

Koordinacja ochrony odgromowej i przed przepięciami

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

Ul. Gen. W. Andersa 40a

15-113 Białystok

NIP: 5423278389

www.rst.pl | www.sklep.rst.pl

e-mail: rst@rst.pl

Wstęp

Skoordynowana ochrona odgromowa i przed przepięciami to zespół środków ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna w postaci urządzenia piorunochronnego i układu ograniczników przepięć, odpowiedni do określonego poziomu zagrożeń z uwzględnieniem minimalnych i maksymalnych spodziewanych wartości prądu pioruna oraz wytrzymałości udarowej chronionych instalacji. Skuteczności ochrony przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych zależy od przyjętego poziomu ochrony odgromowej (LPL). Klasyfikacja przyjęta w serii norm PN-EN 62305 zakłada 4 poziomy LPL. Dla każdego poziomu ochrony zakłada się zakres spodziewanych wartości prądu pioruna, które decydują między innymi o tym, jak należy rozmieścić zwody urządzenia piorunochronnego (LPS) oraz jakie ograniczniki przepięć (SPD) należy zastosować.

Klasa LPS a skuteczność ochrony

Już w normach PN-IEC 61024 poszczególnym klasom urządzenia piorunochronnego przypisywano określone skuteczności ochrony. Są one związane z zakładanymi parametrami prądu pioruna i prawdopodobieństwem zdarzenia, że wartość prądu wyładowania będzie poza przyjętym zakresem. O skuteczności LPS decyduje nie najwyższa, a najniższa zakładana wartość prądu pioruna.

Metody projektowania zwodów: metoda toczącej się kuli i metoda kąta ochronnego, bazują na modelu elektro-geometrycznym wyładowania atmosferycznego. Model ten zakłada, że długość ostatniego skoku rozwijającego się pioruna jest skorelowana z wartością szczytową jego prądu według zależności:

$$R = 10 \cdot I^{0,65}.$$

Aby ochrona była skuteczniejsza, należy zakładać możliwość wystąpienia wyładowań o małych wartościach prądu pioruna. Piorun o dużej energii i dużej wartości szczytowej prądu uderzy zatem w bardziej wyeksponowane elementy budynku, natomiast piorun o małej wartości szczytowej prądu może uderzyć w mniej oczywiste elementy. W tablicy 1. przedstawiono m.in. zakresy wartości szczytowych prądu pioruna, promienie toczącej się kuli i skuteczności odpowiadające poszczególnym klasom LPS. Skuteczność poszczególnych klas LPS określona została na podstawie danych statystycznych i prawdopodobieństwa, że wartość szczytowa prądu wyładowania atmosferycznego nie będzie mniejsza niż zakładana dla danego poziomu ochrony LPL.

Klasa LPS decyduje w praktyce o rozmieszczeniu przewodów LPS: zwodów i przewodów odprowadzających. Od założonego poziomu ochrony zależne będą zasięgi stref wyznaczane w metodzie toczonej się kuli, wartości kątów ochronnych i odległości między przewodami odprowadzającymi, a zatem ich liczba. Im wyższa klasa LPS tym wymagane większe zagęszczenie przewodów LPS, co przekłada się tym samym na wyższą skuteczność ochrony.

Tablica 1. Zakładane parametry prądu pioruna i skuteczność LPS w zależności od poziomu ochrony odgromowej LPL

	Poziom ochrony odgromowej LPL			
	LPL I	LPL II	LPL III	LPL IV
Klasa LPS	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV
Maksymalny prąd pioruna I_{max}	< 200 kA	< 150 kA	< 100 kA	< 100 kA
Minimalny prąd pioruna I_{min}	> 3 kA	> 5 kA	> 10 kA	> 16 kA
Promień toczonej kuli R	20 m	30 m	45 m	60 m
Wymiar oka siatki zwodów	5×5 m	10×10 m	15×15 m	20×20 m
Odstępy między przewodami odprowadzającymi	10 m	10 m	15 m	20 m
Skuteczność ochrony LPS	98 %	95 %	90 %	80 %

Dobór ograniczników przepięć w zależności od klasy LPS

Ograniczniki przepięć do ochrony obwodów zasilających powinny spełniać wymagania normy PN-EN 61643-11. Podstawowa klasyfikacja wyróżnia następujące rodzaje ograniczników:

SPD Typu 1: do ochrony przed częściowymi prądami pioruna (I_{imp} , np.: 10/350 μ s);

SPD Typu 2: do ochrony przed przepięciami indukowanymi (I_n , I_{max} , 8/20 μ s);

SPD Typu 3: do ochrony końcowej bezpośrednio przy urządzeniu.

Ogranicznik przepięć powinien być dobrany w zależności od rodzajów zagrożeń występujących w danym miejscu instalacji. W każdym budynku wyposażonym w urządzenie piorunochronne, zgodnie z PN-HD 60364-5-534 pkt 534.4.1, w rozdzielnicy głównej należy stosować środki ochrony w postaci ograniczników przepięć Typu 1. Jako pierwszy stopień ochrony w instalacji elektrycznej, SPD powinien charakteryzować się odpornością na prądy pioruna nie mniejsze niż odpowiadające poziomowi ochrony odgromowej LPL przyjętemu dla LPS.

Według założeń norm odgromowych PN-EN 62305 przyjmuje się, że przy bezpośrednim wyładowaniu atmosferycznym w budynek chroniony przez LPS połowa prądu pioruna rozpraszana jest w uziemieniu, a połowa rozptywa się mediami przewodzącymi przyłączonymi do obiektu. Jeżeli jako media uwzględniamy jedynie zasilanie elektroenergetyczne to całkowita wytrzymałość SPD powinna być równa co najmniej połowie zakładanej maksymalnej wartości prądu pioruna. W tablicy 2. przedstawiono porównanie parametrów prądu pioruna i zakładane skuteczności ochrony. Dla poszczególnych poziomów ochrony, skuteczności ochrony odgromowej i przed przepięciami są różne. Jest to związane z tym, że o skuteczności LPS decyduje najmniejsza zakładana wartość prądu pioruna, a o skuteczności SPD największa. Skuteczność SPD określona została na podstawie danych statystycznych i

prawdopodobieństwa, że wartość szczytowa prądu wyładowania atmosferycznego nie będzie większa niż zakładana dla danego poziomu ochrony LPL.

Tablica 2. Zakładane parametry prądu pioruna i porównanie skuteczności LPS i SPD w zależności od poziomu ochrony odgromowej LPL

Poziom ochrony odgromowej	Zakładane wartości prądu pioruna I (10/350 μ s)	Skuteczność LPS	Skuteczność SPD
LPL I	3 ... 200 kA	98 %	99 %
LPL II	5 ... 150 kA	95 %	98 %
LPL III	10 ... 100 kA	90 %	95 %
LPL IV	16 ... 100 kA	80 %	

O wymaganych parametrach SPD decyduje nie tylko poziom LPL, ale także konfiguracja ogranicznika i rodzaj zasilania a dokładniej liczba przewodów. W tablicy 3. przedstawiono parametry wymagane przez standard techniczny PKN-CLC/TS 61643-12 dotyczący zastosowania ograniczników przepięć do ochrony obwodów zasilania niskiego napięcia. Przykładowo, dla poziomów LPL IV i LPL III, dla których zakłada się maksymalny prąd pioruna 100 kA, w przypadku trójfazowej sieci TNC wymagana odporność SPD to $I_{imp} = 12,5$ kA/pole. Wartość ta wynika z założenia, że na ogranicznik może oddziaływać połowa prądu pioruna (50 kA), która ulega podziałowi na 4 przewody (L1, L2, L3, PEN). W przypadku sieci trójfazowych TN-S należy uwzględnić podział prądu na 5 przewodów ze względu na rozdzielenie przewodów PE i N. Warto także wspomnieć o konfiguracji CT2 dotyczącej ograniczników z elementem sumującym, który powinien charakteryzować się wyższym poziomem odporności, ponieważ musi być w stanie odprowadzić energię z wszystkich przewodów fazowych.

Tablica 3. Parametry ograniczników przepięć Typu 1 w zależności od systemu zasilania i poziomu ochrony odgromowej według standardu PKN-CLC/TS 61643-12

Poziom ochrony odgromowej LPL	Zakładany maksymalny prąd pioruna wg LPL	Układ zasilania	I_{imp} w kA			
			Rodzaj sieci			
			TNC	TN-S		
			CT1	CT1 L-N, L-PE	CT2 L-N N-PE	
I lub nieznan	200 kA	trójfazowy	25	20	20	80
		jednofazowy	50	33,3	33,3	66,7
II	150 kA	trójfazowy	18,8	15	15	60
		jednofazowy	37,5	25	25	50
III lub IV	100 kA	trójfazowy	12,5	10	10	40
		jednofazowy	25	16,7	16,7	33,3

UWAGA Jeżeli poziom ochrony LPL jest nieznan zakłada się najgorszy przypadek.

W normach zharmonizowanych serii PN-HD 60364 zastosowano podejście uproszczone. Tam podano wymaganą wartość $I_{imp} = 12,5$ kA na pole dla poziomu LPL III i IV zarówno dla sieci TNC, jak i TN-S (Tablica 4.). Normy zharmonizowane zakładają takie same wartości także, jeżeli poziom ochrony nie został określony. Jest to odmienne podejście w stosunku do wspomnianego wyżej standardu, według którego w przypadku braku określenia poziomu ochrony należy założyć najgorszy przypadek, czyli poziom LPL I.

Można zatem przyjąć w uproszczeniu, że skuteczności ograniczników przepięć o odporności modułów ochronnych $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ oraz $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ wynoszą odpowiednio 99% i 95%. A więc różnica między skutecznością układu SPD odpowiadającego najwyższemu poziomowi ochrony LPL I, a poziomowi LPL IV to zaledwie 4%. Zgodnie z normami serii PN-EN 62305, ograniczniki przepięć Typu 1 o wartościach I_{imp} mniejszych niż 12,5 kA w rozdzielnicach głównych mogłyby być stosowane wyłącznie pod warunkiem uzasadnienia większego podziału i rozptyłu prądu pioruna innymi drogami niż przyłącze energetyczne.

W przypadku zwykłych obiektów, takich jak domy jednorodzinne, niewielkie budynki biurowe, handlowe i warsztaty, wymagany jest zazwyczaj poziom LPL IV, a zatem wystarczające będą SPD o odporności $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$. W przypadku budynków o znaczeniu strategicznym, takich jak szpitale czy obiekty służb ratunkowych, wymagana z kolei powinna być najwyższa skuteczność ochrony na poziomie LPL I, a zatem SPD o odporności $I_{imp} = 25 \text{ kA}$. Ograniczniki o wyższych poziomach odporności powinny być także stosowane w dużych obiektach przemysłowych ze względu na wyższą odporność na prądy zwarceniowe. Inwestor zawsze ma prawo do wykonania ochrony o wyższym poziomie LPL niż wynika to chociażby z oceny ryzyka wg PN-EN 62305-2.

Tablica 4. Parametry ograniczników przepięć Typu 1 w zależności od systemu zasilania według normy zharmonizowanej PN-HD 60364-5-534

Połączenie	I_{imp} w kA			
	Układ zasilania			
	Jednofazowy		Trójfazowy	
	CT1	CT2	CT1	CT2
L – N	12,5	-	12,5	-
L – PE	12,5	12,5	12,5	12,5
N – PE	-	25	-	50

UWAGA Tablica ta dotyczy poziomów ochrony odgromowej (LPL) III i IV.

a)



T1 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$

RST POWER T1+T2 4+0 275V
(art. nr 801 404)

b)



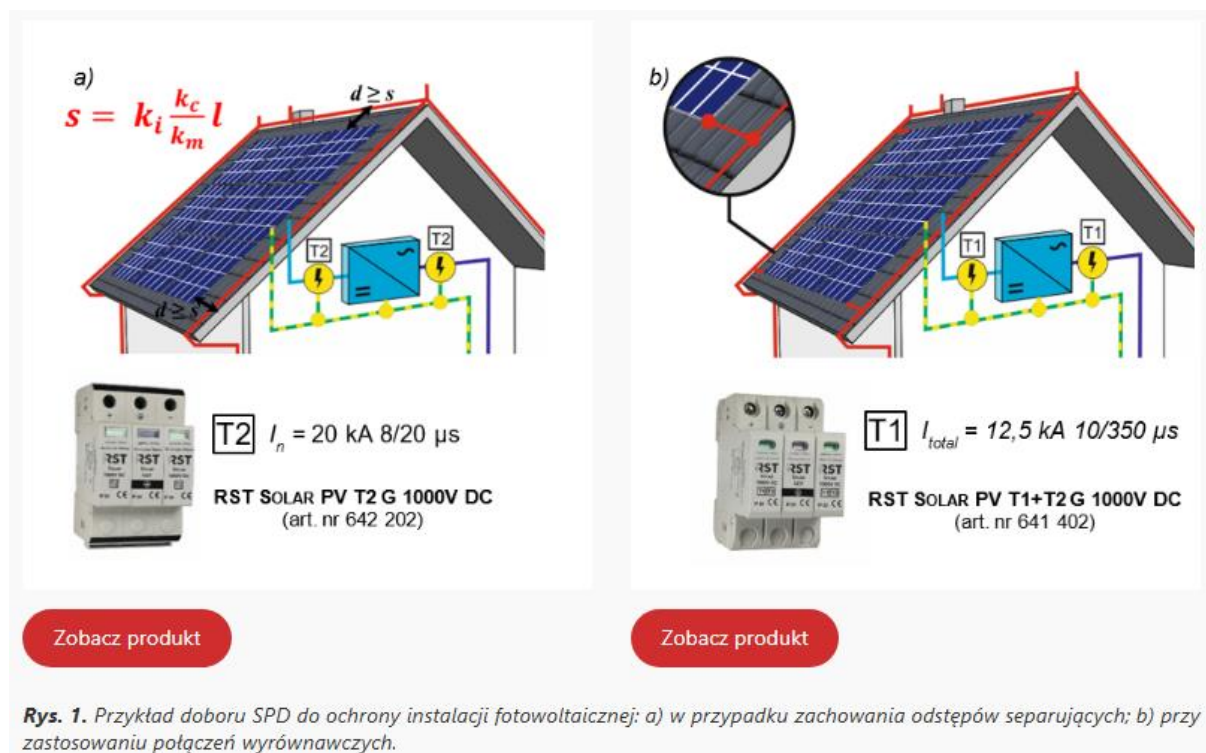
T1 $I_{imp} = 25 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$

Leutron CT-T1+2/3+1-350-FM
(art. nr 96 00 01)

Ochrona urządzeń na dachach

Sposób wykonania ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna ma także wpływ na ochronę przed przepięciami urządzeń na dachach. Zgodnie z PN-EN 62305-3 „wszystkie urządzenia dachowe z materiału izolacyjnego lub przewodzącego, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny się znajdować w przestrzeni ochronnej układu zwodów” (pkt. E.5.2.4.2.5). Przewody LPS należy tak projektować, aby zachować bezpieczny odstęp separujący względem samego urządzenia, jak i przyłączonych do niego przewodów. Brak zachowania wymaganej odległości, przy przepływie prądu pioruna, może prowadzić do niebezpiecznego iskrzenia. Z tego względu, jeżeli zachowanie odstępu separującego nie jest możliwe, należy wykonywać połączenia wyrównawcze.

Dobór SPD w zależności od zachowania odstępu separującego najlepiej obrazuje przykład ochrony paneli fotowoltaicznych. Jeżeli zachowane są bezpieczne odległości między instalacją PV a przewodami LPS, to do ochrony obwodów DC wystarczające będą ograniczniki Typu 2. Brak możliwości zachowania odstępu separującego występuje najczęściej w dwóch przypadkach: obiekty z metalowymi dachami oraz maksymalne wykorzystanie powierzchni dachu. W przypadku paneli PV instalowanych na blaszanych dachach zachowanie odstępów jest w praktyce niemożliwe, ponieważ połączenie wyrównawcze następuje samoistnie poprzez konstrukcje wsporcze łączące panele z przewodzącym dachem. Z kolei, jeżeli odstęp nie może być zachowany, ze względu na brak przestrzeni i dach pokryty jest materiałem nieprzewodzącym, to należy wykonać połączenia wyrównawcze pomiędzy przewodami LPS a konstrukcją wsporczą PV. W takim przypadku nie wystąpi ryzyko niebezpiecznego iskrzenia, ale nastąpi przeniesienie wysokiego potencjału na elementy połączone galwanicznie z układem przewodów LPS. Z tego względu konieczne jest w tym przypadku stosowanie ograniczników przepięć Typu 1, zdolnych do odprowadzania częściowych prądów pioruna.

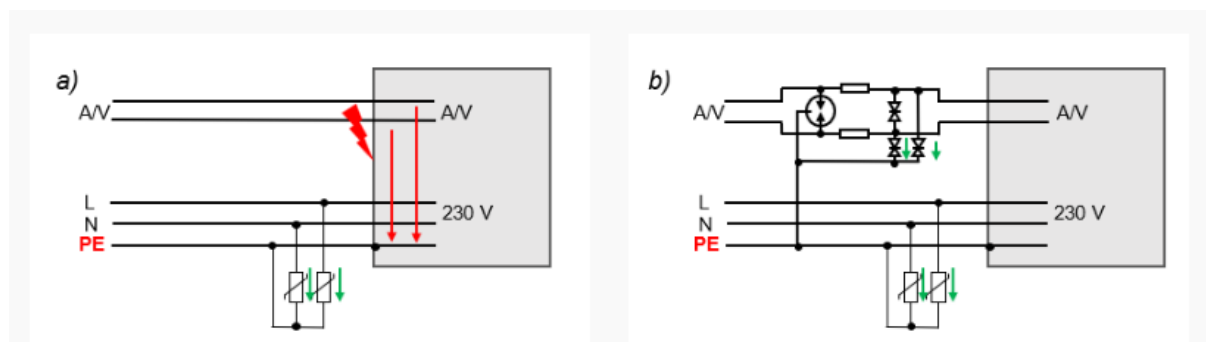


Ochrona obwodów sygnałowych

Aby zapewnić najwyższy poziom skuteczności, ochrona powinna być kompletna i poza urządzeniem piorunochronnym i ogranicznikami przepięć w instalacji zasilającej powinna uwzględniać także ochronę obwodów sygnałowych. Zgodnie z pkt. 7 normy PN-EN 62305-4 „ochrona urządzeń wewnętrznych przed udarami wymaga systematycznego podejścia składającego się ze skoordynowanych SPD zarówno dla linii elektroenergetycznych, jak i linii sygnałowych”. Zagrożenie od strony przepięć w instalacjach niskoprądowych jest zależne w dużej mierze od rodzaju obiektu.

Przepięcia indukowane rosną ze wzrostem wymiarów pętli, a zatem znaczenie ma długość obwodu, odległość między przewodami PE a czynnymi, oraz powierzchnia pętli między liniami zasilającymi i sygnałowymi. W praktyce oznacza to, że w niewielkim domu jednorodzinnym skutki wyładowań pobliskich mogą być w ogóle nie zauważalne, ale w rozległym obiekcie przemysłowym mogą prowadzić do zakłócenia pracy systemu, a nawet uszkodzenia fizycznego urządzeń.

Ochrona wyłącznie obwodu zasilania może okazać się niewystarczająca. Najlepiej obrazuje to sytuacja, jaka może wystąpić przy bezpośrednim uderzeniu pioruna na skutek wzrostu potencjału uziemienia. W obwodzie zasilania SPD ograniczy różnicę potencjałów między przewodami fazowym i neutralnym a przewodem PE, ale wysoki potencjał PE przeniesiony na obudowę urządzenia może doprowadzić do przebicia izolacji względem przewodów sygnałowych (Rys. 2a). Dlatego jedynie kompletna ochrona urządzeń (Rys. 2b) zapewni pełną ochronę.



Rys. 2. Rozkład napięć w przypadku wzrostu potencjału uziemienia: a) ochrona wyłącznie zasilania; b) kompletna ochrona zasilania i linii sygnałowej.

a) sieci Ethernet



RST NET PoE
(art. nr 300 060)

C2 $I_{max} = 2,5 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$
D1 $I_{imp} = 1,0 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$

Zobacz produkt

b) magistrale szeregowe



RST Guard RS485
(art. nr 105 015)

C2 $I_{max} = 20 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$
D1 $I_{imp} = 3,5 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$

Zobacz produkt

c) systemy automatyki



RST AKP 24V
(art. nr 501 024)

C2 $I_{max} = 10 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$
D1 $I_{imp} = 2,5 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$

Zobacz produkt

Fot. 2. Przykład SPD do ochrony linii sygnałowych

Podsumowanie

Ochrona odgromowa i ochrona przed przepięciami powinny być skoordynowane dla skutecznego zabezpieczenia obiektu przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych. Ograniczniki przepięć są wymagane zawsze, gdy budynek jest wyposażony w urządzenie piorunochronne. Zarówno rozmieszczenie przewodów LPS, jak i parametry SPD powinny być dobrane stosownie do poziomu ochrony odgromowej określonego dla danego budynku w zależności od występowania poszczególnych źródeł zagrożeń.