

PORADNIK

elektro.info.pl

Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa



Drodzy Czytelnicy,

sierpniowe burze, które przeszły nad Polską, poważnie dały się odczuć nie tylko operatorom sieci elektroenergetycznych, ale i odbiorcom energii elektrycznej - zarówno indywidualnym, jak i przedsiębiorcom czy instytucjom. Wyładowania piorunowe w połączeniu z huraganowymi podmuchami wiatru i obfitymi opadami sparaliżowały zarówno duże metropolie, jak i mniejsze miasta i wsie. „Energetycznemu zniszczeniu” uległy zerwane linie, jak również obiekty niezabezpieczone przed uderzeniami pioruna.

Niestety nadal spotkać się można z sytuacjami, kiedy nie wszyscy inwestorzy, administratorzy i użytkownicy budynków są świadomi faktu (lub ten fakt ignorują), iż pewne i bezawaryjne działanie systemów i urządzeń elektrycznych i elektronicznych, częstokroć kluczowych dla funkcjonowania firmy czy naszego bezpieczeństwa, zdrowia i życia, wymaga zastosowania nie tylko elementów zasilania gwarantowanego (zasilaczy UPS i zespołów prądowórczych), ale i odpowiednio dobranych oraz rozmieszczonych urządzeń odgromowych i przeciwprzepięciowych.

Z przyjemnością przekazujemy w Państwa ręce pierwsze wydanie e-booka poświęconego tej właśnie tematyce. Prezentujemy w nim szereg specjalistycznych artykułów branżowych ekspertów oraz prezentacje firm, które w ramach swojej oferty dostarczają produkty służące ochronie odgromowej i ograniczające przepięcia.

Życzymy miłej lektury!

Redakcja elektro.info

Spis treści

Projektowanie instalacji odgromowych według PN-EN 62305	4
Uziemienie pośrednie ekranów kabli sygnałowych – prezentacja	16
Prawidłowy dobór i koordynacja energetyczna ograniczników przepięć	24
ODGROM – wsporniki do mocowania ochrony odgromowej – prezentacja	34
Podstawowe zasady ochrony odgromowej i przepięciowej w instalacjach fotowoltaicznych	36
Instalowanie uniwersalnych ograniczników przepięć w obwodach dystrybucji zasilania, które chronią też przed częściowymi prądami piorunowymi – prezentacja	42
Finder – nowe ograniczniki przepięć typu 3 i linii sygnałowych – prezentacja	46
Niebezpieczeństwo pożarowe spowodowane niestosowaniem instalacji odgromowej	50
Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa stacji paliw	54
Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa obiektów budowlanych	60
Jak prawidłowo dobrać ograniczniki przepięć?	68
Urządzenia służące do ochrony sieci elektroenergetycznych SN przed przepięciami	76
Rozwój zasad ochrony odgromowej budowli i ich wyposażenia	82
Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa obiektów budowlanych	92
Prawidłowe i nieprawidłowe dobezpieczenie ograniczników przepięć niskiego napięcia	100
instalowanie uniwersalnych ograniczników przepięć w obwodach dystrybucji zasilania, szafach automatyki jak i innych	106
Wymiarowanie urządzenia piorunochronnego w zależności od klasy LPS.	112
Katalog firm.	125

odgrom

PHOENIX
CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

MERSEN

RST

finder®
SWITCH TO THE FUTURE

Redakcja

Adres redakcji

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 65 61
faks 22 810 27 42
redakcja@elektro.info.pl
www.elektro.info.pl

elektro.info.pl

Redakcja

Anna Kuziemska
akuziemska@elektro.info.pl

Reklama

Karolina Rosa
krosa@medium.media.pl

MEDIUM
GRUPA

Grupa MEDIUM

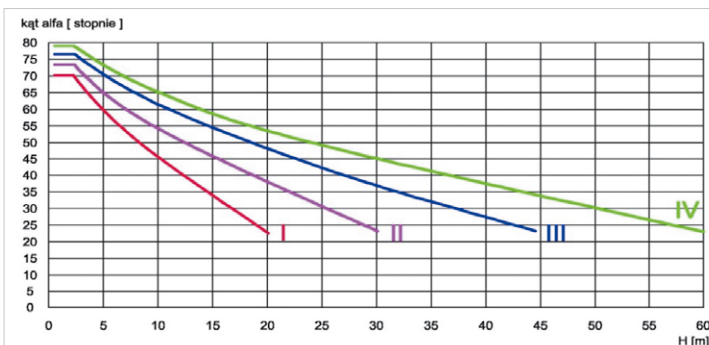
Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K.
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42
ISBN 978-83-64094-10-1

projektowanie instalacji odgromowych według PN-EN 62305

mgr inż. Tadeusz Masłowski – Elko-Bis Systemy Odgromowe Wrocław

Istotnym elementem zabezpieczenia obiektu budowlanego jest zewnętrzna ochrona odgromowa. Jej zadaniem jest bezpieczne sprowadzenie ładunku piorunowego najkrótszą drogą do ziemi. Wyladowania atmosferyczne mogą wywołać porażenia ludzi i zwierząt, mogą też spowodować pożar. Prądy piorunowe mogą być przyczyną uszkodzeń instalacji, urządzeń elektrycznych oraz konstrukcji. Tematem artykułu jest tak zwana ochrona odgromowa zewnętrzna. Obejmuje ona urządzenia i elementy związane ze zwodami, przewodami odprowadzającymi i uziomami.

Często w zapisach umów pomiędzy inwestorami a firmami ubezpieczeniowymi pojęcie instalacji odgromowej rozszerza się o instalację przeciwprzepięciową. Dlatego w tytułach i opisach opracowań projektowych dobrze jest precyzyjnie określać zakres dokumentacji. Systemy instalacyjne oraz ich elementy muszą spełnić wymogi Polskich Norm oraz posiadać stosowne dopuszczenia i certyfikaty. Wymagania dostosowane do przepisów Unii Europejskiej nakładają na uczestników procesu budowlanego obowiązki, których spełnienie jest niezbędne dla prawidłowego wykonania i użytkowania instalacji odgromowych. Instalacje odgromowe stały się w procesie realizacji inwestycji bardzo wyspecjalizowaną branżą. Często w różnych publikacjach



Rys. 1. Podstawowe zależności kąta ochronnego od wysokości płaszczyzny odniesienia

streszczenie

Wprowadzona do stosowania norma PN-EN 62305 kreuje nowe zasady projektowania i wykonywania instalacji odgromowych. Kwalifikuje ona obiekty budowlane do czterech klas ochrony odgromowej LPS na podstawie analizy ryzyka utraty zdrowia i życia istot żywych, utraty dóbr materialnych oraz utraty dostawy mediów. Norma PN-EN 62305 stanowi opracowanie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, które jest tłumaczeniem – bez jakichkolwiek zmian – Normy Europejskiej EN 62305, stanowiącej wprowadzenie – bez jakichkolwiek zmian – Normy Międzynarodowej IEC 62305. Ten dosłowny przekaz wymaga jeszcze wielu uszczegółowień, wyjaśnień i interpretacji, z uwagi na sposób tłumaczenia, jak również zawartą treść.

Klasa LPS	Metoda ochrony			Typowe odległości między przewodami odprowadzającymi i pomiędzy przewodami otokowymi
	Promień toczony kuli r , w [m]	Wymiary siatki zwodów W , w [m]	Kąt ochronny α	
I	20	5 × 5	Patrz rysunek 1.	10
II	30	10 × 10		10
III	45	15 × 15		15
IV	60	20 × 20		20

Tab. 1. Podstawowe parametry w metodach do wyznaczania stref ochronnych

ugruntowały się w świadomości projektantów i wykonawców. Projektowanie instalacji odgromowych obejmuje fazę inwestycyjną, jak również eksploatacyjną, kiedy w obiekcie zostają wprowadzone zmiany architektoniczne, konstrukcyjne lub instalacyjne. Wtedy należy dostosować istniejącą instalację odgromową do zamierzonych zmian. Projektując instalacje odgromowe warto korzystać ze sprawdzonych narzędzi informatycznych, takich jak Elko-Bis CAD, za pomocą których można wykonać grafikę inżynierską, obliczenia numeryczne i graficzne stref ochronnych, obliczenia odstępów izolacyjnych, weryfikację odległości masztów od paneli fotowoltaicznych dla uniknięcia niepożądanego koncentracji cienia oraz specyfikacje materiałowe.

stan prawny dotyczący projektowania instalacji odgromowych

Konieczność stosowania norm polskich w zakresie projektowania instalacji odgromowej wynika z następujących dokumentów:

- Ustawa o normalizacji z dnia 12 września 2002 r.,
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z kolejnymi zmianami,
- zestawu norm PN-EN 62305 Ochrona odgromowa,
- normy PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi,
- zestawu norm PN-EN 62561 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC).

Polski Komitet Ochrony Odgromowej 22 października 2012 r. zajął stanowisko wobec innych interpretacji prawnych powołujących się m.in. na Ustawę o normalizacji, dopuszczających wiedzę techniczną ponad postanowienia polskich norm. PKOO podtrzymuje obligatoryjność polskich norm w projektowaniu instalacji odgromowych. Takiemu stanowisku przeciwstawiają się dystrybutorzy zwodów odgromowych pionowych z wczesną emisją strimera (ang. ESE – Early Streamer Emission), nazywanych powszechnie „zwodami aktywnymi”. Powołują się oni na normę francuską NF C 17-102 (2011) i inne dokumenty.

Znane są również dokumenty przeciwne ESE, takie jak:

- raport z badań porównawczych laboratorium Uniwersytetu Manchester (Wielka Brytania), gdzie jednoznacznie wykazano, że „zwody aktywne” są mniej skuteczne niż zwody klasyczne o tej samej wysokości,
- wyrok sądu w stanie Arizona (USA), który zakazał reklamowania „zwodów aktywnych”.

W tej sytuacji projektanci muszą samodzielnie wybrać podstawowe kryteria projektowania. Wybory te powinny jednak bazować na przekonaniu o ich słuszności i zapewnieniu sobie bezpieczeństwa. W dzisiejszych czasach świadomość techniczna firm ubezpieczeniowych dotycząca instalacji odgromowych jest coraz wyższa. Nieprawidłowo zaprojektowana i wykonana instalacja odgromowa może zostać zakwestionowana na etapie budowy obiektu w trybie nadzoru inwestorskiego lub w trakcie eksploatacji obiektu budowlanego w sprawach roszczeniowych związanych z odszkodowaniami.

Norma PN-EN 62305 Ochrona odgromowa zawiera zestaw czterech arkuszy:

- część 1: Zasady ogólne,
- część 2: Zarządzanie ryzykiem,
- część 3: Uszkodzenie fizyczne obiektów i zagrożenie życia,
- część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne.

analiza ryzyka według normy PN-EN 62035

W drugim arkuszu normy PN-EN 62305 przedstawiono algorytmy do obliczania ryzyka jako podstawy do określenia klasy ochrony odgromowej.

Norma PN-EN 62305 wprowadza nowe kryteria i parametry projektowania instalacji odgromowej w odniesieniu do trzech oddzielnych grup dotyczących środków ochrony do redukcji ryzyka:

- szkód fizycznych i zagrożenia życia w obiekcie,
- awarii urządzeń elektrycznych i elektronicznych w obiekcie,
- szkód fizycznych i awarii urządzeń usługowych przyłączonych do obiektu.

Analiza ryzyka prowadzi do identyfikacji typów strat, ustalenia i obliczania komponentów ryzyka i przyjęcia środków ochrony, dla których ryzyko jest dopuszczalne.

Przyjęcie danej klasy ochrony odgromowej skutkuje przyjęciem określonego systemu instalacyjnego i wymiarowania stref ochronnych. Wartość zaprojektowanej w ten sposób instalacji dopisuje się do budżetu inwestycji. W przypadku nieprawidłowo przyjętej klasy ochrony odgromowej wartość instalacji może się zwiększyć. Wtedy działania naprawcze mogą spowodować roszczenia skierowane do projektantów. Analiza ryzyka zawiera około 140 parametrów. Wobec takiej liczby parametrów i trudności w ich ocenie interpretacje mogą prowadzić do różnych wyników. Dlatego środowisko projektantów oczekuje innych alternatywnych metod określania klasy

ochrony odgromowej. Wzorem innych krajów można przyjąć uproszczone tabele kwalifikacji różnego rodzaju obiektów budowlanych do określonej klasy LPS. Można też wprowadzić ustalenie klasy LPS przez firmy ubezpieczeniowe, lokalne urzędy budowlane lub pożarnicze. Istnieją programy komputerowe wspomagające analizę ryzyka. Przykładem takiego programu jest program IEC Risk Calculator, aplikacja załączona do normy PN-EN 62305. Należy jednak pamiętać, że większość tego typu programów ma znaczne ograniczenia, które pozwalają na korzystanie z nich w przypadkach bardzo prostych obiektów budowlanych. Obecnie na rynku dostępne są dwa programy mające uniwersalne algorytmy do obliczeń ryzyka:

ALRISK, program dostępny za pośrednictwem Internetu – Politechnika Warszawska (2007 r.),

Dehn Support – program komercyjny zawierający moduł do obliczeń ryzyka, jak również moduł graficzny do wyznaczania stref ochronnych i odstępów izolacyjnych.

Zdarzają się jeszcze przypadki, kiedy to projektanci stosują do wyznaczenia klasy ochrony odgromowej program GromExpert według normy PN-IEC 61024-1. Działania te nie są uprawnione według obowiązujących obecnie norm PN-EN 62305.

Trzeci arkusz PN-EN 62305 zawiera najczęściej wykorzystywane informacje dotyczące zasad projektowania i wykonawstwa instalacji odgromowych. To bogaty materiał podzielony na części:

REKLAMA



Zamów prenumeratę

elektro info

FORMULARZ
ZAMÓWIENIA

Zamawiam prenumeratę:

Zaznacz wybraną opcję krzyżykiem i wpisz, od którego numeru chcesz zacząć prenumeratę

☐ dwuletnią – 235 zł	☐ roczną – 130 zł	☐ półroczną – 80 zł	☐ edukacyjną – 80 zł	☐ próbną (kolejne 3 numery) – bezpłatną
od numeru	od numeru	od numeru	od numeru	od numeru

Nazwa firmy

Ulica i numer

Kod pocztowy

Miejscowość

Osoba zamawiająca

Rodzaj działalności

NIP

Telefon kontaktowy

E-mail

Administratorem Państwa danych osobowych jest Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K., nr KRS: 0000537655, z siedzibą w 04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info.
Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty.
Przysługuje Pani/Panu prawo do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Data: Podpis:

Wysyłka będzie realizowana po dokonaniu wpłaty na konto: Volkswagen Bank Polska S.A., 09 2130 0004 2001 0616 6862 0001

- urządzenie piorunochronne (LPS),
- zewnętrzny LPS,
- wewnętrzny LPS,
- konserwacja i sprawdzanie LPS,
- środki ochrony przed porażeniem istot żywych napięciami dotykowymi i krokowymi,
- uszczegółowienia w formie załączników różnych tematów związanych.

W trzecim arkuszu normy PN-EN 62305 znajdziemy informacje między innymi:

- jakie mamy klasy ochrony LPS,
- jakie należy przyjąć parametry w każdej klasie dla wyznaczania stref ochronnych,
- jakie są zakresy stosowania i ograniczenia dla poszczególnych metod wyznaczania stref ochronnych,
- jakie materiały i ich wymiary należy stosować dla poszczególnych elementów instalacji,
- jakie są zasady rozmieszczania poszczególnych urządzeń instalacji odgromowych,
- jakie są zasady budowy poszczególnych elementów instalacji odgromowej,
- kiedy należy dokonywać sprawdzeń i przeglądów instalacji odgromowej,
- jakie są zmiany w odniesieniu do wcześniej obowiązujących norm PN-86, PN-89 np.:
- stosowanie drutu do zwodów i przewodów odprowadzających $\varnothing 8$,
- zalecana rezystancja uziemienia 10Ω .

projektowanie instalacji odgromowych na etapie projektu budowlanego

Projektowanie instalacji odgromowej rozpoczyna się w fazie projektu budowlanego. Ta faza projektowa jest kluczowa w zakresie koordynacji z innymi branżami. Często projektanci traktują projekt budowlany jako wstępny do uszczegółowienia w projekcie wykonawczym. Już w projekcie budowlanym należy zebrać informacje dotyczące szczegółów konstrukcyjnych, budowlanych i instalacyjnych budynku, które będą potrzebne do wyboru systemów ochronnych zapewniających odpowiednie strefy ochronne, odstępy izolacyjne i uziomy. Na tym etapie projektant branży elektrycznej powinien kształtować świadomość całego zespołu projektowego i wpływać na rozwiązanie innych branż (szczególnie klimatyzacyjno-wentylacyjnej) dla możliwości zaprojektowania prawidłowej ochrony odgromowej. Praktyka potwierdza, że w wielu przypadkach działania te są niewystarczające i problemy do rozwiązania są z reguły najtrudniejsze.

ochrona odgromowa płaskich połaci dachowych

Dla powierzchni płaskich norma PN-EN 62305 deleguje podstawowy sposób ochrony odgromowej oparty na tak zwanej metodzie siatki zwodów (potocznie „oczek”). Dla każdej z klas LPS określone są w lokalnym układzie współrzędnych kartezjańskich na dachu dla osi rzędnych

MGR INŻ. JULIAN WIATR, MGR INŻ. MARCIN ORZECOWSKI

Instalacje elektryczne do zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru

PODSTAWY PLANOWANIA
I PROJEKTOWANIA

NOWOŚĆ
na rynku wydawniczym!
Ponad 200 stron!



ZAKRES TEMATYCZNY

- elementy teorii pożaru
- zasilanie budynku; źródła zasilania obwodów instalacji przeciwpożarowych
- baterie akumulatorów stosowane w instalacjach przeciwpożarowych
- przeciwpożarowy wyłącznik prądu (PWP): wymagania i zasady projektowania
- wpływ temperatury na jakość dostarczanej energii elektrycznej oraz pracę zasilanych urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru
- dobór przewodów do zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru
- oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne, sterowanie oddymianiem oraz innymi urządzeniami przeciwpożarowymi, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru
- ochrona przeciwporażeniowa w instalacjach elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru

Cena dla prenumeratorów
elektro.info: **37 zł**

Cena regularna: **45 zł**

Tylko składając zamówienie na kzareba@medium.media.pl nie zapłacisz kosztów przesyłki!

i odciętych takie same nieprzekraczalne wielkości siatek zwodów. Przy obecnym nasyceniu dachów w różnego rodzaju urządzenia wyniesione metoda ta musi być rozpatrywana z metodami wyznaczania stref ochronnych tworzonych przez zwody pionowe (potocznie „maszty”).

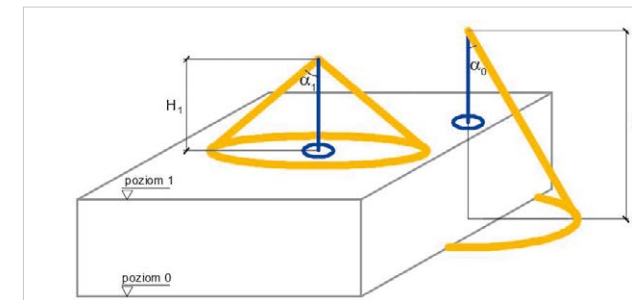
metody wyznaczania stref ochronnych tworzonych przez zwody pionowe

Przy wymiarowaniu stref ochronnych obiektów wyniesionych ponad dach stosujemy metody określone w części nr 3 normy PN-EN 62305 pkt. 5.2.2. Metoda kąta ochronnego polega na wyznaczaniu stref ochronnych za pomocą stożka, którego parametry określa rysunek, załącznik do tablicy 2 zeszytu nr 3 normy PN-EN 62305.

Tę metodę można stosunkowo łatwo stosować graficznie w środowisku 2D. Dla danej klasy ochrony odgromowej LPS oraz płaszczyzny odniesienia określony jest kąt ochronny alfa, który jest kątem pomiędzy osią a tworzącą stożka. Jeżeli maszt odgromowy jest na tym samym poziomie co obiekt chroniony, to płaszczyzna odniesienia jest wysokością stożka. Jeżeli obiekt chroniony jest na poziomie poniżej poziomu, na którym ustawiony jest chroniący go maszt odgromowy, płaszczyzną odniesienia jest wysokość masztu powiększona o odległość między tymi poziomami.

Metoda kąta ochronnego podlega ograniczeniom wysokości zwodu od płaszczyzny odniesienia. Na przykład w klasie LPS IV może być stosowana do 60 m, w klasie LPS I do 20 m. Metoda kąta ochronnego jest odpowiednia dla budynków o prostych kształtach.

Metoda toczonej się kuli polega na tworzeniu stref ochronnych w strefach tworzonych przez zewnętrzne powierzchnie wzajemnie przenikających się abstrakcyjnych kuli oraz powierzchnię płaszczyzny odniesienia (zazwyczaj powierzchnię ziemi). Kule te mają promień określony w normie PN-EN 62305 dla każdej klasy LPS. Kule opierają się na szczytach zwodów pionowych oraz pomiędzy zwodami pionowymi a płaszczyzną odniesienia w taki sposób, aby ich przenikające się zewnętrzne powierzchnie tworzyły powierzchnię ciągłą (potocznie „szczelną”). Wtedy, pod tymi powierzchniami zewnętrznymi, jest strefa ochronna. Metoda toczonej się kuli jest metodą uniwersalną do stosowania w każdym przypadku. Jednak praktyczne wyznaczenie stref ochronnych metodą toczonej się kuli jest skomplikowaną operacją graficzną w środowisku CAD 3D (przestrzeń). Większość projektantów w branży elektrycznej pracuje nadal (z przyczyn ekonomicznych) w programach CAD 2D (płaszczyzna). W pewnych przypadkach, kiedy możemy zastosować zwody pionowe ze zwodami poziomymi wysokimi (np. maszty 96516005 Elko-Bis połączone na szczytach linką ALDREY 50 mm²), wyznaczanie stref ochronnych można rozpatrzeć graficznie na rzutniach w programach CAD 2D.



Rys. 2. Graficzne przedstawienie metody stożka

ochrona odgromowa obiektów wyniesionych ponad dach

Obiekty z materiałów przewodzących elektrycznie należy wyizolować od instalacji odgromowej lub ekwipotencjalizować z nią z zachowaniem niezbędnych odstępów izolacyjnych.

Do ochrony metalowych profili konstrukcyjnych, masztów antenowych, kominów można zastosować system zwodów mocowanych na drążkach izolacyjnych o długości dostosowanej do niezbędnych odstępów izolacyjnych. Zwody pionowe budowane w tym systemie prowadzone są od instalacji odgromowej budynku do szczytu obiektu chronionego, gdzie podłączane są do masztów lub iglic odgromowych mocowanych na drążkach izolacyjnych. W zależności od rodzaju podłoża występuje wiele typów mocowań drążków izolacyjnych, między innymi uniwersalne obejmujące z giętkimi taśmami ze stali nierdzewnej. Taśmy te umożliwiają bardzo mobilne mocowania do różnego typu profili, konstrukcji. Obejmuje się nimi dany element i mocuje w zacisku, przy którym jest śruba do montażu drążka izolacyjnego.

Na dachach chronimy nadbudówki i świetliki nawet wtedy, kiedy nie są wyposażone w urządzenia elektryczne (np. klapy dymowe, wentylatory) powyżej gabarytów określonych w zeszycie nr 3 normy PN-EN62305. Metalowe nadbudówki i świetliki muszą mieć ochronę odgromową, jeżeli ich wymiary przekraczają następujące wartości:

- wysokość od poziomemu dachu 0,3 m,
- całkowita powierzchnia nadbudówki 1,0 m²,
- długość nadbudówki 2,0 m.

Ochronie odgromowej podlegają również:

- nieprzewodzące obiekty na dachu, wystające ponad 0,5 m nad powierzchnię dachu,
- komin metalowy i z materiału izolacyjnego.

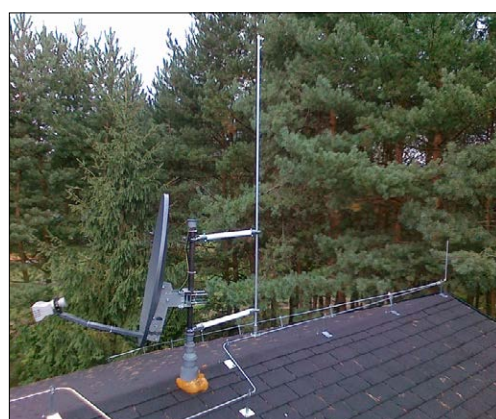
Zwody pionowe można zastosować również w systemowej ochronie całego dachu wraz z istniejącymi na nim obiektami. Rozwiązania takie ograniczają stosowanie zwodów poziomych niskich, które ulegają znacznym uszkodzeniom w zimie podczas odśnieżania dachu.

odstępów izolacyjne w instalacjach odgromowych

Zapewnienie niezbędnych odstępów izolacyjnych uniemożliwia przeskok ładunku – przerwanie przerwy izolacyjnej pomiędzy zwodem odgromowym a metalowym obiektem na dachu związanym z odbiornikiem energii elektrycznej lub teletechnicznej. Takie przebicie przerwy powietrznej może wystąpić w momencie odbioru wyładowania piorunowego przez instalację odgromową i przepływie prądu piorunowego przez dany zwód. Przebicie przerwy

H, w [m]	Klasa LPS I		Klasa LPS II		Klasa LPS III		Klasa LPS IV	
	Kąt ochronny α	Promień ochronny a, w [m]	Kąt ochronny α	Promień ochronny a, w [m]	Kąt ochronny α	Promień ochronny a, w [m]	Kąt ochronny α	Promień ochronny a, w [m]
1	70	2,75	73	3,27	76	4,01	79	5,14
2	70	5,49	73	6,54	76	8,02	79	10,29
3	66	6,74	71	8,71	74	10,46	76	12,03
4	62	7,52	68	9,90	72	12,31	74	13,95
5	59	8,32	65	10,72	70	13,74	72	15,39
6	56	8,90	62	11,28	68	14,85	71	17,43
7	53	9,29	60	12,12	66	15,72	69	18,24
8	50	9,53	58	12,80	64	16,40	68	19,80
9	48	10,00	56	13,34	62	16,93	66	20,21
10	45	10,00	54	13,76	61	18,04	65	21,45

Tab. 2. Kąty i promienie ochronne dla płaszczyzn odniesienia od 1 m do 10 m w różnych klasach LPS



Fot. 1. Ochrona odgromowa anteny satelitarnej

powietrznej może wystąpić w momencie odbioru wyładowania piorunowego przez instalację odgromową i przepływie prądu piorunowego przez dany zwód. Sposób obliczania odstępów izolacyjnych podano w normie PN-EN 62305 w punkcie E.4.2.4.1 Ocena współczynnika kc. Istnieje prostsza metoda do obliczeń odstępów izolacyjnych zawarta w nieprzetłumaczonej z języka angielskiego normie PN-EN 62305:2011. Algorytm tej metody został zaimplementowany do arkusza kalkulacyjnego dostępnego na stronie www.elkobis.com.pl.

ochrona odgromowa obiektów zagrożonych wybuchem

W przypadku obiektów zagrożonych wybuchem obowiązują specjalne zasady projektowania podane w załączniku D (informacyjny) PN-EN 62305. Mają one wpływ na rozmieszczenie zwodów, połączeń wyrównawczych, uziemień i innych elementów. Należy przy tym stosować zasady wymiarowania stref ochronnych określone wyżej.

stosowanie przewodów wysokonapięciowych w instalacjach odgromowych

W przypadku zagęszczenia urządzeń metalowych na połaci dachowej, kiedy nie można uzyskać odstępów izolacyjnych, stosując zwody nieizolowane możemy zastosować systemy ochrony odgromowej z wykorzystaniem przewodów wysokonapięciowych. Należy jednak pamiętać, że odstęp izolacyjny dla danego przewodu wysokonapięciowego i klasy ochrony odgromowej LPS określony jest w dokumentacji producenta dla nieprzekraczalnych długości. Dlatego systemy ochrony odgromowej z zastosowaniem przewodów wysokonapięciowych przy dużych i rozległych obiektach budowlanych na-

wsporniki do mocowania przewodów ochrony odgromowej

odgrom



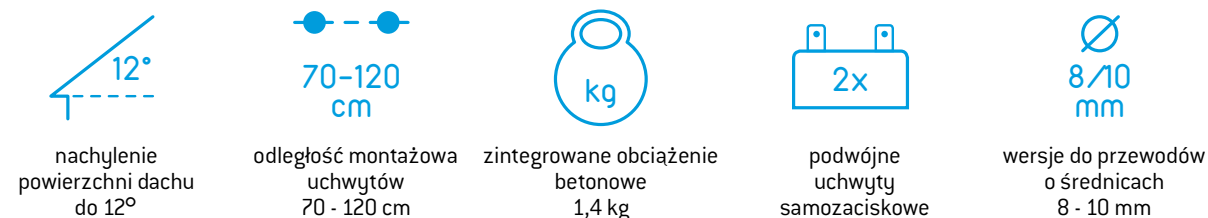
Rodzina produktów **ODGROM OG** to ceniona od lat propozycja trwałych i estetycznych wsporników instalacji odgromowych. Konstrukcja wsporników opiera się o korpus wykonany z wysokiej jakości polietylenu wypełniony rdzeniem betonowym. Wsporniki są odporne na warunki atmosferyczne i zapewniają dobrą stabilność na powierzchni dachu.

Wsporniki **ODGROM OG** mogą być stosowane na wszystkich rodzajach pokryć dachowych, zapewniając najwyższą trwałość instalacji przy zachowaniu wysokiej estetyki.



Najnowsza propozycja jest wspornik **ODGROM OG3** zaprojektowany do stosowania na dachach o podwyższonej palności i zapewniający 11 cm odległości przewodu odgromowego od dachu.

Cechy użytkowe rodziny wsporników ODGROM OG



Wsporniki ODGROM przeszły pozytywnie serię badań odporności na warunki atmosferyczne otrzymując europejski certyfikat zgodności z normą **PN-EN 62561-4:2011**.



PRODUCENT: **ALBOR**
62-095 Murowana Goślina, ul. Polna 10
tel. +48 61 811 88 25
tel. kom. +48 533 353 329
e-mail: biuro@odgrom.pl
www.odgrom.pl

leży traktować jako rozwiązania lokalne skoordynowane z instalacją odgromową nieizolowaną.

Do przewodów wysokonapięciowych stosuje się specjalne maszty odgromowe. Występują rozwiązania w postaci masztów z tworzywa sztucznego z grotem odgromowym lub masztów metalowych z drążkiem izolacyjnym i grotem odgromowym.

projektowanie instalacji odgromowych urządzeń fotowoltaicznych

Oddzielną grupę urządzeń do ochrony odgromowej na dachu stanowią panele instalacji fotowoltaicznych. Poza wymaganymi strefami ochronnymi i odstępami izolacyjnymi przy ochronie tych urządzeń należy wyeliminować niekorzystne zjawisko cienia, jakie może wywołać nieprawidłowa lokalizacja masztu odgromowego. Koncentracja cienia na powierzchni panelu może spowodować wyłączenie części ogniw PV i zredukować zamierzony przez inwestora zys energetyczny. Dlatego powierzchnia dachu, na którym zlokalizowane są panele fotowoltaiczne, powinna mieć wolne strefy umożliwiające lokalizację elementów ochrony odgromowej w sposób spełniający wymagania opisane wyżej.

projektowanie uziomów typu A (pionowych) w instalacjach

Liczba przewodów	Klasa ochrony odgromowej		
	I	II	III
1	x	12,5	18,75
2	14,2	18,49	28,4
3 i więcej	21,3	28,4	42,61

Tab. 3. Graniczne długości przewodu wysokonapięciowego typu Elko-Bis 30000199 dla zachowania odstępu izolacyjnego 0,75 m

Popularnym rodzajem uziemienia są uziomy pionowe, potocznie zwane „szpilkowymi”. Ich wykorzystanie pozwala na montaż czy wymianę bez ingerencji w części budowlane obiektów. Jest to najbardziej mobilny z rodzajów uziomów, stosowany często w budownictwie jednorodzinny oraz tam, gdzie nie ma możliwości montażu innych rodzajów uziemień (np. strefy z nawierzchnią utwardzoną wokół budynku, chodniki, parkingi, drogi wewnętrzne). Uziomy szpilkowe stosuje się także w celu poprawy parametrów uziomów fundamentowych, otokowych i kratowych, które są preferowane dla obiektów z rozległymi systemami elektronicznymi lub z dużym ryzykiem wystąpienia pożaru. W celu zminimalizowania skutków sprzężenia elektrycznego w ziemi, rozkład uziomów pionowych powinien być możliwie najbardziej równomierny. Głowice należy pogrążyć na głębokości nie mniejszej niż 0,5 m od powierzchni ziemi. Praktyka monterska pokazuje, że w celu uzyskania odpowiedniego parametru re-

zystancji, uziom szpilkowy należy pogłębić głębiej niż 3 metry. Uziomy pionowe powinny być elektrochemicznie kompatybilne z elementami instalacji odgromowej, do których są przyłączone, i mieć dużą odporność na korozję. Ciekawym rozwiązaniem patentowym są uziomy pionowe z serii TERRA-GROM. Ich innowacyjność polega na sposobie łączenia kolejnych prętów, do czego wykorzystano mosiężne złączki (tuleje) o karbowanych wnętrzach. Podczas zbijania, pręty uziomowe o wyjątkowo wysokiej powłoce antykorozyjnej (odpowiednio: do 100 µm cynku ogniowego lub 500 µm miedzi), wciskają się w karbowane wnętrza mosiężnej tulei, tworząc z nią nierozzerwalne połączenie. Wysoka powłoka gwarantuje długotrwałość uziomów w warunkach nawet bardzo agresywnych gleb. Uziomy TERRA-GROM dostępne są w średnicach 14,2–201 mm.

literatura

1. PN-EN 62305 Ochrona odgromowa. Część 1, 2, 3, 4.
2. Stanowisko Polskiego Komitetu Ochrony Odgromowej SEP w sprawie stosowania Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych z dnia 22.10.2012 r.

AKTUALNOŚCI
ZE ŚWIATA ENERGETYKI

RELACJE Z IMPREZ
BRANŻOWYCH

ŚLEDŹ NAS NA FACEBOOKU

elektro.info.pl

fb.com/elektroinfopl

NOWOŚCI
WYDAWNICZE

ZAPOWIEDZI
WYDARZEŃ

CIEKAWOSTKI
I INSPIRACJE

uziemiaenie pośrednie ekranów kablí sygnałowych

dr inż. Tomasz Maksimowicz – RST Sp. z o.o.

Kable ekranowane zwiększają poziom odporności elektromagnetycznej systemów elektronicznych. Ekran kabla, aby spełniał swoje funkcje ekranujące, musi być właściwie uziemiony. Najskuteczniejszą ochronę zapewnia obustronne uziemienie ekranu. W niektórych sytuacjach ekran na jednym z końców nie może być jednak bezpośrednio uziemiony ze względów funkcjonalnych lub wynikających z tego zagrożeń. Dotyczy to najczęściej ekranów kablí w rozproszonych obwodach sygnałowych. W takich przypadkach zastosowanie ma uziemienie pośrednie. W niniejszym materiale omówiona zostanie kwestia uziemienia pośredniego ekranów kablí w obwodach sygnałowych.

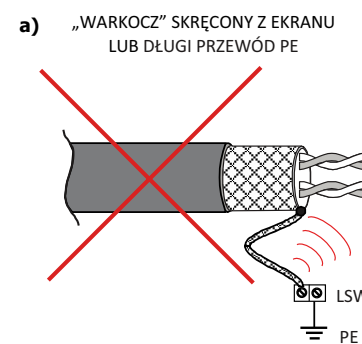
uziemiaenie bezpośrednie

Aby zapewnić skuteczne działanie ekranu elektromagnetycznego, z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej (EMC), należy go właściwie uziemić. Obecnie na rynku dostępnych jest coraz więcej produktów z dziedziny EMC ułatwiających odpowiednie podłączenie ekranu do instalacji wyrównania potencjałów.

Popularne splatanie ekranu w tzw. warkocz lub podłączanie ekranu za pomocą długich przewodów jest rozwiązaniem mało efektywnym, pogarszającym skuteczność ekranowania. Takie podłączenie powoduje, że prądy zakłóceńowe płynące w ekranie mogą promieniować na odsłonięte żyły kabla, powodując indukowanie się w nich zakłóceń (**rys. 1a**).

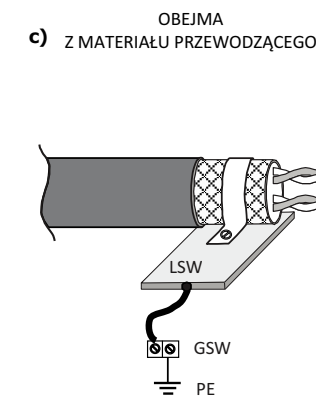
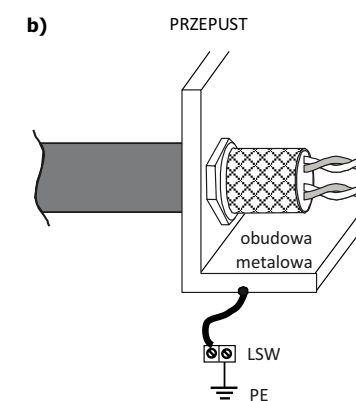
Właściwy sposób podłączenia powinien przede wszystkim zapewnić dobry kontakt elementu uziemiającego z ekranem na całym obwodzie kabla. Dobór sposobu połączenia zależy od zastosowania. Jeżeli kabel wprowadzany jest do metalowej obudowy, to zalecane jest zastosowanie odpowiednich przepustów lub dławic (**rys. 1b, rys. 2a**), które po skręceniu zaciskają się na ekranie, zapewniając bardzo dobry kontakt na całym obwodzie. Warunkiem jest, że obudowa musi być wykonana z materiału przewodzącego i uziemiona. Jeżeli kable wprowadzane są natomiast do wnętrza szafy aparaturowej, np. z kanałów kablowych, lub obudowa jest wykonana z materiału izolacyjnego, to należy stosować odpowiednie obejmy (**rys. 1c**) lub klamry (**rys. 2b, 2c**). Obecnie dostępne są specjalne elementy EMC, które

ROZWIĄZANIE NIEPRAWIDŁOWE



GSW – Główna Szyna Wyrównania Potencjałów
LSW – Lokalna Szyna Wyrównania Potencjałów
PE – połączenie wyrównawcze z układem uziomów

ROZWIĄZANIA PRAWIDŁOWE



Rys. 1. Sposoby uziemiania ekranów kablí: a) „warkocz”; b) przepust; c) obejma

a)



b)



c)



Rys. 2. Rozwiązania do uziemiania ekranów kablí: a) przepust EMC; b) klamra EMC; c) klamra EMC ze sprężyną (zdjęcia: astat.pl)

można zamontować na płaskownikach (np. lokalna szyna wyrównania potencjałów LSW) lub standardowych szynach montażowych 35 mm.

Dobór rozwiązania powinien zawsze zależeć także od jego przeznaczenia. Z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej istotne jest przede wszystkim zapewnienie kontaktu elektrycznego po całym obwodzie. Natomiast, jeżeli takie uziemienie z założenia ma także przewodzić prądy udarowe, które mogą zaindukować się w ekranie, to istotne jest także zapewnienie odpowiedniej siły docisku i przekroje elementów uziemiających. Jest to kwestia istotna w przypadku rozległych systemów, które są bardziej podatne na indukowanie się przepięć, np.: w przypadku ekranowanych linii zewnętrznych do odległych czujników w systemach AKPiA. Jeżeli siła docisku będzie zbyt mała, to przy przepływie prądów udarowych może dochodzić do iskrzenia oraz osmalenia miejsca styku pogarszając tym samym jakość połączenia elektrycznego. Dla przykładu do tego celu bardziej odpowiednie jest rozwiązanie przedstawione na rysunku 2.c, gdzie sprężyna klamry zapewnia odpowiednią siłę docisku i lepszy kon-

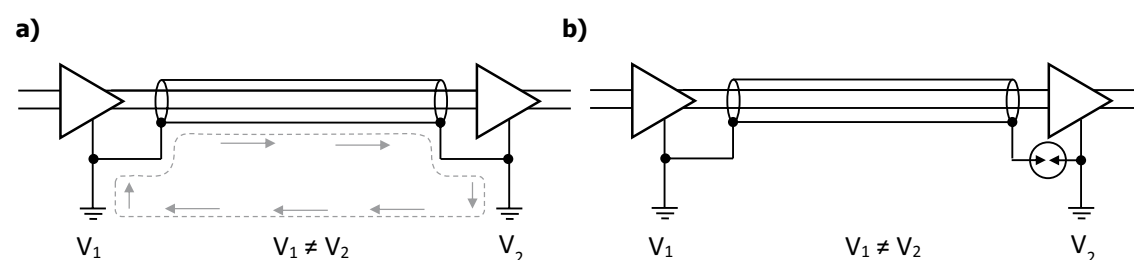
takt elektryczny umożliwiając bezpieczne odprowadzenie prądów udarowych, a nawet częściowych prądów pioruna.

Jak wspomniano we wstępie, bezpośrednie uziemienie ekranu kabla nie zawsze jest możliwe. W niektórych sytuacjach nie jest dopuszczalne ze względów technologicznych lub może nawet prowadzić do zakłóceń systemu.

uziemienie pośrednie w obwodach sygnałowych

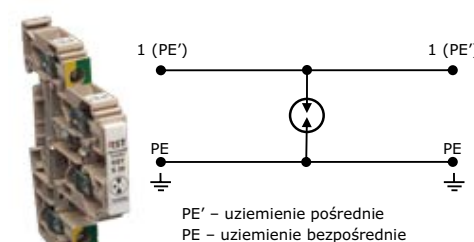
Pośrednie uziemienie ekranu realizowane jest za pomocą elementu nieliniowego, który w warunkach normalnej pracy zapewnia dużą impedancję między ekranem a uziemieniem. Do tego celu w praktyce wykorzystywane są najczęściej odgromniki gazowe (GDT). Odgromniki są elementami typu ucinającego napięcie, co oznacza, że po przekroczeniu określonej wartości napięcia między elektrodami następuje gwałtowna zmiana impedancji elementu z bardzo dużej do bardzo małej stanowiącej niemal zwarcie. Elementy ograniczające napięcie, takie jak diody lub warystory, nie są do tego celu wykorzystywane, między innymi ze względu na ich stosunkowo duże pojemności, które mają istotne znaczenie zwłaszcza w obwodach sygnałowych.

Przykładowo rozważmy rozproszony system pomiarowy AKPiA, w którym do głównej szafy aparaturowej w obiekcie doprowadzone są liczne kable od zewnętrznych czujników rozmieszczonych w terenie. Pomiedzy punktem uziemienia koncentratora a poszczególnymi punktami w terenie może wystąpić znacząca różnica potencjałów ($V_1 \neq V_2$). W takim przypadku obwodem ekranu będą płynąć prądy wyrównawcze (**rys. 3a**), które mogą doprowadzić nawet do jego termicznego przeciążenia. Rozwiązaniem problemu może być zastosowanie specjalnych kabli z podwójnym ekranem lub pośrednie uziemienie ekranu po stronie czujnika. Podłączenie jednego z końców ekranu do uziemienia poprzez odgromnik (**rys. 3b**) zapewnia izolację ekranu od lokalnego punktu uziemienia, dzięki czemu w warunkach normalnej pracy ekranem nie płyną niepożądane prądy wyrównawcze. Element nieliniowy ma za zadanie połączenie ekranu z uziemieniem jedynie w przypadku wystąpienia

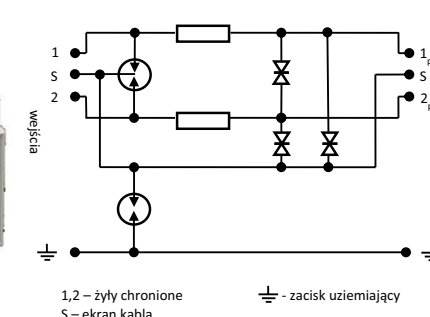


Rys. 3. Różnica potencjałów uziemienia pomiędzy odległymi końcami kabla sygnałowego: **a)** bezpośrednie uziemienie ekranu po obu stronach kabla – przepływ prądów wyrównawczych; **b)** pośrednie uziemienie ekranu po stronie punktu zewnętrznego

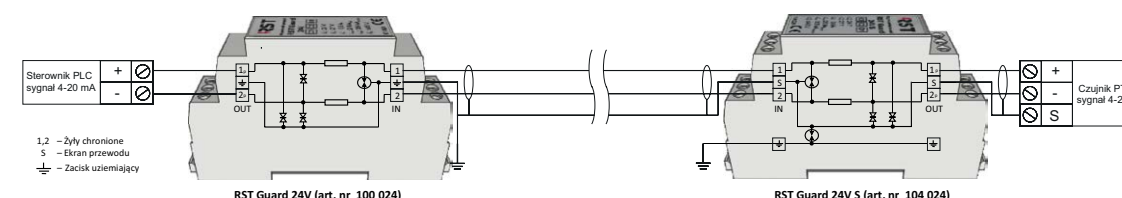
a) RST S20



b) RST Guard24V S



Rys. 4. **a)** Ogranicznik RST S20 do pośredniego uziemienia ekranów **b)** ogranicznik RST Guard 24V S do ochrony pary żył z zaciskiem do podłączenia ekranu



Rys. 5. Ochrona przed przepięciami obwodu pomiarowego w standardzie 4-20 mA z pośrednim uziemieniem ekranu kabla po stronie czujnika

przepięć, np.: powodowanych oddziaływaniem wyładowań atmosferycznych, umożliwiając tym samym odprowadzenie energii zaburzeń do ziemi.

Jednostronne uziemienie pośrednie co prawda zmniejsza efektywność ekranowania kabla, ale pozwala na ograniczenie wpływu różnic potencjałów pomiędzy odległymi punktami uziemiającymi. W powiązaniu z ochroną przed przepięciami może to być zrealizowane w postaci dodatkowego elementu zapewniającego uziemienie pośrednie (np.: RST S20, **rys. 4a**) albo odpowiedniego ogranicznika przepięć posiadającego dedykowany zacisk do podłączenia ekranu. Dla wszelkich obwodów pomiarowych pracujących w standardzie pętli prądowej 4-20 mA zastosowanie znajduje tutaj RST Guard 24V S (**rys. 4b**).

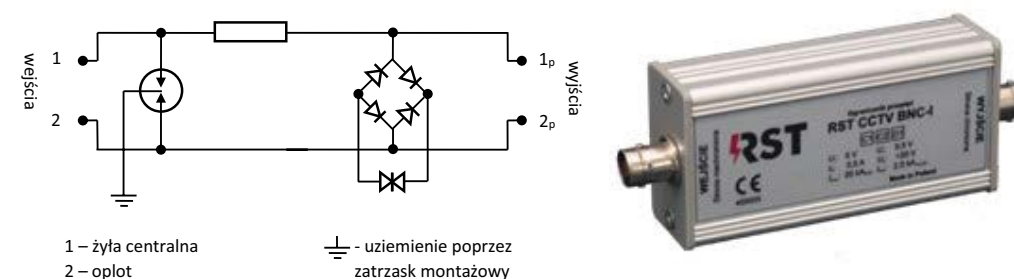
Na **rysunku 5.** przedstawiono przykład ochrony przed przepięciami obwodu pomiarowego w standardzie 4-20 mA. Czujnik zabezpieczony jest w tym przypadku ogranicznikiem RST Guard 24V S, który dzięki specjalnemu zaciskowi (oznaczenie „S”) umożliwia podłączenie i pośrednie uziemienie ekranu kabla. Sterownik, z kolei jest zabezpieczony standardowym ogranicznikiem RST Guard 24V przy którym ekran jest podłączony do zacisku uziemiającego i bezpośrednio uziemiony.

Konieczność pośredniego uziemienia ekranów kabla może wynikać także ze względów technologicznych i wymagań producenta systemu. Taka sytuacja jest spotykana obecnie

bardzo często w przypadku systemów sygnalizacji pożaru SSP. Wielu producentów central systemów ppoż. stawia wymaganie, że ekran pętli dozorowej może być uziemiony wyłącznie przy centrali poprzez podłączenie do wskazanego zacisku. Doziemienie ekranu w innym dowolnym punkcie sygnalizować będzie błąd systemu. Projektowanie w takim przypadku ochrony przed przepięciami zgodnie ze strefową koncepcją wg norm serii PN-EN 62305 wymusza stosowanie specjalnych rozwiązań w postaci ograniczników przepięć umożliwiających pośrednie uziemienie ekranu, takich jak RST SAP 3A 24V S. Taki ogranicznik pozwala na zabezpieczenie linii dozorowej nie tylko bezpośrednio przy centrali, ale także w dowolnym jej miejscu. Zabezpieczenie obwodów sygnalizacyjnych poza centralą jest przykładowo konieczne na każdej z granic stref ochrony odgromowej LPZ. W praktyce są to najczęściej punkty przejścia pętli dozorowej pomiędzy sąsiednimi budynkami. W takim przypadku pętlę należy zabezpieczyć po obu stronach każdego przejścia między budynkami.

Należy przy okazji nadmienić, że z punktu widzenia ochrony odgromowej, na etapie analizy ryzyka, automatyczne instalacje alarmowe SSP mogą być uznane za środek służący do ograniczenia skutków pożaru „**tylko wtedy, gdy są chronione przed przepięciami**” (PN-EN 62305-2:2012, pkt. C.3, Tablica C.4). System sygnalizacji pożaru to także urządzenie elektroniczne. Obwody dozorowe, wykonywane w postaci pętli, są szczególnie narażone na indukowanie w nich przepięć na skutek oddziaływania pola elektromagnetycznego. Może zatem wystąpić sytuacja, gdy bezpośrednio uderzenie pioruna w budynek spowoduje pożar w obiekcie. Na skutek piorunowego impulsu elektromagnetycznego powodowanego przepływem prądu pioruna, system SSP, jeżeli nie jest zabezpieczony skutecznie przed przepięciami, może ulec uszkodzeniu i nie być w stanie zaalarmować o zaistniałym pożarze. Z tego względu należy przyjąć, że w każdym obiekcie wyposażonym w urządzenie piorunochronne LPS, zarówno obwody sygnałowe, jak i zasilające systemów sygnalizacji pożaru powinny być skutecznie zabezpieczone przed przepięciami.

Problem uziemienia występuje także w rozproszonych obwodach telewizji dozorowej (VSS) wykorzystujących 75 Ω kable koncentryczne do transmisji sygnału wizji. W tym przypadku co prawda oplot kabla koncentrycznego stanowi właściwie obwód powrotny, a nie ekran, ale jest to przykład doskonale znany w praktyce i dobrze obrazujący sytuację. W rozległych systemach VSS, z wyniesionymi punktami kamerowymi, w obwodach wizji mogą występować zakłócenia na skutek różnic potencjałów między obiektem, w którym znajduje się centrum dozoru wizyjnego, a punktem kamerowym znajdującym się w terenie. Oplot przy video rejestratorze jest uziemiany i stanowi potencjał odniesienia dla transmitowanych sygnałów. W oddalonych punktach kamerowych, znajdujących się w terenie, potencjał uziemienia może być inny niż na terenie obiektu. Bezpośrednie uziemienie w takim miejscu

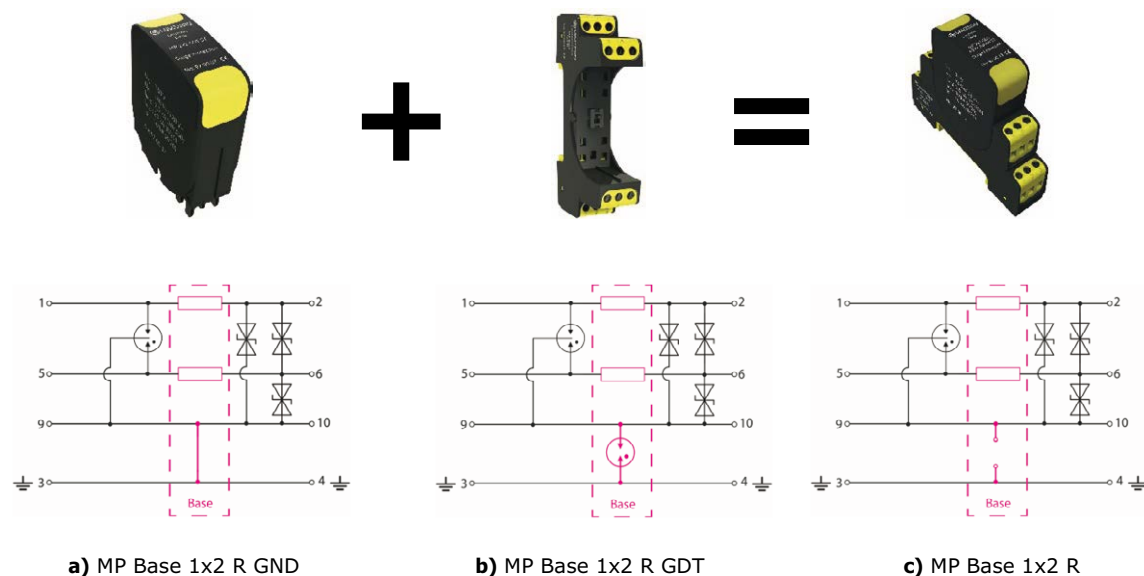


Rys. 6. Ogranicznik RST CCTV BNC-I zapewniający izolację sygnału wizji od uziemienia

(np. uziemienie słupa kamerowego) może prowadzić do zmiany wartości sygnału, powodując jego zakłócenie. W takim przypadku możliwe jest uziemienie pośrednie przy użyciu ogranicznika przepięć, który nie tylko niweluje zakłócenia w transmitowanym obrazie, ale zapewnia także ochronę kamery przed przepięciami (rys. 6.).

Analizując parametry techniczne ograniczników przepięć, można często zauważyć duże różnice pomiędzy wartościami napięciowego poziomu ochrony dla konfiguracji żyła-żyła lub żyła-ekran a konfiguracją ekran-uziemienie (PE). Te pierwsze wynoszą najczęściej około kilkudziesięciu woltów w zależności od wartości znamionowego napięcia pracy. Napięciowy poziom ochrony ekran-uziemienie wynosi natomiast najczęściej około kilkuset woltów. Różnice te wynikają z właściwości elementów zastosowanych pomiędzy poszczególnymi torami. Pomiędzy żyłami i ekranem po chronionej stronie obwodu włączane są diody lawinowe. Są to elementy półprzewodnikowe, typu ograniczającego napięcie, które mogą zapewnić bardzo niski napięciowy poziom ochrony. Pomiędzy ekranem a punktem uziemienia w obwód włączany jest odgromnik gazowy, który stanowi element ucinający napięcie. Napięcie zadziałania GDT jest dużo wyższe niż w przypadku diod i silnie zależy od stromości udaru napięciowego. Wartość U_p wynika z wartości dynamicznego napięcia zapłonu przerwy międzyelektrodowej wypełnionej gazem szlachetnym. Odgromnik zapewnia natomiast bardzo wysoki poziom izolacji w warunkach normalnej pracy i charakteryzuje się znacznie wyższą odpornością udarową. Z punktu widzenia ochrony przed przepięciami, dla obwodów sygnałowych potencjał odniesienia stanowi potencjał ekranu – a więc dla chronionego urządzenia właściwe są napięciowe poziomy ochrony żyła-żyła i żyła-ekran. Wytrzymałość urządzeń rozpatrywana od strony ekran-uziemienie jest zdecydowanie wyższa, a więc napięcie zadziałania odgromnika, zbliżone nawet do wartości 1 kV nie stwarza żadnego zagrożenia.

Dostępne obecnie na rynku najnowsze rozwiązania ograniczników przepięć pozwalają na dowolny sposób uziemienia ekranu. Dla przykładu w modułowych ogranicznikach przepięć serii MP produkcji LEUTRON, konfiguracja podłączenia zależna jest od wybranej podstawy



Rys. 7. Odmiany podstaw MP Base z różną konfiguracją podłączenia ekranu kabla

MP Base. Ogólnie dla niemal każdego typu modułu ochronnego MP dostępne są trzy rodzaje podstaw:

- MP Base,
- MP Base GND,
- MP Base GDT.

We wszystkich podstawach do celów uziemienia przeznaczone są dwie pary zacisków: 3/4 oraz 9/10. Można przyjąć, że w ogólnym przypadku para zacisków 3/4 stanowi właściwy zacisk uziemiający, który jest dodatkowo połączony z zatrząskiem mocującym, co umożliwia także uziemienie poprzez szynę montażową 35 mm. Para zacisków 9/10 może być wykorzystana do podłączenia ekranu kabla. Typy podstaw różnią się konfiguracją wewnętrznego połączenia między parami 3/4 i 9/10. Podstawy typu MP Base GND mają wewnątrz bezpośrednie połączenie par 3/4 i 9/10 (**rys. 7a**), dzięki czemu przy podłączeniu ekranu do zacisków 9/10 jest on tym samym bezpośrednio uziemiony. Podstawy MP Base GDT zawierają z kolei odgromnik gazowy włączony między te pary zacisków, co umożliwia pośrednie uziemienie ekranu kabla (**rys. 7b**). Z kolei podstawy typu MP Base posiadają izolowane pary zacisków (**rys. 7c**) – może to mieć zastosowanie, jeżeli chce się uniknąć uziemienia ogranicznika do szyny montażowej, wtedy do uziemienia należy wykorzystać zaciski 9/10.

Uzupełnieniem oferty LEUTRON są akcesoria takie jak uchwyty EMV-FKL (**rys. 8.**), które ułatwiają podłączenie ekranu kabla do zacisku ogranicznika przepięć. Opaska zaciskowa zapewnia zarówno mocowanie kabla, jak i kontakt z ekranem po całym obwodzie, natomiast wyprofilowana szpilka pozwala na łatwe podłączenie do zacisku śrubowego.

podsumowanie

Stosowanie kabli ekranowanych w rozproszonych systemach elektronicznych wymusza konieczność odpowiedniego podłączenia ekranów. Uziemienie pośrednie ekranów tam, gdzie wymagane, może być skutecznie wykonane w połączeniu z ochroną przed przepięciami. Profesjonalne ograniczniki przepięć do ochrony obwodów sygnałowych coraz częściej wyposażane są w dodatkowy zacisk do podłączenia ekranu, zapewniając jego uziemienie pośrednie.



Rys. 8. Uchwyt EMV-FKL (LEUTRON) do podłączenia ekranu kabla do zacisku ogranicznika przepięć

RST

RST Sp. z o.o.
ul. Elewatorska 17/1, 15-620 Białystok
tel. 792 350 100
rst@rst.bialystok.pl
www.rst.bialystok.pl

prawidłowy dobór i koordynacja energetyczna ograniczników przepięć

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Stworzenie warunków zapewniających pewne i niezawodne działanie systemu elektroenergetycznego oraz pracujących w nich nowoczesnych elektronicznych systemów pomiarowych wymaga posiadania podstawowych informacji o:

- charakterze narażeń udarowych występujących w systemie elektroenergetycznym,
- poziomach odporności udarowej stosowanych urządzeń elektronicznych,
- właściwościach i zasadach doboru odpowiednich rozwiązań wykorzystywanych do ochrony przed narażeniami udarowymi,
- urządzeniach oraz systemach, z którymi one współpracują.

Urządzenia elektryczne i elektroniczne narażone są na działanie przepięć pojawiających się w sposób losowy w wybranych częściach rozbudowanego systemu przesyłu i rozdziału energii. Zaburzenia mogą wystąpić zarówno w liniach napowietrznych, jak i kablowych. Źródłem zaburzeń może być lokalny wzrost potencjałów i występujące różnice potencjałów wywołane przez napięcia i prądy udarowe powstające podczas:

- operacji łączeniowych wykonywanych w obwodach WN/SN w normalnym i awaryjnym stanie pracy stacji,
- bezpośrednich wyładowań piorunowych na terenie stacji lub w bliskim ich sąsiedztwie,
- wyładowań piorunowych w napowietrzne linie przesyłowe WN/SN, SN/nn,
- działania ograniczników przepięć w obwodach WN, SN i nn.

Napięcia i prądy udarowe mogą być również źródłem impulsowego pola elektromagnetycznego oddziałującego bezpośrednio na urządzenia. Zaburzenia impulsowe pola elektromagnetycznego mogą być promieniowane przez urządzenia elektroenergetyczne i linie wysokich napięć podczas stanów nieustalonych w systemie.

streszczenie

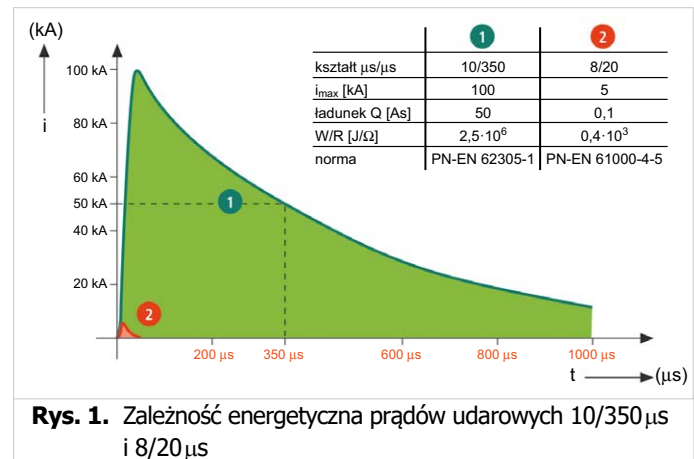
W artykule szczegółowo opisano zagadnienie doboru i właściwej koordynacji energetycznej ograniczników przepięć. Rozważania teoretyczne uzupełniono wynikami pomiarów wybranych układów do ograniczania przepięć składających się z iskiernika, kombinowanego ogranicznika przepięć składającego się z iskiernika i warystora, różnego typu warystorów, układu z elementem odprężającym.

dobór i koordynacja energetyczna ograniczników przepięć

Chcąc skutecznie ochronić urządzenia przed skutkami przepięć należy przede wszystkim posiadać informację o wartościach znamionowych napięć udarowych wytrzymywanych przez te urządzenia. Dodatkowo należy mieć

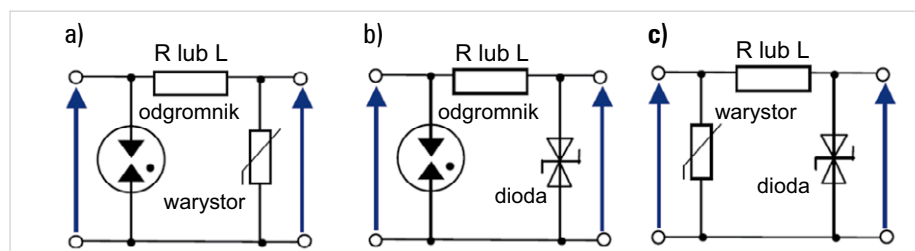
wiedzę na temat instalacji elektrycznej, do której urządzenie ma być podłączone. Te dwie informacje pozwalają wybrać właściwy ogranicznik przepięć, tak aby napięcie na wejściu chronionego urządzenia nie przekraczało jego wytrzymałości udarowej. Ze względu na rozbudowaną instalację elektryczną nie da się pominąć podczas doboru ogranicznika przepięć konieczności właściwego skoordynowania podziału energii udarów pomiędzy innymi elementami ograniczającymi przepięcia zainstalowanymi już w instalacji elektrycznej.

Każdy ogranicznik przepięć ma pewną określoną zdolność do przenoszenia przez siebie pewnej energii udaru. Jeśli po zadziałaniu ogranicznika przepięć energia przez niego przeniesiona przekroczy dopuszczalną wartość, wówczas może dojść do uszkodzenia ogranicznika przepięć, a nawet do jego eksplozji. Ilość energii, którą może przez siebie przenieść ogranicznik przepięć, jest ściśle powiązana z zastosowaną do jego budowy technologią. Największą energię mogą wytrzymać ograniczniki przepięć zbudowane na bazie iskierników. W dalszej kolejności są układy kombinowane składające się z iskiernika i warystora. Dalej znajdziemy warystory, a na samym końcu znajdują się diody zabezpieczające (tzw. TRANSILE). Na podstawie informacji zamieszczonych na ograniczniku przepięć możemy szacunkowo określić jego zdolność do przenoszenia energii udaru. W przypadku ograniczników T1 (patrz norma PN-EN 61643-11:2013 [1]) najważniejszym parametrem jest jego wytrzymałość na udarowy prąd impulsowy (I_{imp} lub $I_{10/350}$). Dla ograniczników T2 (patrz norma PN-EN 61643-11:2013 [1]) jest to znamionowy prąd wyładowczy (I_n). Bardzo często popełnianym błędem jest mylenie wyżej wymienionych parametrów, co może skutkować niewłaściwym doбором. Prąd impulsowy określa zdolność ogranicznika do odprowadzania prądu odpowiadającego energią bezpośredniemu doziemnemu wyładowaniu piorunowemu (10/350 μ s), zaś znamionowy prąd wyładowczy określa zdolność ogranicznika do odprowadzania prądu odpowiadającego prądowi indukowanemu podczas wyładowania piorunowego (8/20 μ s). Na rysunku 1. zamieszczono przebieg pokazujący różnicę w energiach przenoszonych przez prąd 10/350 μ s i 8/20 μ s.



Rys. 1. Zależność energetyczna prądów udarowych 10/350 μ s i 8/20 μ s

Rys. J. Wiater



Rys. 2. Przykłady rozwiązań układów ochrony przepięciowej [4]

dopuszczalne wartości napięć. Mając na uwadze strefową koncepcję ochrony odgromowej, jak również rozległość chronionej instalacji elektrycznej, konieczne jest stosowanie kilkustopniowego układu do ograniczania przepięć. W podzielonym na strefy obiekcie, przy przejściu z jednej strefy do drugiej konieczne jest ograniczanie wartości szczytowych przepięć występujących w instalacjach niskonapięciowych oraz impulsów pola elektromagnetycznego do poziomów dopuszczalnych w danej strefie [2, 3]. Poszczególne ograniczniki przepięć powinny odprowadzać (np. do przewodu ochronnego PE dla sieci TN-S, PEN dla sieci TN-C itp.) część prądu udarowego. O właściwym doborze ograniczników przepięć decyduje w głównej mierze:

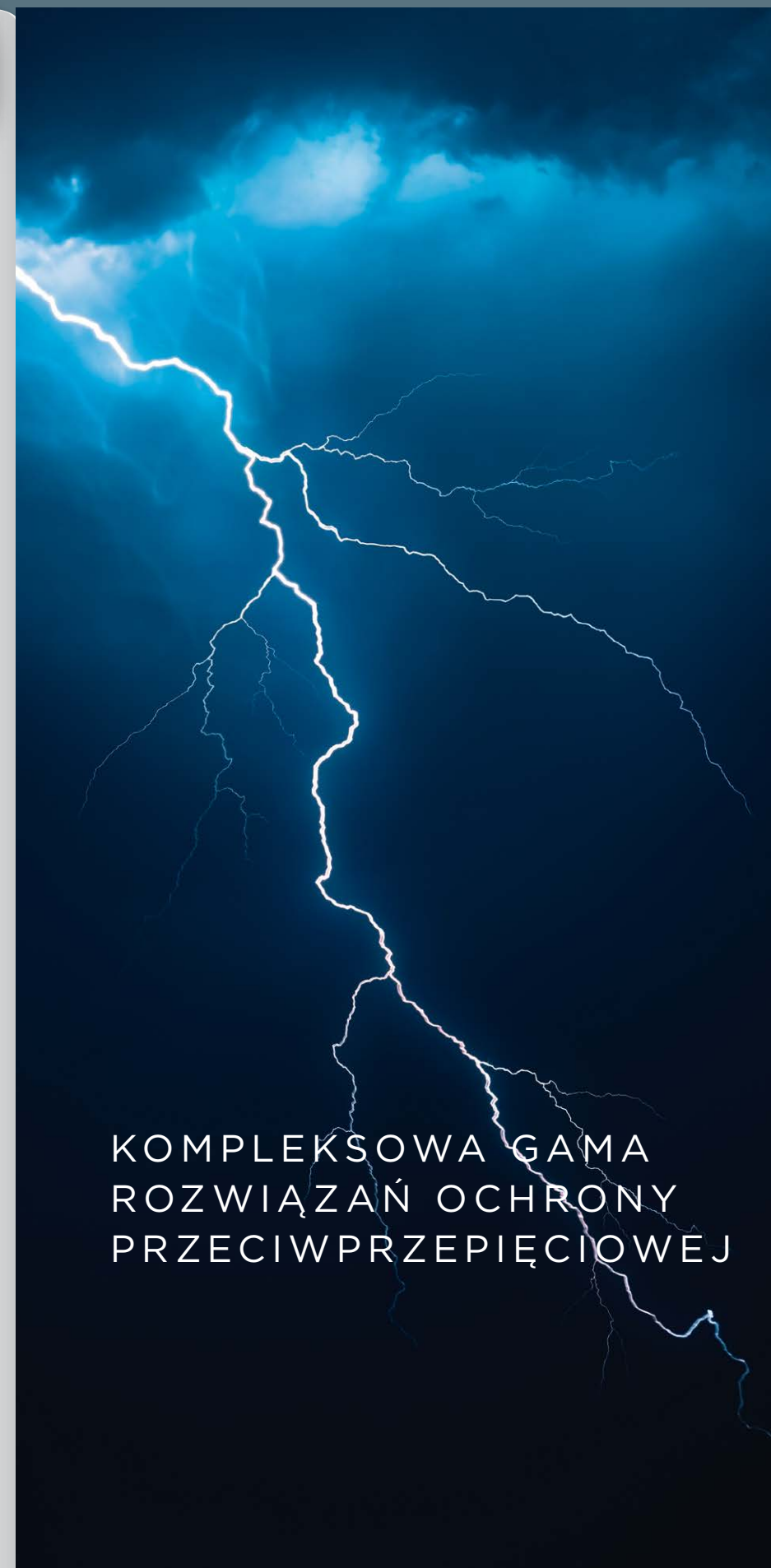
- charakter narażeń udarowych,
- rodzaj chronionego układu,
- sposób budowy ogranicznika (iskiernik/warystor/układ kombinowany) – zdolność do odprowadzania udarów prądowych,
- napięciowy poziom ochrony (U_p) ogranicznika przepięć.

Kilkustopniowe układy zabezpieczające umożliwiają zsumowanie ich ochronnych zalet i wyeliminowanie niepożądanych efektów związanych z ich oddzielnym zastosowaniem. Bezsporną zaletą ogranicznika iskiernikowego jest zdolność do przewodzenia prądów udarowych o bardzo dużych energiach. Wadą jest ich dość długi czas, jaki potrzebują, aby zadziałać. Zaletą ograniczników warystorowych jest szybkość działania, wadą zaś mała wytrzymałość na prądy udarowe.

Typowy wielostopniowy układ składa się z dwóch elementów ograniczających napięcia i elementu wzdłużnego. W przypadku układu składającego się z dwóch elementów ochronnych element wzdłużny koordynuje ich wzajemne działanie oraz ogranicza wartość prądu, który może popłynąć przez drugi z elementów ochronnych. Przykładowe rozwiązania typowych układów zabezpieczających przedstawia rysunek 2.

Zasada działania dwustopniowego układu zaprezentowanego na rysunku 2a jest następująca. W momencie, gdy na wejście układu przyjdzie udar napięciowy i napięcie na warystorze przekroczy napięcie przebicia lawinowego, zaczyna on przewodzić. Płynący przez warystor prąd powoduje wzrost spadku napięcia na rezystorze pomiędzy warystorem

Ograniczniki przepięć należy umieszczać tak, aby w poszczególnych punktach zabezpieczanej instalacji elektrycznej nie zostały przekroczone



KOMPLEKSOWA GAMA ROZWIĄZAŃ OCHRONY PRZECIWPRIEBIOWEJ



SURGE-TRAP®

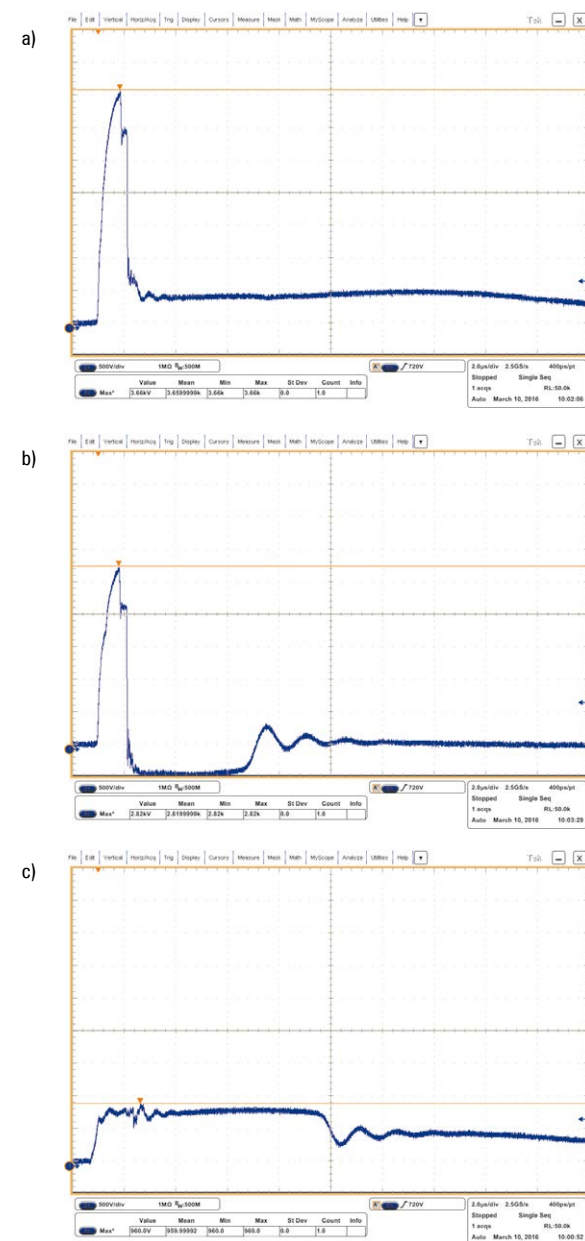
Urządzenia ochrony przeciwprzebieciowej
Ograniczniki Typu 1, Typu 1+2, Typu 2
oraz Typu 2+3 wg EN/IEC 61643

adcom.fr - 9859 - Mersen property

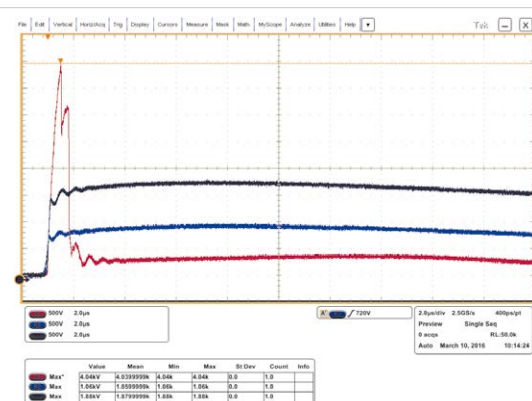
a odgromnikiem. Suma spadków napięć na rezystorze i diodzie odkłada się na odgromniku i gdy przekroczy wartość dynamicznego napięcia zapłonu, wówczas nastąpi jego zadziałanie przez co zostanie ograniczony prąd płynący przez warystor [4]. W rzeczywistej instalacji elektrycznej element wzdłużny reprezentowany jest przez odcinek przewodu o minimalnej długości niezbędnej do właściwego skoordynowania pracy poszczególnych elementów. Na **rysunku 3.** zaprezentowano rzeczywiste przebiegi napięć panujące na poszczególnych elementach prawidłowo działającego dwustopniowego układu ograniczającego przepięcia.

Jeśli w danej instalacji elektrycznej nie będzie zachowana właściwa koordynacja pracy ograniczników, może dojść do sytuacji, w której pierwszy działający element ograniczający przepięcie tak mocno je zredukuje, że wcześniejszy nie będzie mógł zadziałać, gdyż nie zostanie przekroczone napięcie, przy którym on zaczyna przewodzić prąd. Prowadzi to bezpośrednio do przekroczenia dopuszczalnej energii udaru przenoszonej przez ogranicznik przepięć, który zadziałał jako pierwszy. Bardzo często kończy się to jego uszkodzeniem lub eksplozją.

Aby bardziej przybliżyć zasadę koordynacji pracy i koordynacji energetycznej ograniczników przepięć poniżej na **rysunku 4.** pokazano rzeczywiste przebiegi napięć panujących na ogranicznikach przepięć podczas ich pracy. Ich wzajemna



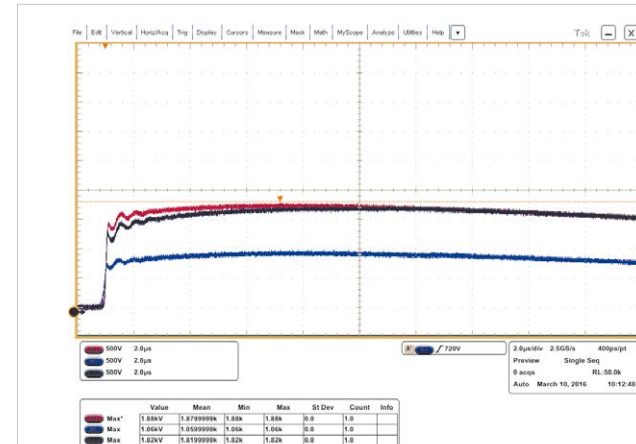
Rys. 3. Rzeczywiste przebiegi napięć na odgromniku (a), elemencie wzdłużnym (b), warystorze (c) – 500V/div, 2µs/div



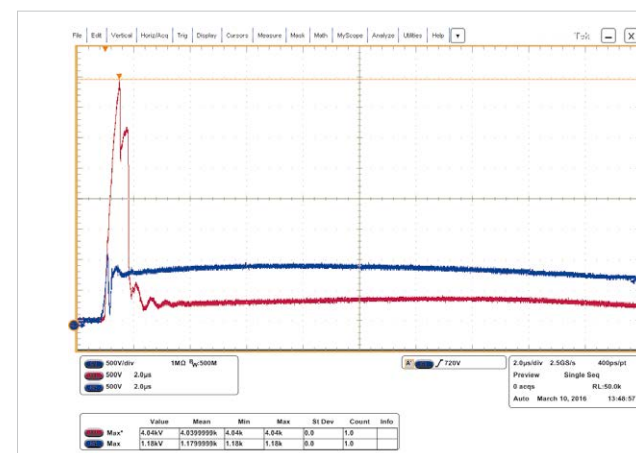
Rys. 4. Napięcie panujące na iskierniku (CH1 – krzywa koloru czerwonego), warystorze nr 1 (CH2 – krzywa koloru niebieskiego), warystorze nr 2 (CH3 – krzywa koloru czarnego) – CH1/CH2/CH3 500V/div, 2µs/div

Rys. J. Wiater

Rys. J. Wiater



Rys. 5. Napięcie panujące na warystorze nr 1 (CH1 – krzywa koloru czerwonego), warystorze nr 2 (CH2 – krzywa koloru niebieskiego), warystorze nr 3 (CH3 – krzywa koloru czarnego) – CH1/CH2/CH3 500V/div, 2µs/div



Rys. 6. Napięcie panujące na ograniczniku iskiernikowym (CH1 – krzywa koloru czerwonego) i na ograniczniku kombinowanym składającym się z iskiernika i warystora (CH2 – krzywa koloru niebieskiego) – CH1/CH2/CH3 500V/div, 2µs/div

relacja bezpośrednio przekłada się na kolejność działania, a co za tym idzie na skuteczność ochrony przepięciowej lub w ekstremalnym przypadku na jej brak.

Z powyższego przebiegu wynika, że napięcie niezbędne do zadziałania ogranicznika iskiernikowego wynosi 4,06 kV. Do zadziałania warystora nr 1 niezbędne jest napięcie o wartości 1,06 kV, zaś dla warystora nr 2 niezbędne jest napięcie 1,88 kV. Jeśli w instalacji elektrycznej najpierw zastosujemy element o niższym napięciu zadziałania lub nie zapewnimy wzajemnej koordynacji, może dojść do uszkodzenia przy pierwszym przepięciu o energii przekraczającej wytrzymałość ogranicznika o najmniejszym napięciu zadziałania. Pierwszy ogranicznik, który zadziała, obniży tak napięcie w instalacji, że napięcie na drugim ograniczniku nie przekroczy progu jego zadziałania.

Sprawę dodatkowo komplikuje fakt, iż ogranicznik iskiernikowy potrzebuje

około 1 µs, aby zaczął działać. Dodatkowo wymusza to konieczność stosowania właściwej koordynacji pracy i koordynacji energetycznej ograniczników przepięć.

Na **rysunku 5.** zamieszczono przebiegi napięć panujących na różnych ogranicznikach warystorowych. Krzywa napięcia panującego na ograniczniku warystorowym nr 1 i nr 2 jest bardzo do siebie zbliżona. Różnica w napięciu niezbędnym do zadziałania ogranicznika przepięć wynosi około 85 V. Warystory nr 1 i nr 2 pochodzą od tego samego producenta, z różnych serii produkcyjnych. W przypadku równoległego połączenia warystor nr 2 zadziała szybciej, niż warystor nr 1. Wniosek z powyższego jest następujący, iż bezpośrednie połączenie równoległe ograniczników warystorowych nie powoduje wzajemnego zwiększenia ich wytrzymałości udarowej, jak i całej chronionej instalacji.

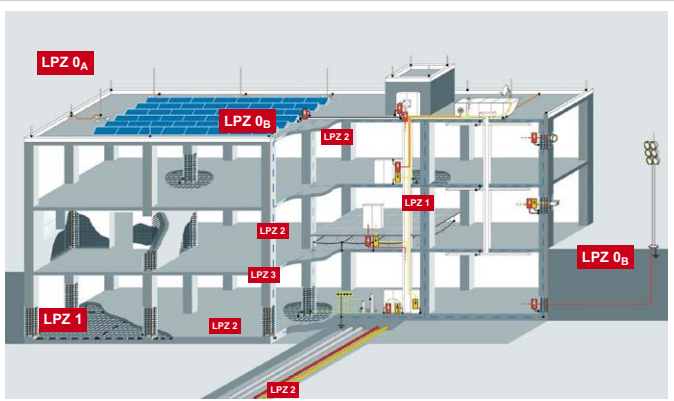
W układach do ograniczania przepięć zwiększenie wytrzymałości udarowej możliwe jest tylko poprzez zastosowanie kilku elementów ograniczających przepięcia właściwie między sobą skoordynowanych. Przedstawione subtelne różnice w rzeczywistości mogą się przełożyć na niewłaściwe działanie układu ograniczającego przepięcie, a nawet mogą prowadzić do jego uszkodzenia.

Na **rysunku 6.** przedstawiono przebieg napięcia panującego podczas pracy iskiernikowego ogranicznika przepięć i kombinowanego ogranicznika przepięć składającego się z iskiernika i warystora prawidłowo wzajemnie z sobą skoordynowanych. Wyraźnie widać różnice w poziomie napięcia i szybkości działania układu. Wytrzymałość udarowa nowoczesnych układów kombinowanych jest taka sama jak dla ograniczników iskiernikowych przy jednoczesnym obniżeniu napięciowego poziomu ochrony.

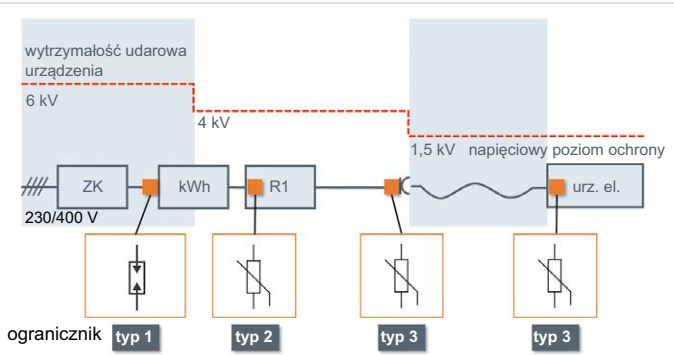
zalecenia w zakresie doboru ograniczników przepięć

Dobierając ogranicznik należy w pierwszej kolejności określić, czy w ogóle jest on potrzebny. Oceny tej dokonujemy poprzez analizę ryzyka zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 62305-2 [6] lub analizując szczegółowe przepisy narzucone na mocy ustaw lub rozporządzeń. W przypadku między innymi budynków, stacji paliw płynnych bez względu na wynik analizy ryzyka konieczne jest stosowanie urządzeń piorunochronnych oraz przeciwprzepięciowych.

Cały czas należy mieć również na uwadze fakt, iż nowoczesne rozwiązania techniczne bazują w większości przypadków na układach sterowanych przez komputery. Napięcia znamionowe pracy systemów komputerowych są z roku na rok coraz bardziej obniżane ze względu na straty energii. W chwili obecnej są to napięcia rzędu kilku woltów. Należy zauważyć, że postęp technologiczny zmniejsza odporność urządzeń na przepięcia, a ich uszkodzenia niosą ze sobą bardzo duże straty finansowe. Wymusza to bardziej skuteczną



Rys. 7. Podział obiektu na strefy LPZ [8]



Rys. 8. Układ czterech ograniczników przepięć chroniących instalację elektryczną, gdzie: **ZK** – złącze kablowe, **kWh** – licznik energii elektrycznej, **R1** – rozdzielnica, np. piętrowa, **Urz. El** – końcowe urządzenie elektryczne

Miejsce stosowania	Wymagana odporność ogranicznika przepięć na przepięcia dorywcze		
	Czas trwania przepięcia (t_f)		
Typ sieci	Uszkodzenia w instalacji elektrycznej docelowego odbiorcy energii elektrycznej $t_f = 5$ sekund	Uszkodzenia w systemie elektroenergetycznym oraz urwanie przewodu neutralnego (N) $t_f = 120$ minut	Uszkodzenia w sieci wysokiego napięcia $t_f = 200$ milisekund
	Wymagana jest pełna odporność ogranicznika przepięć	Wymagana jest pełna odporność ogranicznika przepięć lub jego bezpieczne uszkodzenie	Wymagana jest pełna odporność ogranicznika przepięć lub jego bezpieczne uszkodzenie
Ogranicznik przepięć podłączony pomiędzy	Wymagana wytrzymałość na przepięcia dorywcze (U_p) ogranicznika przepięć, w [V]		
TN			
L-PE(N) lub L-N	$1,32 \times U_{LN}$	$\sqrt{3} \times U_{LN}$	–
N-PE	–	–	–
L-L	–	–	–
TT			
L-PE	$\sqrt{3} \times U_{LN}$	$1,32 \times U_{LN}$	$1200 + U_{LN}$
L-N	$1,32 \times U_{LN}$	$\sqrt{3} \times U_{LN}$	–
N-PE	–	–	1200
L-L	–	–	–
IT			
L-PE	–	–	$1200 + U_{LN}$
L-N	$1,32 \times U_{LN}$	$\sqrt{3} \times U_{LN}$	–
N-PE	–	–	$1200 + U_{LN}$
L-L	–	–	–

Objaśnienia: U_{LN} – maksymalne dopuszczalne napięcie znamionowe panujące w sieci elektroenergetycznej (np. $U_{LN} = 230V + 10\%$ wg PN-EN 60038:2012 [9])

Tab. 1. Wymagana wytrzymałość ograniczników na przepięcia dorywcze (TOV) dla układów sieci TN, TT, IT – na podstawie normy PN-EN 61643-11:2013 [10]

ochronę urządzeń elektrycznych i elektronicznych od przepięć poprzez między innymi stosowanie wielostopniowych układów je ograniczających. Mając powyższe na uwadze zaleca się stosowanie układów i urządzeń ograniczających przepięcia.

W momencie gdy zdecydujemy się na wyposażenie instalacji elektrycznej w ograniczniki przepięć, należy zgodnie z zaleceniami norm ochrony odgromowej z serii PN-EN 62305 podzielić analizowany obiekt na strefy LPZ (zgodnie ze strefową koncepcją ochrony odgromowej), w których występuje określony stopień narażenia urządzeń na działanie udarów napięciowych i prądowych [7] (z ang. LPZ – Lightning Protection Zone). Urządzenia pracujące w strefie LPZ0A są narażone na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektrycznego i magnetycznego oraz prądu piorunowego o nieograniczonej wartości. Urządzenia pracujące w strefie LPZ0B narażone są na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego wywołanego przez prądy piorunowe, analogicznie jak w strefie LPZ0A, oraz napięć i prądów udarowych indukowanych przez prądy piorunowe. W strefie LPZ1 urządzenia są już chronione przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego przy jednoczesnym ograniczeniu na granicy strefy poziomu narażenia za pomocą ogranicznika przepięć. W kolejnych strefach poziomy napięcie powinny być stopniowo obniżane za pomocą odpowiednio dobranych ograniczników przepięć tak, aby wytrzymałość udarowa urządzeń w nich instalowanych była wyższa

od maksymalnego spodziewanego napięcia panującego w tej strefie. Przykład podziału obiektu na strefy LPZ zamieszczono na **rysunku 7**.

W skrócie – na granicy poszczególnych stref LPZ należy stosować odpowiednie ograniczniki obniżające maksymalne spodziewane wartości szczytowe napięć do ustalonego poziomu – stosownie do przyjętych kategorii wytrzymałości udarowej wg normy PN-HD 60364-4-443 [11]. Koncepcję wielostopniowego układu ograniczającego przepięcia przedstawiono na **rysunku 8**.

Dobierając ogranicznik przepięć należy uwzględnić: miejsce jego instalacji, napięcie ciągłej pracy U_c , napięciowy poziom ochrony U_p .

Na podstawie informacji dotyczącej miejsca jego instalacji można wybrać technologię, w której powinien być wykonany ogranicznik przepięć.

Argumenty przytaczane przez przeciwników tych zaleceń są sprzeczne ze stanowiskiem przyjętym przez energetykę między innymi niemiecką, hiszpańską, słowacką itp. W tych krajach takie kryteria są obligatoryjne. Jeśli zestawia się całościową wartość ponoszonej inwestycji z kosztem jednego właściwie skonstruowanego ogranicznika na wejściu, to argumenty o „drogiej” technologii wydają się zupełnie nietrafione. Kolejny argument podnoszony przez przeciwników odnosi się do średniej statystycznej wartości szczytowej prądu doziemnego wyładowania piorunowego. Stwierdzenie, że w 95% przypadków prąd wyładowania jest mniejszy niż 25 kA, stawia pod znakiem zapytania sens stosowania układów ograniczających przepięcia. Zjawisko doziemnego wyładowania piorunowego ma charakter losowy. Podobnie rozumując układ ograniczający przepięcia oparty na technologii warystorowej zadziała losowo, raz prąd ograniczy, raz nie wytrzyma. Należy sobie zadać pytanie: to po co go stosować? A co z prądem kolejnego doziemnego wyładowania, które następuje w kilkadziesiąt milisekund po wyładowaniu głównym? Ochrona zdaniem autora ma być zawsze skuteczna, stąd też wysokie wymagania dla jednego ogranicznika w obiekcie nie są niczym wygórowanym. Należy też zauważyć, iż w przypadku stosowania technologii warystorowej wbrew powyższym zaleceniom narażamy się na brak koordynacji energetycznej ograniczników przepięć ze względu między innymi na rozrzut technologiczny napięcia zadziałania ograniczników warystorowych opisany wcześniej, niemożliwy do określenia w warunkach panujących na budowie lub hali montażowej.

uwaga

Na granicy stref LPZ0 i LPZ1 zaleca się stosowanie ogranicznika typu ucinającego napięcie lub kombinowanego, w którym wykorzystano technologię iskiernikową. Zdaniem autora stosowanie technologii warystorowej powinno być w tym miejscu zabronione. Zalecana wartość prądu impulsowego 10/350 μ s – 25 kA/pole.

Dobierając ogranicznik przepięć nie można zapomnieć o parametrze określającym maksymalne napięcie ciągłej pracy (U_c), musi ono być większe od maksymalnego napięcia fazowego danej sieci. Biorąc pod uwagę wytyczne normy PN-EN 60038:2012 [9] napięcie ciągłej pracy powinno być co najmniej o 10% większe od napięcia znamionowego sieci.

Dobierając ograniczniki należy pamiętać o przepięciach dorywczych pojawiających się w sieciach. W **tabeli 1** przytoczono normatywne wymagania w tym zakresie opisane szczegółowo w normie PN-EN 61643-11:2013 [10].

Napięciowy poziom ochrony U_p powinien być mniejszy niż deklarowana przez producenta najmniejsza wytrzymałość udarowa urządzenia zainstalowanego w danej sieci i w danym fizycznym miejscu jego użytkowania.

podsumowanie

Stosowanie coraz doskonalszych urządzeń elektronicznych w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych stwarza konieczność przeanalizowania ich zagrożeń udarowych oraz podjęcia odpowiednich środków ochrony. Tylko prawidłowa wzajemna koordynacja energetyczna zapewni skuteczną ochronę przed przepięciami, na które urządzenia są coraz bardziej czułe. Prawidłowe rozwiązania są bardzo dobrze znane, lecz ze względów czysto ekonomicznych odstępuje się od ich fizycznej realizacji podczas budowy nowych obiektów. Dlatego warto się zastanowić, czy oszczędność rzędu tysiąca złotych plus VAT na tle wartości inwestycji nierzadko szacowanej na kilka, kilkanaście milionów złotych, ma sens.

odgrom

wsporniki do mocowania
przewodów ochrony odgromowej



wsporniki
ODGROM OG1-OG4

WSPORNIKI INSTALACJI ODGROMOWYCH ODGROM

Rodzina produktów ODGROM OG to ceniona od lat propozycja trwałych i estetycznych wsporników instalacji odgromowych. Konstrukcja wsporników opiera się o korpus wykonany z wysokiej jakości polietylenu, wypełniony betonowym rdzeniem. Gwarantuje to wysoką odporność na warunki atmosferyczne oraz dobrą stabilność na powierzchni dachu.

Wsporniki Odgrom mogą być stosowane na wszystkich rodzajach pokryć dachowych, zapewniając najwyższą trwałość instalacji przy zachowaniu wysokiej estetyki. Najnowszą propozycją jest wspornik OG3 o specjalnej konstrukcji do stosowania na dachach o podwyższonej palności.

PROCES BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI WSPORNIKÓW ODGROM

Wsporniki kompozytowe ODGROM, jako jedyne w kraju przeszły badania wg normy PN-EN 62561-4:2011 w instytucie BBJ w Lublinie. Wymagające badania wsporników polegają na długotrwałym narażeniu ich na ekstremalne warunki, a następnie poddaniu rygorystycznym próbom wytrzymałościowym.

W pierwszym etapie symulowane jest postarzenie produktu w niekorzystnych warunkach atmosferycznych:

- przez 1000 h, czyli 41 dni, produkt poddany jest ciągłemu silnemu naświetlaniu światłem UV, co jest symulacją procesu starzenia;
- co 2h produkt zraszany jest wodą przez 18 minut, przy wilgotności w komorze wynoszącej 50%;
- stała temperatura w komorze UV wynosi 45° C, a temperatura produktu 65° C.

Po 6 tygodniach ciągłego naświetlania i zraszania produkty nie mogą nosić oznak rozpadu albo pęknięć.

Po pozytywnym przejściu testu rozpoczyna się ciąg badań mechanicznych.

Wsporniki muszą utrzymać przewód odgromowy, który wyrwany jest z siłą 200N, w skrajnych temperaturach -10 i +40° C.

Wsporniki przeszły ponadto testy na zniszczenie, polegające na umieszczeniu ich w komorze chłodniczej w temperaturze -5° C na 2 h i następnie poddania próbom uderzeniowym w przyrządzie zgodnym z normą IEC 60068-2-75:1997.

Uderzenia młotem 0,5 kg w zaciski przewodów oraz korpus wspornika nie spowodowały jego uszkodzeń.

Wsporniki ODGROM przeszły pozytywnie wszystkie etapy badań, otrzymując

europejski certyfikat zgodności z normą PN-EN 62561-4:2011.

odgrom

wspornik kompozytowy OG 3
do dachów o podwyższonej palności



WSPORNIK DO ZADAŃ SPECJALNYCH

Wspornik ODGROM OG3 jest odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku na specjalistyczny produkt dedykowany dla dachów o podwyższonej palności. Jego koncepcja jest rozwinięciem produkowanego równolegle wspornika OG2.



SOLIDNA KONSTRUKCJA

W obudowie wykonanej z wysokiej jakości polietylenu kryje się betonowy rdzeń. Szczelnie zamknięta konstrukcja chroni go przed niekorzystnym wpływem czynników pogodowych i erozją. Kształt obudowy został zaprojektowany z myślą o zapewnieniu odporności mechanicznej. Okrągły kołnierz zapewnia dużą powierzchnię przylegania do dachu i zwiększa stabilność. Strukturalna powierzchnia podstawy zwiększa powierzchnię przylegania kleju lub lepiku podczas montażu o około 30 %. Skrzydełka na bokach obudowy ułatwiają instalatorom chwyt wspornika w rękawicach, a solidne, podwójne uchwyty samozaciskowe przeznaczone są do typowych średnic przewodów odgromowych: 8 i 10 mm.



odległość przewodu
odgromowego
od powierzchni
dachu 110 mm



podwójne
uchwyty
samozaciskowe



2 wersje
do przewodów
o średnicach
8 - 10 mm



zintegrowane
obciążenie
betonowe
1,4 kg

PARAMETRY TECHNICZNE

Wsporniki ODGROM OG3 produkowane są w dwóch wersjach przeznaczonych do instalacji przewodu o średnicy 8 i 10 mm. Powierzchnia przylegania do dachu wynosi 177 cm².

ŁATWY I SZYBKİ MONTAŻ

Wsporniki ODGROM OG3 mogą być montowane na wszystkich rodzajach pokryć dachowych, takich jak: blacha, blachodachówka, płaska dachówka ceramiczna i betonowa, papa czy gont bitumiczny. Odległość montażowa uchwytów, w zależności od projektu instalacji, waha się w granicach 70-120 cm. Na poziomych powierzchniach nie jest konieczne mocowanie wsporników do dachu. Na dachach o pochyłości do 12° stosuje się tradycyjne lepiki lub kleje.



odległość
montażowa
uchwytów
70 - 120 cm



nachylenie
powierzchni
dachu
do 12°



odgrom

PODSTAWY
INSTALACJI
ODGROMOWYCH

dobry
polski
produkt



PRODUCENT: **ALBOR**
62-095 Murowana Goślina, ul. Polna 10
tel. +48 61 811 88 25
tel. kom. +48 533 353 329
e-mail: biuro@odgrom.pl
www.odgrom.pl

podstawowe zasady ochrony odgromowej i przepięciowej w instalacjach fotowoltaicznych

mgr inż. Julian Wiatr

Ochrona odgromowa systemów PV służy do ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem wyładowań atmosferycznych. Ochronę tę realizuje się za pomocą układów zwodów tworzących strefę ochronną, tak by w wyznaczonej przez nie bryle geometrycznej znalazło się chronione urządzenie.

Określenie wielkości oraz kształtu strefy ochronnej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-3:2009 *Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia*, należy wykonywać metodą: toczącej się kuli lub kąta ochronnego. Na **rysunku 1.** przedstawiona została zasada wyznaczania strefy ochronnej metodą toczącej się kuli, przy której elementy niedotykane przez toczącą się kulę o promieniu R nie są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna. Promień kuli dobiera się w zależności od klasy LPS zgodnie z **tabelą 1.**

Projektowane zwody odgromowe należy tak dobrać, aby ich liczba i wysokość oraz rozmieszczenie tworzyły bryłę geometryczną, wewnątrz której znajdują się wszystkie elementy PV.

Głębokość „ p ” wnikania kuli należy wyznaczyć z poniższego wzoru:

$$p = R - \sqrt{R^2 - (l_z / 2)^2}$$

gdzie:

l_z – odległość pomiędzy zwodami pionowymi,

R – promień toczącej się kuli.

Wysokość zwodów oraz odległość l_z zwodów pionowych należy dobrać tak, by spełniony był następujący warunek:

$$p < h_z - h_{pv}$$

Na **rysunku 2.** została przedstawiona metoda wyznaczania stref ochronnych metodą toczącej się kuli w przypadku instalowania generatorów PV na dachach płaskich.

W przypadku wyznaczania strefy ochronnej metodą kąta ochronnego, wartość kąta ochronnego należy przyjąć w zależności od wysokości zwodu oraz klasy LPS, zgodnie z **rysunkiem 3.**



RUSZYŁA SPRZEDAŻ KOMPENDIUM ELEKTRYKA 2020!

„Kompedium elektryka 2020” to publikacja wydawana przez redakcję miesięcznika „elektro.info” przeznaczona dla elektryków i projektantów instalacji elektrycznych. W treści, oprócz czytelnego kalendarium rozmieszczonego w systemie tygodniowym znaleźć można m.in. opisy najważniejszych imprez branżowych, terminy i zasady zdobywania uprawnień kwalifikacyjnych, prowadzenia prawidłowej dokumentacji technicznej, przyjęcia urządzeń elektroenergetycznych do eksploatacji, najważniejszą normalizację i wymagania stawiane instalacjom elektrycznym w budynkach, terminy kontroli pomiarowej instalacji elektrycznych i przyrządów pomiarowych, tabele doboru przekroju przewodów elektroenergetycznych i ich oznakowania. I wiele, wiele innych przydatnych informacji merytorycznych, niezbędnych w pracy projektanta elektryka, do których dzięki terminarzowi będzie miał on dostęp na bieżąco.

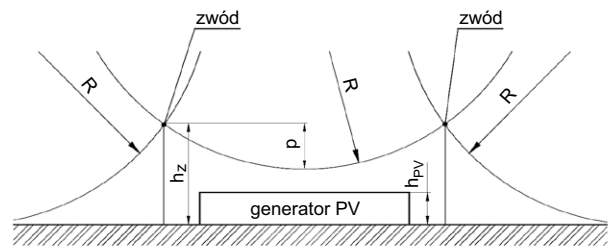
Cena regularna: 36 zł

**Cena dla prenumeratorów
„elektro.info”: 20 zł**

ZAMÓWIENIA:

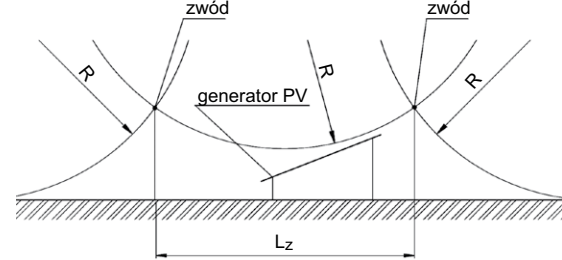
Anna Sergel
asergel@medium.media.pl
tel. 662 169 335

Rys. J. Wiatr



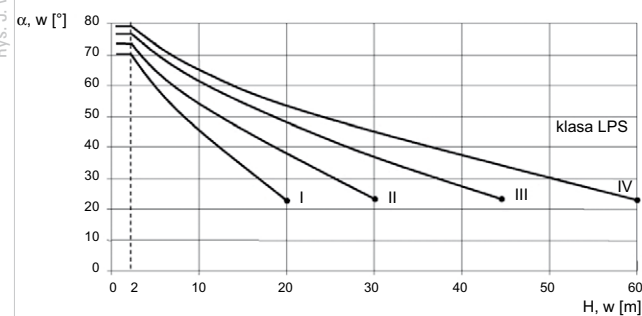
Rys. 1. Zasada tworzenia strefy ochronnej z wykorzystaniem metody toczącej się kuli

Rys. J. Wiatr



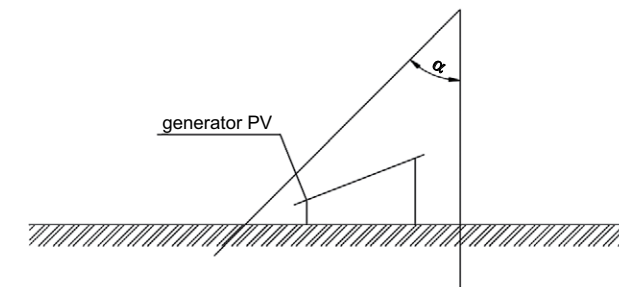
Rys. 2. Zasada wyznaczania stref ochronnych metodą toczącej się kuli na dachach płaskich

Rys. J. Wiatr



Rys. 3. Wartości kąta ochronnego funkcji wysokości w zależności od klasy LPS, gdzie: **H** – wysokość zwodu od płaszczyzny odniesienia przestrzeni poddawanej ochronie

Rys. J. Wiatr



Rys. 4. Zasady wyznaczania strefy ochronnej metodą kąta ochronnego

Natomiast sposób wyznaczenia strefy ochronnej przy stosowaniu metody kąta ochronnego przedstawia **rysunek 4**.

Przy projektowaniu zwodów ochrony odgromowej systemu PV należy zadbać o ich rozmieszczenie w taki sposób, by nie powodowały one zacinienia chronionych paneli PV.

Zwody te należy instalować w odległości gwarantującej niemożliwość przeskoku iskry podczas wyładowania bezpośredniego. Odległości te nazywane są odstępami izolacyjnymi, które w przypadku prostych konstrukcji należy wyznaczyć z poniższego wzoru:

$$S \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l$$

gdzie:

k_i – współczynnik zależy od przyjętej klasy LPS,

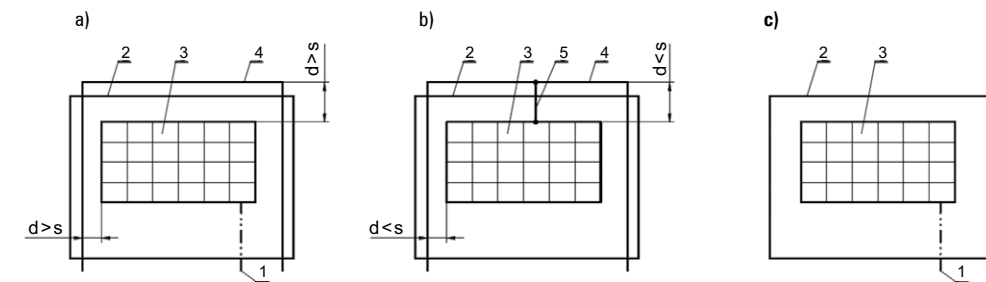
k_c – współczynnik uzależniony od wartości prądu płynącego w elementach LPS,

k_m – współczynnik zależny od rodzaju materiału izolacyjnego,

l – odległość mierzona wzdłuż zwodu lub przewodu odprowadzającego do punktu, w którym jest rozpatrywany odstęp izolacyjny „s”, do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego.

Orientacyjne wartości poszczególnych współczynników przedstawiają **tabele 2–4**. Poprawne wyznaczenie współczynnika k_c wymaga posługiwania się normą [15].

Rys. J. Wiatr



Rys. 5. Ochrona paneli PV zainstalowanych na pochylonym dachu przed bezpośrednim uderzeniem pioruna: **a)** budynek posiada LPS i zachowane są odstępy izolacyjne, **b)** budynek posiada LPS, ale niezachowane są odstępy izolacyjne, **c)** budynek nie posiada LPS. **Oznaczenia:** 1 – przewód wyrównawczy do GSU; 2 – krawędź dachu, 3 – generator PV, 4 – zwody poziome, 5 – połączenie konstrukcji wsporczej PV z LPS

W praktyce mogą wystąpić trzy przypadki:

budynek jest wyposażony w LPS, a odległość elementów PV spełnia warunek $d > s$; w takim przypadku konstrukcję wsporczą elementów PV należy objąć połączeniami wyrównawczymi (**rys. 5a**),

budynek jest wyposażony w LPS, a odległość elementów PV nie spełnia warunku $d > s$; w takim przypadku konstrukcję wsporczą elementów PV należy połączyć z systemem zwodów odgromowych (**rys. 5b**),

budynek nie posiada LPS; w takim przypadku konstrukcję wsporczą elementów PV należy objąć połączeniami wyrównawczymi (**rys. 5c**).

Klasa LPS	Promień toczącej się kuli, w [m]
I	20
II	30
III	45
IV	60

Tab. 1. Wartości promienia toczącej się kuli w zależności od klasy LPS

Klasa LPS	k_i
I	0,08
II	0,06
III lub IV	0,04

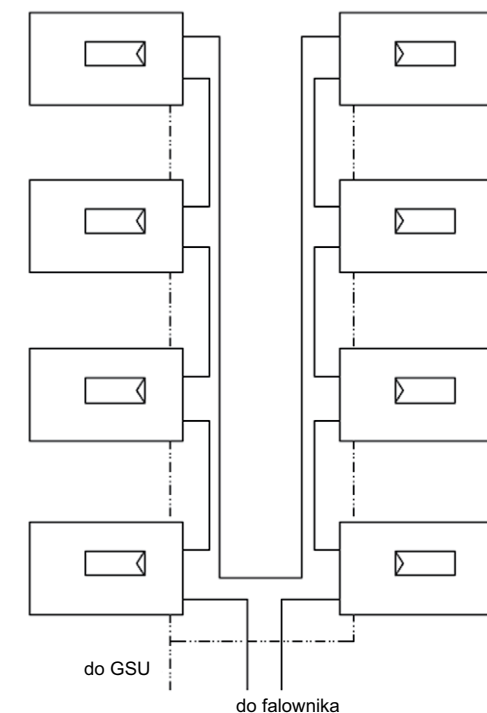
Tab. 2. Wartości współczynnika k_i

Liczba przewodów odprowadzających	k_c
1	1
2	1...0,5
4 i więcej	1...1/n

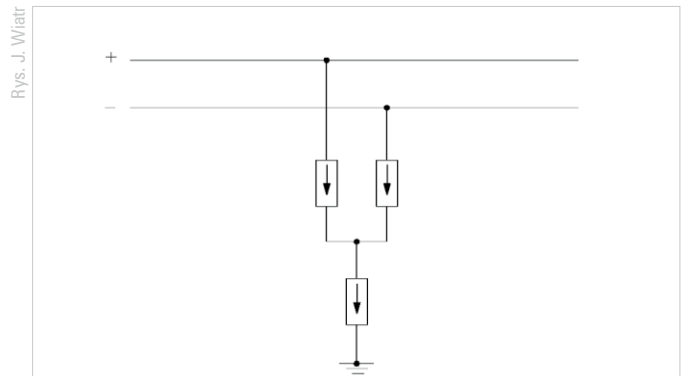
Tab. 3. Wartości współczynnika k_c

Materiał izolacyjny	k_m
Powietrze	1
Beton, cegły	0,5

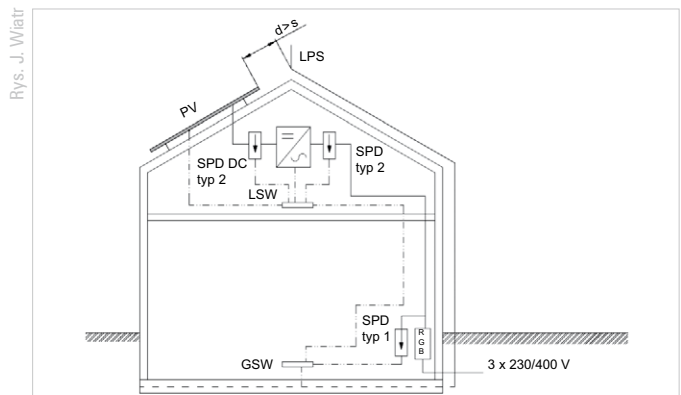
Tab. 4. Wartości współczynnika k_m



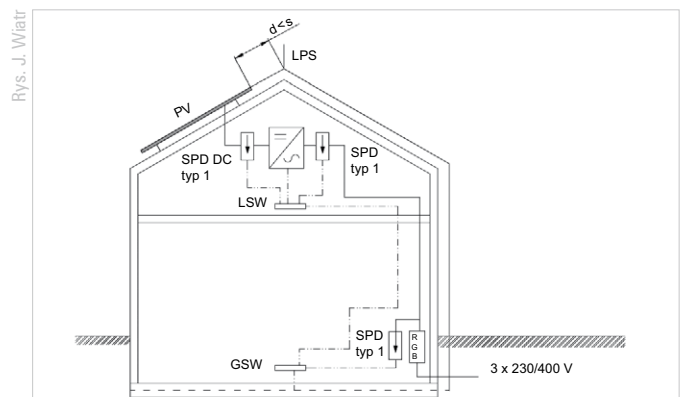
Rys. 6. Zasada poprawnego oprzewodowania paneli generatora PV



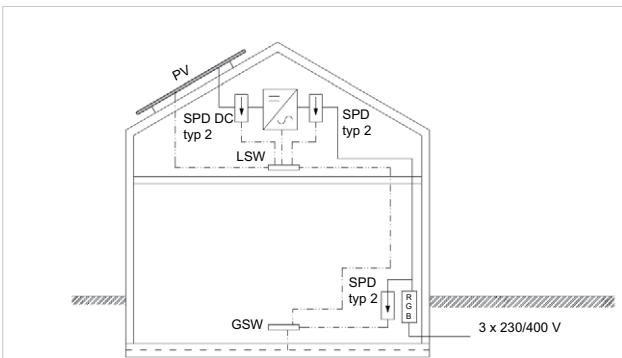
Rys. 7. Układ połączeń „V” ogranicznika przepięć DC



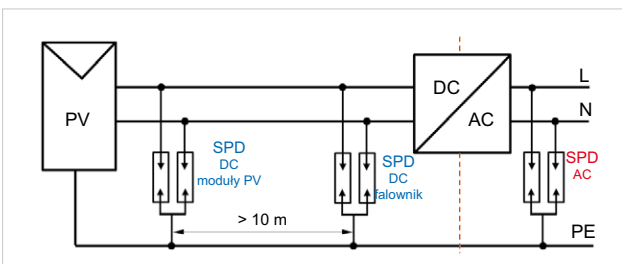
Rys. 8. Ochrona przepięciowa systemu PV w budynku z LPS, gdzie $d > s$



Rys. 9. Ochrona przepięciowa systemu PV w budynku z LPS, gdzie $d < s^*$



Rys. 10. Ochrona przepięciowa systemu PV w budynku nieposiadającym LPS



Rys. 11. Wymagania instalacyjne przy odległości generatora PV od falownika większej od 10m [1]

Na **rysunku 6.** została przedstawiona zasada poprawnego oprzewodowania poszczególnych elementów generatora PV umożliwiającą uniknięcie tworzenia się pętli.

ochrona przepięciowa

Ograniczniki przepięć w instalacjach PV należy tak dobrać, aby zapewniony poziom ochrony był wyższy niż maksymalne napięcie wytrzymywane przez falowniki i moduły PV. Ograniczniki przepięć chronią instalację PV przed przepięciami łączeniowymi lub pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych bezpośrednich i pośrednich.

Do ochrony instalacji PV po stronie DC należy stosować ograniczniki przepięć DC w układzie „V”, których układ połączeń przedstawia **rysunek 7.**

W instalacjach fotowoltaicznych przy projektowaniu ochrony przepięciowej mogą wystąpić trzy przypadki, podobnie jak przy projektowaniu ochrony odgromowej:

- budynek jest wyposażony w LPS, a odległość elementów PV spełnia warunek $d > s$,

*) Wskutek połączenia zwodów z konstrukcją nośną PV należy przyjąć, że część prądu piorunowego wpłynie do budynku. W celu uzyskania odpowiedniej ochrony wszystkie instalowane ochronniki muszą być typu 1.

Czy jest LPS?	Czy zachowano odstępy izolacyjne „s” od LPS?	Odległość pomiędzy modułami PV i falownikiem	SPD DC moduły PV	SPD DC falownik	SPD AC
Tak	Tak	$< 10\text{ m}$	–	Typu 2	Typu 1
		$> 10\text{ m}$	Typu 2	Typu 2	
	Nie	$< 10\text{ m}$	–	Typu 1	
		$> 10\text{ m}$	Typu 1	Typu 1	
Nie	–	$< 10\text{ m}$	–	Typu 2	Typu 2
		$> 10\text{ m}$	Typu 2	Typu 2	

Tab. 5. Ogólne wytyczne doboru typów zabezpieczeń SPD w systemie PV

- budynek jest wyposażony w LPS, a odległość elementów PV nie spełnia warunku $d > s$,
- budynek nie posiada LPS.

Na **rysunkach 8–10** przedstawiono zasady projektowania dwustopniowej ochrony przepięciowej systemów PV.

Należy pamiętać, że w przypadku odległości generatora PV od falownika, liczonej wzdłuż przewodu, większej od 10m, należy ograniczniki przepięć DC instalować przy generatorze PV oraz przy zaciskach falownika. Wymagania te przedstawia **rysunek 11.**

Wymagania dotyczące instalowania ograniczników przepięć w systemach PV zostały przedstawione w **tabeli 5.**

instalowanie uniwersalnych ograniczników przepięć w obwodach dystrybucji zasilania, które chronią też przed częściowymi prądami piorunowymi

Mieczysław Ludwików – Phoenix Contact

Najważniejszym aparatem w instalacjach zasilania chroniącym od przepięć, zwłaszcza w instalacjach przemysłowych, jest ogranicznik typu 2. O cechach i parametrach, na które należy zwrócić uwagę przy wyborze i montażu wspomniane jest w drugim artykule. Przywołany tam **Dz. U. z dnia 7 czerwca 2019 poz. 1065** w rozdziale 8 o instalacji elektrycznej mówi w **§ 180** o tym, że instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów rozporządzenia, przepisów odrębnych dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać:

...

2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, **przepięciami** łączeniowymi i **atmosferycznymi**, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami;

...

A ponieważ w instalacjach elektrycznych może się pojawić częściowy prąd piorunowy warto sprawdzić czy nie zachodzą warunki dla zastosowania dodatkowego elementu podnoszącego odporność instalacji i obiektu tym samym.

Oto minimum wskazówek.

Jeśli obiekt jest wyposażony w instalację piorunochronną to spełnia warunek dostateczny zastosowania ogranicznika typu 1. Dalej, jeśli góruje on nad okolicą a może też w niewielkiej odległości (<1,km) istnieje bardzo wysoki sąsiad lub z analizy zagrożenie wg PN-EN 62305-2 to wynika, to należy wtedy zastosować ogranicznik typu 1, czyli testowany klasą testu I, impulsem o krzywej **10/350 μs**.

W tym miejscu tkwi małe niebezpieczeństwo, ponieważ to producent zgodnie z **PN-EN 61643-11** sam wybiera amplitudę zastosowaną podczas testu

streszczenie

W artykule opisano znaczenie uniwersalnej kombinacji SPD typu 1 + typu 2 wraz z jej funkcjonalnościami ważnymi dla obiektów rzadko odwiedzanych przez obsługę.

klasy I i prowadzi to dalej do pewnego kłopotu, ponieważ ogranicznik może być zbyt słaby pomimo certyfikatu ...ale za to tani. Wspiera więc tutaj dobór wskazówka z **PH-HD 60364-5-534:2016**, jak dalej jest to opisane.

Jeśli instalacja zasilająca wchodzi do obiektu lub wychodzi z obiektu należy na granicy stref 0/I : zewnątrz (LPZ 0) – wewnątrz (LPZ 1) umieścić SPD typu 1. Może to być złącze kablowe na ścianie budynku, rozdzielnia główna od wewnątrz przy tej granicy stref 0/I. Instalowanie ograniczników na granicy posesji w skrzynkach odległych o kilka czy kilkadziesiąt metrów jest z technicznego punktu widzenia nieporozumieniem, nie chroni wnętrza obiektu użytkownika i albo należałoby powtórzyć ogranicznik na wejściu albo ekranować połączenie od złącza do rozdzielni głównej.

W **rozdzielniach głównych/złączach kablowych** do których dociera z zewnątrz zasilanie a obiekt wyposażony jest w zewnętrzny system ochrony odgromowej lub w inną ochronę przed skutkami bezpośredniego wyładowania atmosferycznego, wg **PH-HD 60364-5-534:2016**, należy stosować ograniczniki testowane w klasie I (10/350 μs). Jest to ważne na tej granicy, ponieważ tutaj tworzymy strefę dla aparatów o kategorii IV lub niższej zwłaszcza jeśli w bezpośredniej odległości znajdują się specjalizowane urządzenia elektroniczne. Wg wskazanej powyżej normy takie ograniczniki na granicy stref 0/I powinny być nie słabsze niż **12,5kA 10/350 μs** na jedno pole, inaczej wymagana jest analiza zagrożenia.

Ograniczniki typu 1 z prądem $I_{imp} \geq 25kA 10/350 \mu s$ w praktyce są uniwersalne, ponieważ uwalniają nas od wykonania analizy określającej zagrożenie prądem piorunowym nawet dla najważniejszych obiektów (klasa ochrony obiektu I lub II) przy obecnych tam instalacjach pięcioprzewodowych TT/TN-S. Przy okazji należy pamiętać, że w miejscach, gdzie są odpływy na zewnątrz, należy również liczyć się z obecnością częściowych prądów piorunowych. Tam również jest potrzebny ogranicznik typu 1.

Dalej to, co budzi ogromne nieporozumienia to deklaracje i certyfikaty dla ograniczników przepięć. Należy pamiętać, że znak **CE** nie jest certyfikatem niezależnego laboratorium. Dlatego też dla własnego bezpieczeństwa jak i instalacji oraz potwierdzenia spełniania deklarowanych parametrów lepiej jest wybierać rozwiązania posiadające certyfikat akredytowanego laboratorium np. DEKRA/KEMA. Potwierdzają one zgodność deklarowanych parametrów pozytywnym wynikiem wg procedury badań z normy PN-EN 61643-11:2013 Warto korzystać z tak sprawdzanych rozwiązań, ponieważ dla przykładu ogranicznik typu 1 musi przejść **pozytywnie** aż 44 różne testy.



Rys. 1. Uniwersalna, rzeczywista kombinacja dwóch różnych ograniczników przepięć dla pięcioprzewodowych układów sieci zasilania do ochrony obiektów od klasy ochrony IV do klasy I



Rys. 2. Legalizowane przenośne laboratorium do elektrycznego badania ograniczników przepięć



Rys. 3. ImpulseCheck – system wczesnego ostrzegania o utracie funkcjonalności przez wkładki ogranicznika

Jak było już mówione, stale wszechobecne w instalacji zasilania są przepięcia, warto więc aby wybrany SPD radził sobie z nimi również skutecznie. Współczesne **rozdzielnie główne** zawierają często aparaty elektroniczne i tutaj szybkość działania ma znaczenie. Sugerowany podwójnie już uniwersalny aparat dla sieci pięcioprzewodowych to FLT-SEC-T1+T2-3S-350/25-FM – 2905470. Patrz rysunek 1. Dla sieci czteroprzewodowych, z PEN, będzie to FLT-SEC-T1+T2-3C-350/25-FM – 2905469.

Konstrukcje te to specjalne **rzeczywiste kombinacje dwóch ograniczników i typu 2 i typu 1**. Istotna zaleta obecności rzeczywistego ogranicznika typu 2 to szybkość reakcji oraz odporność układu na kąt czoła impulsu. Tutaj poziom maksymalnych zabezpieczeń nadprądowych to 315 A gG. Oferowany poziom ochrony, U_p , to nie wyżej niż 1,5 kV, czyli taki, jak wymagany jest dla wrażliwych urządzeń elektronicznych zainstalowanych w bezpośrednim sąsiedztwie. Wszelkie wskazówki instalacyjne, podobnie jak dla SPD typu 2, można znaleźć w instrukcji instalacyjnej ogranicznika. Dodatkowo znajduje się tam wskazanie, jak połączyć ogranicznik aby zrealizować restrykcyjne wymaganie dotyczące długości przewodów. Dla przypomnienia, suma długości przewodu od obwodu czynnego do SPD oraz z drugiej strony do lokalnej szyny ochronnej PE powinna nie przekraczać 0,5 metra.

Jeśli to tylko możliwe to należy z poczwórnego zacisku PE na takim SPD wykonać połączenie bardzo krótkim przewodem do ściany z blachy, która jest za ogranicznikiem.

Warunek: jest ona galwanicznie i mechanicznie połączona z całością konstrukcji, przekrój przewodu powinien być w relacji do istniejącego zabezpieczenia nadprądowego.

Tworzy to wirtualną szynę PE. Drugim przewodem o przekroju 16 mm², patrz instrukcja wyrobu, wykonujemy prostoliniowo połączenie do lokalnej szyny PE w szafie lub głównej szyny uziemiającej w obiekcie. Jedyne ważne ograniczenie dla takiego SPD typu 1 to przy klasie ochrony obiektu I lub II należy unikać układu „V” dla ogranicznika typu 1. Ale to już temat na inną opowieść.

W przypadku rozdzielni głównych, w których brak jest istotnych urządzeń elektronicznych o niskiej odporności U_w , jak choćby zasilacze, falowniki i temu podobne, można zastosować nieco

„wolniejsze” rozwiązanie. Klasyczny ogranicznik typu 1 o konstrukcji iskiernikowej to dla przykładu zespół FLT-SEC-P-T1-3S-350/25-FM – 2905421. Podobnie, jak FLT-SEC-T1+T2-3S-350/25-FM, jest on również przeznaczony do pracy w sieciach pięcioprzewodowych TT/TN-S. W niektórych krajach ograniczniki, jak 2905421, są dopuszczone do ochrony liczników energii również.

Aby obiekt i jego instalacje elektryczne zachowywał dyspozycyjność ograniczniki przepięć wg PN-EN 62305-3 należy sprawdzać co 12 miesięcy, jak również po każdym podejrzanym wyładowaniu w obiekt. Po takim sprawdzeniu należy przygotować raport. Warto przy tym pamiętać, że mechaniczny wskaźnik stanu ogranicznika nie gwarantuje pełnego poczucia bezpieczeństwa. Nawet codzienne oglądanie wskaźnika sprawności ogranicznika nie gwarantuje tego, że kolejnego dnia rano nadal będzie on sprawny.

Te ograniczenia mogą być istotne dla obiektów ważnych a rzadko odwiedzanych przez obsługę, dlatego kolejne możliwości ograniczników Phoenix Contact tutaj są pomocne. Większość ograniczników Phoenix Contact może być **okresowo badane elektrycznie** urządzeniem o nazwie CHECKMASTER 2, patrz rysunek 2. Jest to rozszerzenie wymagania z normy **PN-EN 62305**. Urządzenie przygotowuje też dane do raportu po badaniu. Badanie to jest wyższą formą **prewencji**, ponieważ pozwala uchwycić trzeci stan ogranicznika, stan na krótko przed pełnym uszkodzeniem, kiedy pomimo statusu „zielonego” jest na granicy swej tolerancji.

Lecz dla obiektów rzadko odwiedzanych najwyższą formą zapobiegania jest jednak **predykcja**. Specjalny **system monitorowania ograniczników przepięć ImpulseCheck, rys. 3.**, umożliwia prognozowanie tego po jakim czasie konieczna będzie wymiana wkładek monitorowanego elektrycznie ogranicznika w układzie zasilania na kompletnie nowe. Analiza zdarzeń odbywa się w chmurze i pełna funkcjonalność jest dostępna tylko dla SPD produkcji Phoenix Contact. Na bieżąco informacja może być dostępna na urządzeniach mobilnych aby zaplanować na czas wymianę wkładek ograniczników.

W dwóch artykułach opisano czynniki, które mogą być bardzo istotne przy udzielaniu wieloletniej gwarancji. Zaczyna się to od układu 3+1 ogranicznika a kończy na wyprzedzającym monitorowaniu poprzez chmurę. Lecz po drodze ograniczniki, w tym rajdzie na przetrwanie, muszą mieć właściwe parametry aby serwis inwestycji nas nie zrujnował.

użyteczne linki

1. www.phoenixcontact.pl/konfigurator_ochrony
2. www.phoenixcontact.pl/impulsecheck
3. www.phoenixcontact.pl/sec
4. www.phoenixcontact.pl/checkmaster



Phoenix Contact Sp. z o.o.
ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
51-317 Wrocław
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl

Finder – nowe ograniczniki przepięć typu 3 i linii sygnałowych

Stanisław Rak – Finder Polska Sp. z o.o.

W ofercie firmy Finder od wielu lat występują ograniczniki przepięć (SPD). Oferta skupiała się głównie na ogranicznikach typu 1 i 2, ale sukcesywnie rozwijaliśmy rozwiązania typu 3 oraz rozwiązania do zabezpieczenia sygnałów oraz magistrali danych.

Ograniczenie przepięć jest jedną z najważniejszych czynności, jaką możemy wykonać, aby zabezpieczyć odbiorniki przyłączone do rozdzielnic rozdziału energii lub odpowiedzialne komponenty w układach sterowania automatyki.

Często skupiamy się na zamontowaniu w rozdzielnic głównej ogranicznika typu 2, jest to popularna forma zabezpieczenia, jednak musimy mieć świadomość, że wrażliwe odbiorniki lub takie z dużą ilością elektroniki mogą potrzebować jeszcze dodatkowej formy ochrony. Z myślą o takich potrzebach stworzyliśmy serię 7P.37 do montażu w rozdzielnic i 7P.36 z możliwością instalacji w puszkach elektroinstalacyjnych.

7P.37.8.275.1003

- Konfiguracja „1+1”: warystor + iskiernik z bardzo niskim Up.
- Możliwość połączenia szeregowego dla lepszej ochrony obwodu wyjściowego 16 A.
- Wbudowany zestyk obwodu sygnalizacji zdalnej stanu warystora.
- Przekaznik z połączonym zestykiem przełącznym zapewniającym niezawodne przełączanie.
- 17,5 mm ochrona L-N/N-PE.
- Do montażu na szynę DIN 35 mm (EN 60715).



7P.36.8.275.2003

- Zapewnia dodatkową ochronę przepięciową dla gniazd 230 V.
- Konfiguracja „1+1”: warystor + iskiernik z bardzo niskim Up.
- Sygnalizacja akustyczna konieczności wymiany warystora i test mostków dla sprawdzenia stanu SPD.
- 3 przewody długości 150 mm, dla połączenia z zaciskami gniazd.



Rozwiązania typu 3 dają możliwość ochrony wrażliwych odbiorów, takich jak oświetlenie LED, sterowniki czy elementy automatyki budynkowej. Są niezastąpionym elementem każdego odpowiedzialnego systemu.

Linie sygnałowe to kolejny ważny punkt, który powinien podlegać ochronie. Praktycznie każdy sygnał, wychodzący z lub wchodzący do rozdzielnic teletechniki lub automatyki, powinien podlegać ochronie. Idealnym przykładem mogą być kamery IP na elewacji budynku, które są szczególnie narażone na wyładowania atmosferyczne, a często wprowadzamy je bezpośrednio na routery lub urządzenia zbierające dane. Przepięcie w takim układzie może uszkodzić kosztowny system.

7P.68.9.060.0600

- Odpowiedni do sieci Ethernet, POE (Power over Ethernet) i systemów transmisji danych do 250 MHz.
- Ochrona wszystkich par żył z minimalnym tłumieniem.
- Aluminiowa obudowa i RJ-45 z metalowymi ekranami.
- W zestawie akcesoria do łatwego montażu w pobliżu urządzeń, które mają być zabezpieczone, granica LPZ 2-3 (typ 3).
- Zgodność z EN 61643-21.
- Do montażu na szynę DIN 35 mm.



7P.62.9.009.0485 – ochrona danych w RS-485 i 7P.62.9.036.0005 – ochrona linii sygnałowych

- Mogą ochraniać 2-przewodowe linie danych i interfejsu telekomunikacyjnego, przy zachowaniu ciągłości ekranu.
- Umożliwiają połączenie szeregowe optymalizujące ochronę przed przepięciami podłużnymi (rdzeń-PG) i przepięciem bocznym (rdzeń-rdzeń).
- Zgodność z EN 61643-21+A1, A2:2013, EN IEC 61643-21+A1, A2:2012 C2, C3.
- Do montażu na szynę DIN.



Nowe rozwiązania firmy Finder zapewniają idealną ochronę w tych miejscach, które są kluczowym elementem systemów. Zapraszamy do konsultacji i rozmów w celu dobrania możliwie jak najlepszego rozwiązania do Państwa aplikacji.



Finder Polska Sp. z o.o.
60-175 Poznań
ul. Malwowa 126
tel. 61 865 94 07, faks 61 865 84 26
finder.pl@findernet.com
www.findernet.com

reklama

elektro
info
POLECA



Julian Wiatr,
Mirosław Miegoń

**Zasilanie budynków
użyteczności publicznej
oraz budynków
mieszkalnych
w energię elektryczną**

Niezbędnik
elektryka 4/2017

Cena: 29 zł

Cena dla prenumeratorów
„elektro.info”:

TERAZ TYLKO
24 zł

ZAMÓW!

kzareba@medium.media.pl



Julian Wiatr,
Marcin Orzechowski

**Dobór przewodów
i kabli elektrycznych
niskiego napięcia.
Wybrane zagadnienia**

Niezbędnik
elektryka 1/2017

Cena: 29 zł

Cena dla prenumeratorów
„elektro.info”:

TERAZ TYLKO
24 zł

niebezpieczeństwo pożarowe powodowane niestosowaniem instalacji odgromowej

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Na poziom bezpieczeństwa obiektów budowlanych mają bezpośredni wpływ występujące w naturze burze, ich pioruny i powodowane przez nie przepięcia. Istotne zagrożenia stanowi prąd doziemnego wyładowania piorunowego.

Przepływowi prądu piorunowego przez urządzenie piorunochronne, elementy konstrukcyjne obiektu lub inne instalacje przewodzące mogą towarzyszyć następujące zjawiska (**rys. 1.**):

- erozja termiczna metalu w miejscu kontaktu z kanałem piorunowym,
- rozżarzenie elementów metalowych wzdłuż drogi przepływu prądu,
- elektrodynamiczna deformacja torów prądowych,
- uszkodzenia mechaniczne spowodowane wstrząsową falą akustyczną,
- iskrzenie na stykach elementów przewodzących.

W zależności od charakteru obiektu i zastosowanego urządzenia piorunochronnego dominujące są zwykle tylko niektóre z wymienionych powyżej zjawisk. Najgorszy scenariusz występuje przy braku urządzenia piorunochronnego.

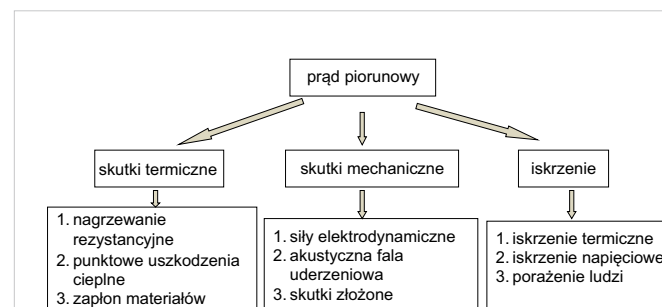
Przy współpracy z firmą projektową i wykonawczą przeprowadzono badania skutków przepływu prądu piorunowego przez różnego rodzaju poszycia dachowe. Poniższe badania odzwierciedlają sytuację, w której dochodzi do bezpośredniego wyładowania piorunowego w poszycie dachowe niechronione lub chronione w sposób niewłaściwy od wyładowań piorunowych. Materiał powstał ku przestrodze – dla osób chcących „oszczędzić” podczas budowy nowego obiektu.

Badania laboratoryjne przeprowadzono prądem udarowym o wartości szczytowej 100 kA i kształcie 10/350 μ s odzwierciedlającym prąd rzeczywistego doziemnego wyładowania piorunowego. Poddano nim następujące rodzaje pokryć dachowych:

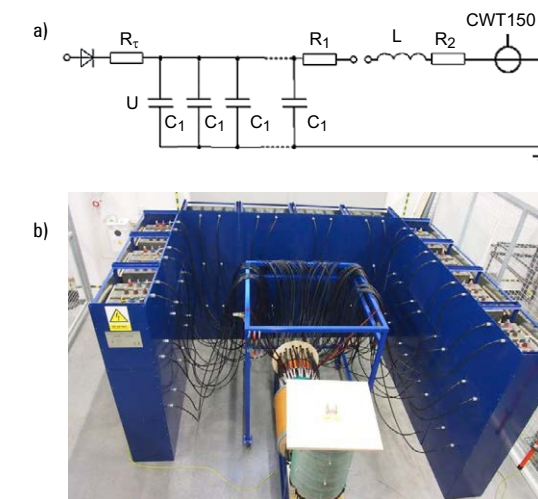
streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań skutków przepływu prądu piorunowego przez różnego rodzaju poszycia dachowe. Badania przeprowadzono ku przestrodze dla osób chcących „oszczędzić” podczas budowy nowego obiektu unikając wyposażenia go w stosownie dobrane urządzenia piorunochronne.

- membranowe pokrycie dachowe składające się z blachy trapezowej, membrany paroprzepuszczalnej, wełny mineralnej, dwóch warstw membrany dachowej podkładowej i nawierzchniowej,
- strzechę trzcinową o grubości 40 cm,
- papowe pokrycie dachowe składające się z papy nawierzchniowej, styropapy, membrany paroprzepuszczalnej, płyty OSB,
- blaszane pokrycie dachowe wykonane z płyty warstwowej (tzw. płyta obornicka), składające się z blachy trapezowej, pianki poliuretanowej, blachy trapezowej,
- blachodachówkę,
- dachówkę betonową,
- dachówkę ceramiczną.



Rys. 1. Skutki wywołane przez prąd piorunowy [1]



Rys. 2. Generator udarów prądowych: **a)** schemat układu pomiarowego, **b)** widok generatora

stanowisko badawcze

Podczas badań zachowania się różnych poszyc dachowych wykorzystano wysokonapięciowy generator prądowy, który wytwarza udary o wartości szczytowej do 300 kA i różnych kształtach. Zmiana parametrów generowanych udarów dokonywana jest poprzez wymianę elementu rezystancyjno-indukcyjnego. Uproszczony schemat generatora wykorzystywanego do badań przedstawia **rysunek 2.**

Do pomiaru prądu na wyjściu generatora wykorzystano cewkę Rogowskiego firmy PEM typu CWT150 $I_n = 300$ kA, o płaskiej charakterystyce przenoszenia w zakresie od 0,2 Hz do 16 MHz (pasma 3 dB). Do rejestracji przebiegów prądu – oscyloskop cyfrowy Tektronix DPO 7254.

W trakcie badań udar prądowy doprowadzono z wyjścia generatora do górnej części poszycia dachowego, dolną część poszycia uziemiono. Fizycznie zaciski wyjściowe generatora podłączono do wsporników spinających poszczególne warstwy poszycia.

wyniki prób laboratoryjnych

Podczas badań obserwowano zachowanie się różnych pokryć dachowych poddanych narażeniu w postaci udaru prądowego o wartości szczytowej 100 kA. Ze względu na jed-



Fot. 1. Membranowe pokrycie dachowe podczas testów prądem piorunowym



Fot. 2. Membranowe pokrycie dachowe po zakończeniu testów prądem piorunowym



Fot. 3. Strzecha trzcinowa o grubości 40 cm podczas testów prądem piorunowym



Fot. 4. Strzecha trzcinowa o grubości 40 cm po zakończeniu testów prądem piorunowym



Fot. 5. Papowe pokrycie dachowe podczas testów prądem piorunowym



Fot. 6. Papowe pokrycie dachowe po zakończeniu testów prądem piorunowym



Fot. 7. Blaszane pokrycie dachowe (tzw. płyta obornicka) podczas testów prądem piorunowym



Fot. 8. Blaszane pokrycie dachowe (tzw. płyta obornicka) po zakończeniu testów prądem piorunowym



Fot. 9. Blachodachówka podczas testów prądem piorunowym



Fot. 10. Blachodachówka po zakończeniu testów prądem piorunowym



Fot. 11. Dachówka betonowa podczas testów prądem piorunowym



Fot. 12. Dachówka betonowa po zakończeniu testów prądem piorunowym

norazowy charakter badań rejestrowano zachowanie się próbek za pomocą kilku równolegle pracujących kamer wideo. Poniżej na **fotografiach 1–14** zamieszczono stopklatki z filmu, który powstał w trakcie przeprowadzania badań.

W trakcie badań trzy rodzaje pokryć dachowych uległy zapłonowi w wyniku przyłożenia prądu udarowego – tj. membranowe pokrycie dachowe, strzecha trzcinowa, blaszane pokrycie dachowe wykonane z płyty warstwowej (tzw. płyta obornicka). Płyta obornicka spowodowała dodatkowo bardzo duże zadymienie w laboratorium, które uniemożliwiło kontynuowanie badań do czasu pełnego przewietrzenia pomieszczenia. Trzy badane rodzaje poszyc dachowych uległy znacznemu uszkodzeniu, tj. papowe



Fot. 13. Dachówka ceramiczna podczas testów prądem piorunowym



Fot. 14. Dachówka ceramiczna po zakończeniu testów prądem piorunowym

pokrycie dachowe, dachówka betonowa, dachówka ceramiczna. Elementy składowe, które oderwały się od poszycia wyładowały w odległości do 10 metrów od stanowiska badawczego.

Spośród wszystkich przebadanych rodzajów poszyc dachowych, tylko blachodachówka nie uległa fizycznemu uszkodzeniu.

wnioski

Podczas wszystkich prób prądem udarowym 100 kA obserwowano iskrzenie termiczne, nagrzewanie rezystancyjne, znaczące siły elektrodynamiczne rozrywające badane poszycia, punktowe uszkodzenia cieplne, jak i zapłon badanych materiałów. Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły stwierdzić, iż większość dostępnych i stosowanych na rynku poszyc dachowych nie jest odporna na bezpośrednie wyładowanie piorunowe, zaś niektóre rozwiązania stwarzają znaczne zagrożenie pożarowe.

Podczas doziemnego wyładowania piorunowego pojawia się w naszych warunkach geograficznych od kilku do kilkunastu udarów prądowych [1, 2, 3]. Trudno jest przewidywać rzeczywistą liczbę kolejnych składowych wyładowania piorunowego, ale jeśli podczas badań laboratoryjnych stwierdzono eksplozję poszycia dachowego przy pierwszym udarze prądowym to warunkach rzeczywistych każdy kolejny prąd doziemnego wyładowania piorunowego będzie niszczył w jeszcze większym stopniu poszycia wraz obiektami nimi pokrytymi.

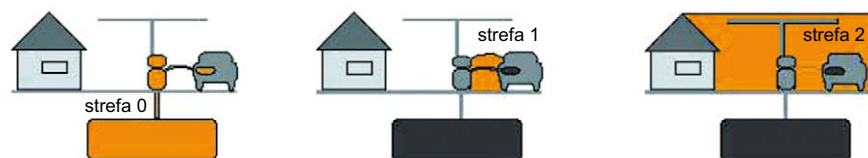
literatura

1. A. W. Sowa, Ochrona urządzeń oraz systemów elektronicznych przed narażeniami piorunowymi. Rozprawy Naukowe Nr 219. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
2. PN-IEC 61312-1:2001 Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
3. PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.

ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa stacji paliw

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Na poziom bezpieczeństwa obiektów budowlanych mają bezpośredni wpływ występujące w naturze burze, ich pioruny i powodowane przez nie przebiegi. Istotne zagrożenia stanowi prąd doziemnego wyładowania piorunowego.



Rys. 1. Określenie stref 0, 1 i 2 na przykładzie stacji paliw płynnych [1]

Ze względu na swoją wielkość i lokalizację na otwartych terenach, stacje paliw narażone są na niebezpieczeństwo związane z wyładowaniem piorunowym. Wszystkie urządzenia elektroniczne, w które stacja jest wyposażona, są bardzo czułe na przebiegi związane z wyładowaniami. Dotyczy to przede wszystkim systemu dystrybucji paliw oraz naliczania opłat. Należy również zauważyć, iż na terenie stacji są wydzielone strefy zagrożone wybuchem Ex (strefy 0, 1 i 2). Stacje pracują bez przerwy, a każda awaria może mieć poważne skutki, z katastrofalnymi włącznie.

W Polsce stacje paliw płynnych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, zalicza się do obiektów budowlanych [2]. W ich skład wchodzi:

- budynki znajdujące się na jej terenie,
- odmierzacze paliw płynnych i gazu płynnego,

streszczenie

Stacje paliw płynnych są szczególnie narażone na negatywne skutki oddziaływania rozprzeczających się prądów doziemnych wyładowań piorunowych. W artykule zestawiono podstawowe wytyczne dotyczące ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej stacji paliw płynnych na podstawie przepisów polskiego prawa i zaleceń przywołanych norm technicznych.

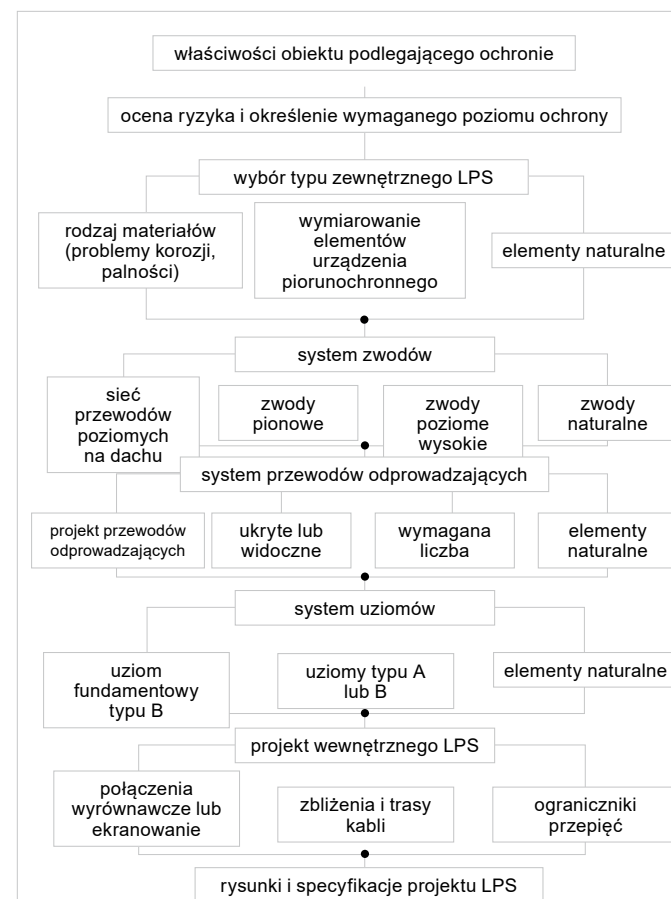
- instalacje technologiczne, w tym urządzenia do magazynowania i załadunku paliw płynnych oraz gazu płynnego,
- instalacje wodnokanalizacyjne i energetyczne,
- pojazdy i zadaszenia,
- inne urządzenia usługowe i pomieszczenia pomocnicze.

W przypadku stacji paliw płynnych największym zagrożeniem jest pożar lub wybuch. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku (z późniejszymi zmianami) o ochronie przeciwpożarowej [3] nakłada na właściciela obowiązek m.in. przestrzegania wymagań techniczno-budowlanych, instalacyjnych i technologicznych w zakresie niezbędnym do zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego budynku, obiektu budowlanego lub terenu. Ustawodawca w art. 4 ust. 1 pkt 7 nałożył na właściciela obowiązek przeciwdziałania klęsce żywiołowej lub innemu miejscowemu zagrożeniu. Najważniejsze stwierdzenie zawarł jednak w § 41 ust. 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki [2]: „Zbiorniki, a także obiekty technologiczne i budynki, powinny być chronione przed wyładowaniami atmosferycznymi, elektrycznością statyczną oraz przebiegami, zgodnie z wymaganiami określonymi w Polskich Normach”. W tym samym rozporządzeniu §107 stwierdza [2], że zadaszenia powinny być wyposażone w instalację odgromową wykonaną zgodnie z wymaganiami Polskich Norm.

podstawowe wytyczne

Powyższe uregulowania prawne w sposób jednoznaczny nakładają obowiązek wyposażenia stacji paliw płynnych w system ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej, zgodnie z obowiązującymi normami. Stosowanie instalacji odgromowej ma na celu:

- odsunięcie kanału wyładowania piorunowego z dala od substancji łatwopalnych przechowywanych na terenie stacji,
- uniemożliwienie pojawienia się przeskoków iskrowych związanych z kanałem wyładowania piorunowego w obszarze zagrożonym wybuchem i w jego najbliższym sąsiedztwie,
- niedopuszczenie do nagrzewania się elementów instalacji odgromowej,



Rys. 2. Uproszczony algorytm projektowania LPS [6]

Przekrój, w [mm²]	Aluminium			Stal miękka			Miedź			Stal nierdzewna		
	Przyjęty poziom ochrony											
	III+IV	II	I	III+IV	II	I	III+IV	II	I	III+IV	II	I
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	564	*	*	*	*	*	169	542	*	*	*	*
16	146	454	*	1120	*	*	56	143	309	*	*	*
25	52	132	283	211	913	*	22	51	98	940	*	*
50	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

Objaśnienia: * – wzrost temperatury powoduje eksplozję lub stopienie przewodu.

Tab. 2. Przyrost temperatury przewodów przy przepływie prądu piorunowego w zależności od średnicy materiału, z którego są wykonane, oraz przyjętego poziomu ochrony

Strefy 2 i 22	Strefy 1 i 21	Strefy 0 i 20
Obiekty zawierające strefy 2 i 22 nie wymagają dodatkowej ochrony (uzupełnienia ochrony). W przypadku metalowych urządzeń, obiektów technologicznych poza budynkami, np. reaktory, zbiorniki, które posiadają ścianki wykonane z materiałów grubości zgodnej z danymi z tabeli 6.6 normy, stosujemy następujące zalecenia: - nie są wymagane zwody, - obiekty powinny być uziemione zgodnie z wymogami norm Wolno stojące obiekty technologiczne zawierające strefy 0 i 20 należy chronić podobnie jak w przypadku stref 1 i 2 oraz 21 i 22 z następującymi uzupełnieniami: - urządzenia elektryczne lub elektroniczne wewnątrz zbiorników zawierających płyny łatwopalne powinny być odpowiednio do takich zastosowań, - zamknięte zbiorniki (pojemniki) stalowe zawierające strefy 0 i 20 powinny mieć ścianki o grubości co najmniej 5 mm w miejscach prawdopodobnego uderzenia pioruna. W przypadku ścianek cieńszych należy stosować zwody do ochrony przed bezpośrednim wyładowaniem	Ochrona powinna być wykonana podobnie jak w przypadku stref 2 i 22 z następującymi uzupełnieniami: - odstępy izolujące (bezpieczne) lub inne części izolujące powinny być poza strefą, - wstawki izolacyjne, np. w rurociągach, powinny być odpowiednio chronione – można zastosować dodatkowe iskierniki równoległe do wstawek	Podobnie jak w strefach 1 i 21 należy zastosować dodatkowe uzupełnienia: - połączenia wyrównawcze wykorzystywane do celów ochrony odgromowej pomiędzy elementami instalacji piorunochronnej a innymi instalacjami należy wykonać w porozumieniu z operatorami tych instalacji, - połączenia wyrównawcze wykorzystujące iskierniki należy również wykonać w porozumieniu z operatorami systemów

Objaśnienia: strefy 0, 1, 2 – dotyczą atmosfery gazowej, strefy 20, 21, 22 – dotyczą atmosfery pyłowej, która nie występuje na stacjach paliw i podano je ze względu formalnych.

Tab. 3. Zestawienie podstawowych wymagań w przypadku stref zagrożonych wybuchem

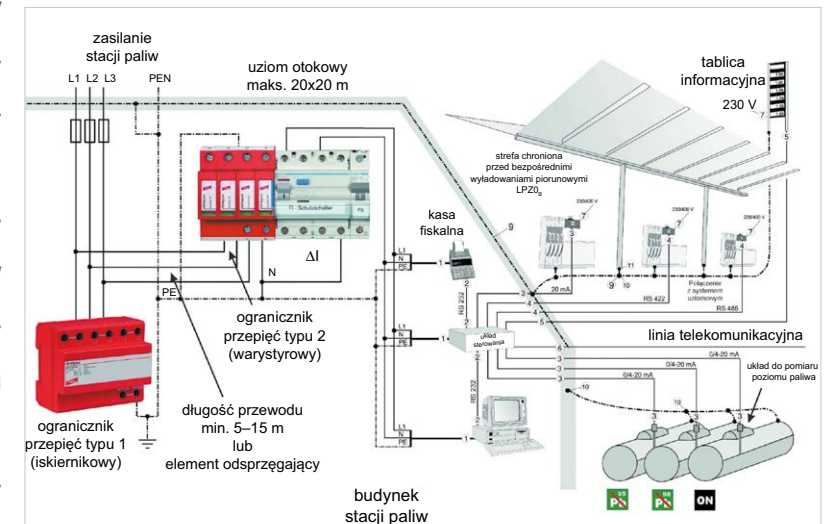
- likwidację przepięć indukowanych, które mogą stanowić źródło przeskoków iskrowych,
- zmniejszenie skoku potencjału systemu uziomowego stacji.
- system ochrony odgromowej

W obiektach zagrożonych wybuchem, jeśli przeprowadzona analiza ryzyka wykaże konieczność stosowania ochrony odgromowej lub ochrona odgromowa jest wymagana przez przepisy techniczno-prawne (co ma miejsce w przypadku stacji paliw płynnych), należy stosować urządzenie piorunochronne przynajmniej klasy II. Taki wymóg występuje w nowym wydaniu normy PN-EN 62305-2:2012 [4].

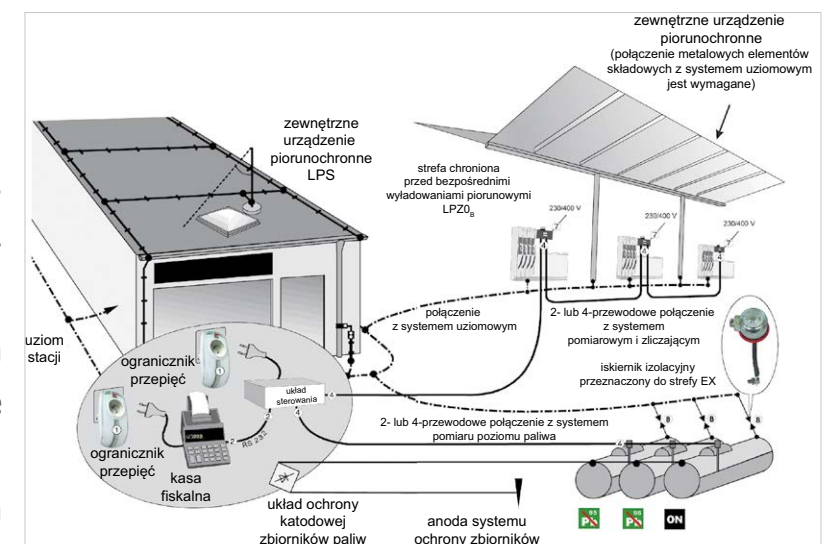
Jak już wspomniano, w Polsce wymagane jest wyposażenie stacji paliw płynnych w instalację odgromową. Szczegółowe wytyczne zawierają normy z serii PN-EN 62305. Należy zauważyć, iż rozporządzenie [2] wymusza stosowanie instalacji odgromowych bez względu na poziom ryzyka wynikający z obliczeń realizowanych zgodnie z wymaganiami norm serii PN-EN 62305. Na rysunku 2. przedstawiono uproszczony algorytm projektowania urządzenia piorunochronnego LPS (ang. Lightning Protection System) zgodnie z normą PN-EN 62305-1:2011 [5].

Stacje paliw, jako obiekty ze zdefiniowanymi strefami zagrożenia wybuchem, podlegają szczególnym obostrzeniom. Dodatkowe informacje dotyczące urządzeń dla obiektów zagrożonych wybuchem zawarto w załączniku D dołączonym do normy PN-EN 62305-3:2011 [7]. Poniżej zasygnalizowano podstawowe wymagania ochrony odgromowej w strefach zagrożonych wybuchem, jakie narzuca ww. norma [4, 5, 7, 8, 9]:

- należy stosować urządzenie piorunochronne przynajmniej klasy II,
- strefy zagrożone wybuchem nie mogą znajdować się w LPZ0A,
- we wszystkich urządzeniach LPS, przeznaczonych do ochrony obiektów zagrożonych wybuchem, preferowany jest dla uziomów układ typu B, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-3 [7],
- rezystancja uziemienia w obiektach zawierających materiały i mieszaniny wybuchowe nie może być większa niż 10 W,
- poszczególne części zewnętrznego urządzenia piorunochronnego (zwody, przewody odprowadzające i uziemiające) powinny znajdować się w odległości co najmniej 1 m od strefy zagrożonej wybuchem,
- jeśli zachowanie odległości 1 m jest niemożliwe do wykonania, to można ją zmniejszyć do około 0,5 m, ale przewody powinny być ciągłe lub zastosowane połączenia spawane, zgrzewane lub wykonane za pomocą urządzeń dociskających,
- urządzenia do ograniczania przepięć SPD (ang. Surge Protection Device) powinny być umieszczane na zewnątrz zagrożonej strefy,



Rys. 3. Uproszczony projekt stacji paliw płynnych (część 1 – system odmiernia i sprzedaży) [10]



Rys. 4. Uproszczony projekt stacji paliw płynnych (część 2 – system dystrybucji paliw wraz z układem ochrony katodowej zbiorników) [10]



Fot. 1. Przykłady połączeń wyrównawczych w strefach zagrożonych wybuchem [10]

- SPD umieszczone wewnątrz zagrożonej strefy powinny być aprobowane do danej strefy, w której są instalowane,
- strefy zagrożone wybuchem nie powinny znajdować się bezpośrednio pod metalowym pokryciem dachu, jeśli możliwa jest jego perforacja lub mogą wystąpić przeskok iskrów pomiędzy poszczegól-

gólnymi arkuszami blachy,

- należy przestrzegać minimalnych grubości blach, które można wykorzystać do odprowadzania prądu piorunowego (tab. 1.),
- połączenia wyrównawcze pomiędzy elementami LPS a innymi przewodzącymi instalacjami, jak również pomiędzy elementami wszystkich przewodzących instalacji, powinny być zapewnione,
- połączenia wyrównawcze wykonane za pomocą zacisków są dopuszczalne tylko wtedy, jeśli nie będzie iskrzenia przy przepływie prądów piorunowych (tab. 2.),
- wykonując połączenia z rurociągami, należy stosować takie rozwiązania, które zapewnią brak iskrzenia przy przepływie prądów piorunowych (np. połączenia spawane). Połączenia zaciskowe są dopuszczalne, jeśli ochrona przed zapłonem została sprawdzona przez wykonanie prób,
- stacje paliw wyposażone w układy do ochrony katodowej zbiorników mogą być podłączone z uziomem tylko za pośrednictwem specjalnego iskiernikowego ogranicznika przepięć. Iskierniki izolacyjne, wykorzystywane do połączeń wyrównawczych instalacji, na których trwale nie występuje potencjał elektryczny, lub izolowanych od ziemi, powinny być poddane próbom na działanie prądów udarowych symulujących przepływ części rozpluwającego się prądu piorunowego,
- ogólne zasady ochrony w obiektach zawierających strefy 0, 1, 2 oraz 20, 21 i 22 zestawiono w tabeli 3.

prawidłowo chroniona stacja paliw

Obszar w bezpośredniej bliskości dystrybutorów paliwa zgodnie z wytycznymi norm powinien być w pełni chroniony przed skutkami bezpośrednich wyładowań piorunowych. Zgodnie ze strefową koncepcją ochrony odgromowej, na przejściu pomiędzy strefami (LPZ0, LPZ1, LPZ2 itd.) należy instalować ograniczniki przepięć. Na rysunkach 3. i 4. zamieszczono uproszczony projekt stacji paliw płynnych. Poszczególne elementy LPS zostały oznaczone numerami od 1 do 11, gdzie:

1 – ogranicznik przepięć do gniazd sieciowych,

- 2 – ogranicznik przepięć do złączy RS-232,
- 3 – ogranicznik przepięć do sond hydrostatycznych z komunikacją 4–20 mA (do pomiaru poziomu cieczy w zbiorniku),
- 4 – ogranicznik przepięć do złączy RS-422,
- 5 – ogranicznik przepięć do złączy RS-485,
- 6 – ogranicznik do łącza telekomunikacyjnego,
- 7 – ogranicznik warystorowy (typu 2),
- 8 – ogranicznik iskiernikowy przeznaczony do stref zagrożonych wybuchem (EX),
- 9 – uziom otokowy,
- 10, 11 – złącze krzyżowe wykonane za pomocą zacisków (dopuszczalne tylko wtedy, jeśli nie będzie iskrzenia przy przepływie prądów piorunowych) – przykład na fotografii 1.

Najczęściej popełniany błąd podczas projektowania stacji paliw (z punktu widzenia ochrony przeciwprzepięciowej) polega na stosowaniu ograniczników przepięć niespełniających wymagań normy PN-EN 61643-11 [11]. Problem dotyczy głównie ograniczników typu kombinowanego, które według danych katalogowych znamionowy prąd wyładowczy (10/350 ms) mają zadeklarowany taki jak dla ograniczników składających się z iskiernika i warystora, zaś zbudowane są tylko z warystorów.

podsumowanie

W dobie powszechnego stosowania nowoczesnych urządzeń elektronicznych dobry projekt jest kluczem do prawidłowego funkcjonowania całego obiektu. Bardzo często zdarza się, iż w prawidłowo zaprojektowanym i wybudowanym obiekcie po burzy stwierdza się uszkodzenia. Wiele osób zapomina o tym, że znamionowe napięcie pracy urządzeń jest stale obniżane, dlatego też jakość stosowanych rozwiązań przeciwprzepięciowych powinna być większa. W chwili obecnej odchodzi się od urządzeń sterowanych elektromechanicznie na rzecz wszechobecnej elektroniki.

Zapewnienie pewnej i skutecznej ochrony odgromowej stacji paliw wymaga podjęcia wieloetapowych działań realizowanych przez specjalistę z dziedziny ochrony odgromowej, posiadającego dodatkową pogłębioną wiedzę z dziedziny kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń, instalacji i systemów. Dobry projekt wymaga współpracy i koordynacji działań w zakresie wielu dziedzin wiedzy (technicznej i praktycznej). Uzgodnienia i konsultacje powinny być prowadzone z architektami, ze służbami pożarnictwa i bezpieczeństwa, instalatorami urządzeń elektrycznych oraz wykonawcami prac budowlanych.

ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa obiektów budowlanych

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Stosowanie coraz doskonalszych, droższych i bardziej zaawansowanych technicznie urządzeń elektrycznych, elektronicznych i fotowoltaicznych stwarza konieczność przeanalizowania zagrożeń udarowych wynikających z postępujących zmian klimatu, wyładowań piorunowych i występujących w ich wyniku przepięć. Cały czas należy mieć na uwadze fakt, że nowoczesne rozwiązania techniczne bazują w większości przypadków na układach sterowanych przez komputery. Napięcia znamionowe pracy systemów komputerowych są z roku na rok coraz bardziej obniżane ze względu m.in. na oszczędzanie energii. W chwili obecnej są to napięcia rzędu kilku woltów. Należy zauważyć, że postęp techniczny relatywnie zmniejsza odporność urządzeń na przepięcia, a ich uszkodzenia niosą ze sobą bardzo duże straty finansowe. Wymusza to konieczność stosowania bardziej skutecznej ochrony urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed skutkami przepięć między innymi poprzez stosowanie adekwatnych rozwiązań chroniących przed wyładowaniami piorunowymi, wielostopniowych układów ograniczających przepięcia itp. Tylko ich prawidłowa wzajemna, właściwa i uzupełniająca się współpraca może zapewnić bezawaryjną eksploatację urządzeń, systemów, linii produkcyjnych w warunkach występowania przepięć, na które te urządzenia są coraz bardziej czułe.

regulacje prawne

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna IEC (ang. *International Electrotechnical Commission*) jest jednostką, która w ramach grupy roboczej TC81 opracowuje i publikuje normy z zakresu ochrony odgromowej. Od czasu swojego powołania komisja opublikowała wiele norm z zakresu ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

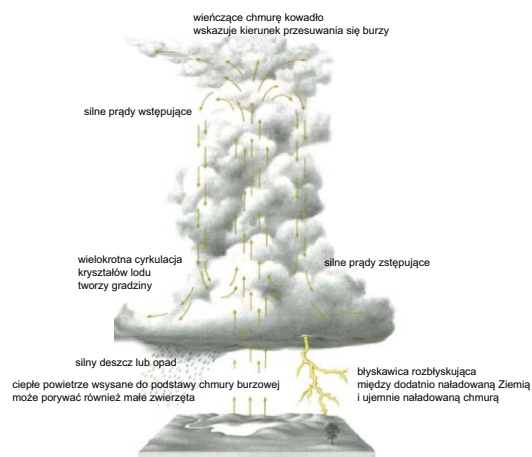
streszczenie

W artykule omówiono podstawowe zasady dotyczące ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej obiektów budowlanych stosownie do wymagań norm z serii PN-EN 62305. W prosty sposób wyjaśniono zjawiska i mechanizmy powstawania przepięć piorunowych oraz powodowanych przez nie zagrożeń bezpieczeństwa w obiektach budowlanych. Krótko scharakteryzowano procedurę oceny ryzyka strat piorunowych. Przedstawiono podstawowe zasady instalacji urządzeń przeciwprzepięciowych w obiektach budowlanych.

nych, zabezpieczenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych od skutków przepięć, oceny ryzyka strat piorunowych. Opublikowana w 2006 roku norma IEC 62305 [1] składająca się z czterech arkuszy wyznacza minimalne wymagania dla systemów ochrony odgromowej i przepięciowej. Prawie w tym samym czasie została ona opublikowana jako norma europejska EN 62305 [2] i polska PN-EN 62305 [3]. W kolejnych latach wprowadzane były modyfikacje normy, które doprowadziły do opublikowania w marcu 2012 roku aktualnej wersji normy EN 62305:2012 [4] i jej polskiego odpowiednika PN-EN 62305 [5]. Europejskie traktaty wymagają pełnego wdrożenia europejskich norm na poziomie krajowym. Niemniej jednak dopiero szczegółowe regulacje prawne poszczególnych krajów nakładają obowiązek ich stosowania. W Polsce zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego urządzenia piorunochronne LPS (ang. *Lightning Protection System*) na obiektach budowlanych powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami Polskich Norm [5]. Szczegółowe wymagania z zakresu ochrony odgromowej wprowadza Rozporządzenie Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [6]. Czytamy w nim: „Budynek należy wyposażać w instalację chroniącą przed wyładowaniami atmosferycznymi. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 53, pkt 2)”. Dalej w § 184: „Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53, pkt 2, powinna być wykonana zgodnie z Polską Normą dotyczącą ochrony odgromowej obiektów budowlanych”. Obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy „projektować i budować w sposób określony w przepisach oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej”. Istnieją również inne szczegółowe akty prawne wprowadzające przedmiotowe wymagania m.in. dla baz i stacji paliw płynnych, rurociągów przesyłowych, w strefach zagrożonych wybuchem [7] itp. Poszczególne branże i przedsiębiorstwa wprowadzają również własne wytyczne określające minimalne wymogi dla urządzeń stosowanych do ochrony przed wyładowaniami piorunowymi i przepięciami, np.: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. [8] itp.

wyjaśnienie zjawisk i mechanizmów powstawania przepięć piorunowych oraz powodowanych przez nie zagrożeń bezpieczeństwa w obiektach budowlanych

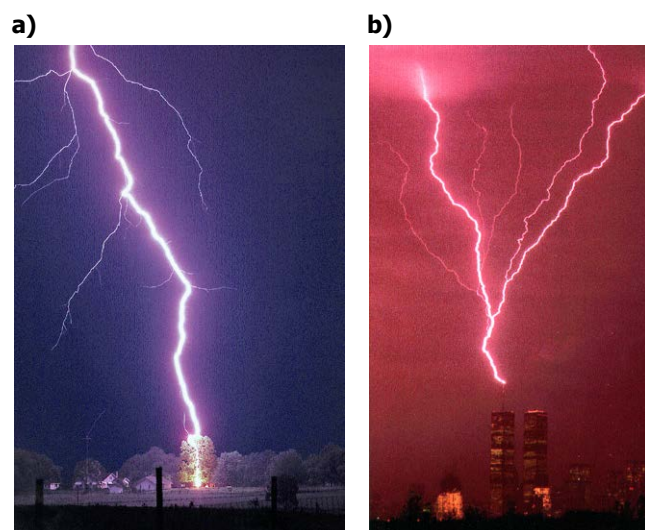
Ogólnie rzecz biorąc można wyróżnić dwa rodzaje burz piorunowych: burze frontowe i burze termiczne. Pierwsze z nich powstają na granicy zderzających się mas ciepłego i zimnego powietrza oraz tych mas z pochyłościami terenu. Przy zderzeniu wilgotne, ciepłe powietrze wyniesione zostaje na duże wysokości tworząc chmurę burzową. Zjawisko to jest bardzo rozległe. Może obejmować setki kilometrów i przemieszczać się z prędkością zwykle większą od 50 km/h. Jest ono zjawiskiem właściwym dla klimatu umiarkowanego, ale nie



Rys. 1. Mechanizm powstawania wyładowań piorunowych

dzącej w najwyższych partiach nawet do -50°C . Unoszeniu się powietrza towarzyszą silne jego zawirowania. W procesach tych formuje się naelektryzowana chmura burzowa.

Gdy natężenie pola elektrycznego w naładowanej chmurze burzowej osiągnie lokalnie krytyczną wartość rzędu 1 kV/cm , to z kropel deszczu lub z kryształków lodu zaczynają się rozwijać tzw. wyładowania wstępne, które zapoczątkowują kanał wyładowania piorunowego (rys. 2a). Kanał piorunowy powstaje skokowo i może rozwijać się w kierunku ziemi lub w kierunku nagromadzonego w chmurze ładunku o przeciwnej biegunowości, tworząc wyładowanie międzymurowe. Natężenie pola elektrycznego może osiągnąć wartość krytyczną nie tylko w chmurze, ale również w pobliżu ziemi, np. przy wierzchołku metalowego masztu lub wysokiego budynku. Następuje wówczas rozwój tzw. wyładowania oddolnego (rys. 2b).



Rys. 2. Przykładowe zdjęcia wyładowań piorunowych: a) obraz kanału wyładowania piorunowego, b) obraz rozwijającego się wyładowania dodatkowego

towarzyszy mu duża gęstość piorunów. Bardziej intensywne są burze termiczne, które powstają pod wpływem silnego nagrzania i unoszenia ku górze, nawet do wysokości 15 km , dolnych mas wilgotnego powietrza (rys. 1.).

W górnych warstwach atmosfery następuje silne ochłodzenie powietrza i skroplenie zawartej w niej pary wodnej, a następnie zamarzanie cząstek wody w temperaturze docho-

Istnienie wielu centrów ładunku ujemnego w chmurze burzowej sprawia, że proces wyładowania nie kończy się na jednym wyładowaniu głównym. Zwykle po nim w odstępach kilkudziesięciu milisekund, występują kolejne wyładowania składowe. Odsetek pojedynczych wyładowań jest szacowany na około 20% . Maksymalna liczba wyładowań składowych wynosi $40-50$, natomiast liczba przeciętna jest szacowana na $3-4$.

Po uderzeniu pioruna należy się spodziewać uszkodzeń (rys. 3.) ter-

micznych, mechanicznych, zapłonów materiałów palnych i wybuchowych, porażenia ludzi. Skutki te mogą być wywołane zarówno bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego, jak i przez powodowane nim sprzężenia elektromagnetyczne, a w rezultacie prądy i napięcia indukowane [9].

Prąd piorunowy wyładowania doziemnego charakteryzowany jest następującymi parametrami:

- wartością szczytową – I_m ,
- maksymalną stromością narastania – $S_{\max} = (di_p/dt)_{\max}$,
- ładunkiem przenoszonym przez prąd – $Q_{\text{imp}} = \int i_p dt$,
- energią właściwą (odniesioną do rezystancji $R = 1\Omega$) – $W/R = \int i_p^2 dt$.

W przypadku bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt budowlany następuje wzrost napięcia we wszystkich jego instalacjach i w obwodach sieci zasilającej oraz w innych wprowadzanych liniach (np. w liniach przesyłu sygnałów/danych) do wartości przekraczających ich najwyższe napięcie robocze. Efekt takiego wzrostu napięcia nosi nazwę przepięć.

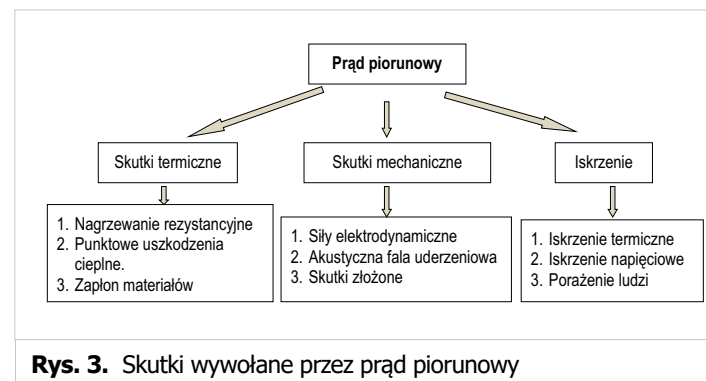
omówienie podstawowych założeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej

Na skuteczność ochrony wpływają: jakość elementów tego systemu oraz właściwy ich dobór i montaż. Niespełnienie jednego z tych trzech warunków może spowodować brak wymaganej skuteczności systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej.

W obecnych czasach rozpowszechnienia nowoczesnej techniki istnieje konieczność wzajemnego łączenia różnorodnych urządzeń i obiektów między sobą. Co więcej, strefa oddziaływania doziemnych wyładowań piorunowych nie jest ograniczona do obiektu trafionego przez piorun. Prowadzone badania wykazały, że w promieniu do 2 km od miejsca wyładowania piorunowego mają miejsce zniszczenia lub uszkodzenia obiektów i urządzeń elektrycznych lub elektronicznych (rys. 4.), a w promieniu sięgającym nawet 10 km mogą występować zakłócenia pracy urządzeń.

Należy pamiętać, że różnorodne rozwiązania techniczne omawianego systemu nie eliminują możliwości uderzenia pioruna, a jedynie ograniczają jego skutki.

Zewnętrzne urządzenie piorunochronne ma za zadanie przejąć i bezpiecznie odprowadzić do ziemi prąd doziemnego wyładowania piorunowego. Składa się ono ze:



Rys. 3. Skutki wywołane przez prąd piorunowy

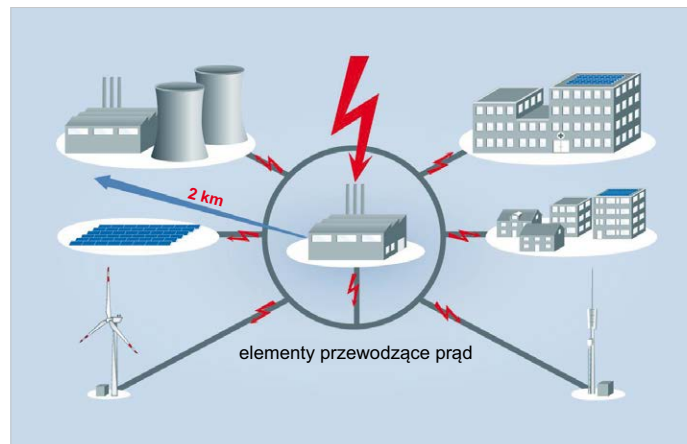
- zwodów (**rys. 5.**) o odpowiednich rozmiarach i układanych na dachu obiektu budowlanego (kalenicy, połączeni dachowej, kominach, w pobliżu anten itp.),
- przewodów odprowadzających prąd doziemnego wyładowania piorunowego ze zwodów na dachu do uziemienia,
- uziemienia piorunochronnego o wymaganych minimalnych parametrach.

Zwody mają za zadanie wytworzyć tzw. „parasol ochronny” nad chronionym obiektem. Ich właściwe rozmieszczenie i jakość wykonania decyduje o skuteczności działania osłonowego. Wyróżnia się trzy metody rozmieszczania zwodów:

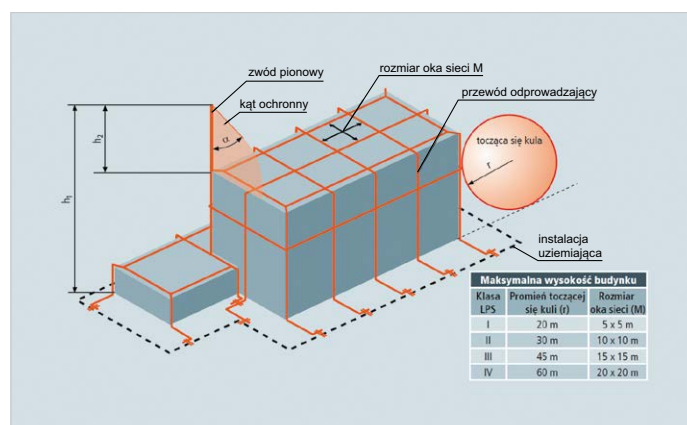
- a) uniwersalną metodę toczonej się kuli,
- b) metodę oczkową właściwą dla dachów płaskich,
- c) metodę kąta ochronnego.

Metoda toczonej się kuli pozwala wyznaczyć miejsca, w które potencjalnie może trafić piorun. W zależności od przyjętego poziomu ochrony (ang. LPL – *Lightning Protection Level*) kula powinna mieć odpowiedni promień (20 ÷ 60) m. Poprzez toczenie kuli po obrysie geometrycznym obiektu wyznaczane są miejsca narażone na uderzenie pioruna. Rozmieszczając zwody pionowe należy tak postępować, aby żaden element sieci elektrycznej lub urządzenie na powierzchni dachu nie zostały „dotknięte” przez kulę. Uniwersalna metoda toczonej się kuli jest zalecana w szczególności dla obiektów o nieregularnym kształcie, z wieloma urządzeniami umieszczonymi na dachu. Umożliwia ona optymalne rozmieszczenie zwodów i ewentualną modyfikację rozmieszczenia urządzeń, tak aby w sposób naturalny zabezpieczać je przed wyładowaniami piorunowymi.

Metoda oczkowa (przeznaczona głównie do ochrony płaszczyzn dachowych) polega na rozmieszczeniu siatki zwodów poziomych na powierzchniach dachowych. Siatkę tę tworzą tzw. „oczka” lub „kratownica” o określonych wymiarach boku w zależności od przyjętego



Rys. 4. Strefa występowania zniszczeń lub uszkodzeń powodowanych przez doziemne wyładowania piorunowe

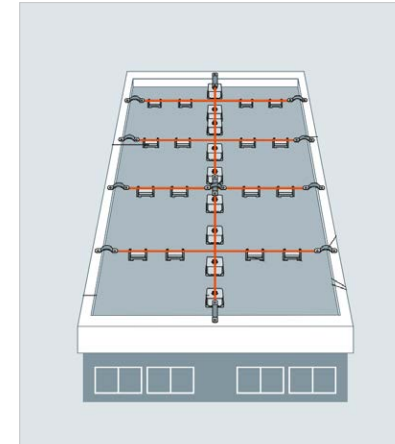


Rys. 5. Metody rozmieszczania zwodów chroniących przed wyładowaniami piorunowymi

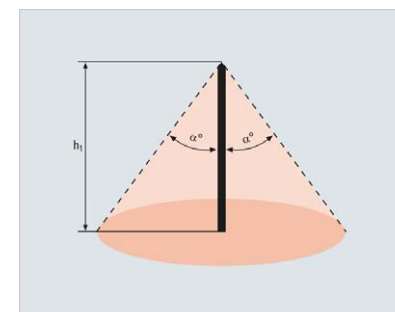
poziomu ochrony (**rys. 6.**). Metoda ta jest niewystarczająca w przypadku, gdy na dachu występują jakiekolwiek urządzenia. Wówczas konieczne jest uzupełnienie tej sieci dodatkowymi zwodami rozmieszczonymi metodą toczonej się kuli lub metodą kąta ochronnego.

Metoda kąta ochronnego polega na doborze wysokości zwodu pionowego ustawionego obok chronionego elementu/urządzenia na dachu tak, aby znajdował się on w strefie ochronnej wyznaczonej przez kąt osłonowy (o wartości zależnej od wysokości zwodu pionowego oraz przyjętego poziomu ochrony i przyjętej płaszczyzny odniesienia, która musi być przewodząca i uziemiona) (**rys. 7.**). Zmiany obszaru chronionego można dokonać zwiększając liczbę lub wysokości zwodów pionowych. Metoda ta nie znajduje zastosowania dla obiektów o wysokości powyżej 60 m, gdzie trzeba się liczyć z możliwością wyładowań w bok obiektu.

Podczas rozmieszczania zwodów należy zwrócić uwagę na wymagane minimalne odstępy bezpieczne od zwodów do urządzeń umieszczonych na dachu. Podczas wyładowań piorunowych należy wziąć pod uwagę możliwość wystąpienia przeskoków iskrowych pomiędzy systemem ochrony odgromowej i innymi elementami na dachu lub bezpośrednio pod nim.



Rys. 6. Obrazowy przykład rozmieszczenia zwodów poziomych metodą oczkową



Rys. 7. Metoda kąta ochronnego

literatura

1. IEC 62305-1:2006 *Protection against lightning – Part 1: General principles.*
2. EN 62305-1:2006 *Protection against lightning – Part 1: General principles.*
3. PN-EN 62305:2006 *Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.*
4. EN 62305-1:2011 *Protection against lightning – Part 1: General principles.*
5. PN-EN 62305-1:2011 *Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.*
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie. Tekst jednolity: DzU 2014 r., poz. 1853.

8. Standardy techniczne szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). <http://www.plk-sa.pl/dla-klientow-i-kontrahentow/akty-prawne-i-przepisy/standardy-techniczne/>, 2016.10.04.
9. A. W. Sowa, Ochrona urządzeń oraz systemów elektronicznych przed narażeniami piorunowymi. Rozprawy Naukowe Nr 219. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
10. PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
11. PN-EN 62305-2:2012 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
12. PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.
13. PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektro-
niczne w obiektach.
14. PN-HD 60364-4-443:2016-03 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi. Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
15. PN-EN 60038:2012 Napięcia znormalizowane. CENELEC.
16. PN-EN 61643-11:2013-06 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.
17. PN-EN 62561-7:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS). Część 7: Wymagania dotyczące substancji poprawiających jakość uziemień.
18. PKP Polskie Linie Kolejowe. Wymagania techniczne dla zapewnienia ochrony przed przepięciami i od wyładowań atmosferycznych w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej DC 3kV. Iet-120. Warszawa 2018.



ZAMÓW PRENUMERATĘ!

Tylko do końca roku prenumerata elektro.info
w niezmienionej cenie:

105 zł

ROCZNA

75 zł

ROCZNA
EDUKACYJNA

185 zł

DWULETNIA

Ceny prenumeraty na 2020 r.

130 zł

ROCZNA

80 zł

ROCZNA
EDUKACYJNA

235 zł

DWULETNIA

ZAMÓWIENIA:

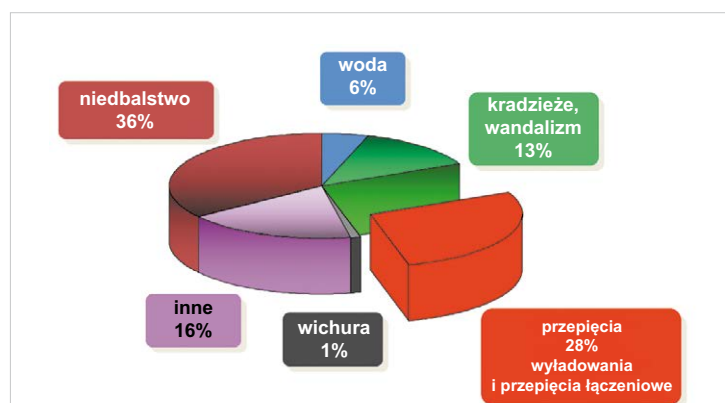
Anna Sergel | asergel@medium.media.pl | tel. 662 169 335

jak prawidłowo dobrać ograniczniki przepięć?

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Postęp technologiczny oraz postępujące uzależnienie społeczeństwa, przemysłu od nowoczesnej technologii wymusza korzystanie z nowoczesnych systemów komputerowych. W chwili obecnej w każdym gospodarstwie domowym, małej firmie czy też dużym zakładzie przemysłowym powszechnie wykorzystuje się technikę mikroprocesorową. Znajdziemy ją w telewizorze, komputerze, zegarku, lodówce, dekodery telewizji cyfrowej, drukarce, maszynie produkcyjnej i w wielu innych miejscach.

Cechą wspólną obecnych rozwiązań technologicznych są układy cyfrowe zasilane z roku na rok coraz niższymi napięciami. Kilka lat temu sprzęt powszechnego użytku pracował przy poziomie napięć rzędu kilkunastu woltów. Dziś trudno jest znaleźć układ wykorzystujący procesory pracujące z napięciem powyżej 5V. Powszechne stają się napięcia rzędu 3,3V, a nawet i mniej. Poziom przepięć dochodzących do użytkowanych urządzeń jest na tym samym poziomie, lecz ich napięcia znamionowe już nie. Relatywnie rzecz ujmując poziom zagrożenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych z roku na rok wzrasta. Wraz z tą tendencją powinna rosnąć wytrzymałość urządzeń na przepięcia. Tak niestety nie jest. Wielkie koncerny, jak i mniejsi producenci sprzętu powszechnie stosują „planowane postarzanie”. Producenci wolą, aby konsument kupował nowe produkty, a nie je naprawiał. Proceder planowanego zużycia sprzętu elektronicznego w głównej mierze opiera się na wykorzystaniu zdefiniowanej



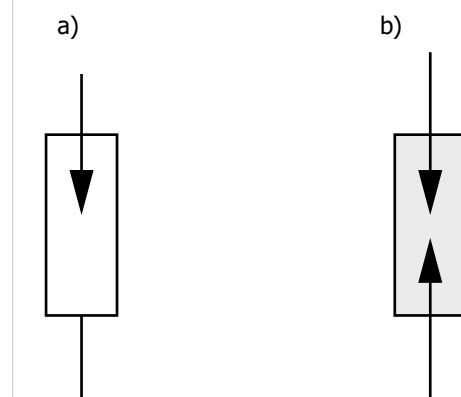
Rys. 1. Przyczyny strat w urządzeniach elektronicznych wymagających wypłaty odszkodowania [4]

streszczenie

Większość ograniczników przepięć sprzedawanych na terenie Polski jest niewłaściwie oznaczona. W artykule opisano właściwy sposób oznaczania ograniczników przepięć zgodnie z normą PN-EN 61643-11. Błędy w oznaczeniach powodują w wielu przypadkach nieporozumienia podczas doboru, co przekłada się na zwiększenie niebezpieczeństwa uszkodzeń chronionych urządzeń i instalacji.

obwód	zasilanie podstawowe	ochronnik przepięciowy klasy B+C typu 2	sygnalizacja obecności napięcia	oswietlenie
moc [kW]	9,8			0,05
oznaczenie kabli	wg projektów sieci			N4
rodzaj kabli	YKY 4*16			YDY2o 3*1

Rys. 2. Błędne oznaczenie rodzaju ogranicznika przepięć



Rys. 3. Ogólny symbol graficzny ogranicznika przepięć (a) i ogranicznika przepięć typu ucinającego (iskiernikowego) (b)

i z góry określonej wytrzymałości udarowej urządzeń. Dany produkt jest w stanie wytrzymać „naście razy” udar napięciowy. Po przekroczeniu magicznej bariery dochodzi do nieodwracalnego zniszczenia elektroniki. Mając to na uwadze istnieje konieczność zapewnienia właściwej ochrony przepięciowej realizowanej między innymi poprzez właściwy dobór ograniczników przepięć, co ma kluczowe znaczenie dla czasu życia wielu urządzeń.

Urządzenia do ograniczania przepięć mają za zadanie zmniejszyć do bezpiecznych poziomów napięcia w instalacji elektrycznej oraz na wejściu zasilanych urządzeń:

- podczas operacji łączeniowych w normalnym i awaryjnym stanie pracy,
- podczas bezpośrednich wyladowań piorunowych w przewody sieci elektroenergetycznej, urządzenie piorunochronne,
- podczas wyladowań piorunowych w bliskim sąsiedztwie.

budowa ograniczników przepięć

Ograniczniki przepięć (SPD – ang. *surge protection device*) są elementami o nieliniowej charakterystyce rezystancji zależnej od napięcia. Generalnie rzecz ujmując dla małych napięć wykazują one bardzo dużą rezystancję. W momencie gdy napięcie przekroczy pewną wartość, jego rezystancja bardzo szybko maleje.

Norma PN-EN 61643-11:2006 i PN-EN 61643-11:2013 [1, 2], dotycząca niskonapięciowych urządzeń do ograniczania przepięć, wyróżnia trzy typy ograniczników przepięć:

- SPD typu ucinającego napięcie, np. iskierniki („charakteryzujące się dużą impedancją przy braku napięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na wystąpienie udaru napięciowego” [1]),
- SPD typu ograniczającego napięcie, np. warystory („charakteryzujące się dużą impedancją, przy braku napięcia, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego” [1]),

- SPD typu kombinowanego, które powinny zawierać zarówno elementy ucinające napięcie, jak i elementy ograniczające napięcie – czyli np. iskiernik i warystor [1].

Oczywistą sprawą jest fakt, iż każdy z wymienionych powyżej typów ograniczników przepięć charakteryzuje się inną wytrzymałością impulsową, udarową, napięciowym poziomem ochrony. Największą wytrzymałość na prąd wyładowania piorunowego ma ogranicznik iskiernikowy. Ograniczniki warystorowe będące elementami półprzewodnikowymi mają tę wytrzymałość znacznie mniejszą od iskiernikowych. Ograniczniki warystorowe w stosunku do iskiernikowych charakteryzują się niższym napięciowym poziomem ochrony. Wzajemne ich zamienianie jest poważnym błędem z punktu widzenia koordynacji energetycznej, jak i wytrzymałości udarowej. Fizyczne umiejscowienie ogranicznika przepięć bezpośrednio wiąże się z koniecznością właściwego doboru napięciowego poziomu ochrony z uwzględnieniem wytrzymałości udarowej urządzeń chronionych i założonej kategorii przepięć stosownej do miejsca. Częściowym rozwiązaniem powyższych problemów jest zastosowanie ograniczników kombinowanych składających się z iskiernika i warystora. Niemniej jednak zawsze należy mieć na uwadze wytrzymałość udarową i napięciowy poziom ochrony ogranicznika.

prawidłowe oznaczenia ograniczników przepięć

W powszechnym użyciu w Polsce są następujące oznaczenia: ogranicznik typu T1, T1+T2, T3. Z punktu widzenia normy PN-EN 61643-11 [1,2] niedefiniowane są takie typy ograniczników. Wyraźnie czytamy w normie, iż wyróżnia się ograniczniki typu ucinającego napięcie, ograniczającego napięcie i kombinowane. Oznaczenia T1, T2, T3 odnoszą się do klasy probierczej – cytując z normy „5.3 Class I, II and III test” [1]. Podczas tej dyskusji należy odnotować, iż w polskim systemie prawnym najnowsza norma PN-EN 61643-11:2013 [2], która nie została przetłumaczona na język polski, nie może być przywołana w rozporządzeniu, jak i innym akcie prawnym. Z punktu widzenia oznaczeń i typów ograniczników przepięć stara norma PN-EN 61643-11:2006 [1], jak i nowa PN-EN 61643-11:2013 [2] w taki sam sposób określa omawiane wymagania.

Dyskusyjną sprawą jest też używanie oznaczeń T1+T2. W punkcie 6.1.1 (f) normy [1] i punkcie 7.1.1 (a4) normy [2] mowa jest o wymaganych oznaczeniach ograniczników. W obu normach do określenia rodzaju ogranicznika użyto liczby pojedynczej, stąd też należy wyciągnąć wniosek, iż dopuszcza się umieszczenie oznaczenia tylko jednego rodzaju klasy probierczej. Oczywiście w punkcie 7.1.1 (a8) normy czytamy [2], iż ogranicznik może być sklasyfikowany do więcej niż jednej klasy probierczej. W takim wypadku wymaga się prowadzenia badań dla dwóch deklarowanych klas i wówczas podaje się tylko jeden najwyższy deklarowany przez producenta poziom ochrony (wybrany z szere-



J. Wiatr
A. Boczkowski
M. Orzechowski

Ochrona przeciwporażeniowa oraz dobór przewodów i ich zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia



Księgarnia Techniczna



elektrotechnika
instalacje
budownictwo

Zamówienia:

eib@ksiegarniatechniczna.com.pl
www.ksiegarniatechniczna.com.pl

NOWE WYDANIE!
Uaktualnione
i poszerzone!

gu opisanego w normie [1, 2]). Powyższe stwierdzenie z normy jest zgodne z logiką – jeśli ogranicznik przechodzi najbardziej wymagające badania zdefiniowane dla klasy T1, to umieszczanie informacji o badaniach mniej wymagających klasy T2 jest zbędne. Sama procedura badawcza dla ograniczników klasy T1 z automatu wymusza badania kondycjonujące tożsame z badaniami klasy T2 zarówno w wersji normy z 2006, jak i z 2013 roku. Powszechnie przyjętą praktyką jest podawanie na ograniczniku przepięć deklarowanej wytrzymałości udarowej ogranicznika dla wszystkich klas probierczych. Niemniej jednak taka praktyka nie ma odzwierciedlenia w normach [1, 2].

Zupełnym nieporozumieniem i jednocześnie błędem jest używanie ograniczników tzw. „B+C”. Zgodnie z normą PN-EN 61643-11 [1, 2] takie urządzenie zupełnie nie istnieje. Dobór takiego ogranicznika („B+C”) jest tożsamy z powołaniem się na normę niemiecką E DIN VDE 0675-6 [3] nieobowiązującą od 2004 roku. W kwestiach spornych, np. przed sądem, same oznaczenie dyskwalifikuje ogranicznik przepięć. Dyskutować można o tym, czy spełnia deklarowane parametry, czy nie. Niemniej jednak z punktu widzenia prawnika taki ogranicznik nie spełnia wymagań opisanych w punkcie 7.1.1 normy i dyskusji dalszej nie ma. Problemy z ogranicznikami nabierają coraz większego znaczenia w przypadku, kiedy ubezpieczyciel odmówi wypłaty odszkodowania. Każdy powód jest dobry, aby zwiększyć zysk, w szczególności kiedy 28% strat w urządzeniach elektronicznych powodowanych jest przez przepięcia (**rys. 1.**).

Stosując w projektach oznaczenia „B+C” narażamy się również na zarzut: „projekt został wykonany metodą kopiuj-wklej”. W Polskiej rzeczywistości nagminnie spotyka się tego rodzaju działania wynikające z braku dostatecznej wiedzy, braku wyobraźni, jak i zwykłego lenistwa. Oznaczenia klas ograniczników B, C, D zostały wycofane 1 października 2004 roku. Naganne ze strony dystrybutorów ograniczników przepięć jest oferowanie produktów błędnie oznaczonych, które kultywują błędne przekonanie, że wszystko jest dobrze. Wspiera się w ten sposób naganne postępowanie projektantów i wykonawców, którzy winni wykonywać swoją pracę zgodnie ze sztuką, a nie kopiować projekty bez zastanowienia, lekko je tylko modyfikując.

Należy również odnotować, iż producenci ograniczników typu „B+C”, T1+T2 tnąc koszty zamiast układów dwustopniowych stosują układ jednostopniowy, składający się tylko z elementu ograniczającego napięcie (warystora). Parametry zaś przez nich deklarowane odpowiadają układom kombinowanym, które powinny być zbudowane na podstawie iskiernika i warystora. Należy w tym momencie postawić pytanie: czy postęp technologiczny poszedł tak daleko, że układ dwustopniowy można zastąpić jednostopniowym? Nie. Więc dlaczego tak się robi? Odpowiedź jest prosta: zysk finansowy. Iskiernik jest drogi z punktu widzenia produkcji. Nie można go wykonać ze zwykłej stali. Naj-

częściej stosuje się do jego budowy stop wolframu z miedzią. Więc po co je stosować, jak i tak zwykły wykonawca nie potrafi ich od siebie odróżnić?

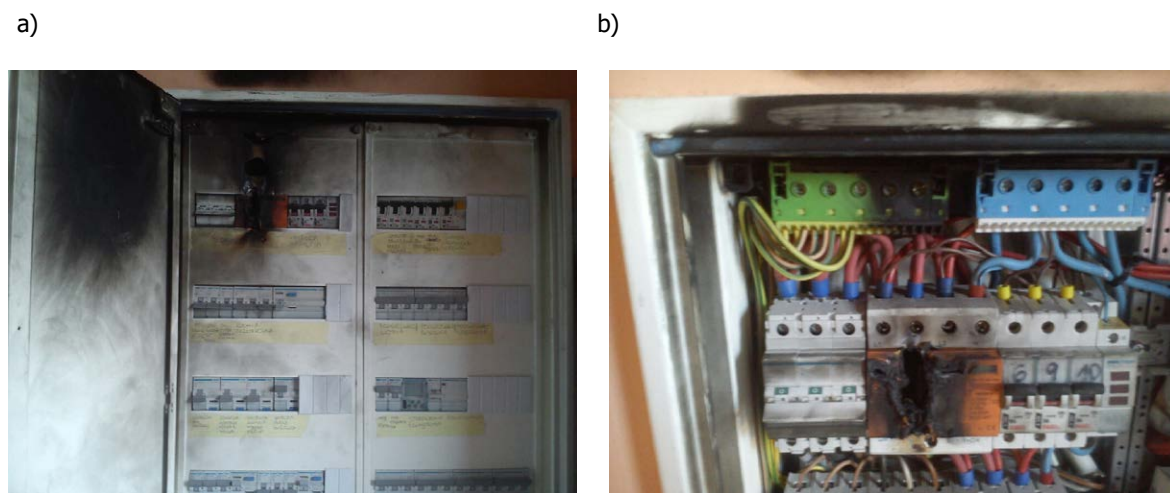
Prawidłowe oznaczenia powinny być następujące: ogranicznik przepięć klasy T1, T2 lub T3.

błędy projektowe

Podczas projektowania i wykonywania cały czas trzeba mieć na uwadze, że instalacja elektryczna powinna zapewniać bezproblemowe działanie urządzeń przez długi czas. Niestety tak nie jest z wielu przyczyn.

Największym problemem są poruszone wcześniej projekty wykonane metodą kopiuj-wklej. Na **rysunku 2.** przedstawiono zdjęcie pokazujące problem. Inwestycja, z której pochodzi zdjęcie, została zrealizowana niedawno i jest użytkowana. Sam zwrot „ochronnik przepięciowy” w świetle normy PN-EN 61643-11 nie istnieje. Klasa B+C również. Projektant słyszał, że coś się zmieniło, więc na wszelki wypadek dodał „typu 2”. Poniżej wpisał, tak aby nie było wątpliwości, konkretny typ. Zastanawiające jest, jak to się stało, że w całym procesie inwestycyjnym nikt nie zauważył tego błędu.

Kolejnym problemem, który bardzo często się spotyka w Polsce, jest zamienianie ograniczników przepięć przez wykonawców na tańsze odpowiedniki. Z punktu widzenia ochrony przepięciowej wymaga się, aby ogranicznik przepięć na wejściu do budynku (na granicy strefy LPZ0 i LPZ1) zdolny był do odprowadzenia prądu doziemnego wyładowania piorunowego. W tym celu powinny być stosowane ograniczniki przepięć typu iskiernikowego oznaczone klasą T1 i dobrane na prąd o kształcie 10/350 μs. Powszechnie zamiast nich stosuje się ograniczniki typu T1+T2 zbudowane w oparciu o warystor. Same oznaczenie T1+T2 sugeruje wykonawcy typ kombinowany (tj. ogranicznik składający się z iskiernika i warystora) – ale fizycznie go tam nie ma (wystarczy sprawdzić kartę katalogową). Problem wynika bezpośrednio z błędnego rozumienia zapisu typ i klasa ogranicznika. Niby wszystko jest dobrze bo przecież parametry znamionowe się zgadzają, ale tak nie jest. Wykonawca kupuje odpowiednik i jest zadowolony z oszczędności. Pojawia się kolejne „ale”. Warystor umieszczony w obudowie o szerokości jednego modułu nie jest w stanie odprowadzić takiego prądu piorunowego jak iskiernik o tej samej wielkości. Powyższy problem potęguje fakt, iż część ograniczników typu kombinowanego w Polsce nie spełnia deklarowanych przez producentów/dystrybutorów parametrów. Użytkownik końcowy jest w tym momencie bezbronny i narażony na dalekosiężne skutki, np. uszkodzenia coraz bardziej wrażliwego na przepięcia sprzętu elektronicznego, brak możliwości uzyskania odszkodowania od ubezpieczyciela itp. Bardzo często wykonawcy twierdzą, że taki „dobry” ogranicznik więcej



Rys. 4. Częściowo spalona rozdzielnica w wyniku błędnego doboru ogranicznika przepięć: **a)** widok całości, **b)** widok po zdjęciu pokrywy

kosztuje – ale nikt nie każe wszędzie w obiekcie ich instalować, co zresztą byłoby błędem. Inwestorzy w większości przypadków nie są informowani o fakcie zamiany lub stosowania najtańszych, niespełniających norm urządzeń do ograniczania przepięć. Pocieszające jest, iż Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów (UOKiK) w rejestrze produktów niebezpiecznych zaczął umieszczać wadliwe ograniczniki przepięć. Problem zamiany wynika również z podobieństwa graficznego symboli elektrycznych. Symbol ogranicznika przepięć i iskiernika są prawie identyczne (**rys. 3.**). Łatwo je pomylić i zamienić w szczególności, gdy w hurtowniach elektrycznych pracują osoby bez odpowiedniego wykształcenia.

straty powodowane błędnym doбором ograniczników przepięć

Błędny dobór ograniczników przepięć niejednokrotnie powoduje znaczne straty finansowe wynikające ze zniszczenia aparatury rozdzielczej, chronionych urządzeń, jak i kosztów przestojów. W niektórych przypadkach zwarcie następujące po uszkodzeniu ogranicznika powoduje pożar całej instalacji, a nawet budynku (**rys. 4. i 5.**).

podsumowanie

Statystycznie rzecz ujmując, straty powodowane przez przepięcia z roku na rok rosną. Związane jest to z obniżaniem napięć znamionowych urządzeń, powszechnym stosowaniem układów cyfrowych, jak i z coraz większą jednostkową wartością sprzętu. Bardzo często pojawiają się twierdzenia „jestem ubezpieczony” od ewentualnych strat powodowanych przez przepięcia. Należy pamiętać, że z punktu widzenia ubezpieczycieli każda wypłata odszkodowania to strata. Wydaje się tylko kwestią czasu, kiedy zaczną się pojawiać problemy w tym segmencie rynku ubezpieczeniowego. W przypadku ograniczników

przepięć należy tylko liczyć na to, iż ubezpieczyciel nie będzie „wnikał” i zapłaci za straty. W każdym innym przypadku błędne oznaczenie ogranicznika w świetle prawników jednoznacznie mówi – element niezgodny z normą. Warto się zastanowić nad tym problemem i zawczasu podjąć odpowiednie kroki.

literatura

1. PN-EN 61643-11:2006 *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i próby.*
2. PN-EN 61643-11:2013 *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.*
3. E DIN VDE 0675-6 1989-11 *Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1.000 V.* Berlin, VDE Verlag GmbH
4. Dane pozyskane od firm ubezpieczeniowych – klauzula poufności.



Rys. 5. Częściowo spalony obiekt w wyniku błędnego doboru ogranicznika przepięć

urządzenia służące do ochrony sieci elektroenergetycznych SN przed przepięciami – wprowadzenie

mgr inż. Karol Kuczyński

Urządzenia służące do ochrony sieci elektroenergetycznych średniego i wysokiego napięcia przed przepięciami (głównie piorunowymi i łączeniowymi) są nazywane również ochronnikami przepięciowymi. Można je podzielić na dwie podstawowe grupy [1, 2]:

- ograniczniki przepięć, tj. środki służące do ochrony urządzeń przed przepięciami i prądami przenoszonymi przewodami sieci (iskierniki ochronne, odgromniki wydmuchowe i warystorowe, kondensatory, dławiki, rezystory, diody i elementy półprzewodnikowe);
- urządzenia osłonowe, tj. środki służące do zapobiegania bezpośrednim i elektromagnetycznym oddziaływaniom wyładowań atmosferycznych (urządzenia piorunochronne, ekrany elektromagnetyczne). Urządzenia osłonowe mają postać urządzeń piorunochronnych, złożonych z tzw. zwodów (części przeznaczonych do bezpośredniego przejmowania wyładowań piorunowych), przewodów odprowadzających i uziemień lub ekranów pomieszczeń, urządzeń i połączeń przewodowych.

Poprawnie działające ograniczniki przepięć, instalowane w różnych miejscach sieci, powinny [1, 3]:

- zmniejszyć wartość szczytową przepięcia do poziomu bezpiecznego dla układu izolacyjnego w chronionym elemencie sieci lub urządzeniu,
- jak najszybciej przerwać prąd doziemny przepływający przez urządzenie ochronne po jego zadziałaniu, czyli tzw. prąd następczy, płynący pod wpływem



Fot. 1. Przykład instalacji ograniczników przepięć na linii SN

streszczenie

Artykuł omawia wybrane zagadnienia ochrony odgromowej dotyczącej linii SN.

Twoje bezpieczeństwo bez ograniczeń



SERIA 7P - Moduły przeciwprzepięciowe (SPD)



Ograniczniki przepięć odpowiednie do zabezpieczenia sieci niskonapięciowej, w celu ochrony sprzętu przed bezpośrednim uderzeniem pioruna, przepięciami indukowanymi i przepięciami łączeniowymi.

napięcia roboczego sieci. Nie dotyczy to iskierników, które nie mogą samodzielnie zgasić łuku elektrycznego oraz ograniczników beziskiernikowych, w których prąd następczy jest pomijalnie mały.

klasyfikacja ograniczników SN

Iskierniki ochronne są najprostszymi, najtańszymi, ale jednocześnie najbardziej zawodnymi ochronnikami, o bardzo ograniczonych możliwościach działania. W uproszczeniu można powiedzieć, że iskiernik składa się z dwóch elektrod, zwykle izolowanych elektrycznie przez powietrze. Rzadziej stosuje się iskierniki o budowie zamkniętej, w których wykorzystuje się różne gazy szlachetne. Odstęp elektrod, czyli tzw. przerwę iskrową, ustala się w zależności od wymaganego poziomu ochrony przepięciowej. Działanie ochronne iskiernika rozpoczyna się od zapłonu iskry lub łuku elektrycznego między elektrodami iskiernika. Powoduje to zwarcie elektrod i ograniczenie przepięcia najpierw do wartości napięcia zapłonu, a następnie do tzw. napięcia obniżonego, wynikającego ze spadków napięć na przerwie iskrowej i impedancji łączącej iskiernik z ziemią. Należy podkreślić, że nie są one jednak w stanie zgasić łuku elektrycznego. Istnieją rozmaite rozwiązania konstrukcyjne iskierników, wynikające z ich przeznaczenia i wymaganych właściwości ochronnych. Najczęściej stosuje się je jako osprzęt łukochronny izolatorów liniowych (w postaci rożków i pierścieni ochronnych) lub jako iskierniki koordynacyjne, instalowane na izolatorach stacyjnych i aparaturowych.

Odgromniki wydmuchowe są rozbudowanymi iskiernikami ochronnymi na ogół typu sworzniowego, umieszczonymi w obudowie, w której znajduje się rura izolacyjna z materiału silnie gazującego pod wpływem łuku (fibra, ebonit, metapleks). Pełnią one dwie podstawowe funkcje ogranicznika: ograniczają wartości szczytowe przepięć (podobnie jak iskierniki ochronne) i przerywają samodzielnie prąd zwarcia (podobnie jak wyłącznik), gasząc łuk podtrzymywany przez prąd następczy po zaniku przepięcia. Nie należą do urządzeń rozwojowych ale są jeszcze dość rozpowszechnione w niektórych starszych sieciach dystrybucyjnych i trakcji.

Taki odgromnik ma odpowiednio wyprofilowane kanały wewnątrz rury gazującej oraz dwie przerwy iskrowe (zewnątrzną, odcinającą urządzenie od sieci przy napięciu roboczym oraz dolną (wewnętrzną) pełniącą funkcję komory gaszeniowej.

Warystorowe ograniczniki przepięć – zwane również niekiedy odgromnikami zaworowymi – są wyposażone w warystory, tzn. materiały półprzewodnikowe o silnie nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej. Dzięki warystorom urządzenia te wykazują właściwość „zaworową”, bardzo pożądaną w technice ochrony przed przepięciami: gwałtownie zmniejszają swoją rezystancję przy przepływie dużego prądu udarowego („zawór” jest otwarty – przepuszcza ładunek elektryczny do ziemi), a po zaniku wyładowania przy przepływie prądu następczego odbudowują ją do wartości rzędu megaomów („zawór” jest zamknięty – płynie co najwyżej

niewielki prąd następczy). Obecnie wyraźnie wyróżnia się dwie kategorie warystorowych ograniczników przepięć [1]:

a) iskiernikowe, zwane tradycyjnie (i poprawnie) odgromnikami zaworowymi, wyposażone w warystory wykonane z węgla krzemu (SiC) oraz iskierniki wieloprzerwowe,

b) beziskiernikowe, wyposażone w warystory wykonane z tlenków metali (głównie ZnO).

Beziskiernikowe ograniczniki przepięć są ciągle udoskonalaną generacją ograniczników warystorowych zbudowanych z warystorów. Połączenie warystorów bezpośrednio z przewodem fazowym jest możliwe dzięki silnie nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej. Wysokość kolumny warystorów zależy od napięcia pracy ciągłej ogranicznika, a jej średnica od znamionowego prądu wyładowczego. Obudowy ograniczników wykonuje się najczęściej z kompozytów w postaci rur z włókien szklanych przesasyconych żywicą epoksydową i elastomerów (kautczuków) silikonowych. Obudowy takie poza zaletami typowymi dla izolatorów kompozytowych, takimi jak: mniejsza masa, hydrofobowość czy odporność na uderzenia, są bardziej bezpieczne dla personelu i sąsiednich urządzeń. W wyniku nadmiernego wzrostu ciśnienia wewnątrz takiej obudowy (uszkodzenie warystorów lub zbyt duża energia wydzielona przy przepływie prądu wyładowczego) może wprawdzie dojść do jej uszkodzenia, ale uszkodzenie to nie ma charakteru eksplozji (jak w przypadku obudów porcelanowych) [1].

Beziskiernikowe ograniczniki przepięć są urządzeniami bardzo prostymi, niezawodnymi, o mniejszej masie i wymiarach w porównaniu z odgromnikami zaworowymi, a ponadto wykazują dobre lub bardzo dobre właściwości ochronne, ponieważ [1]:

- są zdolne do pochłaniania znacznych porcji energii, zapewniając jednoczesną ochronę układów izolacyjnych od większości rodzajów przepięć (piorunowych, łączeniowych, dorywczych krótkotrwałych),
- mają prawie idealne i ciągłe charakterystyki napięciowo-prądowe (ochronne) bez charakterystycznych dla odgromników zaworowych ząbków zapłonowych,
- nieustannie reagują na każdą zmianę napięcia na zaciskach urządzenia ochronnego,
- gwarantują płynne, chociaż gwałtowne przejście od małych do dużych,
- charakteryzują się większą powtarzalnością i krótszym czasem zadziałania (kilkadziesiąt ns) w porównaniu z warystorami karborundowymi,
- umożliwiają równoległe łączenie warystorów, co zwiększa ich obciążalność prądową,
- przy napięciu roboczym płyną w nich prądy rzędu zaledwie kilku miliamperów, które trudno traktować jako prądy następcze.

wymagania normalizacyjne

Nowa wersja normy PN-EN 60099-4:2015-01 *Ograniczniki przepięć. Część 4: Beziskiernikowe ograniczniki przepięć z tlenków metali do sieci prądu przemiennego* została wprowadzona przez Polski Komitet Normalizacyjny w końcu stycznia 2015 r. i zastąpiła PN-EN 60099-4:2009. Norma wniosła sporo nowych zapisów i ukierunkowała próby na ogranicznikach przepięć w stronę ich wytrzymałości energetycznej. Ze starej normy zostały usunięte pewne testy i zastąpione innymi.

Analizując normę, już na początku, znajduje się ważna informacja o innym niż dotychczasowy podziale ograniczników przepięć [2]. Otóż znikają klasy rozładowania linii, a w zamian za to norma wprowadziła podział na 6 rodzajów ograniczników, chociaż podział jest ukierunkowany na wytrzymałości energetyczne poszczególnych typów (**tab. 1.**). Norma wprowadza też nowe parametry. Są to [2]:

- Q_{rs} [C] – powtarzalność przepływu ładunku – maksymalna charakterystyczna zdolność przepływu ładunku w formie pojedynczego lub grupowego przepięcia, który przepływa przez ogranicznik bez uszkodzenia mechanicznego ani nieakceptowanej degradacji elektrycznej warystorów,
- W_{th} – znamionowa energia cieplna – maksymalna charakterystyczna energia [kJ/kV] U_r , która ma być pochłonięta przez ogranicznik lub sekcję ogranicznika w ciągu 3 min w trakcie próby regeneracji termicznej bez spowodowania rozbiegania termicznego,
- Q_{th} [C] – znamionowy ładunek cieplny – maksymalny właściwy ładunek, który ma być przeniesiony przez ogranicznik lub sekcję ogranicznika w ciągu 3 min w trakcie próby regeneracji termicznej bez spowodowania rozbiegania termicznego.

W zakresie prób typu, dwa testy zostały usunięte: próba wytrzymałości na uderzenie prostokątne oraz pomiar wyładowań niezupełnych (wykorzystuje się obecnie pomiar WNZ z prób wyrobu, które są przeprowadzane na każdym egzemplarzu ograniczników przepięć).

Główne różnice pomiędzy nową, a poprzednią wersją normy dotyczą prób typu, w których dokonały się znaczące zmiany. Są to [2]:

Klasa	Stacyjne			Dystrybucyjne		
Oznaczenie	SH	SM	SL	DH	DM	DL
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s, w [kA]	20	10	10	10	5	2,5
Q_{rs} w [C]	$\geq 2,4$	$\geq 1,6$	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,2$	$\geq 0,1$
W_{th} w [kJ/kV]	≥ 10	≥ 7	≥ 4	–	–	–
Q_{th} w [C]	–	–	–	$\geq 1,1$	$\geq 0,7$	$\geq 0,45$

SH – Station High (stacyjny – wysoki), SM – Station Medium (stacyjny – średni), SL – Station Low (stacyjny – niski)
DH – Distribution High (dystrybucyjny – wysoki), DM – Distribution Medium (dystrybucyjny – średni), DL – Distribution Low (dystrybucyjny – niski)

Tab. 1. Klasy beziskiernikowych ograniczników przepięć według PN-EN 60099-4:2015-01 [2]

- próba weryfikacji stabilności długotrwałej pod napięciem trwałej pracy, wcześniej wykonywana w ramach próby działania pod nazwą próby przyspieszonego starzenia jako procedura określenia podwyższonych napięć znamionowych i podwyższonych napięć trwałej pracy wymaganych do wykonania próby działania;
- powtarzalność przepływu ładunku Q_{rs} ;
- odprowadzanie ciepła przez badaną próbkę;
- próba działania;
- próba charakterystyk napięcia częstotliwości sieciowej ogranicznika w funkcji czasu, wcześniej znana jako procedura sprawdzana charakterystyki napięciowo-czasowej odporności ogranicznika na napięcie częstotliwości sieciowej;
- próba odłączników/wskaźników uszkodzenia ogranicznika.

Szczegółowe informacje dotyczące zmian można znaleźć w literaturze, w tym [2].

literatura

1. D. Duda, Z. Gacek, Przepięcia w sieciach elektroenergetycznych i ochrona przed przepięciami, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2015.
2. D. Stempiń, J. Bandel, Zmiany w normie dotyczącej beziskiernikowych ograniczników przepięć prądu przemiennego powyżej 1 kV, „Energetyka & Elektrotechnika” nr 4/2016.
3. P. Korycki, Zagrożenie pożarem i eksplozją beziskiernikowych ograniczników przepięć (część 2.), elektro.info 11/2008.

rozwój zasad ochrony odgromowej budowli i ich wyposażenia

dr inż. Konrad Sobolewski, dr inż. Przemysław Sul,
prof. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski – Politechnika Warszawska

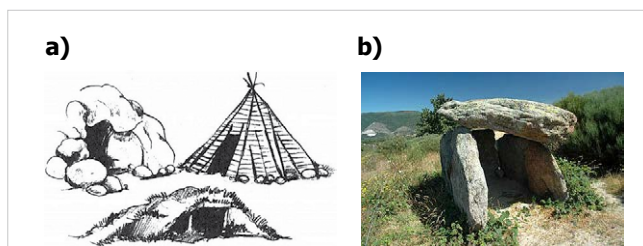
Zagrożenie piorunowe obiektów budowlanych i ich wyposażenia zależy w szczególności od ich właściwości i warunków środowiskowych, w których się one znajdują. Fakt ten determinuje potrzebę powiązania zasad ochrony odgromowej obiektu z jego strukturą, wyposażeniem i otaczającym go środowiskiem. Czyniąc takie założenie należy wnioskować, iż nie da się omawiać rozwoju zasad ochrony odgromowej obiektów budowlanych w oderwaniu od ich strukturalno-wyposażeniowego postępu technologicznego.

Historia obserwacji wyładowań atmosferycznych oraz ich skutków rozpoczęła się zapewne jeszcze w okresie poprzedzającym naszą erę, jednak dopiero w XVIII wieku dokonał się przełom w dziedzinie ochrony odgromowej. Wówczas postawiony został milowy krok ku wdrożeniu realnej ochrony przed skutkami wyładowania atmosferycznego. Pewien ustalony stan wiedzy trwał aż do XX wieku, który wprowadził dynamikę technologiczną sprawiającą, iż obiekty stały się mniej wrażliwe zjawisko wyładowania atmosferycznego niż ich wyposażenie, a używane środki ochrony coraz bardziej skomplikowane.

ewolucja technik budowlanych

Zapoczątkowanie budownictwa przed naszą erą związane jest z pojawieniem się osadniczego trybu życia człowieka, wówczas bez żadnej profesji zawodowej. Z czasem przyjmowało ono różne formy materiałowo-architektoniczne, opierając się na dostępnych w danym okresie wiedzy i materiałach: ziemianki, szałas, dolmeny, budowle grobowe (**rys. 1.**).

Zbierając doświadczenie człowiek rozwijał techniki budowlane, co pozwalało mu konstruować bardziej zaawansowane architektoniczne formy. Pod koniec XIX wieku i później



Rys. 1. Pierwsze budowle: **a)** ziemianki i szałas, **b)** dolmeny i budowle grobowe

możemy obserwować eksplozję złożonych konstrukcji opartych na nowoczesnych materiałach (**rys. 2a**). Niektóre budowle przybierając formy trudne do sklasyfikowania w aspekcie ochrony odgromowej, jak przykłady przedstawione na **rysunku 2b**.

Niewątpliwie obiekty budowane w dawniejszych czasach były bardziej zagrożone wystąpieniem pożaru jako skutku bezpośredniego wyładowania piorunowego, niż obiekty technologicznie późniejsze. Przełom nastąpił u schyłku XIX i początku XX wieku – używane do budowy materiały oraz technologia ich montażu stały się bardziej odporne na działanie prądu piorunowego. Równolegle można stwierdzić, że za to wyposażenie tych obiektów stawało się coraz bardziej wrażliwe. Z tego względu tematem badań piorunowych są nie tylko szkody powstałe w efekcie bezpośredniego trafienia, ale również zakłócanie pracy urządzeń na skutek wyładowań pobliskich. Problem wrażliwości urządzeń, ze względu na postęp technologiczny w zakresie elektroniki, ale również na coraz większy jej udział i znaczenie w życiu codziennym człowieka, staje się coraz bardziej złożony i nabiera coraz większego znaczenia.

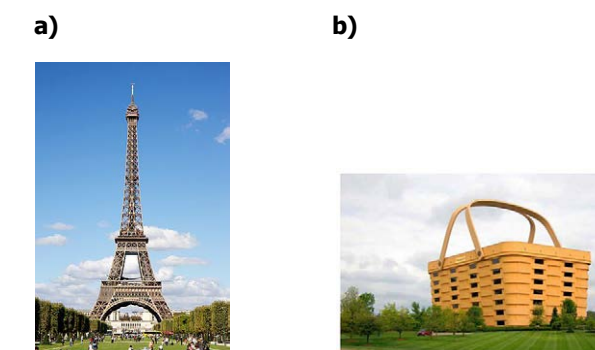
podstawy formalne ochrony odgromowej

Zapewnienie prawidłowej i skutecznej ochrony odgromowej od strony formalnej wymaga stosowania właściwych procedur w doborze środków ochrony uwzględniających aktualne, podstawowe i pokrewne normy i przepisy. Są to Prawo budowlane, Kodeks Cywilny i Ustawa o normalizacji, a w szczególności Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie: „Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” [1] oraz „Szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego” [2].

Zgodnie z §53 ust. 2 „Warunków Technicznych” [1] budynki wyszczególnione w Polskiej Normie należy wyposażać w urządzenia piorunochronne, a ponadto, zgodnie z §184 ust. 3 wyposażenie to powinno być absolutnie zgodne z postanowieniami zawartymi w Polskiej Normie. Oznacza to, że:

- stosowanie Polskich Norm, uznanych przez PKN za aktualne, jest obligatoryjne,
- stosowanie wszelkich innych norm jest wykluczone.

Wymagania te są jednak niestety tylko teoretyczne, gdyż wbrew obowiązującym „Warunkom technicznym” wykorzystuje się rzekomą wyższość „Ustawy o normalizacji” i bez



Rys. 2. Nowoczesne technologie w budownictwie: **a)** wieża Eiffla (1889 r.), **b)** siedziba firmy produkującej koszyki (USA)

żadnych przeszkód stosuje się dowolne normy, w tym francuską pseudo „normę ESE” NFC 17-102.

Naukowość normatywnych zasad ochrony odgromowej nie budzi zastrzeżeń, ale niektóre postanowienia są nazbyt uogólnione i mało precyzyjne, co w niektórych przypadkach prowadzi do niewłaściwości w ocenie zagrożenia i w konsekwencji doborze środków ochrony. Z praktyki wynika, że niektóre postanowienia normatywne wymagają modyfikacji lub uściśleń i zostaną one omówione w dalszej części niniejszych rozważań. Dotyczą one w szczególności: oceny piorunowego zagrożenia obiektu, właściwego powiązania poziomu ochrony obiektów z ich właściwościami i doboru oraz instalowania niektórych środków ochrony.

wybrane postanowienia i zasady ochrony oraz ich modyfikacje

Zasady i postanowienia dotyczące oceny ryzyka

Ryzyko ujmujące szkody i straty obiektu w ciągu roku, jest wyznaczane z zależności:

$$R = 1 - e^{-NPLt} \quad (1)$$

Zakładając, że $t = 1$ rok, a iloczyn $NPL \ll 1$, przyjęto zależność [3]:

$$R = N \cdot P \cdot L \quad (2)$$

gdzie:

N – liczba groźnych zdarzeń (przy trafieniach S_1, S_2, S_3, S_4 wg [3],

P – prawdopodobieństwo uszkodzenia przy 1 zdarzeniu,

L – wynikająca szkoda.

Wyodrębniono również 8 komponentów R_x ($x=A, B, C, M, U, V, W, Z$) o wartości wynikającej z iloczynu:

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x \quad (3)$$

Należy w tym miejscu wyjaśnić, że idea szacowania ryzyka, zgodnie z zależnością (1), została zapoczątkowana w Instytucie Wielkich Mocy i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej rozprawą habilitacyjną prof. Zdobysława Flisowskiego z 1980 r. Opracowywane na jej podstawie kolejne publikacje skłoniły członków komitetu technicznego TC 81 IEC do wprowadzenia koncepcji ryzyka do opracowywanej wówczas serii norm IEC (6)1024 (aktualnie serii IEC 62305 [4] [3] [5] [6]). Koncepcją tą zostały objęte założenia teoretyczne i analityczne wykorzystywanych później wzorów wraz z elektrogeometrycznym modelem wyładowania piorunowego. Następne modyfikacje, dokonywane przez członków tego komitetu (np. przez wprowadzenie względnych strat L), w myśl wypowiedzianej przez jednego

z członków zasady „Risk is Money”, skomplikowały tę koncepcję.

Relacje między komponentami a zdarzeniami piorunowymi są następujące:

- R_A i R_U – porażenie istot żywych, przy trafieniu S_1 i S_3 ,
- R_B i R_V – szkody fizyczne, przy trafieniu S_1 i S_3 ,
- R_C i R_W – przepięciowe szkody urządzeń, trafienie S_1 i S_3 ,
- R_M i R_Z – jw. lecz przy trafieniu S_2 i S_4 .

Niestety, opracowując normę zignorowano trafienia oddziałujące jednocześnie

np. na linię i na obiekt oraz uogólniono wpływ otaczającego środowiska na zasięg oddziaływań (**tab. 1.**) [7].

Każdy komponent R_x wymaga oszacowania: liczby groźnych zdarzeń N_x , prawdopodobieństwa uszkodzeń P_x i straty L_x .

Wartość N_x wynika z zależności:

$$N_x = N_G \cdot A_x \cdot C_D \quad (4)$$

gdzie:

N_G – gęstość wyładowań atmosferycznych na danym terenie,

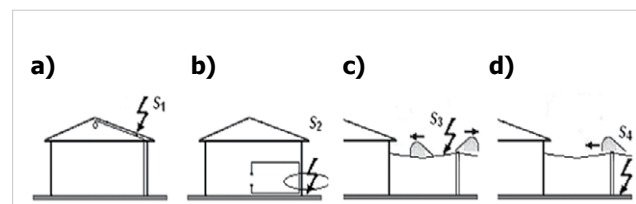
A_x – powierzchnia zbierania wyładowań przez obiekt,

C_D – współczynnik położenia (środowiska) obiektu.

Przy szacowaniu powierzchni $A_x = A_D$ obiektu odosobnionego i położonego na równinie, nie ma problemu. Problem zaczyna się, gdy obiekt znajduje się w innym środowisku, np. w takim jak uwidoczony w **tabeli 1.**

Wówczas powierzchnię tę należy pomnożyć przez odpowiednią wartość współczynnika środowiskowego C_D . Jednak środowisko obiektu jest tu sprecyzowane bardzo ogólnie i niewłaściwy jego wybór może prowadzić do znacznych błędów, co wskazuje na potrzebę zastosowania indywidualnej oceny analityczno-graficznej [8], którą ilustrują przykłady z **rysunku 4.**

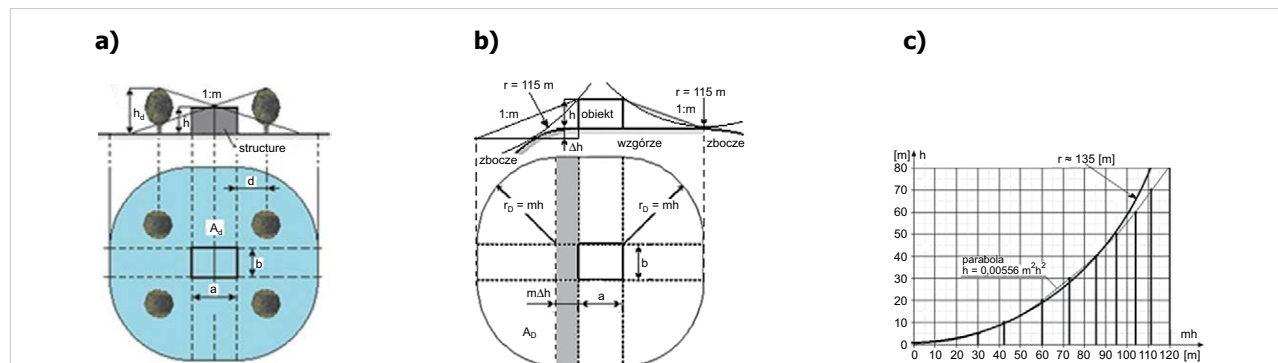
W ocenie indywidualnej można dokładnie uwzględnić usytuowanie i rozmiary poszczególnych elementów środowiska, jak również paraboliczną zależność, zilustrowaną na **rysunku 4c**, zasięgu równoważnej powierzchni obiektu m_h od jego wysokości h [9], zmieniając wartość m wg wzoru:



Rys. 3. Wyodrębnione przypadki trafień: **a)** w obiekt S_1 , **b)** obok obiektu S_2 , **c)** we wchodzącą do niego linię S_3 , **d)** obok tej linii S_4

Względne położenie obiektu	C_D
Otoczony przez wyższe obiekty lub drzewa	0,25
Otoczony przez obiekty lub drzewa o wysokości równej lub mniejszej	0,5
Odosobniony – brak w pobliżu innych obiektów	1
Odosobniony – na szczycie wzgórza lub pagórka	2

Tab. 1. Współczynnik środowiskowy C_D



Rys. 4. Ilustracja analityczno-graficznej oceny powierzchni równoważnej: **a)** obiekt otoczony drzewami, **b)** obiekt na krańcu wzgórza, **c)** paraboliczna zależność krotności mh od wysokości obiektu h



Rys. 5. Obrazy środowiska: **a)** wiejskiego, **b)** podmiejskiego, **c)** miejskiego

$$m = 13,4h^{-0,5} \quad (5)$$

Normatywna wartość $m = 3$. Uziemiając ją, wg wzoru (4.5) i przyjmując dla obiektu (**rys. 4a**) na terenie płaskim następujące dane: $a = 15\text{ m}$; $b = 10\text{ m}$; $h = 10\text{ m}$; $h_d = 15\text{ m}$ i $d = 10\text{ m}$, otrzymuje się normatywną powierzchnię $A_0 = 1119\text{ m}^2$, która w rzeczywistości powinna być równa zero, gdyż obiekt znajduje się w obszarze zbierania okolicznych drzew. Jeżeli odległość d zwiększy się do 28 m to rzeczywista powierzchnia wzrasta do wartości $A_0 = 1960\text{ m}^2$. Różnica między normatywną powierzchnią a rzeczywistą sięga tu wartości 43%. Podobnie jest w przypadku obiektu na wzgórzu (**rys. 4b**), gdzie normatywna powierzchnia ma wartość $A_0 = 28920\text{ m}^2$. Jeżeli ta powierzchnia jest w całości płaska, jak po prawej stronie na **rysunku 4b**, to ma w rzeczywistości taką samą wartość, jak na terenie równinnym, czyli o połowę mniejszą niż na terenie górzystym. Przesunięcie obiektu do zbocza jak po lewej stronie na **rysunku 4b** to rzeczywista powierzchnia będzie większa od normatywnej o 15%. Podobna sytuacja dotyczy wprowadzanych do obiektu linii, gdzie stosuje się normatywny współczynnik C_e z podziałem na środowisko: wiejskie ($C_e = 1$), podmiejskie ($C_e = 0,5$) i miejskie ($C_e = 0,1$). Na **rysunku 5**. Pokazano, jak łatwo jest o mylną kwalifikację, która prowadzi do błędu sięgającego aż 500%.

Drugi czynnik, decydujący o wartości ryzyka R_x , a więc prawdopodobieństwo wystąpienia szkody P_x , przyczynia się również do pewnych nieścisłości. Problem tkwi w tym, że wprowadzone piorunowe poziomy ochrony LPL I, II, III i IV oraz tożsame z nimi klasy LPS zostały

Krytyczny prąd pioruna	Charakterystyka obiektu	LPL	P_B	P_{SPD}
	Obiekt niechroniony	–	1	1
100 kA	Obiekt chroniony przez LPS (P_B)/SPD (P_{SPD})	IV	0,2	0,03
100 kA		III	0,1	0,03
150 kA		II	0,05	0,02
200 kA		I	0,02	0,01

Tab. 2. Normatywne powiązania klas LPS z prądami krytycznymi i współczynników redukcyjnych z tymi klasami

LPL	Rodzaj obiektu
I	Wytwórnice i magazyny materiałów wybuchowych, zakłady pirotechniczne, budynki ze strefami wybuchowymi, instalacje gazowo-pyłowe, obiekty intensywnej terapii, centra nadzoru i obsługi linii lotniczych
II	Zakłady petrochemiczne, budynki łatwopalne, oczyszczalnie ścieków, wysokościowce duże hotele, domy opieki, schroniska, hale noclegowe, budynki energetyczne telekomunikacyjne i informatyczne, centrale nadzoru technicznego i lotniczego o mniejszym zagrożeniu
III	Bloki mieszkalne, domy jednorodzinne, zabudowania wiejskie, budynki administracyjne, biurowe, produkcyjne, magazynowe (bez składu paliw), gastronomiczne, kina, teatry, szkoły, przedszkola, muzea, obiekty historyczno-kulturowe, mniejsze hotele, pensjonaty i zajazdy, garaże, bazy, zamknięte obiekty sportowe, baseny, obiekty administracyjno-ekspedycyjne dworców i lotnisk oraz hangary
IV	

Tab. 3. Powiązanie typowych obiektów z normatywnymi poziomami ochrony (LPL)

powiązane z krytycznymi parametrami wyładowań piorunowych (**tab. 2.**) bez powiązania z właściwościami obiektu. Rezultatem jest to, że przystępując do wyznaczania współczynników redukcji prawdopodobieństwa P_x , wg tej tabeli, brak jest jakichkolwiek podstaw do wyboru klasy LPS.

Aby zapewnić właściwy dobór LPL obiektu (klasy jego LPS), a przez to dokonać również właściwego doboru współczynników redukujących prawdopodobieństwo uszkodzeń P_x , należy bezwarunkowo ustalić wcześniej poziom LPL (klasę LPS) na podstawie właściwości rozpatrywanych obiektów, na przykład wg. takiego powiązania, jak w **tabeli 3**.

Wreszcie trzeci i ostatni czynnik, jakim jest względna strata L_x powodowana przez szkody piorunowe. Prowadzi on w ocenie ryzyka R_x do równie dużych błędów sięgających 100 %. Przykładem może być względna strata $L_x = 0,02$, która w niewielkim szpitalu, np. z 50 pacjentami, oznacza porażenie 1 z nich, ale w większym szpitalu, np. z 500 pacjentami, oznacza porażenie 10 z nich. A zatem identyczna wartość względna strat w nieporównywalnych obiektach prowadzi, w większych z nich, do niedoszacowania strat rzeczywistych. Jest to nieprawidłowość wymagająca:

- usunięcia wartości L_x z zależności ryzyka R ,
- dokonywania oceny prawdopodobnych strat rzeczywistych.

Normatywną kompozycją ryzyka nie jest suma wszystkich komponentów:

$$R = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \quad (6)$$

lecz suma komponentów dobieranych wg źródła lub typu uszkodzenia. Nic jednak nie przeszkadza, by w każdym przypadku szacować wszystkie komponenty, wg iloczynu $N_x P_x L_x$, i rezygnować z tych, które mają pomijalne wartości. Na przykład, jeżeli szacowanie ryzyka, wg wzoru (6), przynosi następujący rezultat:

Klasa LPS	Promień kuli r , w [m]	Wymiar oka W , w [m]	Kąt ochronny α			
		h [m] =>	10	20	40	60
I	20	5 × 5	45	23	–	–
II	30	10 × 10	55	38	–	–
III	45	15 × 15	60	48	26	–
IV	60	20 × 20	65	54	36	23

Tab. 4. Dane do rozmieszczania zwodów

Klasa LPS	I	II	III	IV
Typowe odległości, w [m]	10	10	15	20

Tab. 5. Dane do rozmieszczania przewodów odprowadzających

$$R = R_A + R_B + 0 + 0 + R_U + R_V + 0 + 0 \quad (7)$$

to wiadomo, że decydujące jest tu ryzyko utraty życia.

Wobec niejednoznaczności w szacowaniu względnych strat L_x należy z tego szacowania zrezygnować, pozostając przy ocenie komponentów prawdopodobieństwa $N_x P_x$, lub inaczej ryzyka uszkodzenia obiektu w ciągu roku $R_x = N_x P_x$ (zgłoszoną ostatnio propozycję nazwania R_x częstością uszkodzeń należy uznać za niesłuszną).

Jak wiadomo, obiektowi niechronionemu przypisuje się wartość $P_x = 1$. Normatywne środki ochrony redukują tę wartość w stopniu określonym przez wspomniane już współczynniki. Należy przy tym pamiętać, że jedno groźne zdarzenie może powodować n uszkodzeń, co należy uwzględnić stosując zależność:

$$P_x = 1 - \prod_n (1 - P_{xi}) \quad (8)$$

Znając prawdopodobieństwo uszkodzeń i ich rodzaj można ocenić straty, a ich konfrontację z kosztami środków ochrony uznać za kryterium ich zastosowania.

zasady i postanowienia dotyczące LPS

Obiekty zaliczone do LPL I i LPL II powinny być wyposażone w urządzenia piorunochronne bezwarunkowo. Obiekty zaliczone do LPL III i LPL IV powinny być wyposażone w urządzenia piorunochronne, ale w wątpliwych przypadkach (np. gdy są to obiekty małe, osłonięte itp.) należy to uzależnić od wartości ryzyka ich zagrożenia. Rozmieszczanie zwodów powinno następować zgodnie z danymi. Podane w niej kąty $\alpha > 25^\circ$ powinny być w praktyce weryfikowane metodą toczonej kuli. Należy też pamiętać, że wysokość zwodu h powinna być wymiarowana od powierzchni ziemi. Wyżej położona powierzchnia może być uznana za powierzchnię odniesienia tylko wtedy, gdy jest przewodząca i uziemiona. Wyjaśniono to w tabeli 4.

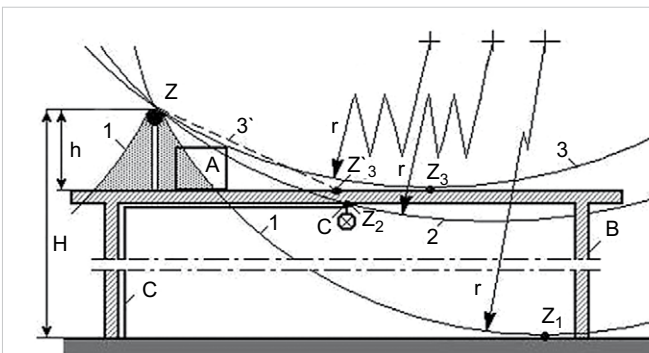
Absolutnie wykluczone jest stosowanie zwodów aktywnych, tzw. „ESE” – ang. Early Streamer Emission. Powodem ich wykluczenia jest:

- całkowity, uzasadniony naukowo i praktycznie, brak przypisywanej im skuteczności,
- wzrost zagrożenia obiektu i jego wyposażenia przez przechwytywane i niewłaściwie odprowadzane do ziemi wyładowania.

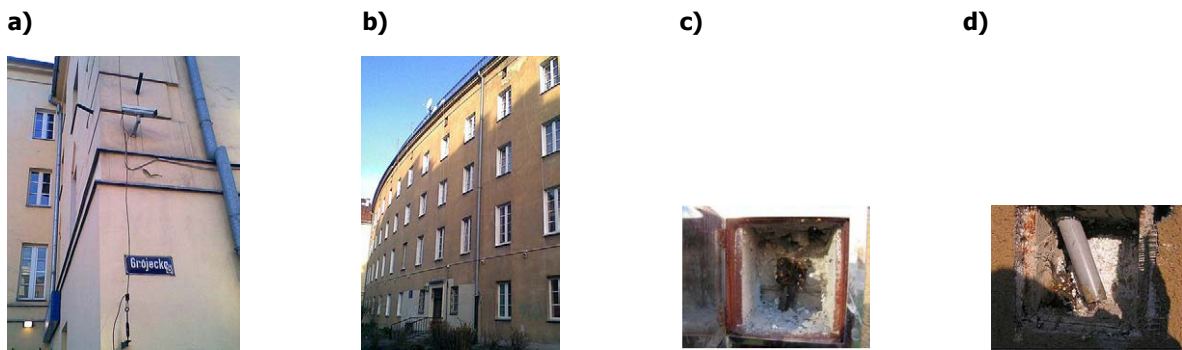
Przewody odprowadzające powinny być rozmieszczone wokół obiektu zgodnie z danymi z tabeli 5. i powinny być zainstalowane co najmniej dwa. Prawidłowe rozmieszczanie elementów LPS i przewodów innych instalacji obiektu wymaga wzajemnej koordynacji, a nieestety często jest to ignorowane, co uwidoczniło na rysunku 6.

Ważnym elementem LPS są uziomy. Powinny one być dostosowane do charakteru obiektu i przeliczone w projekcie w należyty sposób [10] [11]. Najprostszą ich formę stanowią pionowo lub poziomo umieszczane w ziemi połączone ze sobą pręty metalowe. Zalecane jest stosowanie uziomów otokowych, fundamentowych i usieciowanych oraz wykorzystywanie w tym celu zbrojenia betonu przewodzącego. Rezystancja uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω , ale decydujące są tu normatywne wymiary uziomów w powiązaniu z ich układem i rezystywnością gruntu.

Omawiając zasady stosowania LPS należy również wspomnieć o formalnościach projektowych urządzeń ochrony odgromowej i ich odbiorach, a także całkowitym braku formalnych profesjonalistów ochrony odgromowej w Polsce. Normatywne formalności przygotowawcze i projektowe wymagają dokonania uzgodnień właściciela obiektu i projektanta ochrony odgromowej z architektem, zakładami użyteczności publicznej, władzami pożarnictwa i bezpieczeństwa oraz wykonawcy prac budowlanych i instalacji (w tym urządzeń elektronicznych i anten zewnętrznych). Zatem niezbędne jest prowadzenie bieżących uzgodnień i kontroli tras, połączeń oraz wszelkich zmian, ustalanie zakresów odpowiedzialności stron za istniałe nieprawidłowości, przestrzeganie procedur odbioru urządzenia, jak również przestrzeganie procedur użytkowania obiektu. Brak formalnych specjalistów z zakresu ochrony odgromowej powoduje, iż nieprofesjonalny inspektor nadzoru budowlanego np. odbiera nieprawidłowo zainstalowane urządzenia (rys. 6a, 6b) czy akceptuje dewastowanie urządzeń, np. w wyniku ocieplania budynków (rys. 6c, 6d).



Rys. 6. Różne strefy zwodu Z: A – chronione urządzenie na przewodzącym lub nieprzewodzącym dachu budynku B z instalacją C



Rys. 6. Przykłady braku koordynacji przewodu odprowadzającego z innymi instalacjami

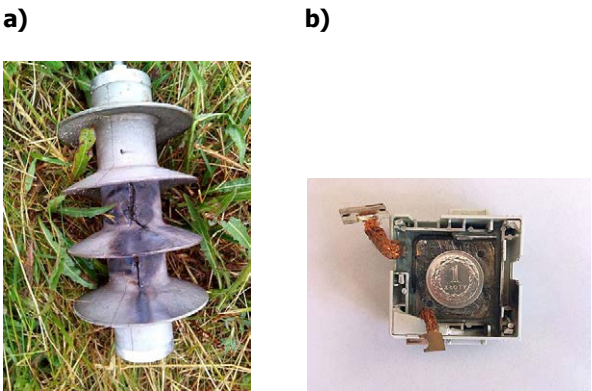
zasady i postanowienia dotyczące SPD

Są to problemy złożone, a ich rozwiązywaniu nie sprzyja wspomniany już brak formalnych specjalistów oraz duży bałagan w postanowieniach normatywnych. Zagmatwania normatywne [12] wynikają z niekonsekwentnych i niejednoznacznych zmian w takich pojęciach i symbolice, jak:

- kategoria przepięć (I, II, III, IV) i klasa SPD (D, C, B, A),
- typ strukturalny SPD (iskiernik, warystor, kombinacja),
- klasa probiercza SPD (I, II, III) i typ SPD (1, 2, 3),
- symbole (T1, T2, T3) oraz (TI, TII, TIII).

Niedorzeczności normatywne, takie jak mieszanie typu z klasą probierczą SPD czy przypisanie mu większej liczby typów, np. T1+T2, doprowadziły do utraty wiarygodności tabliczek znamionowych warystorowych urządzeń, dla których niewłaściwie sugeruje się, że T1 oznacza ich odporność na prądy o wartości z tabeli 6., a T1+T2 jest podwójną odpornością.

Specjalista elektryk powinien wiedzieć, że SPD odporne na udar 10/350 μ s jest automatycznie odporne na udar 8/20 μ s. Uniezależnienie klasy probierczej i typu SPD od jego struktury z oznaczeniem go symbo-



Rys. 7. Porównanie rozmiarów ograniczników przepięć: a) uszkodzony po burzy odgromnik SN, b) rozmiar ogranicznika przepięć nn

Klasa LPS (LPL)	I	II	III oraz IV
Udar całkowity I_{imp} [kA] (źródło S1)	200	150	100
Udar na przewód 0,25 I_{imp} [kA] (źródło S1)	25	18,75	12,5
Udar na przewód 0,125 I_{imp} [kA] (źródło S3)	10	7,5	5

Tab. 6. Standardowe powiązanie I_{imp} z klasą LPS

lem T1, było chyba świadomym działaniem w nadziei, że prąd o wartości zbliżonej do tej z tabeli 6. może zdarzyć się tylko wyjątkowo. SPD powinny być instalowane na wejściu do obiektu (tj. na granicy LPZ 0/1 lub w złączu instalacji) i na ogół dodatkowo na zaciskach chronionego urządzenia.

podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone rozważania pozwalają stwierdzić, że postanowienia normatywne są zbyt uszczegółowione i niejednoznaczne oraz wymagają dużej fachowości wdrożeniowej. Fachowe wdrożeniowe postanowień wymaga, aby:

- każdy obiekt i jego środowisko były traktowane indywidualnie,
- poziom ochrony/klasa LPS wynikały z właściwości obiektu,
- elementy LPS były dobrane i rozmieszczone wg ich klasy,
- powierzchnia odniesienia zwodu była przewodząca i uziemiona,
- złącze instalacji było wyposażone w iskiernikowy SPD o odporności prądowej dostosowanej do klasy LPS i do liczby przyłączonych obwodów, a jego poziom ochrony U_p był skoordynowany z kategorią przepięć U_w chronionych urządzeń,
- chronione urządzenie miało przy zaciskach dodatkowy SPD, gdy SPD w złączu nie spełnia warunku $U_p \leq 0,5U_w$.

Tak zaprojektowaną ochronę należy zweryfikować dokonując normatywnej analizy ryzyka uszkodzenia obiektu.

ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa obiektów budowlanych

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Nowoczesne urządzenia elektryczne i elektroniczne bazują w większości przypadków na układach sterowanych przez mikroprocesory lub komputery. Napięcia znamionowe pracy systemów komputerowych są z roku na rok co raz bardziej obniżane ze względu m.in. na wymaganą coraz większą szybkość ich działania i coraz mniejsze wymagane zużycie energii. W chwili obecnej są to napięcia rzędu kilku woltów. Należy zauważyć, że postęp technologiczny zmniejsza odporność urządzeń na przepięcia, a ich uszkodzenia niosą za sobą bardzo duże straty finansowe. Wymusza to bardziej skuteczną ochronę urządzeń elektrycznych i elektronicznych od przepięć poprzez stosowanie – między innymi – wielostopniowych układów ograniczających (ang. SPD – *Surge Protective Devices*).

Dobierając SPD należy w pierwszej kolejności określić, czy w ogóle jest on potrzebny. Ocenę tej dokonujemy poprzez analizę ryzyka zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 62305-2 [11] z uwzględnieniem szczegółowych przepisów narzuconych na mocy ustaw lub rozporządzeń. W przypadku specjalnych obiektów, jak np. stacje paliw płynnych – bez względu na wynik analizy ryzyka konieczne jest stosowanie urządzeń piorunochronnych oraz przeciwprzepięciowych.

W momencie gdy zdecydujemy się na wyposażenie instalacji elektrycznej w urządzenia do ograniczania przepięć, należy – zgodnie z zaleceniami norm ochrony odgromowej z serii PN-EN 62305 i jej strefową koncepcją ochrony odgromowej – podzielić analizowany obiekt na strefy LPZ (ang. *Lightning Protection Zone*), w których występuje określony stopień narażenia urządzeń na działanie udarów napięciowych i prądowych [11] (**rys. 1.**). Urządzenia pracujące w strefie LPZ_A są narażone na bezpo-

streszczenie

W artykule omówiono podstawowe zasady dotyczące ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej obiektów budowlanych stosownie do wymagań norm z serii PN-EN 62305. W prosty sposób wyjaśniono zjawiska i mechanizmy powstawania przepięć piorunowych oraz powodowanych przez nie zagrożeń bezpieczeństwa w obiektach budowlanych. Krótko scharakteryzowano procedurę oceny ryzyka strat piorunowych. Przedstawiono podstawowe zasady instalacji urządzeń przeciwprzepięciowych w obiektach budowlanych.

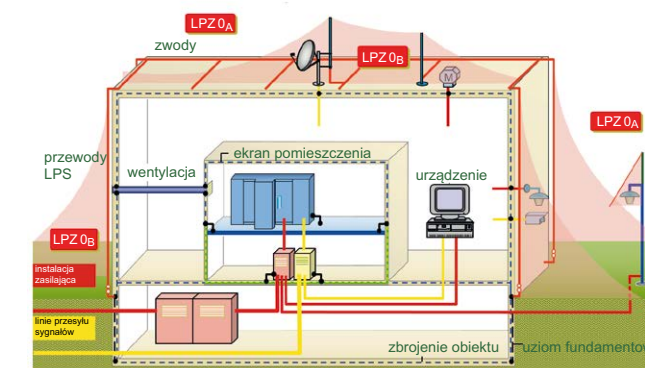
średnie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego i prądu piorunowego o nieograniczonej wartości (w tym obszarze może dojść do bezpośredniego wyładowania piorunowego). Urządzenia pracujące zaś w strefie LPZ_B narażone są na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego wywołanego przez prądy piorunowe, podobnie jak w strefie LPZ_A oraz napięć i prądów udarowych indukowanych przez prądy piorunowe. W tym obszarze i w sąsiadującym okablowaniu będą indukowały się prądy na skutek przepływu prądu wyładowania piorunowego. W strefie LPZ1 urządzenia są już chronione przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego przy jednoczesnym ograniczeniu na granicy strefy poziomu narażenia za pomocą ogranicznika przepięć i ekranów elektromagnetycznych. W kolejnych strefach poziomy napięcie powinny być stopniowo obniżane za pomocą odpowiednio dobranych SPD tak, aby udarowe napięcie wytrzymywane zainstalowanych w tych strefach urządzeń było wyższe niż maksymalna wartość spodziewanego przepięcia.

Na granicy poszczególnych stref LPZ należy stosować SPD obniżające maksymalne spodziewane wartości szczytowe przepięć do ustalonego poziomu – stosownie do przyjętych kategorii wytrzymałości udarowej chronionych urządzeń wg normy PN-HD 60364-4-443 [14]. Koncepcję wielostopniowego układu ograniczającego przepięcia przedstawiono na **rysunku 2.**

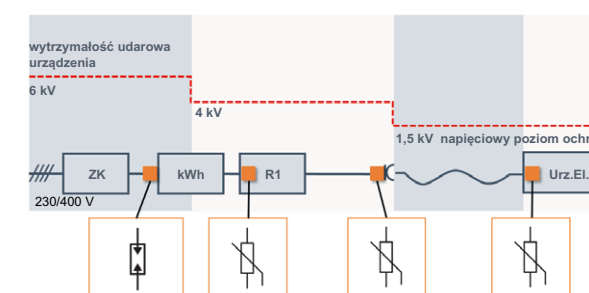
Dobierając ogranicznik przepięć należy uwzględnić:

- miejsce jego instalacji,
- napięcie trwałej pracy U_c ,
- napięciowy poziom ochrony U_p .

Na podstawie informacji dotyczącej miejsca instalacji SPD można wybrać technologię, w której powinien on być wykonany.



Rys. 1. Strefy ochrony odgromowej



Rys. 2. Układ czterech ograniczników przepięć chroniących instalację elektryczną, gdzie: **ZK** – złącze kablowe, **kWh** – licznik energii elektrycznej, **R1** – rozdzielnica, np. piętrowa, **Urz. EI** – końcowe urządzenie elektryczne

Na granicy stref LPZ0 i LPZ1 zaleca się stosowanie ogranicznika typu ucinającego napięcie lub kombinowanego, w którym wykorzystano technologię iskiernikową. Stosowanie technologii warystorowej w tym miejscu należy uznać za niewłaściwe i niebezpieczne. Zalecana wartość prądu impulsowego deklarowanego dla SPD na granicy strefy LPZ0 i LPZ1 to 25 kA/pole (kształt 10/350 μs). Podobne wymagania znajdziemy w PKP Polskich Liniach Kolejowych [18], gdzie w punkcie 5.4.3.1.1 kategorycznie zabrania się stosowania ograniczników typu 1, których główne elementy są wykonane w technologii warystorowej z uwagi na ich małą odporność na oddziaływanie częściowych prądów piorunowych i przenoszonych przez nie ładunków elektrycznych.

Dobierając ogranicznik przepięć nie można zapomnieć o parametrze określającym maksymalne napięcie ciągłej pracy (U_c), musi ono być większe od maksymalnego napięcia fazowego danej sieci. Biorąc pod uwagę wytyczne normy PN-EN 60038:2012 [15] napięcie ciągłej pracy SPD powinno być co najmniej o 10% większe od napięcia znamionowego sieci. Dobierając ograniczniki należy pamiętać o przepięciach dorywczych pojawiających się w sieciach. Napięciowy poziom ochrony U_p powinien być mniejszy niż deklarowana przez producenta najmniejsza wytrzymałość udarowa urządzenia zainstalowanego w danej sieci i w danym fizycznym miejscu jego użytkowania.

analiza ryzyka podstawą wyboru odpowiednich urządzeń odgromowych i przeciwprzepięciowych

W znowelizowanym w 2017 r. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., jako normy, w oparciu o które należy realizować ochronę odgromową obiektów budowlanych, zostały przywołane normy europejskie z serii EN 62305, jako normy PN-EN. Nowa norma PN-EN 62305 ma zastosowanie do projektowania, instalowania, sprawdzania i konserwacji urządzeń piorunochronnych LPS (ang. *Lightning Protection System*) w obiektach budowlanych.

Na początku analizy ryzyka projektant winien zapoznać się szczegółowo z obiektem budowlanym, dla którego będzie liczone ryzyko. Należy ustalić, jaki rodzaj prac wykonywany będzie w budynku. Na tej podstawie można określić typy potencjalnych strat mogących wystąpić na skutek wyładowania piorunowego (L). Norma wymienia możliwość utraty życia ludzkiego, utratę możliwości świadczenia usług, utratę dziedzictwa kulturowego oraz utratę wartości ekonomicznej (obiekty i jego zawartości). Straty mogą być powodowane wymienionymi w normie potencjalnymi źródłami zagrożenia (S). Należy rozpatrzyć wszystkie możliwe przypadki. Każde źródło zagrożenia (S) może wywołać określony rodzaj szkody (D). Dla każdego typu strat identyfikuje się i oblicza komponenty ryzyka (R) dla obiektu budowlanego i urządzenia usługowego. Jeśli

wyznaczone ryzyko jest większe od tolerowanego należy obiekt wyposażać w zalecane normą rozwiązania techniczne, które przekładają się na zmniejszenie ryzyka – np. wyposażenie obiektu w urządzenie piorunochronne (LPS) zmniejsza wyznaczone ryzyko (**rys. 3**). Każda zmiana w projekcie budynku polegająca na dołożeniu kolejnego rozwiązania technicznego powoduje zmianę poziomu ryzyka. Wówczas należy przeprowadzić obliczenia nowych wartości komponentów ryzyka i ponownie porównać z wartością tolerowaną. Każdy rodzaj ryzyka to suma odpowiednich komponentów, a każdy z nich może być oszacowany za pomocą równania ogólnego:

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x$$

(2)

gdzie:

N_x – spodziewana średnia roczna liczba wyładowań piorunowych oddziałujących na obiekt,

P_x – prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu lub nietolerowanego zakłócenia jego pracy,

L_x – wynikowa strata ekonomiczna.

Oczywistym jest, jeśli ryzyko jest mniejsze od tolerowanego obiektu nie trzeba wyposażać w rozwiązania techniczne chroniące przed wyładowaniami piorunowymi.

Tam, gdzie urządzenie piorunochronne (LPS) nie zostało jeszcze sprecyzowane przez: upoważnioną instytucję, ubezpieczyciela lub nabywcę, tam projektant ochrony odgromowej powinien, na podstawie podanej w PN-EN 62305-2 [11] procedury szacowania ryzyka, zdecydować, czy obiekt chronić za pomocą LPS, czy nie i jakiej klasy ma być urządzenie piorunochronne, tak aby ryzyko było na poziomie tolerowanym.

W normie PN-EN 62305 urządzenie piorunochronne odpowiedniej klasy stanowi jeden ze środków minimalizacji ryzyka i to właśnie projektant w ramach analizy zarządzania ryzykiem ma zdecydować, jakiej klasy ma być urządzenie piorunochronne oraz czy i jakie dodatkowe środki ochrony będą najbardziej odpowiednie dla rozpatrywanego obiektu z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego. Aby uniknąć nieporozumień, w normie PN-EN 62305-3 [12] zostały wyraźnie określone cztery klasy LPS (I do IV), w sposób odpowiadający poziomom ochrony (LPL), zdefiniowanym w pierwszym arkuszu normy, tj. PN-EN 62305-1 [10] (**tab. 1.**).



Rys. 3. Zestawienie elementów ryzyka

LPL	Klasa LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Tab. 1. Powiązanie poziomów ochrony odgromowej (LPL) z klasami LPS

Postępując zgodnie z zapisami PN-EN 62305-2 [11], do analizy ryzyka nie wystarcza tylko znajomość wymiarów geometrycznych (rzutów) obiektu i miejsca jego usytuowania, ale również potrzebny jest szereg innych szczegółowych danych, jak na przykład:

- identyfikacja samego obiektu i jego powiązania z obiektami sąsiednimi;
- szczegółowa identyfikacja instalacji znajdujących się w obiekcie oraz innego wyposażenia wewnątrz obiektu;
- określenie liczby osób mogących przebywać w obiekcie lub w strefie do 3 m na zewnątrz obiektu;
- identyfikacja skutków oddziaływania uszkodzeń obiektu na środowisko.

W normie PN-EN 62305-2 [11] zawarto metodykę analizy i ocenę szkód piorunowych.

Przyjęto w niej, że miarą zagrożenia piorunowego obiektu, zarówno bez uwzględnienia zastosowanych w obiekcie środków ochrony, jak i z uwzględnieniem ich skuteczności, jest wartość R ryzyka spodziewanych szkód piorunowych. Określone zostały w niej zasady oszacowania ryzyka powodowanego przez piorunowe wyładowania doziemne w obiektach budowlanych i w urządzeniach usługowych. Dodatkowo zdefiniowano i wyjaśniono podstawowe pojęcia oraz omówiono: metodę oceny ryzyka, jego kategorie i komponenty w odniesieniu do obiektów i urządzeń usługowych, procedury szacowania tych komponentów i zasady ich grupowania z uwzględnieniem standardowych procedur pozwalających dokonać wyboru właściwych środków ochrony i zredukować ryzyko do dopuszczalnego poziomu.

podstawowe zasady instalacji urządzeń przeciwprzepięciowych

W obiekcie budowlanym przeznaczeniem urządzeń do ograniczania przepięć (SPD) jest ochrona instalacji elektrycznych i urządzeń przed działaniem przepięć atmosferycznych bezpośrednich i indukowanych oraz przepięć wewnętrznych, a także przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego.

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.

W zależności od przeznaczenia, SPD powinny być poddane próbom klasy I, II lub III. Urządzenia do ograniczania przepięć badane zgodnie z wymogami poszczególnych klas będą

nazywane odpowiednio SPD typu 1, 2 lub 3.

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 1 należy instalować za głównymi zabezpieczeniami nadprądowymi w następujących układach połączeń [9], [13]:

• w systemach sieci TN i TT:

- jeżeli przewód neutralny jest uziemiony na początku instalacji, między każdy nieuziemiony przewód fazowy a ziemię,
- jeżeli przewód neutralny nie jest uziemiony na początku instalacji, między każdy przewód fazowy a ziemię oraz między przewód neutralny a ziemię,

• w systemach sieci IT:

- między każdy przewód fazowy a ziemię oraz, jeżeli jest przewód neutralny, między przewód neutralny a ziemię.

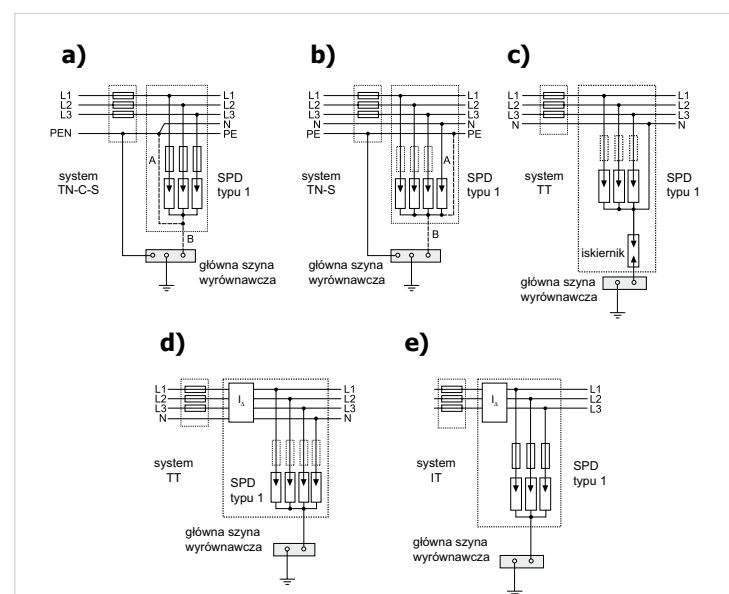
Na **rysunku 4.** przedstawiono typowe układy połączeń SPD w różnych systemach sieci. Jeśli w systemie sieci TN występują połączenia pomiędzy SPD a szyną wyrównawczą przekraczające wymagane długości, to wskazane jest łączenie ograniczników z przewodem PE (alternatywne połączenia oznaczane odpowiednio **A** i **B** na **rysunku 4.**). W systemie sieci TT istnieje możliwość zastosowania układu 4 urządzeń do ograniczania przepięć (**rys. 4d**) tzw. połączenie typu 1 [9], [13] lub układu zawierającego 3 urządzenia do ograniczania przepięć oraz iskiernik nazywany również SPD N-PE (**rys. 4c**). Taki układ nazwano połączeniem typu 2.

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

W celu zapewnienia niezawodnego działania urządzeń technicznych, SPD typu 1 powinny charakteryzować się następującymi właściwościami:

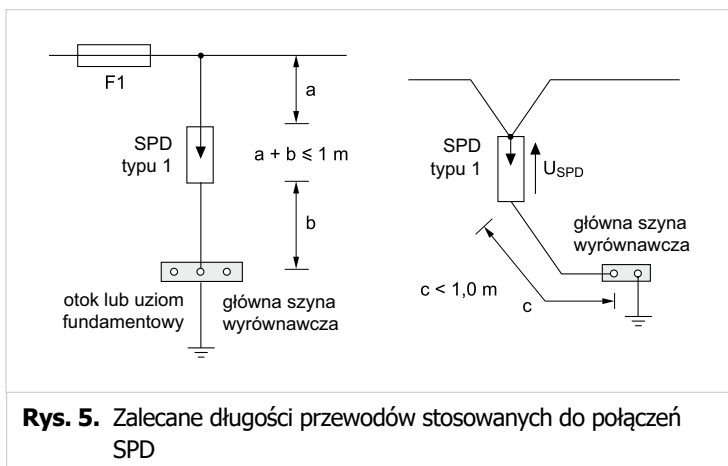
- zdolnością gaszenia prądów następczych bez stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych włączanych w szereg z SPD,
- nie powodować działania zabezpieczeń nadprądowych w instalacji przed SPD,
- łatwością montażu.

Instalując SPD typu 1 należy przestrzegać podstawowych zasad wynikających z zadania, jakim jest ochrona przed działaniem części prądu piorunowego. Przepływ takiego prądu powoduje szereg negatywnych zjawisk, wśród których na szczególną uwagę zasługują następujące:



Rys. 4. Układy połączeń SPD typu 1 w różnych systemach sieci

- oddziaływanie sił elektrodynamicznych pomiędzy przewodami, w których płyną prądy udarowe,
- wystąpienie spadków napięć na indukcyjnościach przewodów,
- zagrożenie wywołane przez wyprowadzanie zjonizowanych, gorących gazów na zewnątrz SPD w przypadku otwartego iskiernika.



Rys. 5. Zalecane długości przewodów stosowanych do połączeń SPD

Obecnie, dobierając odpowiednie

SPD i układy ich połączeń, można powyższe zagrożenia wyeliminować lub ograniczyć ich negatywne skutki.

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 (**rys. 5.**).

podsumowanie

W dobie powszechnego stosowania nowoczesnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych dobry projekt jest kluczem do prawidłowego funkcjonowania całego obiektu. Bardzo często się zdarza, iż w prawidłowo zaprojektowanym i wybudowanym obiekcie po burzy stwierdza się uszkodzenia. Wiele osób zapomina o tym, że znamionowe napięcie pracy urządzeń jest stale obniżane. W chwili obecnej odchodzi się od urządzeń sterowanych elektromechanicznie na rzecz wszechobecnej elektroniki. Niepokojące też jest programowane zużycie sprzętu.

Zapewnienie pewnej i skutecznej ochrony odgromowej obiektów budowlanych wymaga podjęcia wieloetapowych działań realizowanych przez specjalistę z dziedziny ochrony odgromowej mającego dodatkową pogłębianą wiedzę z dziedziny kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń, instalacji i systemów. Dobry projekt wymaga współpracy i koordynacji działań w zakresie wielu dziedzin wiedzy (technicznej i praktycznej). Uzgodnienia i konsultacje powinny być prowadzone z architektami, ze służbami pożarnictwa i bezpieczeństwa, z instalatorami urządzeń elektrycznych oraz wykonawcami prac budowlanych.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

W naszej księgarni znajdziecie Państwo książki z dziedziny:



elektrotechnika
instalacje
budownictwo

- ☐ budownictwa
- ☐ chłodnictwa
- ☐ ciepłownictwa i ogrzewnictwa
- ☐ gazownictwa
- ☐ instalacji sanitarnych
- ☐ ochrony środowiska
- ☐ wentylacji i klimatyzacji
- ☐ instalacji elektrycznych
- ☐ informatyki
- ☐ oraz programy, słowniki, poradniki

ksiegarniatechniczna.com.pl

**Księgarnia Techniczna
Grupa MEDIUM**

ul. Karczeńska 18

04-112 Warszawa

tel.: 22 810 21 24

faks 22 810 27 42

e-mail: eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

www.ksiegarniatechniczna.com.pl

prawidłowe i nieprawidłowe zabezpieczenie ograniczników przepięć niskiego napięcia

dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

Każdy ogranicznik przepięć ma pewną określoną zdolność do przenoszenia przez siebie pewnej energii udaru. Jeśli po zadziałaniu ogranicznika przepięć energia przez niego przeniesiona przekroczy dopuszczalną wartość, wówczas może dojść do uszkodzenia ogranicznika przepięć, a nawet do jego eksplozji – stąd też konieczne jest stosowanie zabezpieczenia. Ilość energii, którą może przez siebie przenieść ogranicznik przepięć, jest ściśle powiązana z zastosowaną do jego budowy technologią.

Największą energię mogą wytrzymać ograniczniki przepięć zbudowane w oparciu o iskierniki. W dalszej kolejności są układy kombinowane składające się z iskiernika i warystora. Dalej znajdziemy warystory, a na samym końcu znajdują się diody zabezpieczające (tzw. TRANSIL'e). Na podstawie informacji zamieszczonych na ograniczniku przepięć możemy szacunkowo określić jego zdolność do przenoszenia energii udaru. W przypadku ograniczników T1 (patrz norma PN-EN 61643-11:2013 [1]) najważniejszym parametrem jest jego wytrzymałość na udarowy prąd impulsowy (I_{imp} lub $I_{10/350}$). Dla ograniczników T2 (patrz

norma PN-EN 61643-11:2013 [1]) jest to znamionowy prąd wyładowczy (I_n). Bardzo często popełnianym błędem jest mylenie wyżej wymienionych parametrów, co może skutkować niewłaściwym doborem. Prąd impulsowy określa zdolność ogranicznika do odprowadzania prądu odpowiadającego energią bezpośredniemu doziemnemu wyładowaniu piorunowemu ($10/350 \mu s$), zaś znamionowy prąd wyładowczy określa zdolność ogranicznika do odprowadzania prądu odpowiadającego prądowi indukowanemu podczas wyładowania piorunowego ($8/20 \mu s$). Na **rysunku 1.** zamiesz-

streszczenie

W artykule szczegółowo opisano zagadnienie właściwego zabezpieczenia ograniczników przepięć (SPD). Rozważania teoretyczne uzupełniono wynikami pomiarów wybranych układów do ograniczania przepięć składających się z kombinowanego ogranicznika przepięć wraz z prawidłowo i nieprawidłowo dobranym jego zabezpieczeniem. Prawidłowo dobrany układ zapewnia bezpieczeństwo eksploatacji, zaś nieprawidłowo dobrane zabezpieczenie powoduje powstanie zagrożenia pożarowego instalacji elektrycznej.

czono przebieg pokazujący różnicę w energiach przenoszonych przez prąd $10/350 \mu s$ i $8/20 \mu s$.

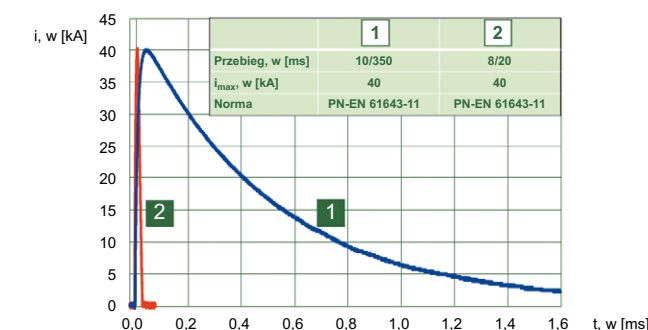
Ograniczniki przepięć należy umieszczać tak, aby w poszczególnych punktach zabezpieczanej instalacji elektrycznej nie zostały przekroczone dopuszczalne wartości napięć. Mając na uwadze strefową koncepcję ochrony odgromowej, jak również rozległość chronionej instalacji elektrycznej, konieczne jest stosowanie kilkustopniowego układu do ograniczania przepięć. W podzielonym na strefy obiekcie, przy przejściu z jednej strefy do drugiej, konieczne jest ograniczanie wartości szczytowych przepięć występujących w instalacjach niskonapięciowych oraz impulsów pola elektromagnetycznego do poziomów dopuszczalnych w danej strefie [2,3]. Poszczególne ograniczniki przepięć powinny odprowadzać (do np. przewodu ochronnego PE dla sieci TN-S, PEN dla sieci TN-C itp.) część prądu udarowego.

dobezpieczenie ograniczników przepięć

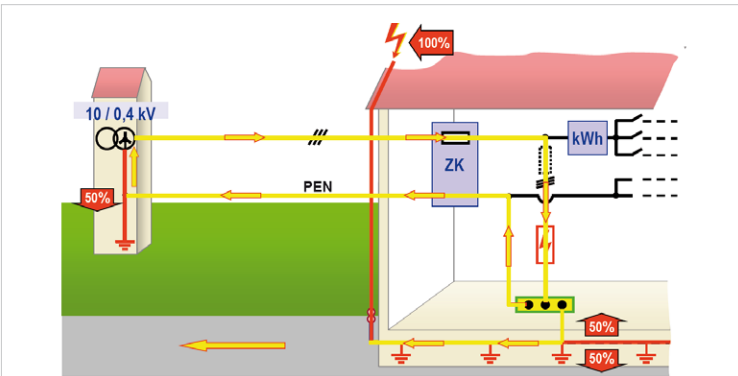
Głównym zadaniem zabezpieczenia ogranicznika przepięć jest zapewnienie bezpieczeństwa instalacji elektrycznej i ciągłości zasilania obwodów elektrycznych wyposażonych w urządzenia do ograniczania przepięć. Zabezpieczenie jest wymagane, gdy:

- w instalacji elektrycznej stosujemy iskiernikowy ogranicznik przepięć. W przypadku stosowania ogranicznika iskiernikowego napięcie fazowe panujące w instalacji elektrycznej może spowodować podtrzymanie palenia się łuku elektrycznego między elektrodami iskiernika po jego zadziałaniu. Prąd następczy, który popłynie w instalacji elektrycznej, musi zostać samodzielnie wyłączony przez ogranicznik lub przez dodatkowe zabezpieczenie ogranicznika,
- ulegnie uszkodzeniu ogranicznik przepięć w wyniku normalnych procesów starzeniowych (szczególnie dotyczy to ograniczników wykonanych w technologii warystorowej),
- przekroczone zostaną znamionowe wartości prądów ogranicznika,
- ogranicznik nie spełnia deklarowanych parametrów znamionowych. W przypadku stosowania ogranicznika warystorowego jego uszkodzenie (skutkujące zwarcie w instalacji elektrycznej) powinno być wyeliminowane przez dodatkowe zabezpieczenie ogranicznika przepięć.

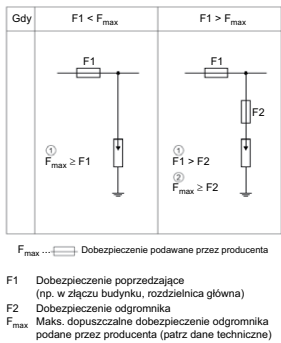
Prąd zwarciovowy, który może pojawić się w ww. sytuacjach w sieci elektrycznej, może stanowić zagrożenie porażeniowe i pożarowe. Dodatkowe zabezpieczenie zapewni przerwanie



Rys. 1. Zależność energetyczna prądów udarowych $10/350 \mu s$ i $8/20 \mu s$



Rys. 2. Podział prądu doziemnego wyładowania piorunowego oraz prąd następczy w instalacji elektrycznej budynku



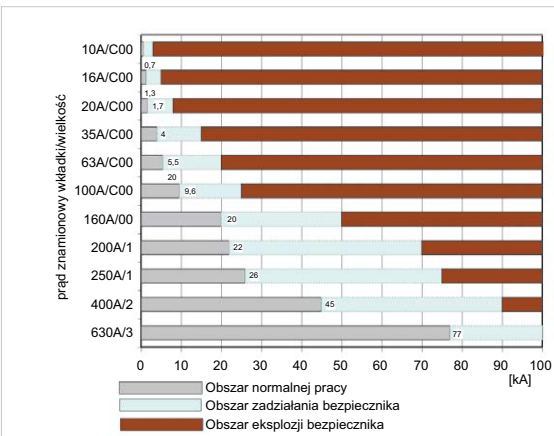
Rys. 3. Dobrezpieczenie ograniczników przepięć

płynącego prądu zwarciovego. Przy braku dobrezpieczenia ogranicznika przepięć chroniony obiekt lub instalacja elektryczna może zostać wyłączona przez wcześniejsze zabezpieczenie nadprądowe, co skutkuje brakiem w dostawie energii elektrycznej do odbiorcy. Podsumowując dobrezpieczenie zwiększa bezpieczeństwo, jak również zapewnia ciągłość zasilania (rys. 2.).

Dla każdego ogranicznika przepięć dostępnego na rynku producent powinien podać maksymalną wartość prądu znamionowego wkładki topikowej, jaka może być wykorzystana do dobrezpieczenia ogranicznika przepięć. Dodatkowe bezpieczniki należy zastosować w przypadku, gdy wartość prądu znamionowego zabezpieczenia poprzedzającego ogranicznik jest większa od maksymalnego dopuszczalnego dobrezpieczenia użytych ograniczników przepięć – określona przez ich producenta (rys. 3.).

W tabelach 1. i 2. zamieszczono przykładowe przekroje przewodów łączących ogranicznik przepięć z instalacją elektryczną.

Należy pamiętać, iż zadziałanie dobrezpieczenia ogranicznika przepięć będzie skutkowało pozbawieniem ochrony przeciwprzepięciowej w danej instalacji. Brak dodatkowego dobrezpieczenia ogranicznika może jednak skutkować przerwą w dostawie energii elektrycznej w danym obwodzie lub obiekcie. Aby zapewnić ciągłość ochrony przepięciowej, należy kontrolować stan wkładek dobrezpieczających ograniczniki przepięć.



Rys. 4. Oddziaływanie prądu piorunowego na wkładki bezpiecznikowe [8]

Dobrezpieczenia ograniczników przepięć za pomocą wyłączników nadmiarowo-prądowych jest błędem. Urządzenia te nie są budowane do przewodzenia prądów udarowych 10/350μs, jak i 8/20μs. W kartach katalogowych znaj-

dziemy tylko wytrzymałość zwarciovą a nie udarową! W literaturze dostępne są wyniki badań dobrezpieczeń wykonanych jako wkładki bezpiecznikowe przy przepływie prądu udarowego [8] (rys. 4.). Brak jest natomiast wyników badań wytrzymałości na prądy udarowe wyłączników nadmiarowo-prądowych. Bardzo często mylnie interpretuje się wytrzymałości na prąd zwarciovą 50 Hz z wytrzymałością udarową wyłącznika nadmiarowo-prądowego, co może skutkować znaczącym zwiększeniem ryzyka porażenia prądem elektrycznym oraz pożaru.

Bezpiecznik g/L/gG	Przewód L1/L2/L3/N/PEN	Przewód
[A]	[mm ²]	[mm ²]
25	10	16
35	10	16
40	10	16
50	10	16
63	10	16
80	10	16
100	16	16
125	16	16
160	25	25
200	35	35
250	35	35
315	50	50
>315	50	50

Tab. 1. Przykładowe przekroje przewodów łączących iskernikowy ogranicznik przepięć z instalacją elektryczną

Bezpiecznik g/L/gG	Przewód L1/L2/L3/N/PEN	Przewód
[A]	[mm ²]	[mm ²]
35	4	6
40	4	6
50	6	6
63	10	10
80	10	10
100	16	16
>125	16	16

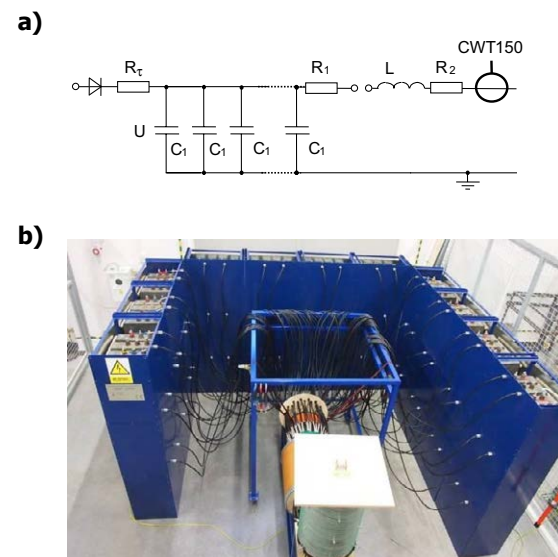
Tab. 2. Przykładowe przekroje przewodów łączących warystorowy ogranicznik przepięć z instalacją elektryczną

laboratoryjne badanie dobrezpieczenia ograniczników przepięć

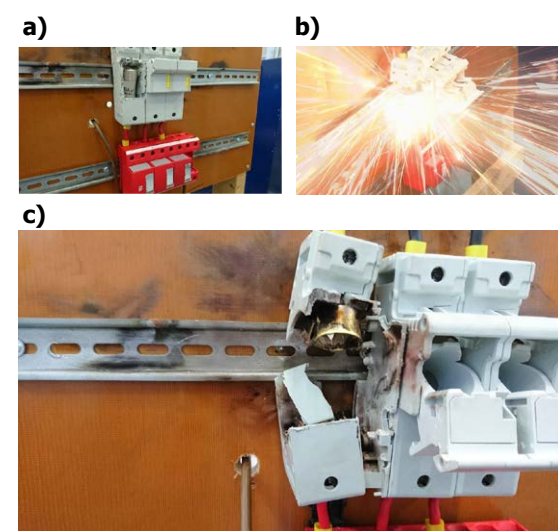
laboratoryjne badanie dobrezpieczenia ograniczników przepięć

Podczas badań różnych sposobów dobrezpieczenia ograniczników przepięć wykorzystano wysokonapięciowy generator prądowy, który wytwarza udary o wartości szczytowej do 300 kA i różnych kształtach. Zmiana parametrów generowanych udarów dokonywana jest poprzez wymianę elementu rezystancyjno-indukcyjnego. Uproszczony schemat generatora wykorzystywanego do badań przedstawia rysunek 5.

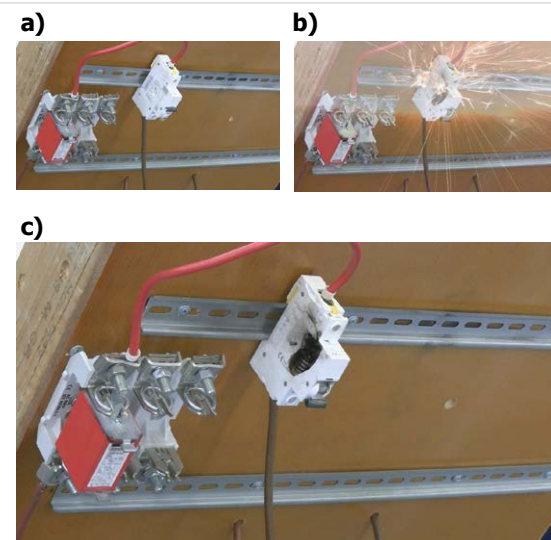
Do pomiaru prądu na wyjściu generatora wykorzystano cewkę Rogowskiego firmy PEM typu CWT150 $I_n = 300 \text{ kA}$, o płaskiej charakterystyce przenoszenia w zakresie od



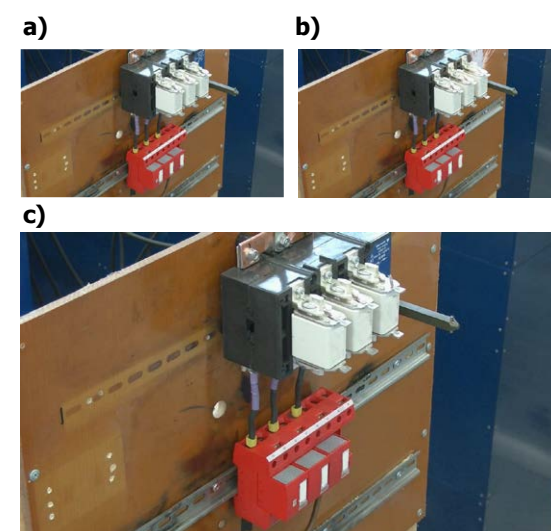
Rys. 5. Generator udarów prądowych: **a)** schemat układu pomiarowego, **b)** widok generatora



Rys. 7. Dobezpieczenie kombinowanego ogranicznika przepięć za pomocą wkładki bezpiecznikowej BiWtz cylindrycznej 22x58mm 63A gG. Zdjęcie wykonane przed badaniem **(a)**, w trakcie próby **(b)**, po jej zakończeniu **(c)**



Rys. 6. Dobezpieczenie kombinowanego ogranicznika przepięć za pomocą wyłącznika nadmiarowo-prądowego C40. Zdjęcie wykonane przed badaniem **(a)**, w trakcie próby **(b)**, po jej zakończeniu **(c)**



Rys. 8. Dobezpieczenie kombinowanego ogranicznika przepięć za pomocą wkładki bezpiecznikowej NH00 100A gG 500V WT-00. Zdjęcie wykonane przed badaniem **(a)**, w trakcie próby **(b)**, po jej zakończeniu **(c)**

0,2 Hz do 16 MHz (pasmo 3 dB). Do rejestracji przebiegów prądu – oscyloskop cyfrowy Tektronix DPO 7254.

W trakcie badań udar prądowy doprowadzono z wyjścia generatora do ogranicznika przepięć dobezpieczonego poprzez:

- a) wyłącznik nadmiarowo-prądowy C 40 6 kA,
- b) wkładkę bezpiecznikową BiWtz cylindryczną 22x58 mm 63 A gG 500 V 120 kA,
- c) wkładkę bezpiecznikową NH00 100 A gG 500 V WT-00 120 kA.

Badania dobezpieczenia przeprowadzono dla kombinowanego ogranicznika przepięć o prądzie $I_{imp} = 25 \text{ kA/fazę}$. **Zgodnie z rysunkiem 4. próba prądem udarowym 12,5 kA powinna spowodować normalne zadziałanie bezpiecznika 40 A, 63 A i 100 A.** Z generatora doprowadzono prąd udarowy $10/350 \mu\text{s}$ 12,5 kA. W wyniku prowadzonych badań stwierdzono eksplozję wyłącznika nadmiarowo-prądowego (a) oraz wkładki cylindrycznej (b). Wkładka bezpiecznikowa NH00 (c) prawidłowo zadziałała (**rys. 6–8**).

podsumowanie

Stosowanie coraz doskonalszych urządzeń elektronicznych w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych stwarza konieczność przeanalizowania ich zagrożeń udarowych oraz podjęcia odpowiednich środków ochrony. Tylko prawidłowa wzajemna koordynacja energetyczna zapewni skuteczną ochronę przed przepięciami, na które urządzenia są coraz bardziej czułe. Prawidłowe rozwiązania są bardzo dobrze znane, lecz ze względów czysto ekonomicznych odstępuje się od ich fizycznej realizacji podczas budowy nowych obiektów.

Stosowanie niewłaściwego sposobu dobezpieczenia ograniczników przepięć znacząco zwiększa ryzyko pożaru, eksplozji rozdzielnic, w której zostały one zainstalowane. Wyłączniki nadmiarowo-prądowe lub też wkładki cylindryczne jako dobezpieczenie ograniczników przepięć nie powinny być stosowane. Powszechne mylenie wytrzymałości zabezpieczeń nadprądowych na prąd zwarciový z wytrzymałością udarową na prąd piorunowy jest błędem projektowym i może być przyczyną m.in. pożaru.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

instalowanie uniwersalnych ograniczników przepięć w obwodach dystrybucji zasilania, szafach automatyki jak i innych

Mieczysław Ludwików – Phoenix Contact

Każdy aparat czy urządzenie elektryczne posiada skończoną odporność udarową U_w określoną przez swego producenta. Wartość ta jest opisywana bardzo wąską krzywą 1,2/50 μ s. Oznacza to tylko tyle, że **możliwym jest zniszczenie izolacji** takich urządzeń czy systemów, jeśli na ich zaciskach pojawią się wyższe niż producent określił poziomy napięcie przejściowych. Takie wartości odporności dla różnych poziomów napięć w instalacjach można znaleźć na przykład w normie: **PH-HD 60364-5-534:2016**, tabela 534.1. Dalej, aparaty i urządzenia należy grupować w obszarach **uwzględniając ich odporność udarową U_w** . Wszystko po to, aby te o podobnej czy identycznej odporności znalazły się w tym samym obszarze, co ułatwia ich zabezpieczanie przed groźnymi zjawiskami. Wszelkie aparaty i urządzenia instalowane wewnątrz szaf zasilania na napięcie 230/400V powinny posiadać kategorię przepięciową III. Oznacza to, że poziomy przepięć nie powinny przekraczać 4 kV, 1,2/50 μ s. O ile z szafami dystrybucji zasilania jest to relatywnie proste, ponieważ urządzenia tam zastosowane powinny posiadać relatywnie wysoką odporność o tyle z szafami sterowania już nie jest to oczywiste. Zdarza się, że aparaty w nich posiadają niższą odporność niż deklarowana. Jeśli więc w instalacji szafy sterowania istnieją źródła przepięć, jak styczniki czy przekaźniki, maszyny lub obwody, które wychodzą daleko poza szafy ale w kubaturze budynku, to należy instalować ogranicznik testowany klasą testu II (8/20 μ s). Poziom ochrony U_p oferowany przez te ograniczniki przepięć powinien być nie gorszy niż 2,5 kV. To odpowiada ogranicznikowi przepięć typu 2. W tych obwodach, mając trudności z długościami przewodów, warto stosować ograniczniki o połączeniu wewnętrznym 3+1, które zapewniają istotnie lepszy poziom ochrony niż popularne aparaty dzięki cenie wersji w układzie 4+0. Jest to bardzo ważne dla dyspozycyjności systemu, patrz poniżej.

streszczenie

W artykule opisano znaczenie wykonania najważniejszego ogranicznika przepięć w instalacji zasilania elektrycznego jak i sposobu jego instalowania dla dyspozycyjności elementów instalacji w jego otoczeniu.

Dalsze wymagania wynikające z Dzienników Ustaw i norm: **Dz. U. z dnia 7 czerwca 2019 poz. 1065**

Rozdział 8 **Instalacja elektryczna**

§ 180. Instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów rozporządzenia, przepisów odrębnych dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać:

...

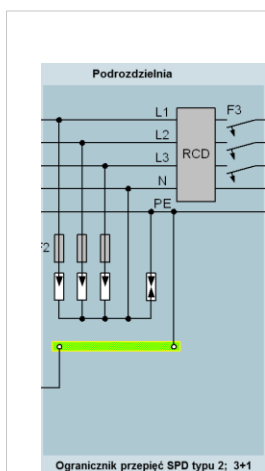
2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, **przebiegami łączeniowymi i atmosferycznymi**, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami;

...

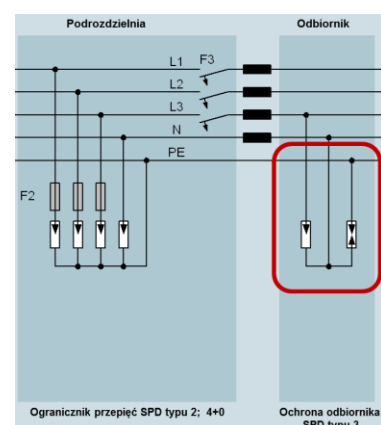
Dz. Ustaw, Warszawa, dnia 8 grudnia 2017 r. Poz. 2285 zawiera **wykaz powołanych a interesujących norm**.

PN-HD 60364-4-443:2016-03 wnioski z niej płynące: ochronę przed przebiegami należy stosować min w obiektach, gdzie awaria może spowodować konsekwencje w zakresie działalności handlowej lub przemysłowej jak i inne tam wskazane a dalej jeśli nie przeprowadzono analizy ryzyka należy wyposażyć obiekt w ograniczniki przepięć.

PH-HD 60364-5-534:2016, ograniczniki przepięć powinny być zainstalowane tak blisko, jak to możliwe, do początku instalacji, dla przykładu wejścia zasilania szafy lub odpływu na zewnątrz. Dla ochrony przed skutkami wyładowań atmosferycznych i przed przebiegami od procesów łączeniowych należy stosować ogranicznik testowany w klasie II (8/20 μ s) **Nie słabsze niż 5 kA 8/20 μ s**. Należy pamiętać aby ostatni ogranicznik był nie dalej niż 10 metrów od chronionego aparatu. Inaczej należy powtórzyć ogranicznik aby chronić przed ewentualnymi oscylacjami powstałymi przy wyładowaniach. **PN-EN 62305-3:2011** wskazuje, że ograniczniki przepięć **należy sprawdzać w odstępach co 12 miesięcy** oraz po każdym stwierdzonym a nawet podejrzanym wyładowaniu w kubaturę obiektu. Należy też **okresowo sprawdzać** instalacje piorunochronną i elementy zabezpieczające nie rzadziej niż raz na 4 lata oraz raportować. Dalej: ograniczniki przepięć powinny być tak instalowane aby można było je sprawdzać. W warunkach technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie mowa jest o tym, że nie rzadziej jak raz na 5 lat należy sprawdzać instalacje zasilania. Z kolei **prawo budowlane** mówi (**Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414, Art. 62. USTAWA** z dnia 7 lipca 1994 r.), że kontrolą tą powinno być objęte również badanie instalacji elektrycznej i **piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń** i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.



Rys. 1. Ochrona przed częściowymi prądami piorunowymi opisana jest w kolejnej części.



Rys. 2. Wymaganie ogranicznika typu 3 jeśli poprzedzający typu 2 jest w układzie 4+0

Ważne dla użytkowników końcowych: należy unikać ograniczników typu 2 połączonych w układzie 4+0, które są najchętniej kupowane, ponieważ są tańsze niż te z układem połączeń 3+1. Zaletą tych drugich to rzeczywisty poziom ochrony U_p , który jest połową wartości uzyskanej dla wersji 4+0, oznacza średnio znacznie dłuższy czas pracy aparatów po ograniczniku 3+1, co może mieć istotne znaczenie przy wymaganych długich okresach gwarancji.

Ważna uwaga z normy **PH-HD 60364-5-534:2016**: jeśli jest zastosowany ogranicznik w układzie 4+0 należy rozważyć kolejny ogranicznik bezpośrednio przy chronionym urządzeniu elektronicznym, może ono wymagać ochrony wzdłużnej jak i poprzecznej. Wskazany będzie ogranicznik typu 3, patrz rysunek nr 2.

Ograniczenie obecności przepięć w instalacji polega na wprowadzaniu do szaf zasilania/sterowania ogranicznika testowanego testem klasy II czyli typu 2. Wprowadzane ograniczniki przepięć **powinny być konfrontowane** pod kątem konieczności zastosowania **dodatkowego zabezpieczenia nadprądowego** w jego obwodzie. Procedura doboru osobnego zabezpieczenia jest prosta. Jeśli od strony źródła zasilania są obecne bezpieczniki o większej wartości niż dopuszczalne dla rozważanego ogranicznika należy go osobno zabezpieczyć, wartość ta ma być nie większa niż dopuszczalna dla tego ogranicznika. **Ta informacja jest do pozyskania z danych katalogowych ogranicznika.** Przykład poniżej, rys. 3., dla VAL-SEC-T2-3S-350.. zawiera relacje przekroju przewodu PE w stosunku do wartości poprzedzającego bezpiecznika dla dwóch różnych układów połączeń. Jeśli poprzedzający bezpiecznik ma mniejszą wartość to nie ma obowiązku zastosowanie dodatkowego zabezpieczenia. Warto zweryfikować przy dokładaniu ograniczników przepięć czy obecne zastosowane **przewody ochronne są poprawne** w kontekście rzeczywistych zabezpieczeń nadprądowych. Tutaj znowu pomocne mogą być instrukcje instalacyjne dołączane do ograniczników. **Długości przewodów** to kolejna **bardzo istotna sprawa** przy łączeniu ogranicznika do chronionego obwodu. W przypadku ogranicznika typu 2 cenną jest możliwość włączenia się do układu chronionego poprzez **podwójne**

F1 A gG	$S_k = S_{sc}$ mm ²	S_{min} mm ²
25	6	6
32	6	6
40	6	6
50	10	10
63	10	10

F1 A gG	F2 A gG	$S_k = S_{sc}$ mm ²	S_{min} mm ²
25		6	6
32		6	6
40		6	6
50		6	6
63		6	6
80		10	10
100		10	10
125		16	16
160		16	16
200		25	25
250		25	25
315		25	25
400	< 250	25	25
≥ 500	≥ 315	25	25

Rys. 3. Fragment instrukcji instalacyjnej o relacji przekroju przewodu ochronnego do zastosowanego zabezpieczenia nadprądowego



Rys. 4. Uniwersalny ogranicznik typu 2: VALSEC-T2-3S-350-FM.

odcinki a oraz b. Przy klasycznym podejściu to zadanie trudne do zrealizowania. Remedium jest wykorzystanie ściany metalowej szafy w której umieszczony jest taki ogranicznik przepięć. Ściana ta powinna mieć skuteczne połączenie galwaniczne z pozostałą częścią konstrukcji metalowej, połączoną elektrycznie z obwodem PE lub PEN. Połączenia do chronionych obwodów faz oraz N wykonujemy możliwie jak najkrótsze, natomiast do PE wykonujemy podwójne. Jedno połączenie prowadzimy klasycznie najkrótszą, prostoliniową drogą do lokalnej szyny wyrównania potencjałów w szafie. Drugie wykonujemy od drugiej części zacisku PE krótkim przewodem do blachy, która jest za ogranicznikiem. Jak widać podwójne zaciski na biegunach ograniczników mają głębszy sens. Znakomitym rozwiązaniem w takiej sytuacji dla sieci pięcioprzewodowej jest ogranicznik posiadający podwójne zaciski jak to VAL-SEC-T2-3S-350-FM – 2905340, patrz rys. 4. Maksymalne dopuszczalne zabezpieczenie nadprądowe to aż 315A gG. Maksymalny prąd roboczy podwójnych zacisków ogranicznika to 63A. Wewnętrzny układ połączeń to 3+1. Jest o 20 mm węższy na szynie DIN od wersji standardowych. Doskonały do zastosowań **modernizacyjnych** w szafach zasilania jak i sterowania. Zabezpieczenia nadprądowe na poziomie do 315 A gG, jak łatwo się domyśleć, nie wymagają często dodatkowych zabezpieczeń w automatyce jak też w dystrybucji zasilania. **Wskazówki instalacyjne** zawiera (dla każdego wykonania ogranicznika jest inna) tzw. ulotka do opakowania, dostępna jest na stronach www firmy Phoenix Contact. Ważną rzeczą, jak wspomniana długość jest

zaciski. Tworzy się tzw. układ przelotowy lub układ zwany „V”. Granicą jest **maksymalny prąd roboczy płynący poprzez te zaciski ogranicznika**. Nie może być on większy niż dopuszczalny dla nich. Zwłaszcza przydatne dla szaf z automatyką. Jeśli to nie jest możliwe, włączamy ogranicznik dwoma przewodami poprzecznie do obwodu chronionego a równolegle do chronionej izolacji układu zasilania czy aparatu końcowego. Istnieje ograniczenie: **suma długości takich przewodów nie powinna być większa niż 0,5 metra**, patrz rysunek 3.2

relacja przekroju przewodu ochronnego PE a wartością prądu bezpiecznika poprzedzającego ogranicznik. Minimalny przekrój przewodu PE dla ogranicznika typu 2 to 6 mm². Może wzrosnąć dla dużych wartości tego prądu, dokładną informację zawiera wspomniana ulotka do opakowania każdego ogranicznika Phoenix Contact. Jak wcześniej pokazano, są tam umieszczone dwie tabelki relacji bezpiecznika i przekroju PE tak dla układu „V” jak i gałęziowego. Przekrój ten należy zawsze sprawdzić w przypadku modernizacji instalacji. Przykład tabela na **rys. 3**.

Ogranicznik typu 2 to podstawowy element ochrony i służy do ograniczania poziomów przepięć w jego otoczeniu a tym samym dla wydłużenia czasu pracy aparatów i systemów.

użyteczne linki

1. www.phoenixcontact.pl/konfigurator_ochrony
2. www.phoenixcontact.pl/impulsecheck
3. www.phoenixcontact.pl/sec
4. www.phoenixcontact.pl/checkmaster



Phoenix Contact Sp. z o.o.
ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
51-317 Wrocław
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl



RUSZYŁA SPRZEDAŻ KOMPENDIUM ELEKTRYKA 2020!

„Kompedium elektryka 2020” to publikacja wydawana przez redakcję miesięcznika „elektro.info” przeznaczona dla elektryków i projektantów instalacji elektrycznych. W treści, oprócz czytelnego kalendarium rozmieszczonego w systemie tygodniowym znaleźć można m.in. opisy najważniejszych imprez branżowych, terminy i zasady zdobywania uprawnień kwalifikacyjnych, prowadzenia prawidłowej dokumentacji technicznej, przyjęcia urządzeń elektroenergetycznych do eksploatacji, najważniejszą normalizację i wymagania stawiane instalacjom elektrycznym w budynkach, terminy kontroli pomiarowej instalacji elektrycznych i przyrządów pomiarowych, tabele doboru przekroju przewodów elektroenergetycznych i ich oznakowania. I wiele, wiele innych przydatnych informacji merytorycznych, niezbędnych w pracy projektanta elektryka, do których dzięki terminarzowi będzie miał on dostęp na bieżąco.

Cena regularna: 36 zł

**Cena dla prenumeratorów
„elektro.info”: 20 zł**

ZAMÓWIENIA:

Anna Sergel
asergel@medium.media.pl
tel. 662 169 335

wymiarowanie urządzenia piorunochronnego w zależności od klasy LPS

dr inż. Tomasz Maksimowicz – RST Sp. z o.o.

Bezpośrednie uderzenie pioruna w obiekt budowlany może prowadzić do zagrożenia życia ludzkiego, uszkodzenia fizycznego budynku, pożaru i awarii lub nawet zniszczenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych znajdujących się w jego wnętrzu. Ochrona odgromowa ma na celu minimalizację ryzyka związanego z doziemnymi wyładowaniami atmosferycznymi. Zadaniem zewnętrznego urządzenia piorunochronnego (LPS) jest przechwycenie wyładowania za pomocą układu zwodów, odprowadzenie prądu pioruna przewodami odprowadzającymi i rozproszenie energii za pomocą układu uziomów. O skuteczności zewnętrznego LPS decyduje konfiguracja rozmieszczenia układu zwodów, która zależy od przyjętej metody i poziomu ochrony odgromowej (LPL). W niniejszym artykule zostanie przedstawiony wpływ poziomu LPL na projektowanie zewnętrznego urządzenia piorunochronnego i omówiona zależność wymiarów od przyjętej klasy LPS.

konieczność stosowania ochrony odgromowej

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa [1] w zakresie ochrony odgromowej obiektów budowlanych zawiera następujące paragrafy:

§ 53

2. Budynek należy wyposażać w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

§ 184

3. Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53 ust. 2, powinna być wykonana zgodnie z Polską Normą dotyczącą ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

Jako Polskie Normy, o których mowa w powyższych zapisach, w załączniku do Rozporządzenia [1] przywołana jest seria norm PN-EN 62305. Paragraf § 53 rozporządzenia określa, kiedy ochrona odgromowa jest obowiązkowa. W tym zakresie przywołana jest norma PN-EN 62305-2 Zarządzanie ryzykiem [2], która zawiera algorytmy bazujące na analizie ryzyka, na podstawie których podejmowana jest decyzja o tym, czy obiekt wymaga ochrony odgromowej czy nie. Paragraf § 184 narzuca z kolei wymóg, że urządzenie piorunochronne należy

wykonać zgodnie z przywołaną do tego paragrafu serią norm PN-EN 62305 – zasady projektowania i wykonania zewnętrznego LPS opisuje część trzecia PN-EN 62305-3 Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia [3].

Należy zatem stwierdzić, że w zakresie ochrony odgromowej obiektów budowlanych, seria norm PN-EN 62305 stanowi podstawę zarówno dla stwierdzenia potrzeby stosowania, projektowania jak i wykonania urządzenia piorunochronnego.

klasa urządzenia piorunochronnego

Wynikiem przeprowadzenia przez projektanta procedury oceny zarządzania ryzykiem, opisanej w PN-EN 62305-2 [2], jest nie tylko decyzja o tym, czy konieczne jest stosowanie ochrony odgromowej, ale także to, w jaki sposób powinna być ona wykonana i jakie środki ochrony należy zastosować. W przypadku, gdy ochrona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna okazuje się konieczna, to analiza ryzyka określa wymaganą klasę urządzenia piorunochronnego LPS. Im większe ryzyko wynikające z potencjalnych skutków uderzenia pioruna tym wyższa klasa LPS jest wymagana. Klasy powiązane są z poziomem ochrony odgromowej LPL (**tab. 1.**) – przy czym LPS klasy I. stanowi najwyższy poziom ochrony. Poszczególne poziomy LPL zakładają określone zakresy spodziewanych wartości szczytowych prądu pioruna – zarówno maksymalnych, jak i minimalnych. Im szerszy zakres parametrów pioruna zostanie przyjęty, tym skuteczniejsza jest ochrona. Przy wymiarowaniu LPS istotne są bowiem nie tylko maksymalne ale i minimalne spodziewane wartości prądu wyładowania doziemnego.

Zewnętrzne urządzenie piorunochronne, jak napisano we wstępie, składa się w ogólnym przypadku ze zwodów, przewodów odprowadzających i układu uziomów. Każdy z tych elementów jest w pewien sposób zależny od klasy LPS. Na etapie projektowania ochrony odgromowej, w zakresie zewnętrznego urządzenia piorunochronnego, klasa LPS wpływa na:

- wymiarowanie stref ochronnych LPZ 0B;
- odstęp między przewodami odprowadzającymi;
- minimalne wymiary uziomów;
- odstęp separujący.

LPL	$I_{\min}$	$I_{\max}$	Klasa LPS
I	3 kA	200 kA	I
II	5 kA	150 kA	II
III	10 kA	100 kA	III
IV	16 kA	100 kA	IV

Tab. 1. Spodziewany prąd pioruna i klasy urządzenia piorunochronnego w zależności od poziomu ochrony odgromowej

metody projektowania zwodów

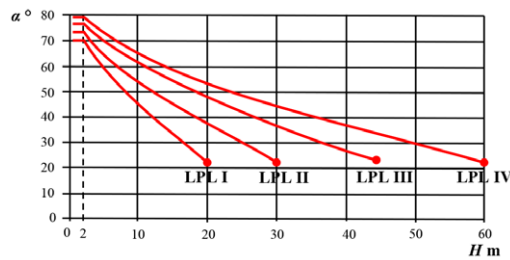
Sposób rozmieszczenia zwodów na dachu budynku decyduje o skuteczności urządzenia piorunochronnego. Ogólnie rzecz biorąc: im gęstsza sieć przewodów LPS tym większe prawdopodobieństwo przechwycenia wyładowania piorunowego a więc skuteczniejsza ochrona. Rozmieszczenie zwodów wyznacza strefę ochrony odgromowej LPZ 0B, wewnątrz której uznaje się, że nie występuje ryzyko bezpośredniego uderzenia pioruna. Strefa LPZ 0B powinna obejmować cały obiekt poddawany ochronie, łącznie z wszelkimi urządzeniami znajdującymi się na jego dachu lub elewacjach.

Zasady projektowania urządzenia piorunochronnego zawarte są w PN-EN 62305-3 [3]. Zgodnie z punktem 5.2.2 tej normy wyróżnia się trzy metody projektowania zwodów:

- metodę toczonej się kuli;
- metodę kąta ochronnego;
- metodę oczkową.

Wymiarowanie LPS za pomocą każdej z powyższych metod zależy od przyjętej klasy LPS. W **tabeli 2.** przedstawiono wartości podstawowych parametrów stosowanych przy wykorzystaniu tych metod w zależności od poziomu ochrony odgromowej.

Wytyczne w zakresie odstępów między przewodami odprowadzającymi przekładają się w praktyce na ich liczbę – im wyższa klasa LPS tym więcej przewodów odprowadzających należy rozmieścić po obwodzie budynku. Zwiększenie liczby przewodów odprowadzających ma na celu podział prądu pioruna na mniejsze części, co skutkuje zmniejszeniem ryzyka wystąpienia przeskoków iskrowych oraz obniżeniem poziomów napięć krokowych i dotykowych.

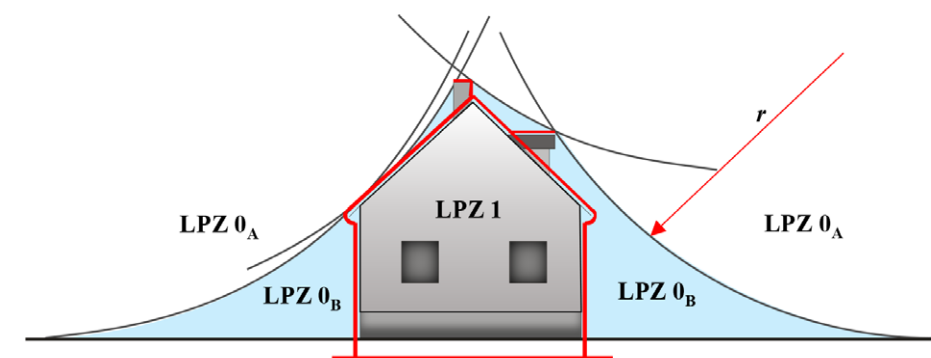
Parametr	Poziom ochrony odgromowej LPL			
	I	II	III	IV
Klasa LPS	I	II	III	IV
Promień toczonej się kuli r (m)	20	30	45	60
Wymiar siatki zwodów poziomych w (m)	5 × 5	10 × 10	15 × 15	20 × 20
Odstęp między przewodami odprowadzającymi (m)	10		15	20
Kąt ochronny α [°]				

Tab. 2. Podstawowe parametry wymiarowania LPS dla różnych metod projektowania urządzenia piorunochronnego

metoda toczonej się kuli

Metoda toczonej się kuli jest najbardziej dokładna i można stosować w każdym przypadku. Metoda ta opracowana została w oparciu o model elektrogeometryczny, który zakłada, że długość r ostatniego skoku lidera (wyładowania wstępnego) zależy od prądu wyładowania I (w kA):

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



Rys. 1. Idea wyznaczania stref ochronnych LPZ 0B metodą toczonej się kuli

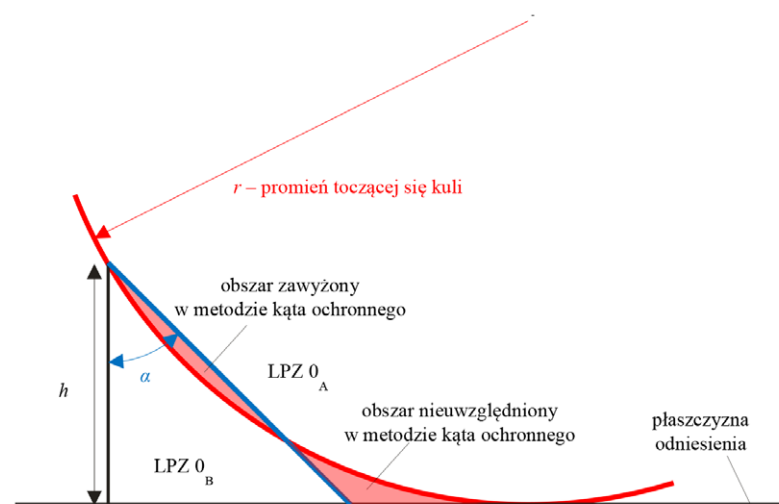
Dla zwiększenia skuteczności tej metody należy zatem brać pod uwagę, nie maksymalne, a minimalne spodziewane wartości prądu pioruna (**tab. 1.**). Z tego względu dla wyznaczenia promienia toczonej kuli zakłada się najniższą spodziewaną wartość prądu pioruna. Dla poszczególnych klas LPS przyjęto promień r toczonej się kuli 60 m, 45 m, 30 m lub 20 m (**tab. 2.**).

W praktyce metoda toczonej się kuli polega na rozmieszczeniu zwodów urządzenia piorunochronnego w taki sposób, aby wirtualna kula o promieniu r , przetaczana po obiekcie poddawany ochronie stykała się wyłącznie z przewodami LPS, ale nie dotykała ani konstrukcji budynku ani urządzeń zlokalizowanych na jego dachu i ścianach, o zilustrowano na **rysunku 1.** Obszar znajdujący się pod przetaczaną kulą stanowi strefę ochronną LPZ 0B, w której nie występuje ryzyko bezpośredniego uderzenia pioruna. Zatem, im mniejszy będzie przyjęty promień toczonej się kuli tym bardziej gęsta będzie wymagana sieć zwodów i skuteczniejsza ochrona przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym.

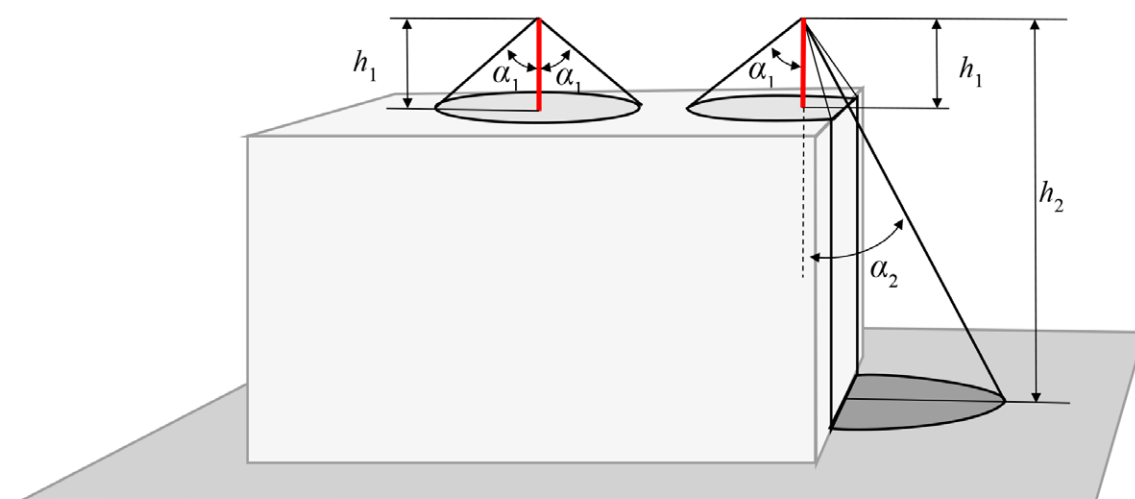
Jak wspomniano już wcześniej, metoda toczonej się kuli jest metodą najdokładniejszą, ale także wymagającą od projektanta zdolności analizowania przestrzennego.

metoda kąta ochronnego

Prostsza metodą wyznaczania stref ochronnych jest metoda kąta ochronnego, która polega na wyznaczeniu strefy LPZ 0B na podstawie wartości kąta α zależnej od wysokości



Rys. 2. Idea wyznaczania stref ochronnych LPZ 0B metodą toczącej się kuli



Rys. 3. Idea wyznaczania stref ochronnych LPZ 0B metodą kąta ochronnego

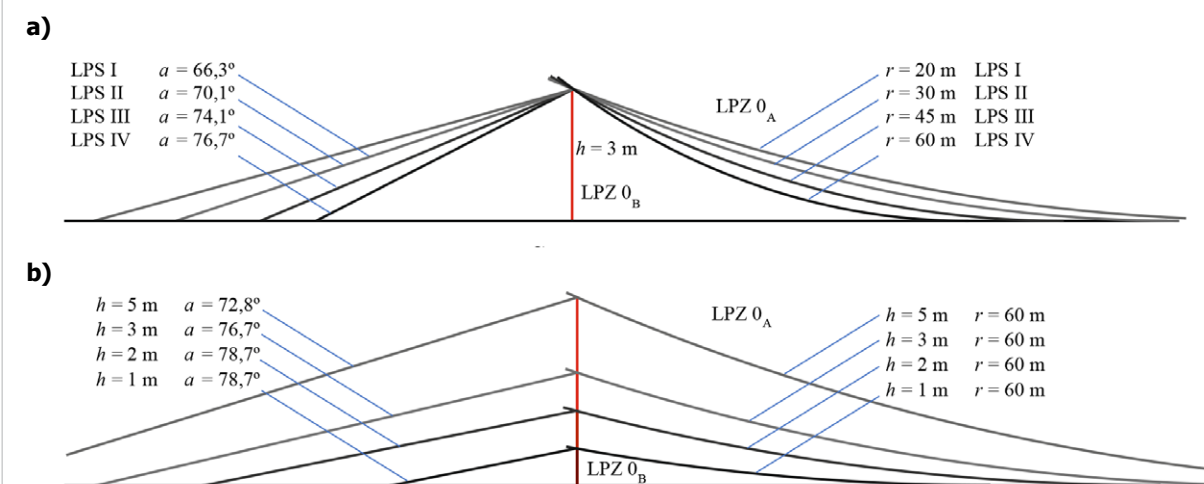
zvodu względem płaszczyzny odniesienia. Stosowana jest głównie do obiektów o prostych kształtach oraz do indywidualnych zwodów pionowych. Metoda ta stanowi uproszczenie metody toczącej się kuli. Na **rysunku 2.** przedstawiono porównanie zasięgu stref ochronnych wyznaczonych przy użyciu obu metod. W metodzie kąta ochronnego można wyróżnić dwa obszary: obszar zawyżony względem metody toczącej się kuli oraz obszar nieuwzględniony w metodzie kąta ochronnego. Wartość kąta ochronnego α , dla danej wysokości zwodu h , odpowiada przypadkowi gdy oba te obszary mają równoważne powierzchnie.

W praktyce projektowej wadą tej metody, jest fakt, że w normie PN-EN 62305-3 wartości kątów α przedstawione są jedynie na wykresie (**tab. 2.**), w związku z czym trudno jest czasem określić dokładną wartość kąta α zatem i strefę ochrony LPZ 0B. Tablice z wartościami liczbowymi można jednak spotkać w opracowaniach niektórych producentów urządzeń z za-

kresu ochrony odgromowej [5]. Wartość α maleje wraz ze zwiększaniem wysokości zwodu – w przypadku zwodów pionowych, zwiększając ich wysokość zawężamy średnicę podstawy stożka strefy ochronnej LPZ 0B. Należy zwrócić uwagę, że dla wartości $h \leq 2$ m wartość kąta α jest stała. Metoda kąta ochronnego ma ograniczenie maksymalnej wysokości h do wartości równych promieniowi toczącej się kuli: 60 m, 45 m, 30 m i 20 m odpowiednio dla LPS klasy IV, III, II i I.

Na **rysunku 4.** przedstawiono porównanie stref LPZ 0B wyznaczonych za pomocą metody toczącej się kuli oraz metody kąta ochronnego dla różnych klas LPS oraz różnych wysokości zwodu pionowego. Dla LPS klasy IV różnice w strefach LPZ 0B wyznaczanych za pomocą obu metod są nieznaczne. Zwiększenie obszarów zawyżonych w metodzie kąta ochronnego następuje wraz ze wzrostem klasy LPS.

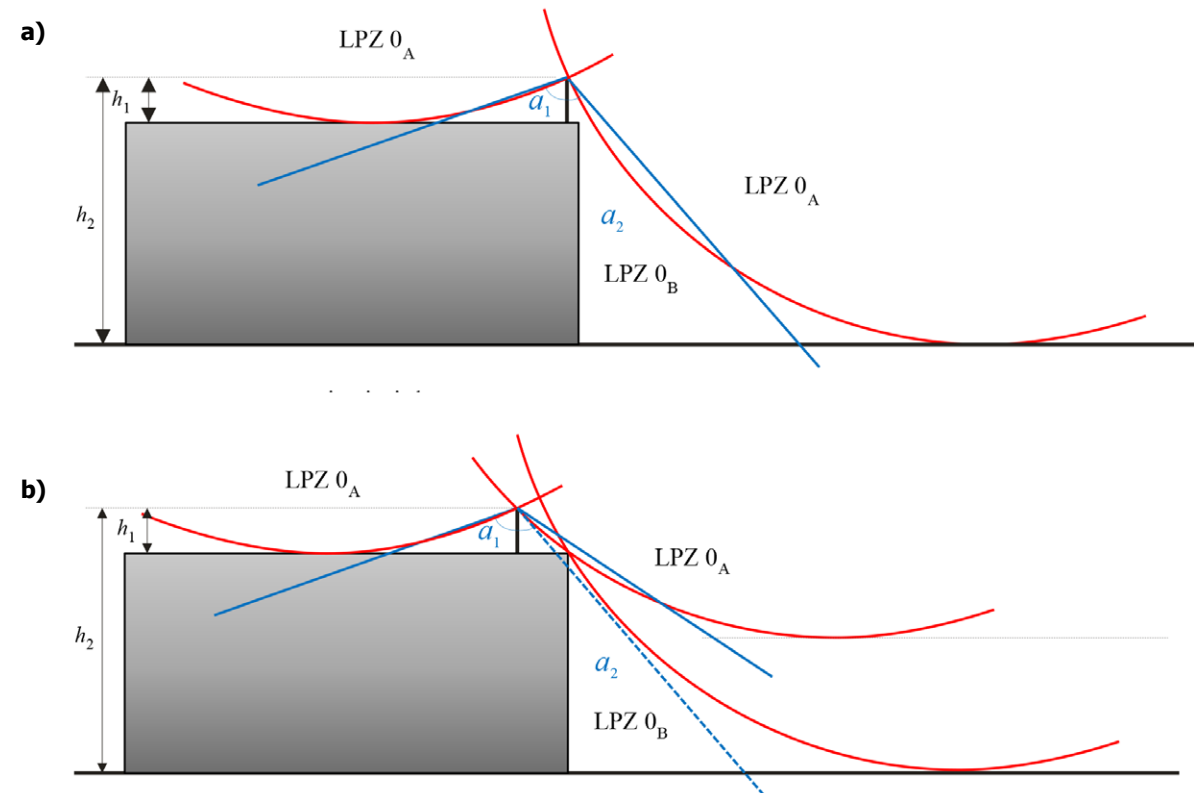
Bardzo istotną kwestią przy projektowaniu z zastosowaniem metody kąta ochronnego jest poprawne określenie wysokości h względem płaszczyzny odniesienia. Wysokość h nie musi być wysokością zwodu pionowego lub wysokością zawieszenia zwodu poziomego nad powierzchnią dachu. Zagadnienie to zostało zobrazowane na **rysunku 3.** W przypadku zwodów rozmieszczonych w pobliżu krawędzi dachu wysokość h może stanowić sumę wysokości zwodu względem powierzchni dachu powiększoną o wysokość budynku. Odnosząc się do porównania metod na **rysunku 2.** należy stwierdzić, że **płaszczyzną odniesienia dla określenia wysokości h w metodzie kąta ochronnego jest powierzchnia, na której opiera się tocząca się kula o odpowiednim dla danej klasy LPS promieniu r .** Zostało to przedstawione na **rysunku 5.** Wariant na **rysunku 5a)** odpowiada sytuacji, gdy tocząca się kula opiera się na powierzchni ziemi – dla wyznaczenia wartości kąta ochron-



Rys. 4. Porównanie stref ochronnych LPZ 0B wyznaczonych metodą toczącej się kuli i metodą kąta ochronnego

a) zależność strefy LPZ 0B od klasy LPS

b) zależność strefy LPZ 0B od wysokości zwodu dla LPS klasy IV



Rys. 5. Analiza płaszczyzny odniesienia dla zwodów znajdujących się w pobliżu krawędzi dachu

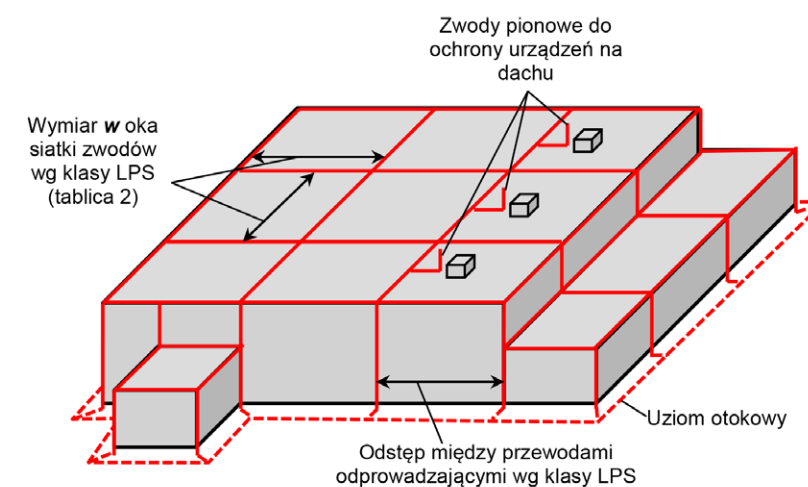
a) płaszczyzna odniesienia jako powierzchnia ziemi
b) wirtualna płaszczyzna odniesienia

nego od zewnętrznej strony budynku należałoby zatem przyjąć wysokość h_2 . **Rysunek 5b** przedstawia natomiast wariant pośredni, w którym tocząca się kula stykając się ze zwodem pionowym opiera się na krawędzi dachu – w tym przypadku dla kąta α należałoby przyjąć wirtualną powierzchnię odniesienia. W przypadkach, w których mogą występować wątpliwości odnośnie określenia płaszczyzny odniesienia zaleca się stosowanie metody toczącej się kuli.

metoda oczkowa

Ostatnią z metod projektowania zwodów jest metoda oczkowa. Jest to metoda najmniej dokładna i posiadająca pewne ograniczenia. Przeznaczona jest w praktyce do stosowania w rozległych budynkach z dachami płaskimi, takich jak centra logistyczne, hale magazynowe czy obiekty przemysłowe. Metoda oczkowa polega na pokryciu dachu siatką zwodów poziomych o wymiarach oka zależnych od klasy LPS: $w = 20\text{ m}$, 15 m , 10 m i 5 m odpowiednio dla LPS klasy IV, III, II i I. W takim przypadku budynek pokryty siatką zwodów i przewodów odprowadzających należy uznać za znajdujący się w strefie LPZ 0B.

W praktyce metoda ta wymaga najczęściej uzupełnienia o dodatkowe układy zwodów do ochrony nadbudówek i urządzeń znajdujących się na dachu. W tym celu urządzeniom takim



Rys. 6. Idea projektowania zwodów za pomocą metody oczkowej

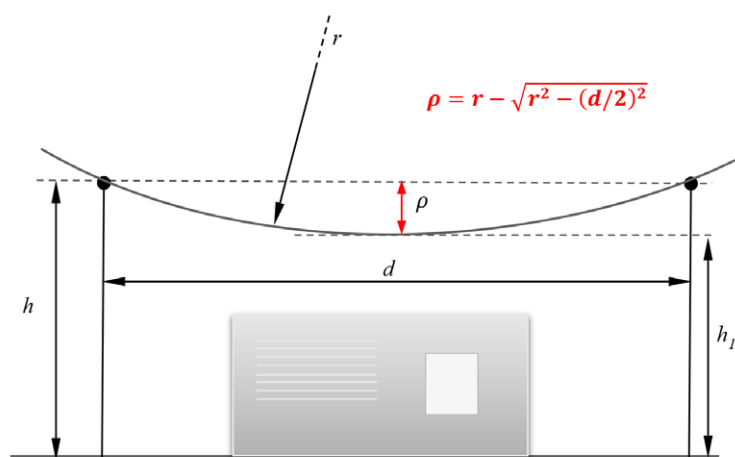
jak anteny, klimatyzatory itp. należy zapewnić strefę ochronną LPZ 0B za pomocą dodatkowych zwodów (pionowych i/lub poziomych) zaprojektowanych z zastosowaniem metody toczącej się kuli lub kąta ochronnego.

W rozległych obiektach o stosunkowo niedużej wysokości najbardziej prawdopodobny punkt dla uderzenia pioruna stanowią krawędzie dachu oraz nadbudówki i urządzenia wystające powyżej płaszczyzny dachu. Wewnętrzne połączenia siatki zwodów mają za zadanie przede wszystkim podzielić prąd pioruna wyładowania oraz umożliwić podłączenie dodatkowych zwodów chroniących urządzenia na dachu. Prawdopodobieństwo przechwycenia pioruna za pomocą siatki zwodów zależy od wysokości zawieszenia względem dachu. Podwyższenie zwodów poziomych zwiększa zatem skuteczność urządzenia piorunochronnego, ale także ma inną istotną zaletę: ułatwia odśnieżanie dachu, w czasie którego często dochodzi do uszkodzeń mechanicznych LPS.

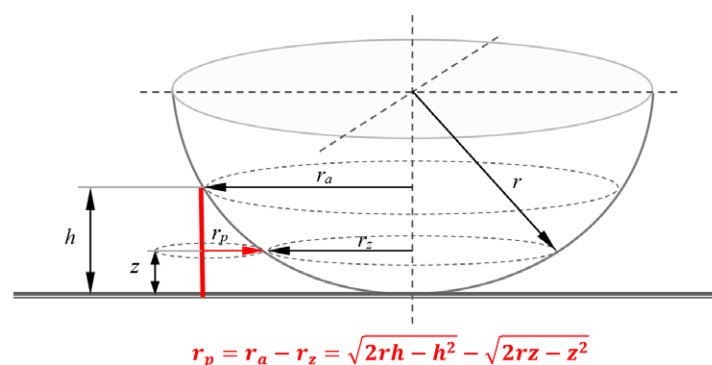
Należy także zwrócić uwagę, że wymiary oka siatki zwodów dla LPS klasy IV, II i I odpowiadają zalecanym odległościom między przewodami odprowadzającymi. Zalecane jest zatem aby wewnątrz zwody siatki łączyły się bezpośrednio z tymi przewodami w celu skrócenia drogi prądu pioruna do układu uziomów.

obliczanie zasięgu stref ochronnych

Najbardziej praktycznym sposobem wyznaczenia stref LPZ 0B zarówno za pomocą metody toczącej się kuli, jak i metody kąta ochronnego jest analiza graficzna w programach typu CAD. Norma PN-EN 62305-3 [3] zawiera jedynie jeden wzór pomocniczy, który pozwala na obliczenie głębokości wnikania toczącej się kuli w przestrzeń chronioną za pomocą dwóch podwieszonych, równoległych zwodów poziomych (**rys. 7.**).



Rys. 7. Zasięg strefy LPZ 0B na określonej wysokości w metodzie toczącej się kuli

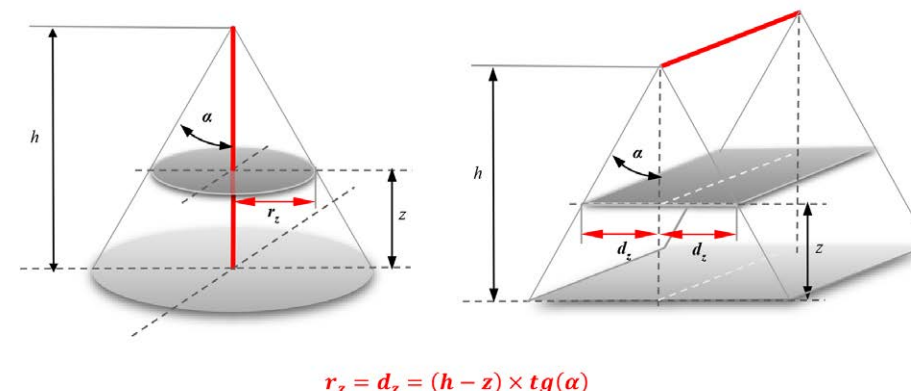


Rys. 8. Zasięg strefy LPZ 0B na określonej wysokości w metodzie toczącej się kuli

Metody toczącej się kuli oraz kąta ochronnego bazują na prostych figurach geometrycznych: kuli i stożku, które przy analizie w określonej płaszczyźnie sprowadzają się do okręgu i trójkąta prostokątnego. Dzięki temu na podstawie zależności matematycznych możliwe jest wyprowadzenie wzorów pomocniczych, które pozwalają na wyznaczenie zasięgu stref ochronnych LPZ 0B. W opracowywanym projekcie 3. edycji normy PN-EN 62305-3 przedstawiono propozycję zamieszczenia wzorów przedstawionych na **rysunkach 8. i 9.**, która niestety została odrzucona.

Na **rysunku 8.** przedstawiono metodę wyznaczenia zasięgu strefy ochronnej LPZ 0B w metodzie toczącej się kuli. Przedstawiony wzór pozwala na obliczenie zasięgu (promienia) strefy chronionej r_p na wysokości z na podstawie wysokości zwodu h i przyjętego promienia toczącej się kuli r . Należy jednak pamiętać, że wzór odnosi się do sytuacji, w której h odpowiada wysokości względem płaszczyzny, na której opiera się kula.

Rysunek 9. przedstawia z kolei zasięg stref LPZ 0B dla zwodu pionowego i podwyższonego zwodu poziomego, wyznaczonych metodą toczącej się kuli.



Rys. 9. Zasięg strefy LPZ 0B na określonej wysokości w metodzie kąta ochronnego

Na podstawie tych wzorów oraz wymiarów urządzenia poddawanego ochronie z uwzględnieniem wymaganego odstępu separującego możliwe jest dobranie wymaganej wysokości zwodu h , który zapewni odpowiednią przestrzeń chronioną LPZ 0B na wysokości z równej wysokości tego urządzenia.

odstępy separujące

Klasa urządzenia piorunochronnego ma także wpływ na odstępy separujące. Zagadnienie wymaganych odległości pomiędzy instalacjami obiektu a przewodami LPS opisane zostało szczegółowo w [6]. Odstępy bezpieczne mają na celu minimalizację ryzyka związanego z przeskokiem iskrowym prądu pioruna płynącego przewodami LPS do przewodzących instalacji obiektu w miejscach zbliżeń (rys. 10.). Wymagany odstęp s zależy jest od podziału prądu pioruna (k_c), materiału izolacyjnego (k_m), długości wzdłuż zwodu lub przewodu odprowadzającego od miejsca rozpatrywanego zbliżenia do uziemienia (l) oraz od klasy urządzenia piorunochronnego (k_i) (**tab. 3.**).

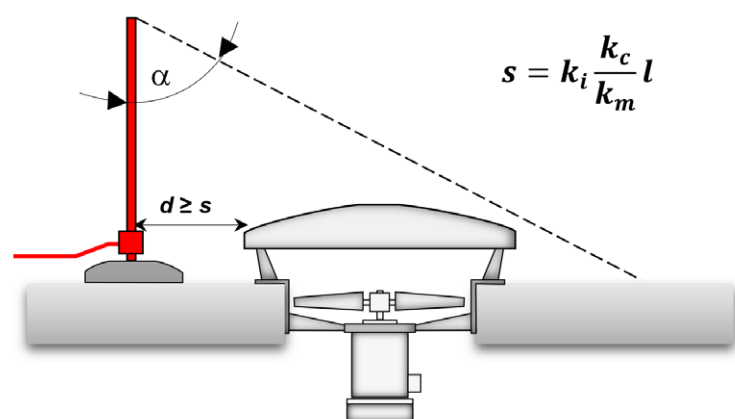
Odstępy separujące odpowiadające LPS klasy IV i LPS klasy III są równe, ponieważ zależne są od przyjętej maksymalnej spodziewanej wartości prądu pioruna, która dla LPL IV i LPL III jest taka sama (100 kA).

Na **rysunkach 11. i 12.** przedstawiono typowe wymagane odstępy separujące odpowiednio od przewodów odprowadzających i zwodów pionowych, dla różnych klas LPS.

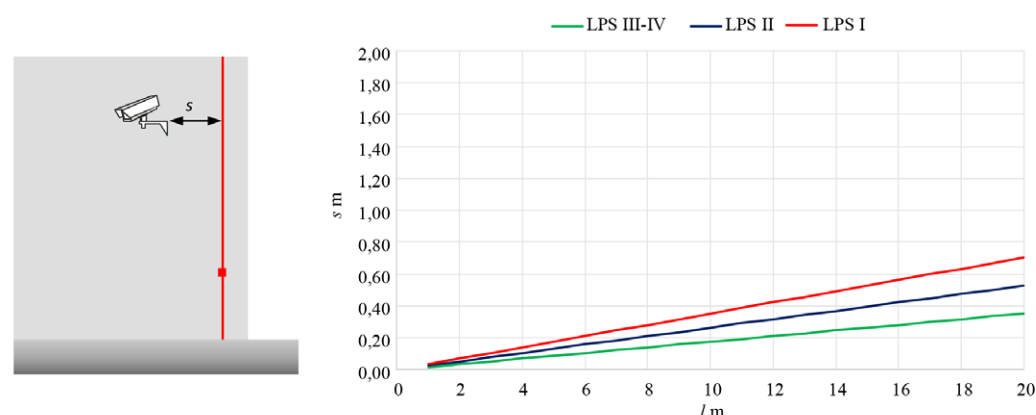
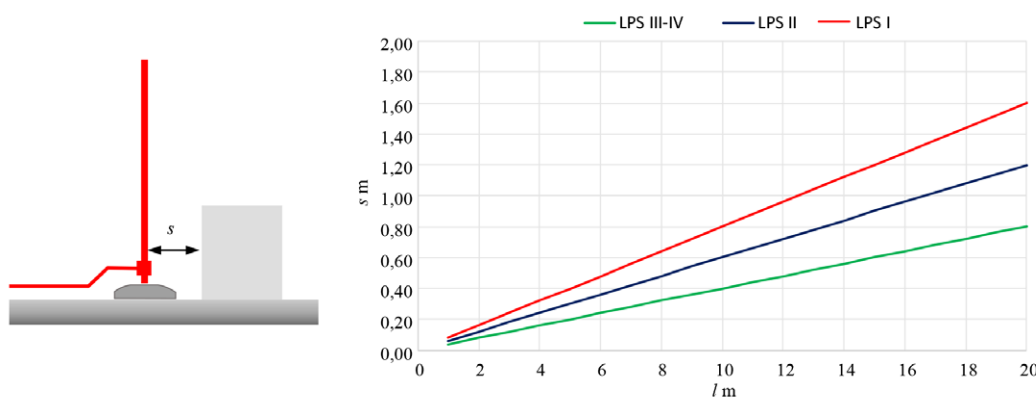
k_i		k_c		k_m	
LPS klasy III-IV	0,04	$n = 1^*$	1	powietrze	1
LPS klasy II	0,06	$n = 2$	0,66	beton, cegły, drewno	0,5
LPS klasy I	0,08	$n > 2$	0,44		

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

Tab. 3. Wartości współczynników do obliczeń odstępów separujących metodą uproszczoną [3]

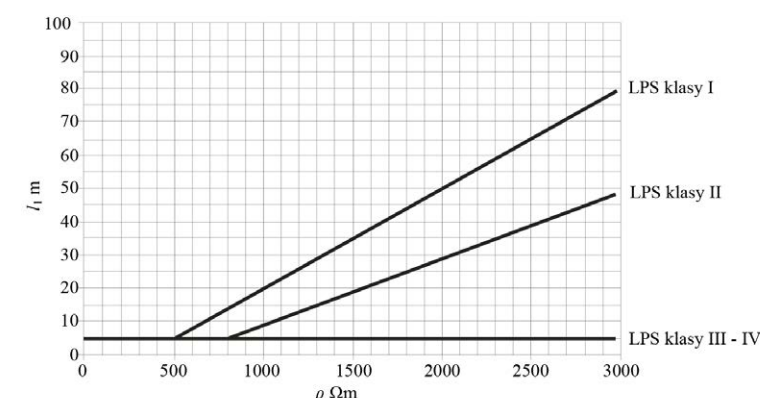


Rys. 10. Odstęp separujący zgodnie z PN-EN 62305-3 [3]

Rys. 11. Typowe wymagane odstępy separujące s od przewodów odprowadzających w funkcji długości l dla różnych klas LPS ($k_i = \text{var}$; $k_m = 1$; $n > 2$; $k_c = 0,44$)Rys. 12. Typowe wymagane odstępy separujące s od zwodów pionowych w funkcji długości l dla różnych klas LPS ($k_i = \text{var}$; $k_m = 1$; $n = 1$; $k_c = 1$)

układ uziomowy

Z punktu widzenia ochrony odgromowej wymagania dla układu uziomów są bardzo ograniczone i mało rygorystyczne. Podstawowe kryterium stanowi jego wymiar geometryczny w postaci minimalnej długości uziomu l_1 . Długość l_1 zależy od rezystywności gruntu i klasy LPS (rys. 13.).

Rys. 13. Minimalna długość l_1 w zależności od rezystywności gruntu ρ i klasy LPS

W układach uziemiających typu A, w których każdy przewód odprowadzający wyposażony jest w indywidualny uziom pionowy lub poziomy, minimalna długość każdego uziomu od podstawy przewodu odprowadzającego powinna być równa:

- l_1 dla uziomów poziomych lub
- $0,5 l_1$ dla uziomów pionowych.

W układach uziemiających typu B: otokowych lub fundamentowych, rozpatruje się średni promień r_e obszaru objętego uziomem, który nie powinien być mniejszy niż minimalna wymagana długość uziomu ($r_e \geq l_1$).

Spełnienie tych warunków dla LPS klasy III i IV uzyskuje się już przy uziomach pionowych typu A o długości 2,5 m lub przy uziomie otokowym o powierzchni $78,5 \text{ m}^2$. Większe długości są wymagane dla LPS klasy II przy rezystywności gruntu $\rho > 800 \text{ Ohm.m}$ i dla LPS klasy I przy $\rho > 500 \text{ Ohm.m}$. W praktyce jednak najczęściej wymaga się uzyskania określonej wartości rezystancji uziemienia, co wymaga stosowania bardziej złożonych układów uziemiających.

podsumowanie

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa ochrona odgromowa obiektów budowlanych powinna być projektowana i wykonywana zgodnie z serią norm PN-EN 62305. Projekt powinien być oparty o analizę ryzyka, na podstawie której należy określić wymagany poziom ochrony odgromowej i klasę urządzenia piorunochronnego. Przyjmowana na etapie projektowania klasa LPS ma decydujące znaczenie odnośnie:

- rozmieszczenia zwodów (promień toczącej się kuli/kąt ochronny/wymiar oka siatki zwodów);
- liczby przewodów odprowadzających;
- odstępów separujących i
- minimalnej długości uziomu.

Skuteczność zewnętrznego urządzenia piorunochronnego zależy od przyjętej klasy LPS. W praktyce wyższa klasa LPS wymaga większego zagęszczenia przewodów LPS (zarówno zwodów, jak i przewodów odprowadzających) co skutkuje większym prawdopodobieństwem przechwycenia wyładowania i podziałem prądu pioruna na mniejsze części.

literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2017, poz. 2285)
2. PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem
3. PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
4. PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne
5. Guide to BS EN 62305:2006 Protection Against Lightning, Furse, 2015
6. T. Maksimowicz, „Odstępy separujące jako środek ochrony odgromowej, „elektro.info”, marzec 2019 r.

reklama



RST Sp. z o.o.
ul. Elewatorska 17/1, 15-620 Białystok
tel. 792 350 100
rst@rst.bialystok.pl
www.rst.bialystok.pl

Finder Polska Sp. z o.o.

ul. Malwowa 126, 60-175 Poznań
tel. 61 865 94 07, faks 61 865 84 26
e-mail: finder.pl@findernet.com, www.findernet.com

**Mersen Polska Sp. z o.o.**

ul. Walerego Sławka 3a, 30-633 Kraków,
tel. 12 646 97 22
www.mersen.com

**Albor**

ul. Polna 10, 62-095 Murowana Goślina
tel. +48 61 811 88 25, tel. +48 533 353 329
e-mail: biuro@odgrom.pl, www.odgrom.pl

**Phoenix Contact Sp. z o.o.**

51-317 Wrocław, ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl

**RST Sp. z o.o.**

ul. Elewatorska 17/1, 15-620 Białystok
tel. 792 350 100
rst@rst.bialystok.pl, www.rst.bialystok.pl

**Redakcja elektro.info**

04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18
tel. 22 810 65 61, faks 22 810 27 42
redakcja@elektro.info.pl, www.elektro.info.pl



Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm

elektro
info