

Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej

Andrzej Sowa
Politechnika Białostocka

Cechą charakterystyczną współczesnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych jest ich stosunkowo niewielka odporność uderowa. Dotyczy to zarówno odporności na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego, jak i odporności na działanie napięć i prądów uderowych dochodzących do tych urządzeń z sieci zasilającej oraz z linii przesyłu sygnałów.

Znaczną część uszkodzeń urządzeń i systemów elektronicznych wywołują napięcia i prądy uderowe powstające podczas wyładowań piorunowych. Obecnie szkody wywołane przez przepięcia atmosferyczne są wielokrotnie większe od zniszczeń powstających podczas bezpośrednich uderzeń piorunów w obiekty budowlane (pożary, uszkodzenia budynków, uszkodzenia instalacji itp.). Zaprojektowanie i wykonanie poprawnego systemu ograniczania narażeń piorunowych wymaga posiadania niezbędnych informacji dotyczących:

- podstawowych parametrów charakteryzujących zagrożenie występujące podczas:
 - bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty budowlane lub w ich bliskim sąsiedztwie,
 - bezpośrednich wyładowań piorunowych w instalacje dochodzące do obiektu lub wyładowań w sąsiedztwie tych instalacji,
- poziomów odporności przyłączy zasilania urządzeń na działanie napięć i prądów uderowych,
- możliwości wyeliminowania występujących zagrożeń przez elementy i układy ograniczające napięcia i prądy uderowe,
- wybranych zagadnień zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

Normy dotyczące ochrony odgromowej

Zgodnie z wymaganiami Prawa Budowlanego urządzenia piorunochronne **LPS** (ang. Lightning Protection System) na obiektach budowlanych powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami Polskich Norm. Takie wymagania zawarto w Rozporządzeniach Ministra Infrastruktury (Rozporządzenie z dnia 7.04. 2004 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie - Dz. U. Nr 109, poz.1156, oraz dnia 12 marca 2009 r.), w których stwierdzono, że:

• ***Budynek należy wyposażać w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskich Normach dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 53, pkt. 2).***

• ***Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53, pkt. 2 powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 184).***

W Prawie Budowlanym zestawiono wykaz norm, na które są powołania.

Obecnie normy serii PN-EN 62305 zastępują dotychczasowe normy dotyczące ochrony odgromowej obiektów budowlanych, które były w wykazie Polski Norm w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2010 r. Nr 239, poz. 1597). Nowe normy

- **PN-EN 62305-1:2008, Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne.**
- **PN-EN 62305-2:2008,, Ochrona odgromowa - Część 2: Zarządzanie ryzykiem.**
- **PN-EN 62305-2:2009, Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.**
- **PN-EN 62305-4:2009, Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.**

są wynikiem restrukturyzacji norm serii PN-IEC 61024, PN-IEC 61312 oraz normy IEC 61662+A1.

Zakres tematyczny norm serii PN-EN 62305 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zakres tematyczny norm serii PN-EN 62305

PN-EN 62305-1, Ochrona odgromowa - Część 1: Wymagania ogólne
Ochrona odgromowa obiektów budowlanych włącznie z ich zawartością (osobami oraz instalacjami) oraz urządzeń usługowych przyłączonych do obiektu. Zalecenia norm nie obejmują: • urządzeń kolejowych, • pojazdów, okrętów, samolotów, instalacji przybrzeżnych, • wysokociśnieniowych rurociągów podziemnych, rurociągów oraz linii energetycznych i telekomunikacyjnych nie przyłączonych do obiektu.
PN-EN 62305-2, Ochrona odgromowa - Część 2: Zarządzanie ryzykiem
Oszacowanie ryzyka powodowanego przez piorunowe wyładowania doziemne w obiektach budowlanych i urządzeniach usługowych. Wybór poziomów ochrony dla urządzenia piorunochronnego.
PN-EN 62305-3, Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.
Wymagania dotyczące ochrony obiektów przed szkodami fizycznymi za pomocą LPS i ochrony istot żywych przed porażeniem napięciami dotykowymi i krokowymi w pobliżu urządzenia piorunochronnego. • Projektowanie, wykonanie, sprawdzanie i utrzymanie LPS w obiektach dowolnej wysokości. Ustalenie środków ochrony istot żywych przed porażeniem napięciami dotykowymi i krokowymi.
PN-EN 62305-4, Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach budowlanych
Projektowanie, wykonanie, utrzymanie, sprawdzanie i testowanie systemu środków ochrony przed oddziaływaniem LEMP na urządzenia elektryczne i elektroniczne wewnątrz obiektu, w celu redukcji ryzyka trwałych szkód pod wpływem piorunowych impulsów elektromagnetycznych.

Należy również zauważyć, że obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy **„projektować i budować w sposób określony w przepisach oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej”**.

W nowych normach zwrócono uwagę na konieczność profesjonalnego wykonania projektu oraz samego urządzenia piorunochronnego. W celu zaakcentowania takiego podejścia do zagadnień ochrony odgromowej w normach serii PN-EN 62305 pojawiły się stwierdzenia:

„Urządzenie piorunochronne (LPS) powinno być projektowane i wykonywane przez projektantów i wykonawców urządzeń piorunochronnych”

„Projektant i wykonawca urządzenia piorunochronnego powinien posiadać umiejętność oceny zarówno elektrycznych, jak i mechanicznych skutków wyładowania piorunowego i powinien znać dobrze ogólne zasady kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)”

„Projektant ochrony odgromowej powinien umieć ocenić skutki korozji i decydować, kiedy istnieje konieczność zwrócenia się o pomoc do eksperta”

Oczywiście podstawowym źródłem wiedzy dla projektanta i wykonawcy urządzeń piorunochronnych są normy i od **„wyspecjalizowanego projektanta i wykonawcy wymaga się gruntownej znajomości stosownych norm”** oraz kilkuletniej praktyki w dziedzinie ochrony odgromowej.

Wymóg posiadania podstawowej wiedzy z dziedziny ochrony odgromowej dotyczy także wykonawcy urządzenia piorunochronnego, który **„powinien być wyszkolony w dziedzinie prawidłowego wykonawstwa elementów urządzenia piorunochronnego, zgodnie z wymaganiami niniejszej normy (norma PN-EN 62305-3) oraz krajowych przepisów regulujących roboty budowlane i budownictwo”**.

Dodatkowo zwrócona uwagę na konieczność prowadzenia przez osoby projektujące urządzenie piorunochronne koordynacji prac wszystkich osób, których działania są związane z projektowaniem innych instalacji i mogą wymagać dodatkowych zaleceń związanych z ochroną odgromową.

Takie kompleksowe działania powinny być prowadzone podczas projektowania, realizacji obiektu i odbioru obiektu oraz obejmują określenie zakresu badań okresowych i oględzin.

W celu ujednolicenia standardów w zakresie elementów do budowy urządzeń piorunochronnych pojawiła się wieloarkuszowa Norma Europejska EN 50164 określająca wymagania i sposoby przeprowadzania badań różnorodnych elementów (wsporniki ściennie, uziomy, złączki, liczniki impulsów, studzienki rewizyjne itd.), która jest również sukcesywnie wprowadzana w Polsce (Tabela 2).

Tabeli 2. Zestawienie norm określających zakres badań poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego

Zakres tematyczny	Zestawienie norm
Elementy instalacji piorunochronnej	PN-EN 50164-1:2010, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPS) - Część 1: Wymagania stawiane elementom połączeniowym PN-EN 50164-2:2010, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPC) - Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów PN-EN 50164-3:2007, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPC) - Część 3: Wymagania dotyczące iskierników izolacyjnych (oryg.) PN-EN 62561-4:2011, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 4: Wymagania dotyczące uchwytów. (oryg.) PN-EN 62561-5:2011, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 5: Wymagania dotyczące uziomowych studzienek kontrolnych i ich uszczelnień (oryg.) PN-EN 50164-6:2009, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPC) - Część 6: Wymagania dotyczące liczników uderzeń piorunowych (oryg.) PN-EN 50164-7:2009, Elementy urządzenia piorunochronnego (LPC) - Część 7: Wymagania dotyczące środków polepszających uziemienie (oryg.)

Zalecane jest prowadzenie badań oddziaływania prądów uderzeniowych na poszczególne elementy urządzenia piorunochronnego, główne szyny wyrównawcze w obiekcie budowlanym oraz iskierniki stosowane do połączeń systemów, które w normalnych warunkach powinny być izolowane.

Normy dotyczące instalacji elektrycznej

Podstawowe informacje dotyczące projektowania i wykonawstwa systemów ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej zestawiono w tabelach 3 i 4.

Tabeli 3. Zestawienie podstawowych norm zawierających informacje dotyczące urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej

Zakres tematyczny	Zestawienie norm
Elementy i urządzenia ograniczające przepięcia w instalacji elektrycznej	PN-EN 61643-11:2006, Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć – Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania i próby (oraz PN-EN 61643-11:2006/A11:2007 (oryg.)). PKN-CLC/TS 61643-12:2007, Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems. Selection and application principles (oryg.). PN-EN 61643-21:2004, Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych – Wymagania eksploatacyjne i metody badań. ANSI/IEEE Std. C62.41, 1991.IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits, ANSI/IEEE Std. C62.45,1987.IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits, PN-EN 61643-331:2008,Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia – Część 331: Wymagania dla warystorów z tlenków metali (MOV) (oryg.).

Tabeli 4. Zestawienie podstawowych norm zawierających informacje dotyczące zasad ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej

Zakres tematyczny	Zestawienie norm
Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych	PN-IEC 60364-4-442:1999, 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-HD 60364-4-443:2006, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przez zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi - Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi. PN-IEC 60364-4-444:2001, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed zakłóceniami (EMI) w instalacjach obiektów budowlanych PN-IEC 60364-5-534:2003, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami. PN-HD 60364-5-54:2007, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych (oryg.). PN-EN 60364-5-54:1999, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne. PN-IEC 60364-5-548:2001, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i połączenia wyrównawcze instalacji informatycznych. PN-IEC 60364-7-707:1999, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Wymagania dotyczące uziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych.

Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń

Dodatkowo należy uwzględnić wymagania dotyczące:

- kompatybilności elektromagnetycznej, zwracając szczególną uwagę na poziomy odporności udarowej przyłączy zasilania i sygnałowych urządzeń (tabela 5),
- układania sieci kablowych służących do rozprowadzania sygnałów telewizyjnych, radiofonicznych i usług interaktywnych,
- tworzenia systemów uziomowych, dotyczy to szczególnie obiektów nadawczo-odbiorczych.

Zasób wiedzy technicznej zawarty w przedstawionych normach jest dostateczny do ograniczenia narażeń piorunowych w typowych obiektach budowlanych, w których pracują podstawowe systemy elektroniczne. Przedstawione informacje mogą okazać się niewystarczające w przypadkach dużych obiektów przemysłowych i telekomunikacyjnych, centrów obliczeniowych, elektrowni, lotnisk i innych obiektów zawierających systemy elektryczne i elektroniczne, od których wymagane jest pewne i niezawodne działanie. Wyraźnie widoczny jest brak szczegółowych informacji o występującym zagrożeniu piorunowym i sposobie jego kompleksowego ograniczania.

Uwzględniając powyższe fakty, w niniejszej monografii zwrócona szczególna uwaga na ograniczania zagrożeń piorunowych rozbudowanych systemów elektronicznych

Tabeli 5. Zestawienie podstawowych norm związanych z odpornością udarową urządzeń oraz techniką informatyczną

Zakres tematyczny	Zestawienie norm
Kompatybilność elektromagnetyczna. Badania urządzeń	PN-EN 61000-4-4:2005, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-4: Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych – Podstawowa publikacja EMC (oryg.). PN-EN 61000-4-5:2006, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-5: Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary. PN-EN 61000-4-9:1998, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na impulsowe pole magnetyczne (oraz PN-EN 61000-4-9:1998/A1:2003). PN-EN 61000-4-10:1999, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na pole magnetyczne oscylacyjne tłumione (oraz PN-EN-61004-10:1999/A1:2003). PN-EN 61000-4-12:1999, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na przebiegi oscylacyjne. Podstawowa publikacja EMC.
Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń (wybrane normy)	PN-EN 61000-6-1:2008, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Część 6-1: Normy ogólne - Odporność w środowiskach: mieszkalnym, handlowym i lekko przemysłowym PN-EN 61000-6-2:2008, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Część 6-2: Normy ogólne - Odporność w środowiskach przemysłowych. PN-EN 55014-2:1999/A1:2004, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń - Odporność na zaburzenia elektromagnetyczne. PN-EN 55014-2:1999/ISI:2007, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń - Odporność na zaburzenia elektromagnetyczne. PN-EN 55024:2000, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Urządzenia informatyczne. Charakterystyka odporności. Metodyka pomiaru i dopuszczalne poziomy. PN-EN 62040-2:2008,Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS).Część 2: Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). PN-EN 50130-4:2002, Systemy alarmowe – Część 4: Kompatybilność elektromagnetyczna – Norma dla grupy wyrobów: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów alarmowych pożarowych, włamaniowych i osobistych (oraz PN-EN 50130-4:2002/A2:2007).
Sieci komputerowe	PN-EN 60950: 2002,Bezpieczeństwo urządzeń techniki informatycznej. PN-EN 60950-1:2007,Urządzenia techniki informatycznej - Bezpieczeństwo. Część 1: Wymagania podstawowe (oraz PN-EN 60950:2004/A11:2005). PN-EN 60950-22:2007,Urządzenia techniki informatycznej – Bezpieczeństwo użytkowania. Część 22: Urządzenia instalowane na zewnątrz. PN-EN 50174-2:2002, Technika informacyjna. Instalacje okablowania. Część 2. Planowanie i wykonanie instalacji wewnątrz budynku. PN-EN 50174-3:2005, Technika informatyczna. Instalacja okablowania. Część 3. Planowanie i wykonawstwo instalacji na zewnątrz budynków. PN-EN 50310:07.2007 Stosowanie połączeń wyrównawczych i uziemiających w budynkach z zainstalowanym sprzętem informatycznym.

Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

W obiekcie budowlanym zadaniem układów SPD jest ograniczanie do poziomów bezpiecznych dla instalacji elektrycznej i zasilanych urządzeń:

- zagrożeń stwarzanych przez część prądu piorunowego oddziałującego bezpośrednio na instalację elektryczną podczas bezpośredniego wyładowania w LPS obiektu lub w przewody sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia,
- przepięć atmosferycznych indukowanych oraz przepięć łączeniowych.

Urządzenia do ograniczania przepięć stosowane obecnie w instalacjach elektrycznych wewnątrz obiektów budowlanych zawierają, co najmniej, jeden element nieliniowy „ucinający przepięcie” lub ograniczający jego wartość szczytową. Podstawowe informacje o właściwościach typowych SPD przeznaczonych do montażu w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Charakterystyka urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

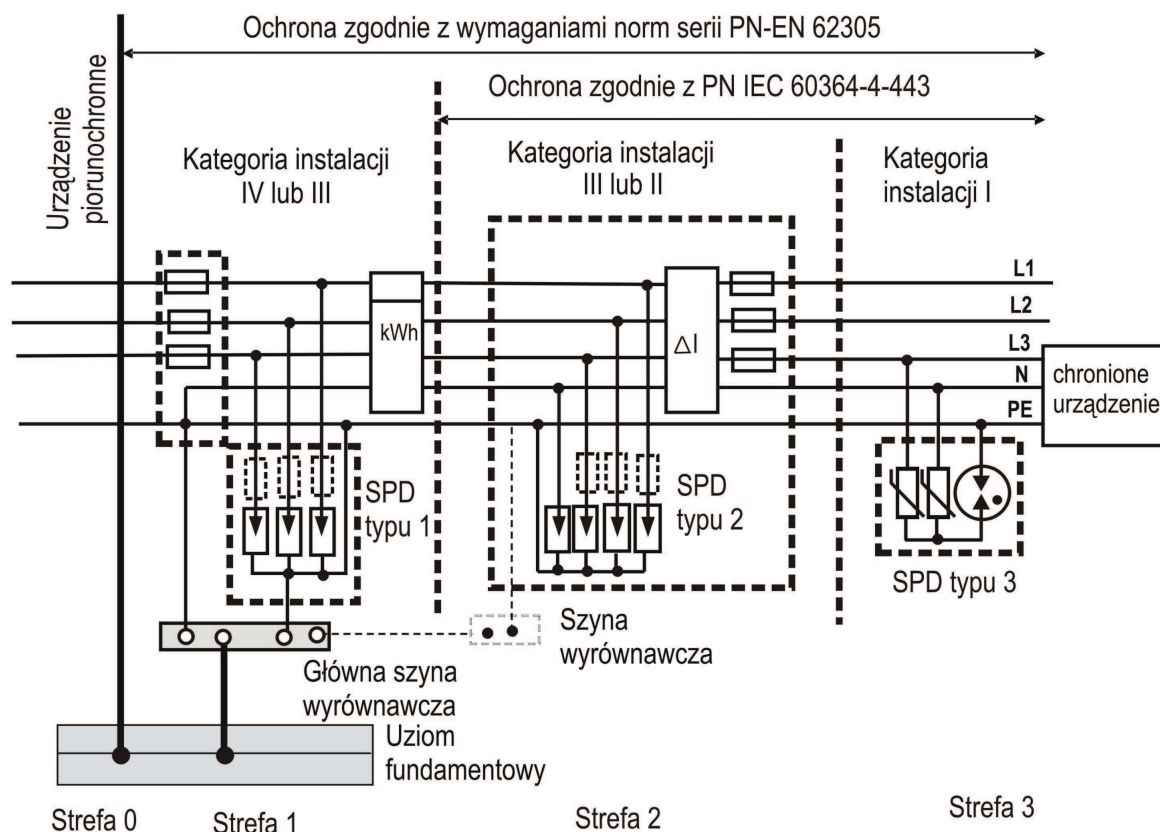
Typ SPD	Klasa prób	Przeznaczenie
Typ 1	Klasa I	Ograniczanie zagrożeń stwarzanych przez rozplywający się prąd piorunowy, przepięcia atmosferyczne oraz wszelkiego rodzaju przepięcia łączeniowe, wyrównywanie potencjałów instalacji wchodzących do obiektu budowlanego.
Typ 2	Klasa II	Ograniczanie przepięć atmosferycznych indukowanych, wszelkiego rodzaju przepięć łączeniowych lub przepięć „przepuszczonych” przez urządzenia ograniczające przepięcia typu 1.
Typ 3	Klasa 3	Ograniczanie przepięć atmosferycznych indukowanych oraz przepięć łączeniowych powstających w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.
Typ SPD		Właściwości
Ucinający napięcie		Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na występowanie udaru napięciowego. Elementy stosowane do „ucinalnia napięcia” - iskierniki *, rury gazowe, tyrystory i triaki.
Ograniczający napięcie		Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu prądu udarowego i napięcia. Podstawowe elementy - warystory* i diody ograniczające.
Kombinowany		Zawiera zarówno element ucinający napięcie jak i element ograniczający napięcie. Mogą one ucinać napięcie, ograniczać napięcie lub spełniać te obie funkcje w zależności od charakteru doprowadzonego napięcia (np. równoległe lub szeregowo połączenie iskiernika z warystorem).
* najczęściej stosowane elementy,		

W zależności od przeznaczenia, urządzenia do ograniczania przepięć powinny być poddane próbom klasy I, II lub III. W kolejnych rozdziałach urządzenia do ograniczania przepięć badane zgodnie z wymogami prób poszczególnych klas będą nazywane odpowiednio SPD typu 1, 2 lub 3.

Ogólną zasadę rozmieszczania układów SPD różnych typów w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym, w zależności od strefy zagrożenia piorunowego oraz kategorii instalacji, przedstawiono na rys. 1.

Dobierając właściwości poszczególnych układów SPD należy uwzględnić:

- wymaganie skoordynowania podziału energii udarów pomiędzy układy SPD zgodnie z ich zdolnościami do jej pochłaniania,
- wymagania dotyczące poziomów znamionowych napięć udarowych wytrzymywanych przez urządzenia w różnych miejscach instalacji elektrycznej (tabela 7).
- poziomy wytrzymałości udarowej przyłączy zasilania chronionych urządzeń.



Rys. 1. Wielostopniowy system układów urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

Tabela 7. Wymagane znamionowe napięcia udarowe wytrzymywane urządzeń

Znamionowe napięcie instalacji [V]		Wymagane napięcie udarowe wytrzymywane dla [kV]			
Sieć trójfazowa	Sieć jednofazowa z punktem środkowym	Urządzeń w/przy złączu instalacji (wytrzymałość udarowa kategorii IV)	Urządzeń rozdzielczych i obwodów odbiorczych (wytrzymałość udarowa kategorii III)	Odbiorników (wytrzymałość udarowa kategorii II)	Urządzeń specjalnie chronionych (wytrzymałość udarowa kategorii I)
-	120-240	4	2,5	1,5	0,8
230/400	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5
1 000	-	Wartości uzależnione od konstrukcji sieci			
Kategoria I - adresowana do konstruktorów urządzeń.					
Kategoria II - adresowana do komitetów opracowujących normy dla urządzeń dołączanych do sieci do sieci zasilającej.					
Kategoria III - adresowana do komitetów opracowujących normy wyrobów w odniesieniu do materiałów instalacyjnych oraz dla wyrobów specjalnych.					
Kategoria IV - adresowana do zakładów energetycznych i inżynierów nadzorujących sieci.					

Układy odpowiednio dobranych i rozmieszczonych SPD różnych typów powinny zapewnić bezawaryjne działanie urządzeń, nie powodować przerw w ich zasilaniu oraz poprawnie współpracować z innymi urządzeniami w instalacji elektrycznej.

Uwzględniając fakt różnego przeznaczenia i właściwości urządzeń do ograniczania przepięć oddzielnie przedstawione zostaną podstawowe zasady doboru i montażu poszczególnych typów SPD.

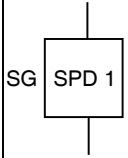
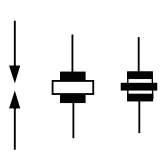
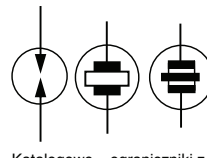
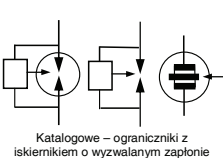
Urządzenia do ograniczania przepięć typu 1

Urządzenie do ograniczania przepięć typu 1 są zalecane do ochrony instalacji elektrycznej oraz przyłączy zasilania urządzeń przed zagrożeniami stwarzanymi przez:

- część prądu piorunowego wpływającego do głównego punktu wyrównywania potencjałów w obiekcie budowlanym podczas bezpośredniego wyładowania w urządzenie piorunochronne tego obiektu,
- rozprzyskający się prąd piorunowy podczas wyładowań w przewody linii napowietrznych lub zakopane kable niskiego napięcia,
- przepięcia atmosferyczne indukowane oraz wszelkiego rodzaju przepięcia łączeniowe dochodzące do obiektu z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia.

W tabeli 8 zestawiono wymagany zakres badań, podstawowe dane techniczne oraz zasady montażu SPD typu 1.

Tabela 8. Podstawowe informacje o SPD typu 1

Zakres	Podstawowe dane				
Zadanie SPD	Ograniczanie przepięć pomiędzy: • przewodami falowymi L1,L2,L3 i przewodem ochronnym PE, • przewodami neutralnym N i ochronnym PE.				
Montaż	Na szynie 35 mm, w gniazdach bezpiecznikowych lub mocowanych bezpośrednio do szyny PE za głównymi zabezpieczeniami zasilania w miejscu wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu. Typowe miejsca montażu: złącze, dodatkowa szafka obok złącza, rozdzielnica główna.				
Zakres badań właściwości ograniczających	Podstawowe badania właściwości ograniczających SPD obejmują próby: • znamionowym napięciem udarowym 1,2/50 μs, • prądem udarowym I_{imp}, (symulujący prąd piorunowy), • znamionowym prądem wyładowczym 8/20 μs.				
Podstawowe parametry	• rodzaj i poziom napięcia znamionowego (napięcie przemienne, stałe lub obydwa napięcia), • największe trwałe napięcie pracy oraz znamionową częstotliwość, • napięciowy poziom ochrony, • największą zalecaną wartość dodatkowego zabezpieczenia nadprądowego (jeśli jest wymagane), • wytrzymałość zwarciovą, • sposób montażu (identyfikacja zacisków, określenie pozycji normalnej).				
Typowe oznaczenie	 SPD typu 1 Ogólne	 SG SPD 1 Ogólne, ogranicznik iskiernikowy	 Katalogowe – ograniczniki z otwartym iskiernikiem	 Katalogowe – ograniczniki z obudowanym iskiernikiem	 Katalogowe – ograniczniki z iskiernikiem o wyzwalanym zapłonie

Zalecane wartości podstawowych parametrów charakteryzujących prądy impulsowe stosowane do badań SPD typu 1 zestawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Podstawowe parametry charakteryzujące prądy stosowane do badań SPD typu 1

PN EN 61643-11			DIN VDE 0675 Teil 6/A1			
I_{imp} (kA)	Q (As) w 10 ms	W/R (kJ/ Ω) w 10 ms	I_{imp} (kA)	Q (As)	W/R (kJ/ Ω)	Kształt udaru
20	10	100	50	25	625	10/350 μ s
10	5	25	20	10	100	
5	2,5	6,25	10	5	25	
2	1	1	5	2,5	6,3	
1	0,5	0,25	2	1	1	
			1	0,5	0,25	
			0,5	0,25	0,063	

W normie PN EN 61643-11 nie określono dokładnie kształtu prądowego udaru probierczego. Wymagane jest jedynie stosowanie prądu udarowego o czasie narastania czoła poniżej 50 μ s i czasie trwania do 10 ms. W normach ochrony odgromowej obiektów budowlanych oraz niemieckich normach dotyczących SPD pojawiają się zalecenia stosowania do badań SPD typu 1 prądu udarowego o kształcie 10/350 μ s.

Zasady doboru i montażu urządzeń do ograniczania przepięć typu 1

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 1 należy umieszczać w pobliżu miejsca wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego. Takim miejscem może być złącze kablowe, dodatkowa szafka obok złącza, rozdzielnica główna niskiego napięcia w obiekcie lub skrzynka obok rozdzielnicy głównej. Dobierając miejsca montażu układów SPD należy uwzględnić nie tylko optymalne warunki ograniczania przepięć, ale również obowiązujące przepisy i zalecenia.

Przykładowe miejsca montażu układu SPD typu 1 w instalacji elektrycznej w zależności od stosowanej ochrony odgromowej obiektu oraz właściwości sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia zestawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Typowe miejsca montażu układu SPD typu 1

Obiekt	Sieć elektroenergetyczna nn	Miejsce montażu
Obiekt budowlany bez urządzenia piorunochronnego	Ułożona w ziemi	Układy SPD typu 1 nie są wymagane
	Linie napowietrzne z długim podejściem kablowym	Układy SPD typu 1 nie są wymagane
	Linie napowietrzne z krótkim podejściem kablowym *	Złącze, szafka obok złącza
	Linie napowietrzne *	Złącze, szafka obok złącza
Obiekt budowlany posiadający urządzenie piorunochronne	Dowolny sposób doprowadzania sieci elektroenergetycznej	Złącze lub szafka obok złącza, jeśli są one na ścianach (lub we wnękach) obiektu
		Rozdzielnice główne w przypadku złącza na zewnątrz obiektu (np. na granicy posesji).
* - w obszarze gdzie występuje ponad 25 dni burzowych lub wymagana jest większa niezawodność urządzeń		

Należy zaznaczyć, że w przypadku obiektu budowlanego posiadającego urządzenie piorunochronne i złącze kablowe na ścianie, układy SPD mogą być montowane w złączu (szafce obok złącza), rozdzielni głównej lub obok rozdzielnicy w zależności od wymagań wynikających z zastosowania kolejnych stopni ograniczania przepięć oraz rozmieszczenia chronionych urządzeń.

Układy iskiernikowych SPD typu 1 ograniczają zagrożenie piorunowe i przepięciowe do krótkotrwałych (trwających od kilkuset nanosekund do kilku mikrosekund) napięć uderowych, które nie powinny być groźne dla początkowej części instalacji elektrycznej, urządzeń tu zainstalowanych oraz dla kolejnych stopni SPD typu 2 lub 3.

Układy połączeń urządzeń do ograniczania przepięć typu 1

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 1 należy instalować za głównymi zabezpieczeniami nadprądowymi w następujących układach połączeń:

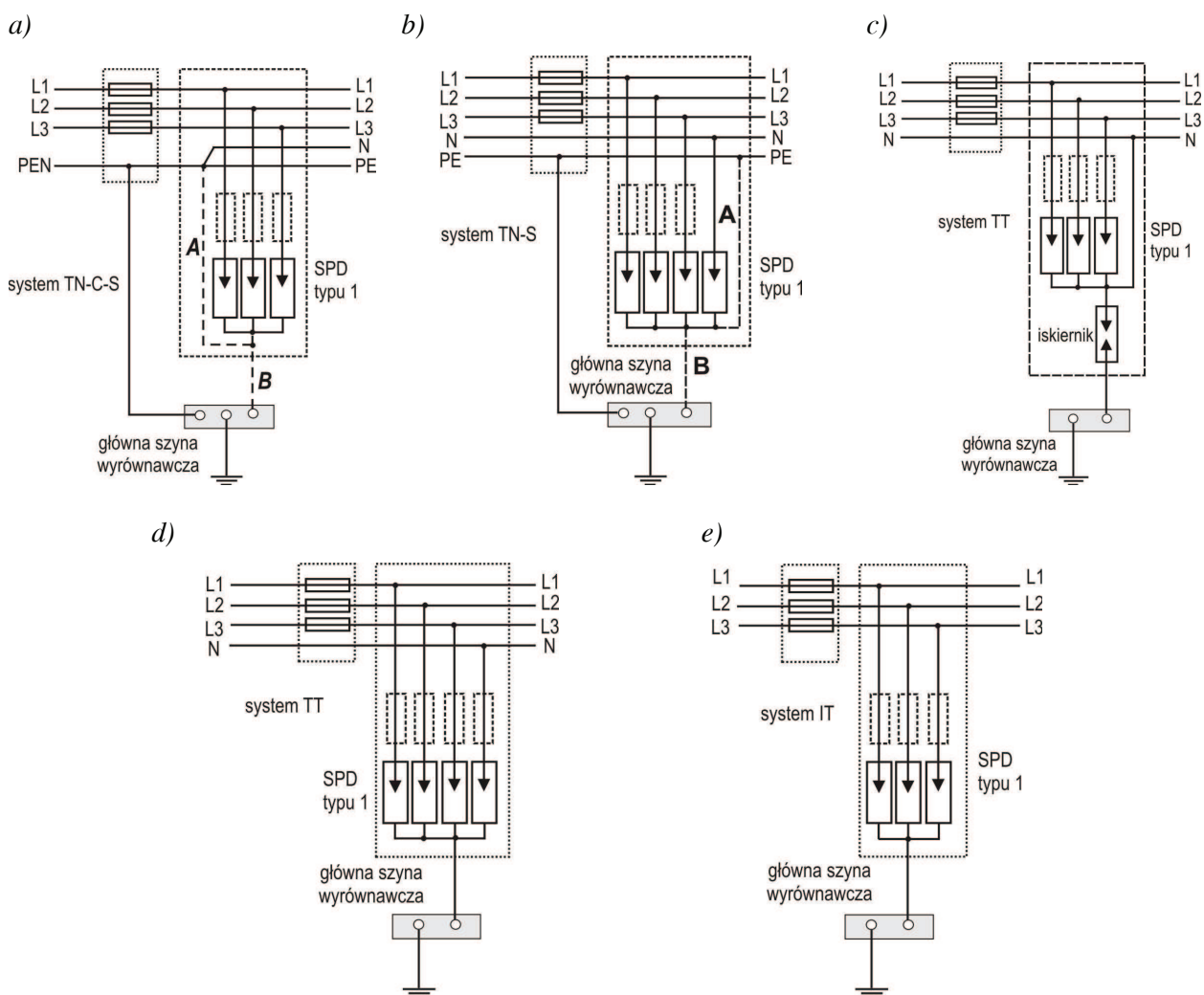
w systemach sieci TN i TT

- jeżeli przewód neutralny jest uziemiony na początku instalacji, między każdy przewód fazowy a główną szynę wyrównawczą,
- jeżeli przewód neutralny nie jest uziemiony na początku instalacji, między każdy przewód fazowy oraz przewód neutralny a główną szynę wyrównawczą.

w systemach sieci IT

- między każdy przewód fazowy a główną szynę wyrównawczą oraz, jeżeli występuje przewód neutralny, między przewód neutralny a główną szynę wyrównawczą.

Na rysunku 2 przedstawiono typowe układy połączeń SPD w różnych systemach sieci.



W sieci systemu TN – należy wybrać korzystniejsze, krótsze połączenie (wariant A lub B).

Rys. 2. Układy połączeń SPD typu 1 w różnych systemach sieci

W normie PN-HD 60364-5-534 zaproponowano podział układów połączeń SPD na trzy typy i w zależności od systemu sieci należy stosowanie jednego z przedstawionych rozwiązań (Tabela 11).

Tabela 11. Typy połączeń urządzeń do ograniczania przepięć

Schemat połączeń SPD		
Połączenie typu A	Połączenie typu B	Połączenie typu C
Zakres zastosowań		
Stosowany w instalacji, w której przewody neutralny N i ochronny PE są bezpośrednio połączone w miejscu montażu układu SPD oraz w pobliżu tego miejsca lub brak przewodu neutralnego N. Stosowany w systemach sieci TN-C oraz IT bez przewodu neutralnego N.	Stosowany w instalacji, w której przewody neutralny N i ochronny PE nie są bezpośrednio połączone w miejscu montażu układu SPD lub w pobliżu tego miejsca. Stosowany w systemach sieci: TN-S oraz IT z przewodem neutralnym N.	Stosowany w instalacji, w której przewody neutralny N i ochronny PE nie są bezpośrednio połączone w miejscu montażu układu SPD lub w pobliżu tego miejsca. Stosowany w systemach sieci: TN-S, TT oraz IT z przewodem neutralnym N.

Stosując układy połączeń przedstawione w tabeli 11 należy również zapewnić skuteczną ochronę przed dotykiem pośrednim oraz, jeśli to będzie wymagane, zastosować dodatkowe zabezpieczenie nadprądowe w obwodzie z SPD.

W tabeli 12 zestawiono wartości szczytowe prądów udarowych, jakie mogą popłynąć w poszczególnych SPD w różnych systemach sieci przy następujących założeniach:

- podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w LPS połowa prądu piorunowego wpływa do uziomu obiektu,
- do obiektu dochodzi tylko instalacja elektryczna, brak innych ciągłych instalacji przewodzących wprowadzanych do tego obiektu.

Tabela 12. Wartości prądu udarowego I_{imp} , jaki może popłynąć w układzie SPD typu 1

Poziom ochrony	Wartości prądu				
	System sieci TN	System sieci TT*	System sieci TT** (prąd w SPD)	System sieci TT** (prąd w iskierniku)	System sieci IT
I	≥ 100 kA / m		≥ 100 kA / m	≥ 100 kA	≥ 100 kA / m
II	≥ 75 kA / m		≥ 75 kA / m	≥ 75 kA	≥ 75 kA / m
III i IV	≥ 50 kA / m		≥ 50 kA / m	≥ 50 kA	≥ 50 kA / m
m - liczba przewodów instalacji dochodzących do budynku, w których może popłynąć prąd piorunowy , np. w systemie TN-S są to L1, L2, L3 N oraz PE - m = 5					

* - układ 4 SPD (połączenie typu B),

** - układ 3 SPD i jednego iskiernika (połączenie typu C).

Tworząc warunki zapewniające ciągłość zasilania i eliminujące przerwy, które mogą wystąpić podczas działania lub uszkodzenia urządzeń do ograniczania przepięć należy wyznaczyć wartości prądów zwarciovych spodziewanych w miejscu montażu układu SPD i porównać z wartościami dopuszczalnymi dla wybranych SPD.

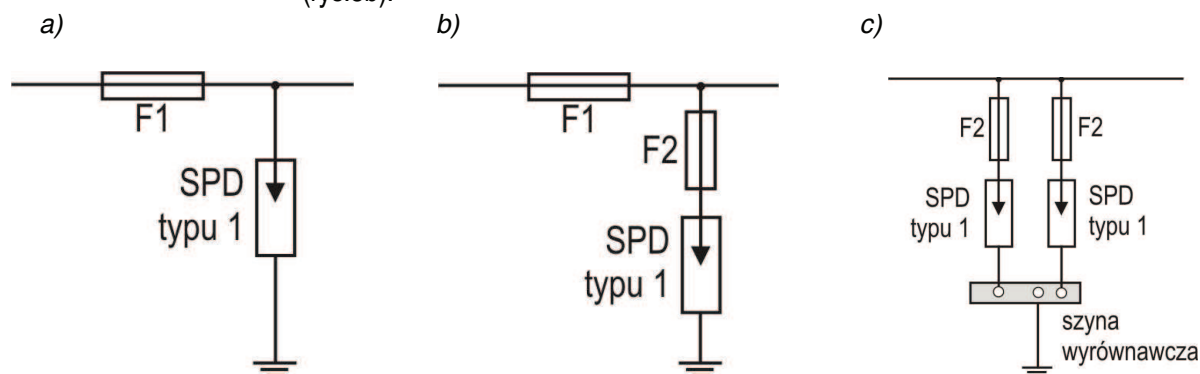
Jeśli wartości prądów zwarciovych są większe od dopuszczalnych to należy zastosować dodatkowe zabezpieczenie nadprądowe połączone szeregowo z SPD.

Najczęściej do „dobezpieczania” SPD stosowane są bezpieczniki klasy gG, które powinny wytrzymać przepływ prądu następczego przynajmniej do chwili jego naturalnego przejścia przez zero. Jeśli SPD nie przerywa prądu następczego, to powinno zadziałać zabezpieczenie.

Najczęściej potrzeba stosowania dodatkowego zabezpieczenia nadprądowego określana jest na podstawie wyniku porównania wartości znamionowych prądów I_{F1} zabezpieczeń nadprądowych, jakie występują przed SPD z dopuszczalnymi wartościami I_{DOP} zalecanymi przez producenta.

W zależności od wyników takiego porównania należy stosować układ:

- $I_{F1} \leq I_{DOP}$ - bez dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych (rys.3a),
- $I_{F1} \geq I_{DOP}$ - posiadający dodatkowe zabezpieczenia nadprądowe włączone w szereg z SPD (rys.3b).



Rys. 3. Układy połączeń SPD typu 1: a) bez dobezpieczeń, b) z dodatkowym bezpiecznikiem F2 włączanym w szereg z SPD, c) 2 układy „dobezpieczonych” SPD

Dobierając urządzenia zabezpieczające F2 zalecane jest stosowanie wskazań producentów urządzeń do ograniczania przepięć.

SPD typu 1 i ich szeregowo zabezpieczenia powinny w sposób pewny wytrzymać wystąpienie napięć dorywczych. Niestety w otrzymanym układzie doprowadzamy do sytuacji, w której zadziałanie dodatkowego bezpiecznika spowoduje wyłączenie SPD i brak możliwości ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej. Zmniejsza się niezawodność takiej ochrony nawet w przypadku monitorowania stanu bezpieczników.

W celu uniknięcia takiej sytuacji należy starać się dobrać SPD bez dodatkowych dobezpieczeń.

Do połączeń SPD typu 1 zalecano początkowo stosowanie przewodów o przekroju wynoszącym, co najmniej 10 mm² Cu. Obecnie pojawiają się wymagania zwiększenia przekroju do 16 mm² Cu. Połączenie układu SPD typu 1 z szyną wyrównawczą można wykonywać przewodem o przekroju min. 16 mm² Cu, lub nawet przewodem o przekroju 25 mm².

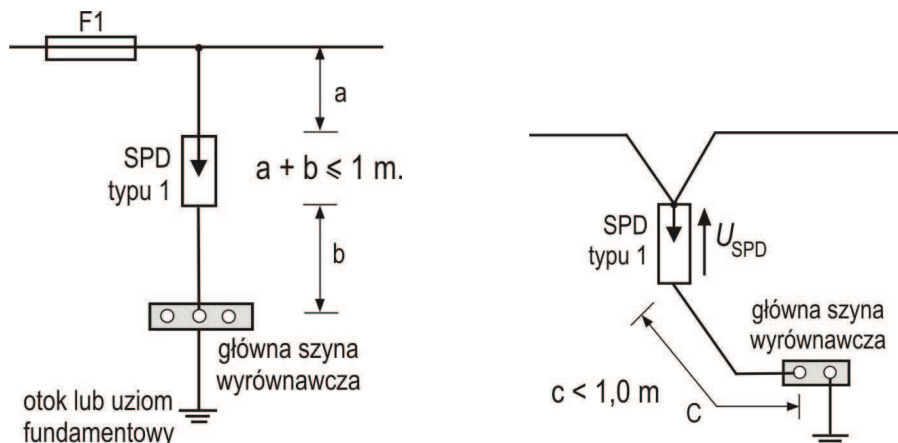
Podstawowe zasady montażu

Oceniając poziomy przepięć „przepuszczonych” do instalacji, należy uwzględnić nie tylko spadki napięć na samych SPD, ale również spadki napięć na przewodach wykorzystywanych do ich połączenia.

Do przybliżonego oszacowania zagrożenia można przyjąć, że przepływ prądu udarowego o stromości narastania 1 kA/μs wywołuje na przewodzie o długości 1 m spadek napięcia o wartości ok. 1 kV. W przypadku rzeczywistych zagrożeń stromości narastania prądów udarowych osiągają wartości od kilku do kilkunastu kA/μs i spadki napięć będą proporcjonalnie większe. Szczególnie duży spadek napięcia występuje na przewodzie łączącym SPD z szyną wyrównywania potencjałów. W przewodzie tym płynie prąd wielokrotnie

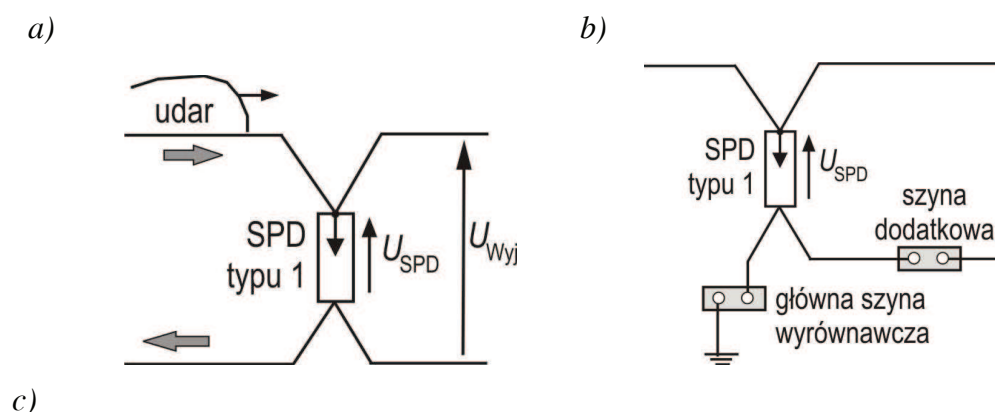
większy od prądu w przewodach łączących SPD z przewodami fazowymi, a dodatkowo długość tego przewodu może być znaczna.

W celu zmniejszenia pojawiającego się zagrożenia układy SPD należy umieszczać w miejscach, w których do ich połączenia można zastosować możliwie najkrótsze przewody. Jeśli jest to możliwe długości przewodów powinny być poniżej 0,5 m, ale nie mogą przekraczać 1 m.



Rys. 4. Zalecane długości przewodów stosowanych do połączeń SPD

Całkowite wyeliminowanie spadków napięć na indukcyjnościach przewodów można osiągnąć stosując tzw. „połączenia V” (rys. 5a, b).



Rys. 5. Eliminacja wpływu spadków napięć na indukcyjnościach połączeń

Urządzenia do ograniczania przepięć stosowane w takich układach połączeń powinny posiadać możliwość podłączenia dwu przewodów do każdego z biegunów (podwójne zaciski).

Zapewnienie poprawnego działania układu SPD typu 1 wymaga także uwzględnienia zagrożeń stwarzanych przez siły elektrodynamiczne działające pomiędzy przewodami, w których płyną prądy udarowe.

Jeśli w układzie połączeń SPD występują odcinki równoległe ułożonych przewodów to można zastosować dodatkowe elementy mocujące te przewody, np. uchwyty kablowe montowane, co ok. 15 – 20 cm.

Dobierając SPD należy również zwrócić uwagę, na jakość wykonania zacisków służących do mocowania przewodów gdyż odpowiednie ich wyprofilowanie zapobiega wysunięciu się przewodu z zacisku podczas działania sił elektrodynamicznych.

W niektórych urządzeniach do ograniczania przepięć typu 1 stosowane są nieosłonięte iskierniki, w których następuje wydmuch gorących, zjonizowanych gazów na zewnątrz SPD podczas przerywania prądu

następczego, W takim przypadku rozmieszczając SPD należy uwzględnić kierunek wydmuchu gazów i określić obszar zagrożenia.

Strefę niebezpiecznego działania gazów określają zwykle producenci SPD. W strefie tej nie należy umieszczać materiałów łatwopalnych, nieizolowanych i ułożonych blisko siebie przewodów elektrycznych oraz urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

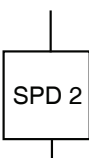
Montując takie urządzenia do ograniczania przepięć w oddzielnych szafkach należy również uwzględnić wzrost ciśnienia, występującego podczas wydmuchu gazów i odpowiednio dobrać wymiary i właściwości szafek.

Należy zauważyć, że powyższe zagrożenie zostało już praktycznie wyeliminowane, gdyż w obecnie produkowanych SPD stosowane są najczęściej iskierniki osłonięte.

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 2

Zadaniem SPD typu 2 jest ograniczanie przepięć do wartości odpowiadającej I lub II kategorii przepięć. Najczęściej wymagane jest ograniczanie przepięć do wartości poniżej 1,5 kV, gdyż takie poziomy przepięć wytrzyma większość przyłączy zasilania urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Zadania SPD typu 2, miejsca ich montażu oraz zakres badań zestawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zadania, miejsca montażu oraz wymagany zakres badań SPD typu 2

Parametr	Charakterystyka		
Zadanie	Ograniczanie przepięć pomiędzy: • przewodami falowymi L1,L2,L3 i przewodem ochronnym PE, • przewodami neutralnym N i ochronnym PE.		
Montaż	Na szynie 35mm lub w gniazdach bezpiecznikowych w miejscach rozgałęzienia instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego (rozdzielnice główne, rozdzielnice oddziałowe, tablice rozdzielcze).		
Zakres badań próby klasy II	Podstawowe badania: • znamionowym prądem wyładowczym I_n, • największym prądem wyładowczym I_{max}, • napięciem udarowym 1,2/50 μs.		
Typowe oznaczenie	 SPD typu 2 Ogólne	 MOV SPD 2 Ogólne, ogranicznik warystorowy	 warystor

Zalecany kształtem prądu wyładowczego znamionowego I_n i największego I_{max} stosowanych do badań SPD typu 2 jest udar o czasie narastania czoła 8 μs i czasie trwania do półszczytu na grzbiecie 20 μs . Wartości szczytowe prądu I_n , który może wielokrotnie przepływać przez SPD typu 2 nie powodując jego uszkodzenia, są wybierane z następującego szeregu wartości: 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 10; 15 i 20 kA. Największy prąd wyładowczy I_{max} powinien być większy od prądu znamionowego I_n .

Do budowy SPD typu 2 najczęściej stosowane są zmiennie-oporowe elementy półprzewodnikowe - warystory.

Typowy SPD może być konstrukcją zwartą lub składającą się z podstawy umożliwiającej montaż oraz wymiowanego modułu z warystorem.

W zależności od rozwiązania montażowego, SPD typu 2 można podzielić na dwie grupy:

- wielopolowe - wykonywane do podstawowych układów sieci trójfazowej, składające się z podstawy umożliwiającej montaż SPD na szynie 35 mm oraz wymiennych modułów,
- jednopolewe - produkowane do montażu na typowej szynie 35 mm lub w gniazdach bezpiecznikowych.

W celu uniknięcia przerw w zasilaniu urządzeń wymagane jest samoczynne odłączanie uszkodzonych SPD typu 2 i widoczne przekazanie informacji o tym zdarzeniu np. poprzez zmianę koloru w „okienku” kontrolnym.

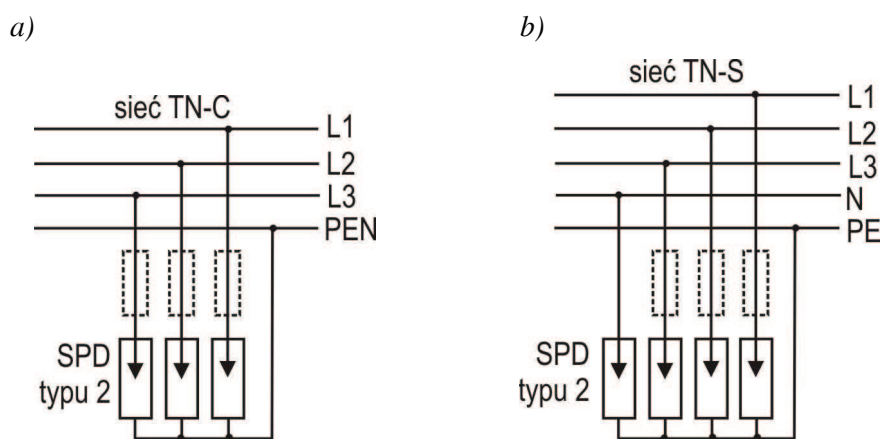
SPD typu 2 może również posiadać dodatkowy zestaw zwierno-rozwierny (przełączalny) umożliwiający tworzenie obwodu elektrycznego, którego elementy (np. lampki, głośniki) sygnalizują uszkodzenie warystora w miejscu dowolnie wybranym przez użytkownika.

Podczas badania izolacji instalacji elektrycznej urządzenia do ograniczania przepięć typu 2 należy odłączyć lub wyjąć moduły z warystorami.

Zasady doboru i montażu

Układy SPD typu 2 mogą być instalowane w miejscu wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego (obiekty bez urządzeń piorunochronnych, zasilane za pomocą linii kablowych ułożonych w gruncie) lub jako drugi stopień ograniczania przepięć (obiekty posiadające urządzenie piorunochronne). Układy połączeń SPD typu 2 są analogiczne, jak w przypadku SPD typu 1.

Stosując SPD w drugim stopniu systemu ograniczania przepięć w układzie sieci TN wskazane jest ich łączenie SPD z przewodem PEN (rys. 6a) lub PE (rys. 6b).



Rys. 6. Układy połączeń SPD typu 2, a) w sieci TN-C, b) w sieci TN-S

Koordynując współdziałanie SPD typu 2 i urządzeń różnicowoprądowych należy, podobnie jak w przypadku SPD typu 1, uwzględnić następujące uwagi:

- wzajemne rozmieszczenie tych urządzeń nie powinno ograniczać ciągłości dostaw energii elektrycznej,
- nie powinno nastąpić zmniejszenie możliwości wykonywania zadań ochronnych przez te urządzenia.

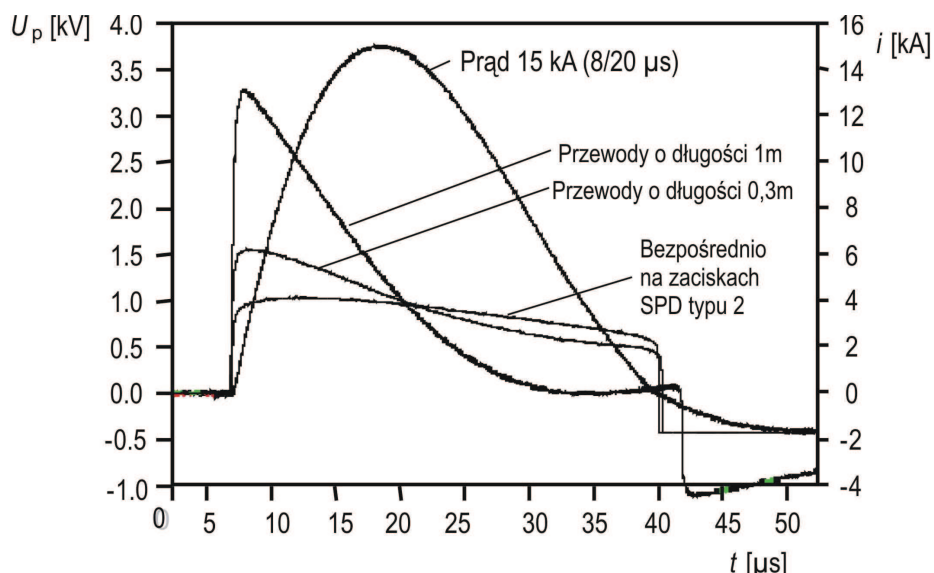
W układach sieci TN, oraz TT (układ połączeń 3 SPD i iskiernik - tzw. połączenie typu C) zalecany sposób jest umieszczanie SPD typu 2 przed wyłącznikami różnicowoprądowymi.

W układzie sieci TT (układ połączeń zawierający 4 SPD – tzw. połączenie typu 2) powinna być zapewniona skuteczna ochrona przed dotykiem pośrednim co stwarza konieczność zainstalowania urządzenia różnicowoprądowego typu S, odpornego na działanie prądów udarowych o wartości co najmniej 3 kA i kształcie 8/20 μ s, przed układem SPD.

Przewody stosowane do połączenia SPD typu 2 powinny być możliwie najkrótsze o długości poniżej 0,5 m (nie mogą być dłuższe niż 1 m). Przestrzeganie tego wymogu jest bardzo ważne, gdyż stosowanie dłuższych połączeń wprowadza do chronionej części instalacji przepięcia o znacznych wartościach.

Przykłady napięć rejestrowanych w układzie składającym się z SPD z dołączonymi przewodami o różnych długościach przy przepływie prądu wyładowczego o wartości szczytowej 15 kA i kształcie 8/20 μ s przedstawiono na rys. 7.

Przepływy prądów udarowych przyspieszają procesy starzeniowe warystorów stosowanych w SPD typu 2.



Rys. 7. Spadek napięcia w obwodzie SPD typu 2 + przewody przy przepływie prądu udarowego 15 kA, 8/20 μs

Wzrastający prąd upływu warystora powoduje wzrost jego temperatury, co może zniszczyć nie tylko warystor i sąsiednie urządzenia, ale również spowodować zagrożenie pożarowe w obiekcie.

Przedstawionemu niebezpieczeństwu zapobiega zainstalowane w SPD urządzenie monitorujące temperaturę warystora lub prąd upływu i w przypadku przekraczania dopuszczalnych wartości odcinające napięcie od warystora oraz przekazujące informację o dokonanym wyłączeniu.

W przypadku przepływu przez SPD prądów udarowych o wartościach przekraczających wartości dopuszczalne może nastąpić uszkodzenie struktury warystora i jego zwarcie.

Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu dodatkowych środków ochrony przed tego rodzaju zagrożeniem należy sprawdzić wartości prądu znamionowego bezpieczników poprzedzających układ SPD.

Jeśli te wartości są większe od wartości określonej w danych katalogowych to należy zastosować urządzenia zabezpieczające wskazane przez producenta połączone w szereg z SPD. Najczęściej są to bezpieczniki klasy gG. SPD typu 2 i ich szeregowo zabezpieczenia powinny w sposób pewny wytrzymać także wystąpienie napięć dorywczych.

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 3

SPD typu 3 zapewniają ochronę przyłączy zasilania urządzeń przed przepięciami atmosferycznymi wywołanymi przez odległe wyładowania atmosferyczne (kilkaset metrów od obiektu) oraz przed przepięciami łączeniowymi powstającymi w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.

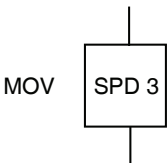
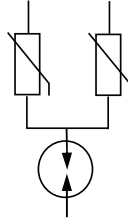
Podstawowe informacje o zadaniach i zasadach montażu SPD typu 3 przedstawiono w tabeli 14.

W rzeczywistych warunkach nie można wyeliminować bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty budowlane lub wyładowań zachodzących w bliskim ich sąsiedztwie, co powoduje, że w instalacji elektrycznej SPD typu 3 współpracują najczęściej z układami SPD typu 1 i 2 tworząc wielostopniowe systemy ograniczania przepięć. Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu SPD typu 3 należy dokładnie przeanalizować celowość takiego rozwiązania uwzględniając:

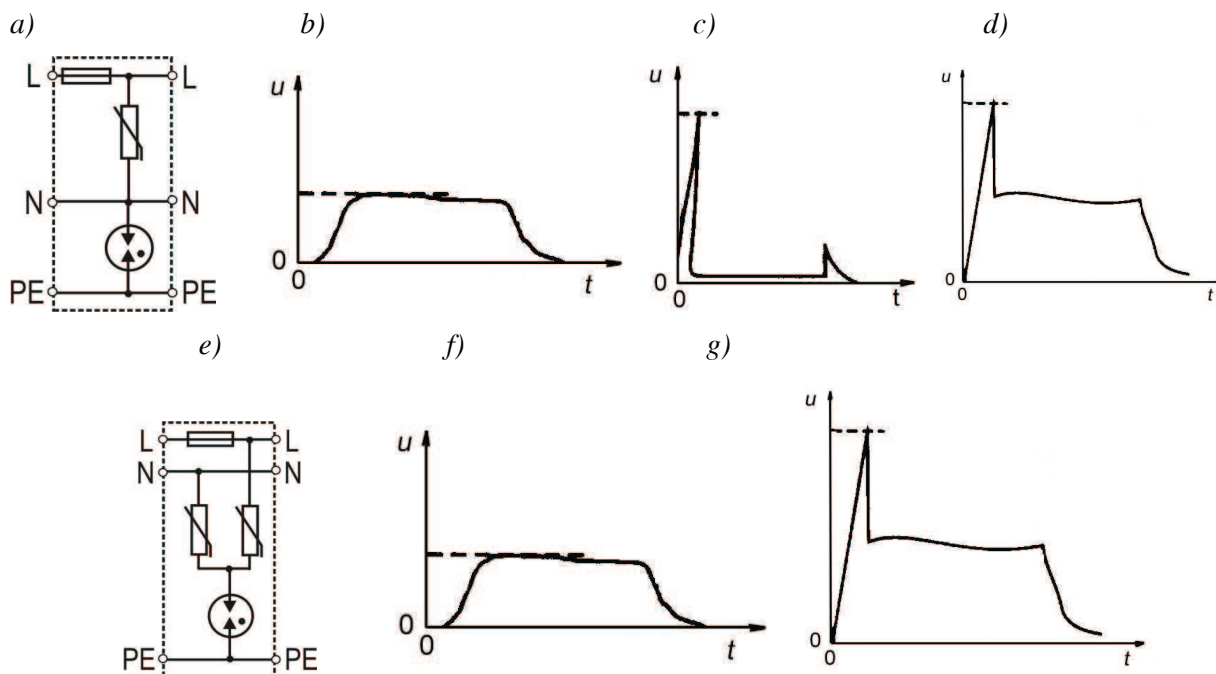
- przyjęty margines koordynacyjny (różnica pomiędzy poziomem odporności udarowej przyłącza zasilania urządzenia a napięciowym poziomem ochrony zainstalowanych SPD),
- sposób ułożenia przewodów od układu SPD typu 2 do chronionych urządzeń (np. ułożenie przy ścianach zewnętrznych, wewnątrz obiektu, w kanałach metalowych),
- istniejące w instalacji układy SPD (np. SPD typu 2 mogą być jedynym układem ochronnym lub współpracować z SPD typu 1 w systemie dwustopniowym).

W zależności od powyższych czynników, dopuszczalna odległość pomiędzy układem SPD typu 2 a chronionym urządzeniem może zawierać się w granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów.

Tabela 14. Podstawowe wymagania dotyczące SPD typu 3

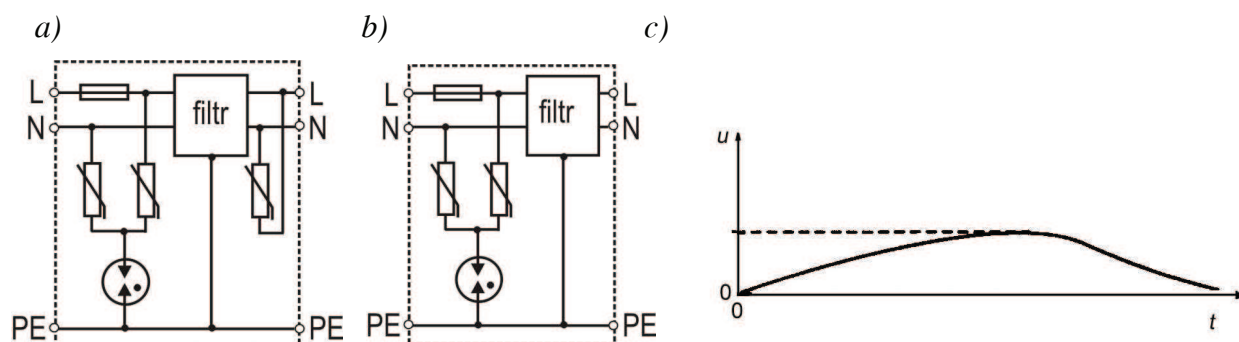
Parametr	Charakterystyka
Zadanie	Ograniczanie przepięć pomiędzy: - przewodami fazowymi a neutralnym, - przewodami fazowymi i neutralnym a przewodem ochronnym PE.
Celowość stosowania	Zastosowanie w przypadku: - występowania zbyt dużych odległości pomiędzy układami SPD typu 2 i chronionymi urządzeniami, - ochrony urządzeń o nieznanej odporności udarowej lub o odporności mniejszej w porównaniu z odpornościami udarowymi przyłączy zasilania pozostałych urządzeń pracujących w danym obiekcie.
Montaż	Na szynie 35mm, w puszkach, gniazdach, w kanałach kablowych, bezpośrednio w gniazdach lub jako układy przenośne wtykane do gniazd, w urządzeniach.
Zakres badań próby klasy III	Badania znamionowym udarem napięciowo-prądowym 1,2/50-8/20.
Typowe oznaczenie	 SPD typu 3 Ogólne  MOV SPD 3 Ogólne, ogranicznik warystorowy 

Przykłady połączeń warystorów i elementów gazowyladowczych w SPD typu 3 przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. SPD typu 3; a), e) schematy połączeń elementów ograniczających przepięcia, b), f) napięcia pomiędzy przewodem L i N, c) napięcie pomiędzy N i PE, d) napięcie pomiędzy L i PE, g) napięcie pomiędzy L i PE oraz N i PE.

W przypadku ochrony czułych urządzeń elektronicznych może wystąpić potrzeba zastosowania dodatkowych filtrów tworzących jeden układ z elementami ograniczającymi przepięcia (rys. 9a i b).



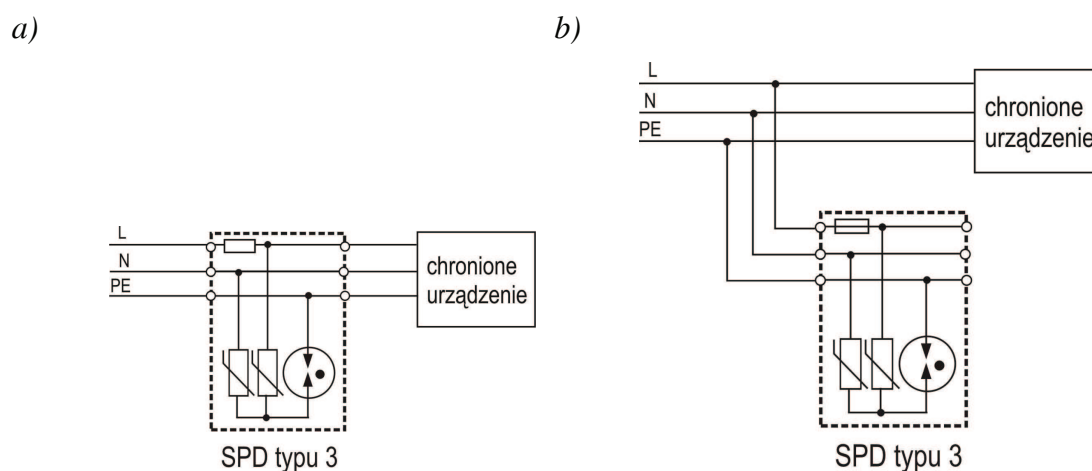
Rys. 9. SPD typu 3 z dodatkowym filtrem), a), b) schematy układów SPD, c) przebieg napięcia na wyjściu SPD

SPD typu 3 powinny posiadać akustyczne lub optyczne wskaźniki uszkodzenia, a w niektórych przypadkach dodatkowe zestyki, które umożliwiają tworzenie obwodów wykorzystywanych do zdalnej sygnalizacji uszkodzenia.

12.3.1. Dobór i instalacja

Dwustopniowy system układów SPD typu 1 i 2 najczęściej zapewnia dostateczne ograniczanie przepięć występujących w instalacji elektrycznej.

W przypadku ochrony czułych urządzeń elektronicznych lub w instalacjach, w których występują przepięcia wewnętrzne o znacznych wartościach szczytowych należy zastosować SPD typu 3 instalowane w połączeniu „szeregowym” bezpośrednio przed chronionym urządzeniem (Rys. 10a).



Rys. 10. Połączenie SPD typu 3; a) szeregowo, b) równoległe

Istnieje również możliwość połączenia „równoległego” SPD typu 3 w przypadku instalacji elektrycznych, w której zastosowano bezpieczniki o większych wartościach prądów znamionowych w porównaniu z wartościami dopuszczalnymi dla wybranego SPD (rys. 10b).

W instalacji elektrycznej SPD typu 3 montowane są za urządzeniami różnicowoprądowymi. Zastosowanie przedstawionych układów połączeń warystorów i iskierników powoduje, że przy ograniczaniu większości przepięć wewnętrznych (przepięcia pomiędzy L i N) nie następuje zbędne zadziałanie urządzeń różnicowoprądowych.

Dodatkowo eliminowany jest prąd upływu pomiędzy przewodem fazowym L lub neutralnych N a ochronnym PE. Należy zauważyć, że prawidłowo dobrany i zainstalowany SPD typu 3 zapewnia ochronę kilku sąsiednich gniazd tej samej jedno- lub trójfazowej instalacji.

Współdziałanie układów urządzeń ograniczających przepięcia różnych typów

Tworząc w instalacji elektrycznej niezawodny, wielostopniowy system ograniczania przepięć należy zapewnić wzajemną koordynację energetyczną pomiędzy układami SPD oraz pomiędzy układami SPD a chronionymi urządzeniami. Dzięki temu uzyskuje się pewność działania tego systemu oraz długotrwałą i bezawaryjną pracę poszczególnych urządzeń ograniczających przepięcia.

Zapewnienie odpowiedniego podziału energii prądów udarowych pomiędzy układami SPD różnych typów wymaga posiadania podstawowych informacji dotyczących:

- charakterystyk napięciowo-czasowych iskiernikowych SPD typu 1,
- charakterystyk prądowo-napięciowych warystorowych SPD typu 2,
- napięciowych poziomów ochrony SPD,
- przyszłego rozmieszczenia układów SPD w instalacji elektrycznej.

Dodatkowo należy uwzględnić wymagania wynikające z zasad strefowej koncepcji ochrony odgromowej.

Zasady tworzenia wielostopniowego systemu ograniczania przepięć

Przystępując do tworzenia w instalacji elektrycznej systemu ograniczania zagrożeń stwarzanych przez rozpryskujący się prąd piorunowy oraz napięcia udarowe należy sprawdzić, jakie środki ochrony odgromowej zastosowano w obiekcie (zewnętrzna i wewnętrzna ochrona odgromowa) oraz dokonać oględzin ich aktualnego stanu. Jeśli przy tworzeniu urządzenia piorunochronnego wyznaczano wymagany poziom ochrony to przy doborze SPD typu 1 należy przyjąć wartości szczytowe prądu piorunowego wynikające z przyjętego poziomu. Tworząc system ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej należy uwzględnić zestawione poniżej wymagania:

- Wartości szczytowe prądów udarowych I_{imp} poszczególnych SPD uzależnione są od przyjętego poziomu ochrony urządzenia piorunochronnego obiektu.
- Liczbę SPD i sposób ich połączeń należy dostosować do układu sieci oraz wymaganej kategorii przepięciowej.
- Układy SPD należy rozmieścić w taki sposób, aby zapewniały ograniczenie przepięć do poziomów leżących poniżej wytrzymałości udarowej przyłączy zasilania urządzeń.
- Wytrzymałość zwarciovą SPD należy dostosować do spodziewanej wartości prądu zwarcia, jaki może wystąpić w miejscu zainstalowania SPD.
- Powinna być zapewniona koordynacja rozkładu energii na poszczególne SPD różnych typów.
- Zalecenia dotyczące minimalnych przekrojów poprzecznych przewodów zalecanych do połączeń SPD zestawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Minimalne przekroje poprzeczne przewodów zalecanych do łączenia SPD różnych typów

SPD	Materiał	Przekrój poprzeczny przewodów		
		PN-EN 62305-4 ¹⁾	EN-62305-4.Ed.2	HD 60364-534
SPD typ1	Cu	5 mm ²	16 mm ²	16 mm ²
SPD typ 2		3 mm ²	6 mm ²	4 mm ^{2 2)}
SPD typ 3		1 mm ²	1 mm ²	----

¹⁾ - podane przekroje (zacięte pola) są za małe i w kolejnych wydaniach normy EN 62305 zostały zwiększone

²⁾ - 4 mm² lub nie mniejszy niż przewody fazowe lub 4 mm² jeśli przewody fazowe większe niż 4 mm².

- Zachować, zgodnie z zaleceniami producenta, najmniejsze dopuszczalne odległości pomiędzy SPD a chronionymi urządzeniami oraz iskiernikowymi SPD typu 1 a innymi urządzeniami w miejscu montażu SPD (w przypadku wydmuchu gazów na zewnątrz SPD).

Dobierając SPD typu 1 i 2 i tworząc w instalacji elektrycznej systemy ograniczania przepięć zalecane jest przestrzeganie zaleceń zestawionych w tabeli 16.

Tabela 16. Podstawowe zasady doboru urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej

Typ SPD	Zasady doboru
SPD typu 1	• Układy SPD powinny być instalowane za zabezpieczeniami głównymi, w pobliżu miejsca wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego posiadającego urządzenie piorunochronne (złącze kablowe, szafka obok złącza, rozdzielnica główna). • Układ połączeń SPD powinien być dobrany odpowiednio do układu sieci. • Należy określić skuteczną wartość napięcia trwałej pracy SPD oraz poziom ograniczenia napięć udarowych. • Przewody wykorzystywane do przyłączenia SPD powinny być możliwie najkrótsze (długość poniżej 0,5m, nie przekraczając 1 m). W przypadku trudności z zachowaniem wymaganych długości przewodów należy zastosować SPD z podwójnymi zaciskami w układzie połączeń typu „V”. • Układając przewody łączące SPD należy uwzględnić możliwości oddziaływania na nie sił dynamicznych wywołanych przez rozprzeczający się prąd piorunowy. • Określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych instalowanych w szereg z SPD. • Stosując SPD z „otwartymi” iskiernikami należy uwzględnić zagrożenie stwarzane przez wydmuch gazu lub dobrać SPD z obudowanymi iskiernikami. • Dobrać SPD o ograniczonych wartościach prądach następczych w celu wyeliminowania zadziałań głównych zabezpieczeń nadprądowych. • Sprawdzić wymagania dotyczące miejsca montażu urządzeń różnicowoprądowych względem układu SPD.
SPD typu 2	• Układ połączeń SPD powinien być dobrany odpowiednio do układu sieci. • Miejsce montażu układu SPD uzależnione jest od jego zadań. W przypadku układu dwustopniowego są to rozdzielnice na poszczególnych kondygnacjach, rozdzielnice oddziałowe, tablice rozdzielcze wewnątrz obiektu. Jeśli nie występuje zagrożenie oddziaływaniem prądu piorunowego to układy SPD typu 2 można instalować w miejscu wprowadzania instalacji do obiektu (zamiast układu SPD typu 1). • Określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych w szereg z SPD. • Przewody wykorzystywane do przyłączenia SPD powinny być możliwie najkrótsze (długość poniżej 0,5m, nie przekraczając 1 m). • Sprawdzić wymagania dotyczące miejsca montażu urządzeń różnicowoprądowych względem układu SPD. • Należy zachować wymagane odległości pomiędzy układami SPD typu 1 i 2. • Jeśli zachowanie wymaganych odległości pomiędzy SPD typu 1 i 2 jest niemożliwe do realizacji należy zastosować indukcyjności sprzęgające lub SPD typu 1 o obniżonych napięciowych poziomach ochrony. • Podczas badania izolacji instalacji elektrycznej warystorowe SPD typu 2 powinny zostać odłączone lub, jeśli istnieje taka możliwość, należy wyjąć wkładki z warystorami.

Uwzględniając informacje o poziomach odporności udarowej przyłączy zasilania urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz przedstawione zasady doboru SPD opracowano przedstawione poniżej szczegółowe etapy postępowania przy tworzeniu wielostopniowego systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej.

Stosując przedstawione zasady doboru SPD można tworzyć wielostopniowe systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej zapewniające pewną i niezawodną ochronę urządzeń. Dodatkowo w tabeli 17 przedstawiono skutki niewłaściwego doboru i montażu SPD.

Tabela 17. Zestawienie podstawowych błędów przy montażu SPD i ich skutki

Opis błędnego rozwiązania	Skutki wywołane przez błędne rozwiązania
Zbyt długie przewody stosowane do połączeń SPD.	Uszkodzenie chronionych urządzeń. Uszkodzenie SPD w kolejnym stopniu ograniczania przepięć.
Słabe mocowanie przewodów łączących SPD (działanie sił elektrodynamicznych) .	Wrywanie przewodów z zacisków SPD lub z innych zacisków wykorzystanych do połączenia przewodów. Uszkodzenie chronionych urządzeń.
Stosowanie przewodów o zbyt małych przekrojach do połączeń SPD.	Uszkodzenie przewodów, z możliwością eksplozji włącznie. Uszkodzenie skrzynki z układem SPD. Uszkodzenie chronionych urządzeń.
Niewłaściwe rozmieszczenie SPD różnych typów.	Uszkodzenie SPD w systemie ochrony przed przepięciami. Uszkodzenie chronionych urządzeń.
Badanie wytrzymałości izolacji instalacji z zainstalowanymi SPD typu 2 lub 3.	Uszkodzenie SPD podczas badań.
Wydmuch gazów na zewnątrz SPD.	Uszkodzenie urządzeń w sąsiedztwie ograniczników. Uszkodzenie skrzynki z układem SPD. Zwarcie w instalacji, jeśli w strefie wydmuchu znajdują się nieizolowane przewody ułożone obok siebie.

Eksploatacja i konserwacja urządzeń do ograniczania przepięć

Urządzenia do ograniczania przepięć, dotyczy to szczególnie SPD typu 1, jako część urządzenia piorunochronnego powinny być poddawane oględzinom w terminach wymaganych przez obowiązujące normy ochrony odgromowej. Tworząc programy przeglądów i konserwacji należy określić częstość ich przeprowadzania oraz dokładny zakres, który powinien obejmować:

- sprawdzenie dokumentacji technicznej,
- oględziny,
- dokonanie prób,
- wykonanie dokumentacji sprawdzania.

W przypadku rozbudowy, uzupełnień lub innych zmian w obiekcie lub w instalacji elektrycznej należy sprawdzić potrzebę uzupełnienia w systemie ograniczania przepięć.

Sprawdzania układów SPD, podobnie jak urządzenia piorunochronnego, powinien dokonywać specjalista z dziedziny ochrony odgromowej.

Podczas przeglądu należy sprawdzić, czy nie ma oznak wskazujących na uszkodzenie ograniczników lub zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych zainstalowanych w połączeniu szeregowym z ogranicznikami.

Przeprowadzenie dokładnych badań właściwości urządzeń do ograniczania przepięć wymaga zastosowania specjalistycznego sprzętu. Takie badania mogą być przeprowadzone tylko przez odpowiednio przygotowane laboratoria i praktycznie nie istnieje możliwość ich wykonania w czasie kontroli stanu technicznego eksploatowanych układów SPD.

Dodatkowo należy zauważyć, że większość iskiernikowych SPD typu 1 nie posiada wskaźników poprawnego działania i praktycznie ich właściwości nie są monitorowane w czasie eksploatacji. Jeśli nawet takie wskaźniki są instalowane to najczęściej ich wskazania nie określają stanu zużycia elektrod oraz rzeczywistych napięciowych poziomów ochrony SPD.

Przeciętny użytkownik, jeżeli nie występują ekstremalne przypadki zniszczenia SPD typu 1, nie ma możliwości sprawdzenia ich właściwości.

W przypadku iskiernikowych SPD typu 1 można tylko próbować ocenić ich aktualny stan na podstawie pomiarów statycznego napięcia zapięcia iskierników lub rezystancji izolacji przy określonym napięciu.

W pierwszej metodzie pomiarowej doprowadzamy do SPD narastające napięcie przemienne lub stałe i określamy napięcie zapięcia iskierników. Do tego celu można wykorzystać typowe źródła regulowanych napięć stałych lub przemiennych.

W przypadku drugiej metody, przed przystąpieniem do pomiaru rezystancji izolacji, należy uzyskać informacje o wymaganym napięciu probierczym i wartości rezystancji izolacji, jaka wystąpi przy tym napięciu. Odczytu należy dokonać po 5 sekundach od chwili doprowadzenia o zacisków SPD napięcia o określonej wartości np. 500 V.

Producenci SPD typu 2 powinni zapewnić samoczynne ich odłączania z instalacji elektrycznej, jeśli nastąpi uszkodzenie warystora. Informacją o uszkodzeniu SPD i jego „odłączeniu” jest zmiana koloru w „okienku kontrolnym” w przypadku ograniczników instalowanych na szynie 35 mm. SPD przeznaczone do montażu w gniazdach bezpiecznikowych posiadają dodatkowe „bolce”, które wysuwają się przy ich uszkodzeniu.

Urządzenie do ograniczania przepięć może również posiadać dodatkowy zestyk zwierzno-rozwierny (przełączalny) umożliwiający tworzenie obwodu elektrycznego, którego elementy (np. głośniki, lampki) sygnalizują uszkodzenie SPD w miejscu dowolnie wybranym przez użytkownika. Posiadanie powyższych wskaźników uszkodzenia umożliwia uzyskanie informacji o stanie SPD w ramach prowadzonych oględzin.

Dodatkowo użytkownik, poza kontrolą wskaźnika uszkodzenia, może sprawdzić:

- napięcie zadziałania warystora przy doprowadzeniu do niego narastającego napięcia stałego,
- poziom napięcia wywołujący w warystorze przepływ prądu o określonej wartości, wynoszącej najczęściej 1 mA.

Urządzenia SPD typu 3 powinny posiadać akustyczne lub optyczne wskaźniki uszkodzenia, a w niektórych przypadkach dodatkowe zestyki, które mogą być wykorzystywane do zdalnej sygnalizacji uszkodzenia.

Okresy pomiędzy poszczególnymi sprawdzaniami układów SPD są analogiczne jak w przypadku urządzenia piorunochronnego.

Przestrzeganie powyższych zasad powinno zapewnić pewną i niezawodną ochronę urządzeń przed napięciami i prądami udarowymi, jakie mogą wystąpić w instalacji elektrycznej.