalacji fotowoltaicznej, który wymaga ochrony przed przepięciami są wejścia DC inwertera. Ograniczniki do systemów PV powinny spełniać wymagania normy PN-EN 61643-31 [7], która zastąpiła wcześniejszą wersję oznaczoną jako PN-EN 50539-11. Ochronę w tym miejscu należy stosować zawsze, gdy SPD są stosowane w rozdzielnicach głównej nn lub gdy wynika to z oceny ryzyka. Podstawę ochrony stanowią zatem ograniczniki stosowane w punktach (1) i (3) według rysunku 1., który przedstawia lokalizacje SPD zalecane przez normę zharmonizowaną PN-HD 60364 [5] oraz normę międzynarodową IEC 61643-32 [8], która zawiera zbiór najbardziej szczegółowych wytycznych w tym zakresie.



Rysunek 1. Lokalizacje ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej uwzględniającej fotowoltaiczne układy zasilania

Jako dodatkowe SPD mogą być stosowane ograniczniki zabezpieczające wyjścia AC inwertera (2) oraz obwody DC wprowadzane do wnętrza budynku (4). Ochrona strony AC inwertera zalecana jest przez normy już, gdy długość trasy kablowej między rozdzielnicą główną nn, a inwerterem przekracza 10 m. Analogicznie dodatkowe SPD w obwodzie DC zaleca się stosować, gdy inwerter jest znacząco




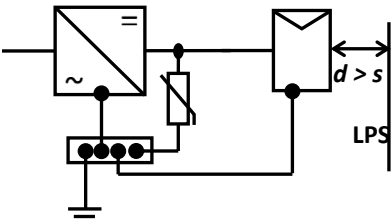



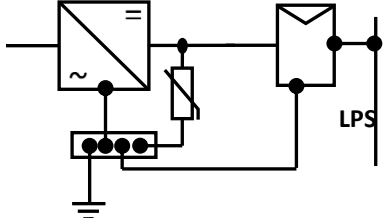



oddalony od paneli PV, np.: gdy jest zlokalizowany bezpośrednio przy rozdzielniczej głównej. Zgodnie ze strefową koncepcją ochrony odgromowej, zabezpieczenie przewodów wprowadzanych z dachu do wnętrza budynku powinno mieć nawet wyższy priorytet niż ochrona inwertera.



Rysunek 2. Przykład doboru ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej z systemem fotowoltaicznym w budynku jednorodzinny w przypadku zachowania odstępów separujących między panelami PV a przewodami urządzenia piorunochronnego

Typ SPD stosowanych do ochrony systemów PV na dachach, uzależniony jest od konfiguracji ochrony odgromowej. Jeżeli budynek nie jest wyposażony w urządzenie piorunochronne, to w dowolnej lokalizacji (2), (3) lub (4) wystarczające jest zastosowanie SPD Typu 2 zarówno w obwodach AC, jak i DC. Jeżeli jednak uwzględniono ochronę przed bezpośrednim uderzeniem pioruna, to dobór typu SPD zależy od tego czy wszelkie przewody i panele PV są odseparowane od wszystkich części LPS. Jeżeli zachowane są odstępy separujące, zgodnie z normą odgromową PN-EN 62305-3 [9], to w lokalizacjach (2), (3) lub (4) także wystarczające będą SPD Typu 2. Należy tu już jednak pamiętać, że w rozdzielniczej głównej, ze względu na obecność LPS, wymagany jest już SPD Typu 1 (Rysunek 2.). Jeżeli nie ma możliwości zachowania bezpiecznych odległości, co może występować w przypadku dachów blaszanych lub gdy panele PV zajmują niemal całą powierzchnię dachu i zastosowano połączenia wyrównawcze, to normy rygorystycznie w każdej lokalizacji wymagają SPD Typu 1, także do ochrony wyjść AC inwertera, gdy jest ona wymagana ze względu na odległość od rozdzielniczej głównej.

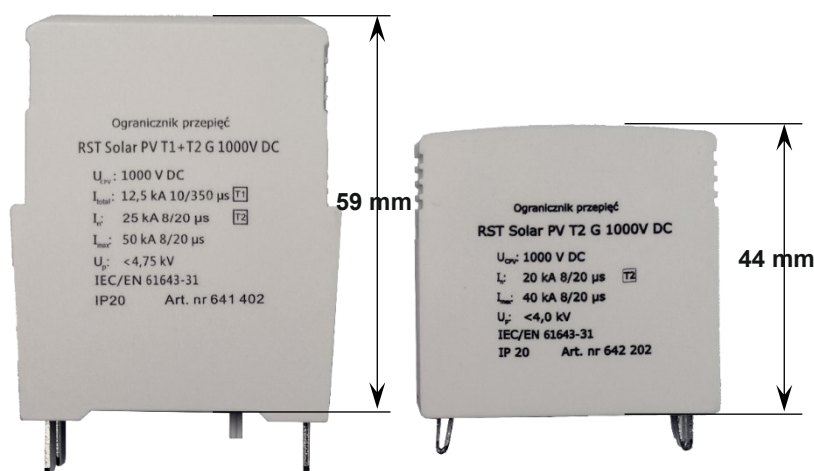
Tablica 3. Dobór typu SPD i przykłady rozwiązań do ochrony instalacji elektrycznych i systemów PV w zależności od konfiguracji ochrony odgromowej [5, 8]

| Lokalizacja SPD | Rozdzielnica główna | Strona a.c. inwertera | Obwód d.c. |
|--|--|---|---|
| Konfiguracja ochrony | ① | ② | ③ ④ |
| Brak ochrony odgromowej Ryzyko bezpośredniego uderzenia piorunem pomijalne |  RST Power T2* T2 $I_n = 20 \text{ kA}$ |  RST Power T2 T2 $I_n = 20 \text{ kA}$ |  RST Solar PV T2 T2 $I_n = 20 \text{ kA}$ |
|  Urządzenie piorunochronne z zachowaniem odstępów separacyjnych |  RST Power T1+T2 T1 T2 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ |  RST Power T2 T2 $I_n = 20 \text{ kA}$ |  RST Solar PV T2 T2 $I_n = 20 \text{ kA}$ |
|  Urządzenie piorunochronne na dachu metalowym lub przy zastosowaniu połączeń wyrównawczych |  RST Power T1+T2 T1 T2 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ |  RST Power T1+T2 T1 T2 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ |  RST Solar PV T1+T2 T1 T2 $I_{total} = 12,5 \text{ kA}$ |

* - w rozdzielnicie 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 przepięć do systemów fotowoltaicznych różnią się konstrukcyjnie od typowych ograniczników stosowanych w obwodach niskiego napięcia. Praca obwodów PV przy napięciu stałym ogranicza zastosowanie elementów iskiernikowych. Przy napięciu przemiennym AC 50 Hz, po zadziałaniu iskiernika i odprowadzeniu prądu udarowego łuk między elektrodami gaszony jest przy przejściu napięcia przez zero. W przypadku obwodów stałoprądowych DC, napięcie stałe podtrzymywałoby łuk na iskierniku, powodując w dalszym ciągu zwarcie w obwodzie do momentu uszkodzenia SPD lub wyłączenia napięcia. Z tego względu elementy iskiernikowe do ochrony obwodów PV są stosowane tylko w szeregowym połączeniu z warystorem, który w tym przypadku stanowi podstawowy element ochronny także ograniczników Typu 1. Warystorowe ograniczniki Typu 1 i Typu 2

różnią się przede wszystkim rozmiarem wkładek modułów ochronnych. Na rysunku 3. przedstawiono porównanie wkładek Typu 1 – wytrzymujących częściowe prądy pioruna $I_{imp} = 6,25$ kA oraz wkładek Typu 2 – wytrzymujących prądy indukowane $I_{max} = 40$ kA. Ogranicznik warystorowy, aby wytrzymywał częściowe prądy pioruna musi mieć odpowiednie gabaryty.



Rysunek 3. Porównanie wkładek ochronnych warystorowych Typu 1 i Typu 2

Istotną kwestią jest także konfiguracja połączeń wewnętrznych ogranicznika. Obecnie dostępne są dwa podstawowe rodzaje połączeń wewnętrznych SPD do systemów PV: typu U oraz typu Y [8]. Konfiguracja typu U to najprostsze rozwiązanie, w postaci dwumodułowego ogranicznika przepięć. Trzeci moduł ochronny, występujący w konfiguracji Y ma na celu zabezpieczenie SPD przed uszkodzeniem jakie może nastąpić w wyniku przebicia izolacji w obwodzie DC, np.: na przewodach PV. W przypadku podstawowej konfiguracji U, przebicie izolacji powoduje, że napięcie robocze U_{PV} odkłada się nie na dwóch, ale na jednym elemencie ochronnym, mogąc doprowadzić do jego przeciążenia i tym samym uszkodzenia. W konfiguracji typu Y takie zagrożenie nie występuje dzięki dodatkowemu elementowi ochronnemu. Tym elementem ochronnym może być warystor, lub odgromnik gazowy (GDT) (Rys. 4). Zastosowanie elementu iskiernikowego ma dodatkową zaletę w postaci wyeliminowania prądu upływu I_{PE} , co redukuje efekt starzenia warystorów i zwiększa żywotność takiego ogranicznika. Ponadto moduł GDT charakteryzuje się wyższą wytrzymałością niż pojedyncze moduły warystorowe i jest zdolny do odprowadzenia sumy maksymalnych energii wytrzymywanych przez oba moduły warystorowe. Konfiguracja Y, z wymiennymi modułami ochronnymi, bazująca wyłącznie na warystorach charakteryzować się będzie całkowitą wytrzymałością odpowiadającą pojedynczemu modułowi ochronnemu. Spotkać można jednak rozwiązania konfiguracji Y, w których względem zacisku uziemiającego fizycznie występują dwa równoległe połączone warystory.

W kwestii wymaganych parametrów SPD, to w obiektach sklasyfikowanych wg LPL IV lub III, dla Typu 1 wymaga się wytrzymałości na częściowe prądy pioruna

$I_{total} = 12,5 \text{ kA}$ [5] (pkt. 712.534.102.6). Według tablicy A.1 podanej w [8] można przyjąć mniejsze wartości, uzależnione od liczby przewodów odprowadzających N : $I_{total} = 10 \text{ kA}$ dla $N < 4$ lub $I_{total} = 5 \text{ kA}$ dla $N \geq 4$. Przy liczbie przewodów $N \geq 4$, ogranicznik przepięć o $I_{total} = 12,5 \text{ kA}$ może być stosowany nawet przy najwyższym poziomie ochrony LPL I [8]. Warto przy okazji rozróżnić oznaczenia I_{imp} oraz I_{total} odpowiadające wytrzymałości na prąd pioruna (10/350 μs). Indeks „imp” jest oznaczeniem ogólnym, ale najczęściej odpowiada parametrowi charakteryzującemu wytrzymałość pojedynczego modułu. Natomiast indeks „total” odnosi się do maksymalnej wytrzymałości całego ogranicznika, która może stanowić sumę prądów udarowych odprowadzanych jednocześnie przez wszystkie moduły ochronne. Dla ograniczników Typu 2, część 712. normy zharmonizowanej wymaga znamionowego prądu wyładowczego nie mniejszego niż $I_n = 5 \text{ kA}$ (pkt. 712.534.102.4) [5], ale jednocześnie zwraca uwagę, że „znamionowy prąd wyładowczy, przekraczający wartość minimalną, będzie powodował wydłużenie żywotności urządzenia do ograniczania przepięć”. Wymagania zawarte w [8] są już bardziej restrykcyjne. Całkowity prąd wyładowczy (8/20 μs) na układ w zależności od liczby przewodów odprowadzających N , przy poziomie ochrony nie wyższym niż LPL III, powinien być nie mniejszy niż 17 kA przy $N < 4$ lub 10 kA przy $N \geq 4$.

Norma [8] precyzuje także wytyczne dla ograniczników przepięć do ochrony naziemnych elektrowni fotowoltaicznych. Ogólnie przyjmuje się, że dla elektrowni PV wystarczający jest poziom ochrony LPL III. Dla ograniczników warystorowych wymaga się odporności na częściowe prądy pioruna $I_{total} = 10 \text{ kA}$ oraz całkowitego prądu wyładowczego (8/20 μs) nie mniejszego niż 30 kA. A zatem do ochrony instalacji naziemnych należy stosować SPD Typu 1+2.



Rysunek 4. Konfiguracje typu Y z odgromnikiem sumującym i schemat połączeń wewnętrznych ogranicznika przepięć do ochrony systemów fotowoltaicznych

Wraz z rozwojem instalacji PV, które pracują przy coraz wyższych napięciach, zmianie ulega także konstrukcja SPD. Obecnie dostępne są już ograniczniki przepięć pozwalające na zabezpieczenie systemów fotowoltaicznych pracujących przy napięciu DC nawet do 1500 V. Bezpieczna praca przy takim napięciu wymaga odpowiedniej konstrukcji, która zapewnia odpowiednie odstępy izolacyjne i eliminuje ryzyko ewentualnych przebiegów po powierzchni materiału obudowy. Z tego względu bardziej odpowiednie są SPD w obudowach kompaktowych ze specjalnymi wejściami do podłączenia przewodów PV.

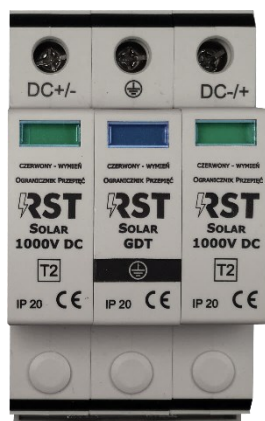
5. Fakty i mity o ogranicznikach przepięć

Oдноśnie ograniczników przepięć istnieje wiele nieprawdziwych teorii lub nie do końca zrozumiałych kwestii związanych z eksploatacją urządzeń. Właściwe zrozumienie podstawowych parametrów i właściwości ograniczników przepięć pozwala na uniknięcie często popełnianych błędów.

Bardzo często można spotkać się ze zdaniem, że ogranicznik przepięć po zadziałaniu należy wymienić. Jest to stwierdzenie jak najbardziej niewłaściwe. Ogranicznik przepięć spełniający wymagania odpowiedniej części normy PN-EN 61643, ma deklarowane parametry znamionowe odporności na udary, które w większości przypadków wytrzymuje nie raz, a wielokrotnie. Dopiero na skutek oddziaływania prądu udarowego o energii przekraczającej maksymalne parametry ogranicznika powinno nastąpić uszkodzenie SPD. W wielu przypadkach ogranicznik może być wielokrotnie narażony na przepięcia, z których użytkownik obiektu nawet nie będzie zdawał sobie sprawy, a których skutki zauważyłby dopiero gdyby nie było zastosowanej ochrony. Przyczyną uszkodzenia może być często niewłaściwy dobór SPD. Dla przykładu, ogranicznik Typu 2 zastosowany w rozdzielniczy głównej, w obiekcie wyposażonym w LPS, z dużym prawdopodobieństwem ulegnie uszkodzeniu przy pierwszym uderzeniu pioruna. Dlatego bardzo istotny jest odpowiedni dobór SPD w zależności od występujących zagrożeń.

Obecnie niemal każdy ogranicznik do ochrony obwodów zasilających wyposażony jest w sygnalizację uszkodzenia SPD, która często jest mylna z sygnalizacją zadziałania. Okienka na obudowach, lub modułach ochronnych sygnalizują w rzeczywistości stan ogranicznika. Najczęściej prawidłowy stan SPD oznaczony jest kolorem zielonym. Zmiana koloru (stanu SPD) na czerwony sygnalizuje jego uszkodzenie lub możliwe przeciążenie jego parametrów znamionowych. W takim przypadku równoległa gałąź ochronna jest odłączana od obwodu, pozostawiając go bez dalszej ochrony.

Warto zdawać sobie także sprawę, że znajdujące się obok siebie moduły ochronne z innym kolorem okienka sygnalizacyjnego, nie muszą oznaczać, że jeden jest sprawny a drugi uszkodzony (Rysunek 5.). Często odmienne kolory są stosowane dla rozróżnienia różnych elementów ochronnych np.: warystorów i iskierników. Przykładowo, opisane wcześniej ograniczniki w konfiguracji Y z odgromnikiem sumującym GDT, mogą mieć okienko sygnalizujące sprawny stan SPD w kolorze zielonym dla elementów warystorowych i w kolorze niebieskim dla GDT. Podobne rozwiązanie stosowane jest w SPD typu 2 w konfiguracji 3+1 do obwodów zasilania 230 V, w której SPD składa się z elementów warystorowych L-N oraz iskiernika sumującego N-PE.



- 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 pozostaje bez dalszej ochrony, konieczna jak najszybsza wymiana modułu ochronnego lub całego ogranicznika

Rysunek 5. Przykład optycznej sygnalizacji stanu ogranicznika przepięć

Duże znaczenie dla prawidłowej eksploatacji ma bieżąca kontrola stanu ograniczników. Jeżeli nie są przeprowadzane przeglądy okresowe, szczególnie po burzach, może wystąpić ryzyko, że po uszkodzeniu SPD instalacja pozostaje bez dalszej ochrony. Pomocne mogą okazać się wyjścia sygnalizacyjne FM, w postaci styków bezpotencjałowych NO/NC, które można wykorzystać do dodatkowej sygnalizacji świetlnej lub akustycznej. Sprawdzenie stanu okienka sygnalizacyjnego wymaga otwarcia szafy rozdzielczej, styki FM mogą być natomiast wykorzystane do włączenia w inteligentne systemy zarządzania budynku, lub przynajmniej do sterowania lampką sygnalizacyjną umieszczoną w widocznym miejscu na drzwiach obudowy rozdzielni. Styki FM sygnalizują zarówno uszkodzenie, jak i wyjęcie lub niewłaściwe zamocowanie modułu ochronnego.

Sygnalizacja stanu SPD nie pozwala niestety na stwierdzenie stanu zużycia urządzenia. Użytkownik otrzymuje jedynie informację binarną: sprawny/uszkodzony. Z kolei sygnalizacja zadziałania, wymagałaby stosowania dodatkowych urządzeń pomiarowych, które analizowałyby przepływ prądów udarowych w przewodzie uziemiającym SPD.

Kolejny popularny mit związany jest z dobezpieczaniem ograniczników przepięć. W tej kwestii należy przede wszystkim zdać sobie sprawę, że przy zastosowaniu SPD odpowiedniej jakości, dobezpieczenie w budynkach mieszkalnych (z wyjątkiem bloków wielorodzinnych) nie powinno być wręcz stosowane. Dobrej jakości ogranicznik Typu 1 lub Typu 2 wymaga dobezpieczenia wyłącznie w przypadku instalacji, w których zabezpieczenia głównie przekraczają co najmniej 125 A. Jeżeli w złączu zastosowane są bezpieczniki o prądzie znamionowym 25 A, 32 A lub nawet 63 A, to dobezpieczenie SPD nie powinno być brane pod uwagę.

6. Podsumowanie

Wytyczne w zakresie ochrony przed przepięciami są opisane przede wszystkim w normach zharmonizowanych serii PN-HD 60364. Dobór ograniczników przepięć pod względem typu i wymaganych parametrów w standardowych obiektach

powinien być sprawą prostą. Ogranicznik przepięć powinien być przede wszystkim dobierany w zależności od spodziewanego rodzaju zagrożenia, a więc Typ 1 tam, gdzie występuje ryzyko oddziaływania częściowych prądów pioruna, a Typ 2 do ochrony przed przepięciami indukowanymi. Analogiczne zasady obowiązują zarówno dla obwodów zasilających niskiego napięcia, jak i systemów fotowoltaicznych.

7. Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 16 września 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2020 poz. 1608)
- [2] PN-HD 60364-5-534:2016-04 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-534: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie -- Urządzenia do ochrony przed przejściowymi przepięciami
- [3] PN-EN 62305-2:2012 Ochrona odgromowa -- Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [4] PN-HD 60364-4-443:2016 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] PN-HD 60364-7-712:2016-05 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji -- Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania
- [6] PN-EN 61643-11:2013-06 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia -- Wymagania i metody badań
- [7] PN-EN 61643-31:2019-07 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 31: Wymagania i metody badań dla SPD instalacji fotowoltaicznych
- [8] IEC 61643-32 Low-voltage surge protective devices - Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations - Selection and application principles
- [9] PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia