

OCHRONA ODGROMOWA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH ZGODNIE Z ZALECENIAMI ZAWARTYMI W NORMACH SERII PN-EN 62305

Andrzej Sowa
Politechnika Białostocka

Stworzenie warunków zapewniających poprawne i bezawaryjne działanie nowoczesnych i coraz bardziej rozbudowanych systemów elektrycznych i elektronicznych wymaga zastosowania rozwiązań chroniących te systemy przed oddziaływaniem piorunowego impulsu elektromagnetycznego.

Podstawowe informacje o nowych wymaganiach stawianych przed urządzeniem piorunochronnym obiektu budowlanego oraz zmianach w dotychczasowych zaleceniach zawarto w normach serii EN 62305, które wprowadzono w Polsce w latach 2008 – 2009 (całość około 450 stron). Nowe normy

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

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

W otrzymanych w ten sposób normach zawarto wcześniej obowiązujące wymagania dotyczące zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej. Początkowo informacje o zastępowaniu dotychczasowych norm przez normy serii PN-EN 62305 przedstawiał tylko Polski Komitet Normalizacyjny.

Obecnie normy serii PN-EN 62305 zastępują dotychczasowe normy dotyczące ochrony odgromowej obiektów budowlanych, które były w wykazie Polski Norm w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

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

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

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

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

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

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

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

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

Normy zawierające uzupełniające informacje dotyczące elementów urządzenia piorunochronnego

Podczas bezpośredniego wyładowania w elementy urządzenia piorunochronnego narażone są na:

- erozję termiczną w miejscu kontaktu przewodu z kanałem wyładowania piorunowego,
- rozżarzenie przewodów wywołane przez przepływ prądu piorunowego,
- działania dynamiczne pomiędzy przewodami, w których płynie prąd piorunowy.

Występowanie powyższych zagrożeń i konieczność oceny możliwości stworzonych rozwiązań ochrony odgromowej oraz fakt wprowadzania do sprzedaży coraz gorszych jakościowo elementów urządzenia piorunochronnego spowodowały wzrost zainteresowania badaniami oddziaływania prądów i napięć udarowych symulujących zagrożenia stwarzanego podczas bezpośrednie oddziaływanie prądu piorunowego.

Do opracowania zakresu takich badań wykorzystano wyniki analiz teoretycznych, pomiarów laboratoryjnych oraz obserwacji prowadzone podczas bezpośrednich wyładowań w urządzenia piorunochronne.

W celu ujednoczenia standardów w zakresie elementów do budowy urządzeń piorunochronnych pojawiła się wieloarkuszowa Norma Europejska EN 50164 określająca wymagania i sposoby przeprowadzania badań różnorodnych elementów (wsporniki ściennie, uziomy, złączki, liczniki impulsów, studzienki rewizyjne itd.), która jest również sukcesywnie wprowadzana w Polsce (Tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie norm określających zakres badań poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego

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

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

Badaniami oddziaływania prądów udarowych symulujących zagrożenie piorunowe powinny być również objęte urządzenia to ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej (SPD typu 1) oraz w obwodach przesyłu sygnałów (SPD kategorii D). Zakresy badań urządzeń do ograniczania przepięć zawarto w normach:

PN-EN 61643-11:2006, *Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć – Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania i próby (oraz PN-EN 61643-11:2006/A11:2007 (oryg.))*.

PN-EN 61643-21:2004, *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych I sygnalizacyjnych – Wymagania eksploatacyjne i metody badań*.

Nowe wymagania i zalecenia

W nowych normach ochrony odgromowej zawarto większość wymagań dotychczas obowiązujących. Niektóre z wymagań lub zaleceń zostały uzupełnione lub rozbudowane. Pojawiły się również nowe wymagania i zalecenia, o różnym znaczeniu, dotyczące zasad tworzenia urządzenia piorunochronnego.

Poniżej zestawiono podstawowe nowości zawarte w normie PN-EN 62305.

- Podstawowym wymaganiem stawianym przed projektantami urządzeń piorunochronnych oraz systemów ograniczających narażenia piorunowe jest konieczność przeprowadzenia analizy ryzyka oraz oceny uszkodzeń powodowanych przez wyładowanie piorunowe.
- W normie PN-EN 62305-2 przedstawiono szczegółowe zasady szacowania ryzyka powodowanego przez prądy piorunowe podczas bezpośrednich doziemnych wyładowań piorunowych w obiekty budowlane lub obok tych obiektów oraz bezpośrednio w linii lub instalacje dochodzące do analizowanych obiektów lub w bliskim sąsiedztwie tych linii lub instalacji.
Porównanie wyznaczonych wartości ryzyka z wartościami uznanymi za tolerowane pozwala ustalić potrzebę stosowania środków ochrony odgromowej i dobrać odpowiednią ich skuteczność.
- Szczegółową uwagę zwrócono na materiały wykorzystywane do budowy urządzeń piorunochronnych. Przedstawiono szczegółowe zestawienia materiałów ich kształty oraz przekroje przeznaczonych do zastosowania na zwody, przewody odprowadzające oraz uziomy.
- Dokładnie omówiono sposoby wyznaczania oddziaływania prądów piorunowych na elementy urządzenia piorunochronnego (przewody i blachę pokrycia dachowego), urządzenia ograniczające przepięcia SPD (Surge Protective Devices). Przedstawiono również skutki takich oddziaływań.
- Przedstawiono wymagania określające zakres badań elementów urządzenia piorunochronnego na działanie prądów udarowych symulujących zagrożenie stwarzane przez prąd piorunowy.
- Określono parametry prądów i napięć udarowych powstających w instalacjach niskonapięciowych (instalacje zasilające i przesyłu sygnałów) podczas doziemnych wyładowań piorunowych w obiekty lub dochodzące instalacje lub obok tych obiektów i instalacji
- Wprowadzono podstawowe wymagania dotyczące ochrony obiektów wysokich (o wysokości przekraczającej 60 m). Projektując urządzenia piorunochronne takich obiektów należy uwzględnić zagrożenie stwarzane przez wyładowania boczne i należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę urządzeń i instalacji na ścianach takich obiektów.
- Przedstawiono zasady tworzenia urządzenia piorunochronnego, w przypadku konieczności uniknięcia układania przewodów odprowadzających na jednym z boków obiektu.
- Przedstawiono wymagania, jakie powinny spełniać połączenia stali zbrojenia, jeśli są wykorzystywane do celów ochrony odgromowej.
- Omówiono wymagania dotyczące ochrony odgromowej obiektów zawierających warstwę ziemi na dachach obiektów budowlanych o grubości dochodzącej do 50 cm.
- Przedstawiono bardziej szczegółowo zasady określania odstępów izolacyjnych pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego a chronionymi urządzeniami na dachach i ścianach obiektów budowlanych.
- Szczegółowo omówiono zasady strefowej koncepcji ochrony odgromowej (podział na strefy zagrożenia, zasady wyrównywania potencjałów w strefach i na ich granicach, rozmieszczenie urządzeń do ograniczania przepięć SPD) oraz powiązania tej koncepcji z wymaganiami kompatybilności elektromagnetycznej.
- Przedstawiono zasady wyznaczania bezpiecznych odległości pomiędzy SPD a chronionymi urządzeniami.
- Uwzględniono nowe, w porównaniu do istniejących w normie PN-89/E-05003/03, oznaczenia i wymagania dotyczące stref zagrożonych wybuchem. Przedstawiono ogólne zasady ochrony w obiektach zawierających strefy 0, 1, 2 oraz 20, 21 i 22.
- Przedstawiono ogólne zalecenia dotyczące uziemiania zbiorników, sposobów połączeń ścian zbiornika z pływającym dachem oraz uziemiania rurociągów.

Materiały wykorzystywane do celów ochrony odgromowej

Do wykonania LPS zalecane jest stosowanie materiałów zestawionych w tablicy 10 lub innych o równoważnych właściwościach mechanicznych, elektrycznych i chemicznych. W normie PN-EN 62305-3 zestawiono również szczegółowe wymagania dotyczące minimalnych wymiarów poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego w zależności od zastosowanego materiału (Tabele 2, 3, i 4).

Tabela 2. *Materiał, kształt i minimalne wymiary uziomów*

Materiał	Kształt	Minimalne wymiary			Uwagi
		Pręt Ø mm	Przewód	Płyta mm	
Miedź	Linka		50 mm ²		min. średnica każdego drutu 1,7 mm
	Okragły lity		50 mm ²		8 mm średnica
	Taśma		50 mm ²		2 mm min. grubości
	Pręt	15			
	Rura	20			2 mm min. grubości ścianki
	Płyta lita			500 x 500	2 mm min. grubości
	Krata			600 x 600	25mm x 2mm sekcja Min. Długość kształtki kratowej 4,8m
Stal	Okragły lity ocynkowany	16	10mm średnica		
	Rura ocynkowana	25			2 mm min. grubości
	Taśma ocynkowana		90 mm ²		3 mm grubości
	Płyta lita ocynkowana ¹⁾			500 x 500	3 mm grubości
	Krata ocynkowana			600 x 600	30mm x 3mm sekcja
	Okragły lity z powłoką miedzianą	14			grubość min. 250 µm promieniowej powłoki miedzianej o zawartości 99,9 % miedzi
	Okragły lity odkryty		10 mm średnica		
	Taśma lita odkryta lub ocynkowana		75 mm ²		min. grubość 3 mm
	Linka ocynkowana		70 mm ²		min. średnica każdego drutu 1,7 mm
	Krzyżowy ocynkowany	50 x 50 x 3			
Stal nierdzewna	Okragły lity	15	10 mm średnica		
	Taśma		100 mm ²		2 mm min, grubości

Dokładne informacje dotyczące grubości i materiałów powłok oraz uwagi szczegółowe o możliwościach stosowania poszczególnych materiałów w normie PN-EN 62305-3.

Tabela 3. *Minimalna grubość warstw metalowych lub rur metalowych w układzie zwodów*

Poziom ochrony	Materiał	Grubość ^a t mm	Grubość ^b t' mm
I do IV	Ołów	–	2,0
	Stal (nierdzewna, ocynkowana)	4	0,5
	Tytan	4	0,5
	Miedź	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Cynk	–	0,7

^a t zapobiega przebiciu, gorące miejsce lub zapłon
^b t' tylko dla warstwy metalowej, jeżeli nie jest ona ważna, aby zapobiec przebiciu, gorącemu miejscu lub problemom zapłonu.

Tabela 4. Materiał, kształt i minimalna powierzchnia przekroju przewodów i prętów na zwody oraz przewodów odprowadzających

Materiał	Kształt	Minimalna powierzchnia przekroju mm ²	Uwagi
Miedź, Miedź ocynowana	Taśma	50	min. grubość 2 mm
	Drut	50	średnica 8 mm
	Linka	50	min. średnica każdego drutu 1,7 mm
	Pręt (tylko miedź)	200	średnica 16 mm
Aluminium	Taśma	70	min. grubość 3 mm
	Drut	50	średnica 8 mm
	Linka	50	min. średnica każdego drutu 1,7 mm
Stop aluminium, Stal ocynowana ogniowo	Taśma	50	min. grubość 2,5 mm
	Drut	50	średnica 8 mm
	Linka	50	min. średnica każdego drutu 1,7 mm
	Pręt	200	średnica 16 mm
Stal nierdzewna	Taśma	50	min. grubość 2 mm
	Drut	50	średnica 8 mm
	Linka	70	min. średnica każdego drutu 1,7 mm
	Pręt	200	średnica 16 mm

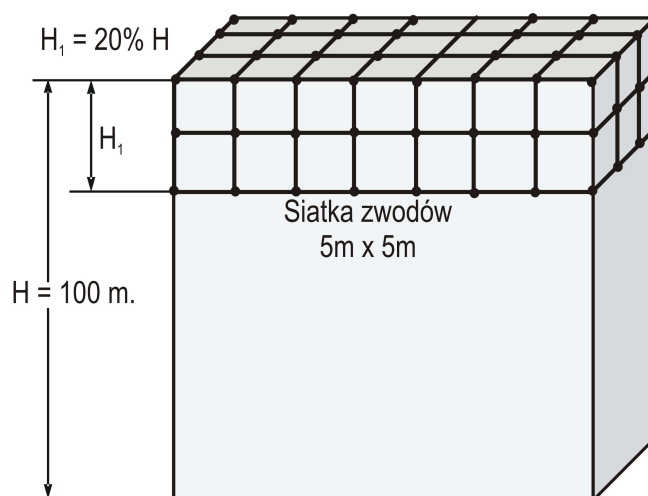
Dokładne informacje dotyczące grubości i materiałów powłok oraz uwagi szczegółowe w PN-EN 62305-3.

Podstawowe zasady montażu zwodów i przewodów odprowadzających

W tabeli 5 zestawiono podstawowe zasady montażu zwodów i przewodów odprowadzających.

Zapewnienie ochrony odgromowej obiektów wysokich (o wysokości przekraczającej 60 m) wymaga uwzględnienia zagrożenia stwarzanego przez wyładowania boczne. Należy zwrócić uwagę na ochronę urządzeń i instalacji na ścianach takich obiektów.

W obiekcie o wysokości przekraczającej 60 m należy zastosować na ścianach bocznych analogiczne sieci zwodów jak sieci na dachu tego obiektu. Ochroną przed wyładowaniem bocznym powinny być objęte najwyższe części obiektu (ściany powyżej poziomu odpowiadającego ok. 20 % wysokości obiektu, licząc od poziomu dachu w dół). W obiektach wyższych od 120 m ochrona przed wyładowaniami bocznymi powinna być zapewniona powyżej 120 m. Przykładowe rozwiązanie takiej ochrony dla obiektu o wysokości 100 m przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Przykład ochrony obiektu wysokiego przed wyładowaniami bocznymi (I poziom ochrony)

Tabela 5. Zasady montażu zwodów na dachach płaskich

Materiał dachu	Wymagania montażowe zwodów na dachach płaskich
Materiał niepalny	Siatka zwodów umieszczona na całej powierzchni dachu, na krawędziach oraz częściach wystających. Jeśli możliwe jest gromadzenie wody na dachu to zwody należy instalować nad przewidywanym poziomem wody. Jako przewód otokowy może być wykorzystana obróbka metalowa atyki.
Materiał łatwopalny	Zwody umieszczane na wysokości nie mniejszej niż 10 cm nad dachem. Jeśli nie można zapewnić wymaganego odstępu należy wstawić między przewód a materiał palny warstwę żaroodporną lub zastosować przewód o przekroju nie mniejszym od 100 mm ² . Łatwopalne elementy nie powinny pozostawać w bezpośredniej styczności z elementami stosowanymi na zwody.
Dachy żelbetowe	Do ochrony odgromowej można wykorzystać stalowe pręty w betonie, jeśli dopuszczalne jest dorywcze uszkodzenie warstwy wodoszczelnej. Jeśli uszkodzenia są niedopuszczalne należy stosować układy zwodów ułożone na dachu. Wskazane jest połączenie zwodów ze stalą zbrojenia.
Obiekty zawierające warstwę ziemi na dachu.	Sieć zwodów ułożona na ziemi o wymiarach oka wynikających z poziomu ochrony obiektu lub o wymiarach 5 m x 5 m oraz układy zwodów chroniące ludzi przed bezpośrednim wyładowaniem.
Pokrycie dachu	Wymagania montażowe zwodów na dachach wielospadowych
Materiał niepalny na niewielkim obiekcie	Zwód poziomy należy zainstalować bezpośrednio nad kalenicą. Jeśli ten zwód zapewnia przestrzeń chronioną nad całą powierzchnią dachu to należy od niego poprowadzić, co najmniej dwa przewody odprowadzające nad krawędziami szczytowymi przeciwnych narożników.
Dach wykonany z materiału niepalnego	Do ochrony odgromowej należy zastosować zwody umieszczone nad kalenicą oraz nad krawędziami dachu. Do ochrony odgromowej można wykorzystać metalowe rynny, jeśli zapewniona jest ciągłość ich połączeń a ich przekrój nie jest mniejszy od standardowych elementów zwodów.
Dachy kryte strzechą	Jeśli nie są stosowane stalowe paski do układania materiałów pokrycia, przewody zwodów powinny być umieszczone w odległości nie mniejszej niż 0,15 m od powierzchni dachu.
Kryte dachówką (niewielkie obiekty o wysokości do 20 m)	Przewody poziome, umieszczone przy kalenicy pod dachówką, do których dołączone są krótkie zwody pionowe w odstępach nie większych niż 10 m. Zamiast zwodów pionowych można zastosować płytki metalowe, ale w odstępach nie większych niż 5 m.
Dachy wykonane są z materiału łatwo zapalnego	Ochronę przed zagrożeniem stwarzanym przez prąd piorunowy zapewniają zwody poziome podwyższone, zwody nieizolowane pionowe lub poziome wysokie nieizolowane. Zwody powinny być umieszczone w odległości nie mniejszej niż 0,1 m od powierzchni dachu.

Przewody odprowadzające należy instalować wzdłuż prostych i pionowych tras po możliwie najkrótszej drodze pomiędzy zwodem a przewodem uziemiającym. Stworzony układ przewodów odprowadzających powinien zapewnić wieloprzewodową drogę dla przepływu prądu piorunowego od punktu uderzenia do ziemi.

Przyjęcie do analizy siatki zwodów poziomych o wymiarach uzależnionych od poziomu ochrony stwarza potrzebę takiego usytuowania przewodów odprowadzających, aby w możliwym stopniu tworzyły bezpośrednią kontynuację zwodów poziomych.

Zalecane jest zachowanie jednakowych odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi. Jeśli jest to niemożliwe należy przewody odprowadzające umieszczać w pobliżu narożników budynków.

Podstawowe informacje niezbędne przy ich montażu zestawiono w tabeli 6.

Średnie odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi nie powinny być większe od:

- 10 m – I i II poziom ochrony odgromowej,
- 15 m – III poziom ochrony,
- 20 m – IV poziom ochrony.

Tabela 6. Podstawowe zasady montażu przewodów odprowadzających

Układanie przewodów odprowadzających	
Materiał ściany	Sposób układania
Materiał niepalny	Przewody odprowadzające umieszczane bezpośrednio na powierzchni ściany lub w ścianie.
Materiał łatwopalny	Przewody odprowadzające mocowane w odległości nie mniejszej niż 0,1 m od powierzchni ściany.
	Jeśli zapewnienie wymaganego odstępu 0,1 m pomiędzy przewodem odprowadzającym a ścianą jest niemożliwe do wykonania należy zastosować przewody odprowadzające o przekroju nie mniejszym niż 100 mm ² .
	Przewody odprowadzające mogą być umieszczane na powierzchni ściany, jeśli przyrost ich temperatury wywołany przepływem prądu piorunowego nie stanowi zagrożenia dla materiału ściany.
Montaż przewodów odprowadzających	
Rodzaj przewodów odprowadzających	Odległości pomiędzy wspornikami
Przewody okrągłe lite	1,0 m
Taśmy i linki poziome na powierzchniach poziomych i pionowych.	0,5 m
Taśmy lub linki pionowe biegnące od ziemi do wysokości ok. 20 m.	1,0 m
Taśmy lub linki pionowe na wysokości powyżej 20 m.	0,5 m

W obiektach budowlanych, w których nie ma możliwości ułożenia przewodów odprowadzających na jednym z boków lub na części boku należy umieścić nieułożone przewody na innych bokach. W otrzymanym układzie odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi nie powinny być mniejsze niż 1/3 wymaganych odstępów.

Ochrona odgromowa urządzeń umieszczonych na dachach obiektów

Analizując zagrożenie występujące podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt budowlany należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość bezpośredniego oddziaływania prądów piorunowych na wszelkiego rodzaju nadbudówki, urządzenia i instalacje na dachu tego obiektu.

Podstawowe zasady ochrony przed tego rodzaju zagrożeniem zawarto w normach ochrony odgromowej, w których stwierdzono, że „wszystkie urządzenia dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny znajdować się w przestrzeni ochronnej układu zwodów”.

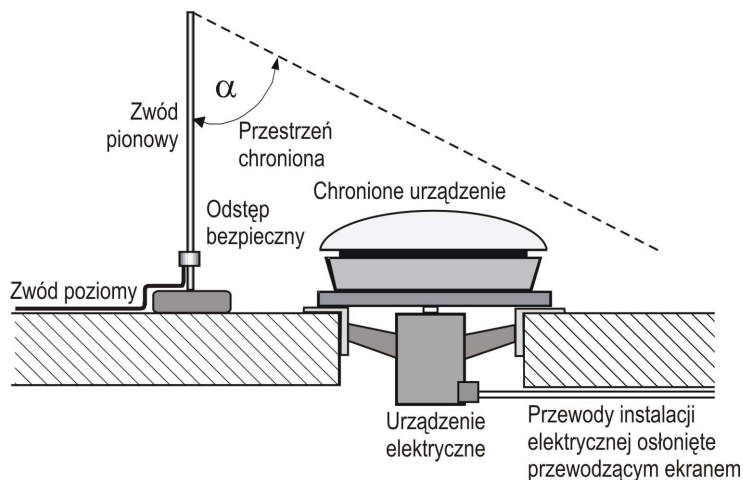
Jeśli powyższe zalecenia nie będą spełnione to bezpośrednie wyładowanie piorunowe w nadbudówkę może doprowadzić do zniszczenia samej nadbudówki oraz zainstalowanych wewnątrz urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz urządzeń wewnątrz obiektu budowlanego.

Ochronę przed występującym zagrożeniem można zapewnić stosując odpowiednio dobrane układy zwodów pionowych lub poziomych. Należy również zachować odpowiednie odstępy izolacyjne pomiędzy urządzeniami a zwodami lub przewodami odprowadzającymi.

Wymaganie umieszczenia w przestrzeni chronionej nie dotyczy urządzeń, które nie zawierają wyposażenia elektrycznego lub elektronicznego a dodatkowo spełniają następujące warunki:

- wymiary nie przekraczają 0,3 m wysokości i 1,0 m² powierzchni całkowitej oraz długości 2,0 m (urządzenia metalowe),
- nie wystają więcej niż 0,5 m nad powierzchnię tworzoną przez zwody (urządzenia wykonane z materiałów izolacyjnych).

Umieszczanie urządzenia w przestrzeni chronionej nie zapewnia całkowitej ochrony przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi w instalacji elektrycznej oraz liniach przesyłu sygnałów (jeśli takie są stosowane). Stworzenie warunków zapewniających pełną ochronę wymaga zastosowania przewodów osłoniętych przewodzącym ekranem dochodzących do chronionego urządzenia (rys. 2.).

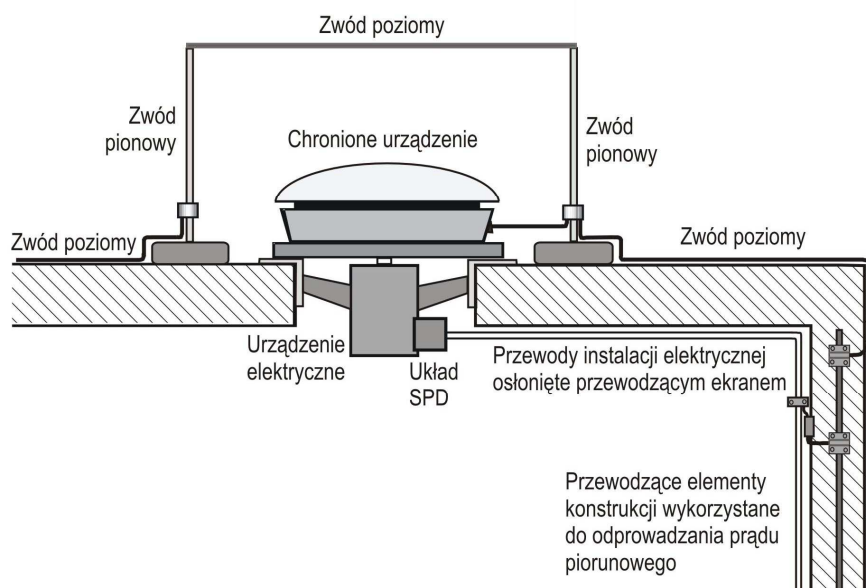


Rys. 2. Ochrona urządzenia na dachu przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym

Jeśli zastosowanie takiego rozwiązania jest trudne do realizacji można rozważyć zastosowanie SPD typu 2 w instalacji elektrycznej lub SPD klasy C2 w obwodach przesyłu sygnałów.

Urządzenia zawierające wyposażenie elektryczne i elektroniczne, które nie można umieścić w dostatecznej odległości od elementów ochrony odgromowej (nie można zachować odstępu izolacyjnego np. na obiektach o konstrukcji stalowej lub posiadających metalowe pokrycia dachowe) powinny także być umieszczone w przestrzeniach chronionych tworzonych przez zwody pionowe i poziome. W celu eliminacji przeskoków iskrowych metalowe elementy konstrukcji urządzenia należy połączyć z układem zwodów oraz z przewodzącymi elementami konstrukcji. Do tych ostatnich połączeń można wykorzystać ekrany kabli (rys. 3.). Stworzenie warunków zapewniających bezawaryjne działanie wymaga przeanalizowania potrzeby zainstalowania dodatkowej ochrony, jaką zapewniają układy SPD instalowane bezpośrednio przed chronionym urządzeniem.

W przypadku znacznej liczby urządzeń rozmieszczonych w różnych punktach dachu optymalnym rozwiązaniem może się okazać utworzenie sieci zwodów nad całą powierzchnią dachu.



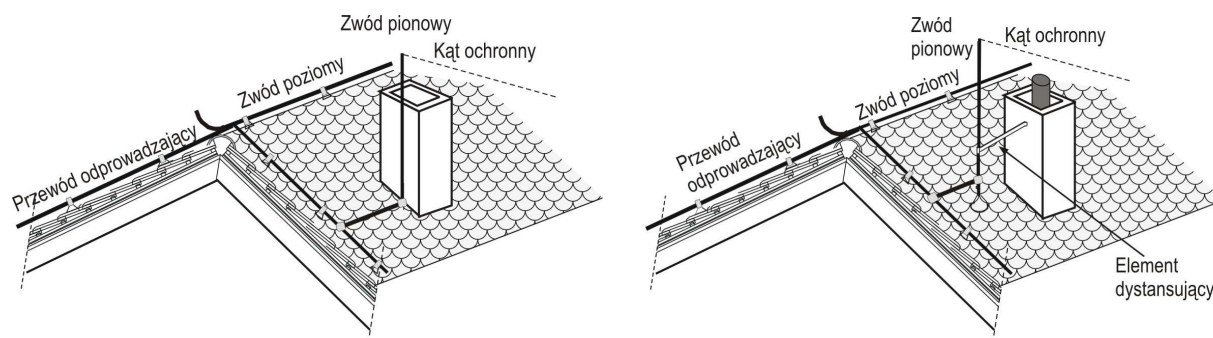
Rys. 3. Ochrona urządzenia przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym, ale nie przed skutkami oddziaływania części prądu piorunowego

Jeśli stworzenie ochrony odgromowej eliminującej bezpośrednie oddziaływanie prądu piorunowego na urządzenia instalowane na dachu obiektu jest niemożliwe do wykonania to można zastosować jedno w poniżej przedstawionych rozwiązaniach:

- w instalacjach przewodzących, którymi prąd piorunowy może wpłynąć do obiektu (np. rury systemu klimatyzacji i wentylacji), należy zastosować elementy izolacyjne o długości (grubości) co najmniej dwukrotnie większej od wymaganych odstępów izolacyjnych,
- w miejscach zbliżenia instalacji odgromowej i chronionego urządzenia lub systemu należy zastosować połączenia wyrównawcze bezpośrednio lub za pomocą iskierników.

Kominy na dachach obiektów budowlanych mogą być:

- łączone ze zwodami (kominy metalowe),
- chronione przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym (zwody pionowe – rys. 4),
- chronione przed wyładowaniem oraz bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego.



Rys. 4. Przykłady ochrony odgromowej komina na dachu krytym dachówką

W przypadku komina pieca gazowego lub olejowego sterowanego elektronicznie wskazane jest zastosowanie ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego.

Taką ochronę uzyskujemy umieszczając komin w przestrzeni chronionej tworzonej przez pojedynczy zwód lub układ zwodów odsunięte na odległość zapewniającą eliminację przeskoków iskrowych.

Ochrona odgromowa anten

W dotychczas obowiązujących normach zalecano ochronę samej anteny przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym. W takim przypadku istnieje możliwość wpłynięcia części prądu piorunowego do kabla antenowego i należy zastosować rozwiązania chroniące przed jego oddziaływaniem.

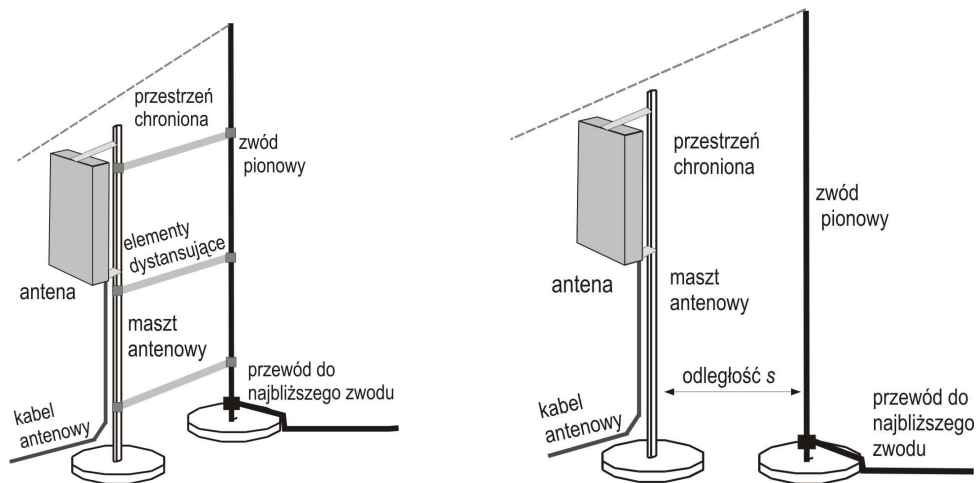
Sposób wyeliminowania takiego zagrożenia przedstawiono w normie ochrony odgromowej PN-EN 62305-3. Zgodnie z zaleceniami tej normy **„Maszty antenowe na dachu obiektu powinny być chronione przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi przez ich zainstalowanie w chronionej już strefie lub przez zainstalowanie izolowanego zewnętrznego LPS”**

Rozwiązaniem jest umieszczenie masztów antenowych w przestrzeniach chronionych tworzonych przez nadbudówki lub elementy konstrukcyjne dachu lub dodatkowe zwody. W przypadku zastosowania izolowanego zwodu należy zachować bezpieczną odległość pomiędzy tym zwodem a masztem antenowym i anteną. Można zastosować maszt wolnostojący lub połączony z masztem antenowym odpowiednio dobranymi izolacyjnymi elementami dystansującymi (rys. 5).

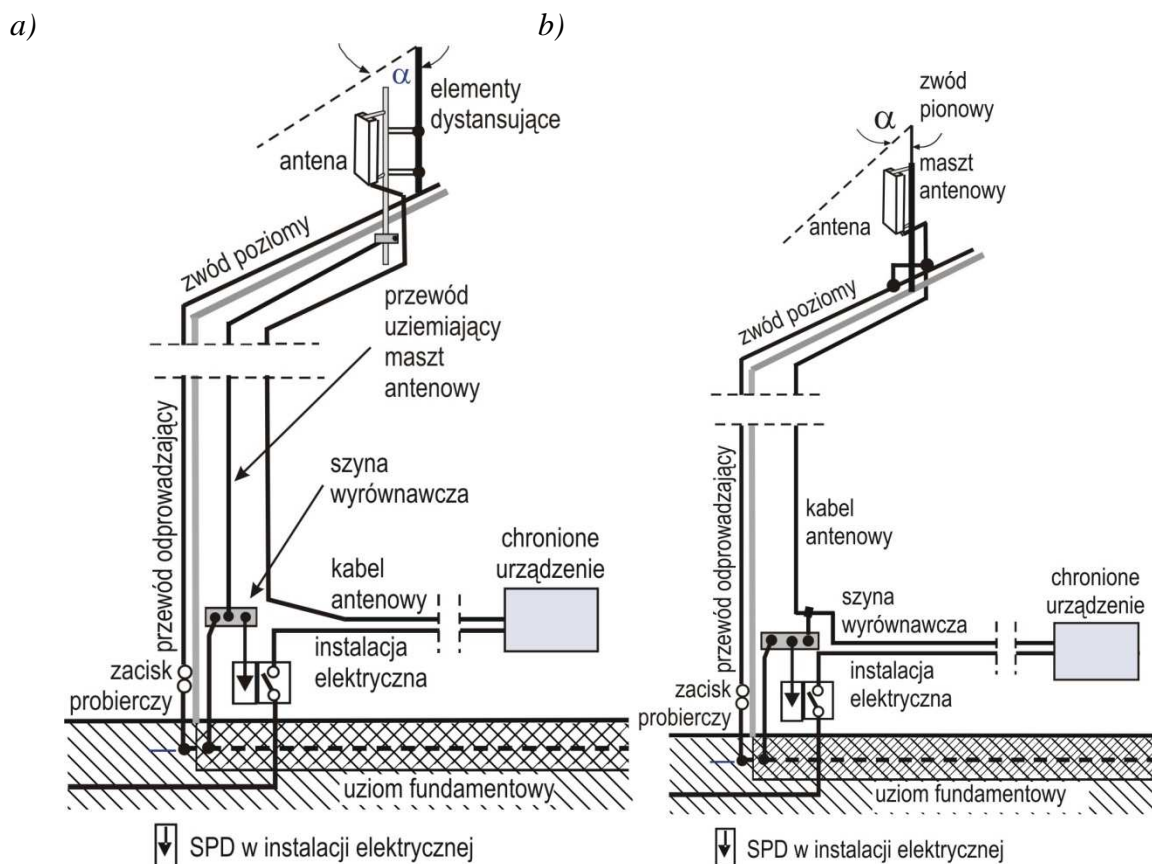
W takim rozwiązaniu maszt antenowy nie jest łączony z przewodami urządzenia piorunochronnego, ale z główną szyną wyrównawczą lub z najbliższym punktem wyrównywania potencjałów.

Przykładowe rozwiązanie pełnej ochrony masztu antenowego na dachach obiektów budowlanych przedstawiono na rys. 6a.

W przedstawionym rozwiązaniu należy również przeanalizować potrzebę zastosowania urządzeń ograniczających przepięcia atmosferyczne indukowane w kablu antenowym i instalacji elektrycznej (SPD przed chronionym urządzeniem).



Rys. 5. Ochrona masztów antenowych przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym



Rys. 6. Ochrona odgromowa zewnętrznego systemu antenowego przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym; a) ochrona przed wyładowaniem w maszcie antenowym, b) ochrona anteny

Stosując taką ochronę należy przeanalizować wpływ uziemionego zwodu na pracę całego systemu nadawczo-odbiorczego. Dotyczy to szczególnie anteny dookólnej.

Należy zauważyć, że nowa norma PN-EN 62305-3 stwierdza również, że „**Jeżeli nie jest to możliwe (rozwiązanie chroniące maszty antenowe przed bezpośrednim wyładowaniem), to maszty antenowe powinien być połączony z układem zwodów**”.

W takim rozwiązaniu, maszty antenowe należy u podstawy połączyć z układem zwodów na dachu obiektu budowlanego, a antenę umieścić w przestrzeni chronionej tworzonej przez konstrukcje budowlane na dachu obiektu, przez metalowy maszty antenowy lub metalowy maszty z dodatkowym zwodem pionowym połączonym

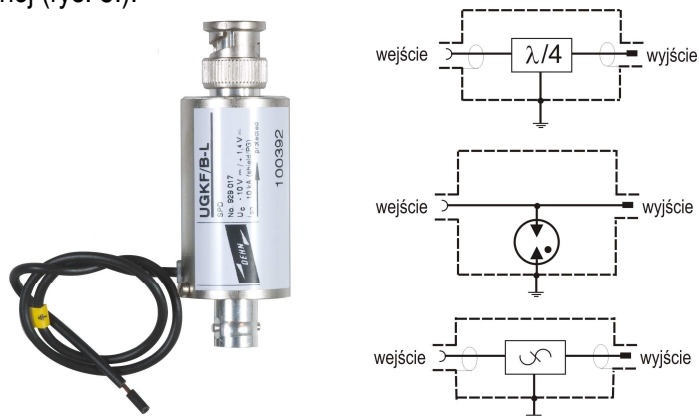
z konstrukcją tego masztu (rozwiązanie zalecane, jeśli strefa tworzona przez sam maszt nie zapewnia ochrony - rys. 6b).

Łącząc antenę z urządzeniem wewnątrz obiektu budowlanego należy stosować koncentryczny kabel antenowy, który powinien być wprowadzany do obiektu przez wspólne wejście wszystkich instalacji, w pobliżu szyny wyrównawczej lub w innym miejscu, w którym zapewnione zostanie wyrównanie potencjałów instalacji wewnątrz obiektu.

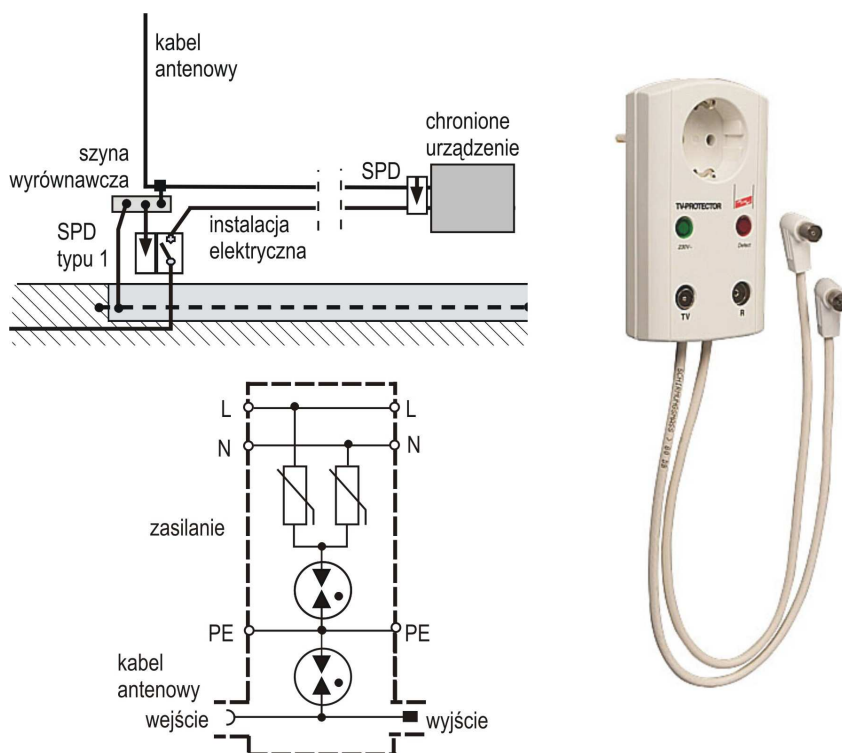
Ekran kabla należy połączyć z szyną wyrównawczą lub inną szyną zapewniającą wyrównanie potencjałów instalacji elektrycznej zasilającej urządzenie odbiorcze oraz kabel antenowy.

Zalecane jest również połączenie ekranu kabla antenowego u podstawy masztu z samym masztem lub z przewodem łączącym maszt ze zwodem instalacji piorunochronnej.

W przedstawionych rozwiązaniach należy rozważyć potrzebę zastosowania urządzenia ograniczającego napięcia w przewodzie antenowym lub w przewodzie antenowym (rys. 7) oraz w przewodzie antenowym oraz w instalacji elektrycznej (rys. 8.).



Rys. 7. Widok ogólny i schematy urządzeń ograniczających napięcia dochodzące do urządzenia z przewodu antenowego



Rys. 8. Ograniczanie napięć dochodzących do chronionego urządzenia, a) ogólny widok rozmieszczenia urządzeń ograniczających napięcia, b), c) schemat i widok SPD umieszczanego przed chronionym urządzeniem

Dodatkowo powinny być zapewnione odstępy izolacyjne pomiędzy kablem antenowym wprowadzanym do obiektu a innymi instalacjami w tym obiekcie. Dotyczy to szczególnie sąsiedztwa miejsca wprowadzania kabla antenowego do obiektu. Maszt wykonany z materiału nieprzewodzącego powinien zostać wyposażony w zwód pionowy połączony z najbliższym przewodem sieci zwodów na dachu obiektu.

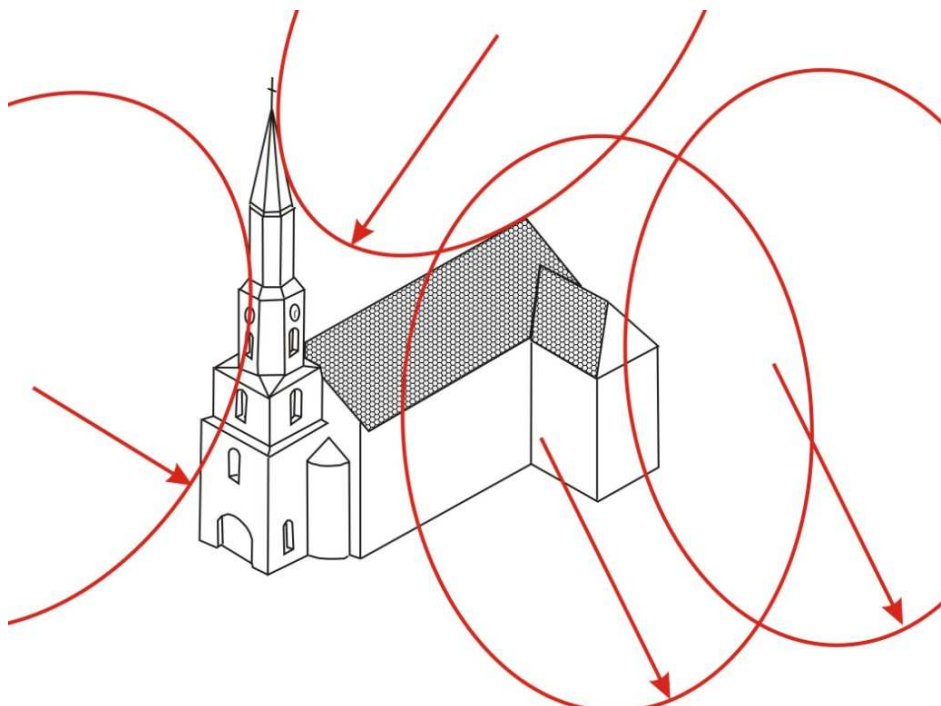
Przestrzenie chronione

Podstawowe zasady ochrony przed tego rodzaju zagrożeniem zawarto w normie ochrony odgromowej, w której stwierdzono, że „wszystkie urządzenia dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny znajdować się w przestrzeni ochronnej układu zwodów”.

Określając obszary przestrzeni chronionych tworzonych przez naturalne elementy konstrukcyjne obiektów lub układy zwodów urządzenia piorunochronnego LPS (Lightning Protection System) należy uwzględnić wymagania dotyczące kątów ochronnych oraz odstępów izolacyjnych. W typowych obiektach najczęściej należy zwrócić uwagę na ochronę odgromową anten, kominów współczesnych pieców oraz, coraz częściej stosowanych, kolektorów fotowoltaicznych.

Kąty ochronne

Do wyznaczania przestrzeni chronionej można wykorzystać zasadę tocznej kuli lub dobrać odpowiednie kąty ochronne. Metoda toczącej się kuli jest szczególnie przydatna, jeśli na dachu znajdują się różnorodne nadbudówki (rys. 9). W tych miejscach na powierzchni dachu, które nie są dotykane przez toczoną kulę, nie istnieje zagrożenie bezpośrednim uderzeniem pioruna.

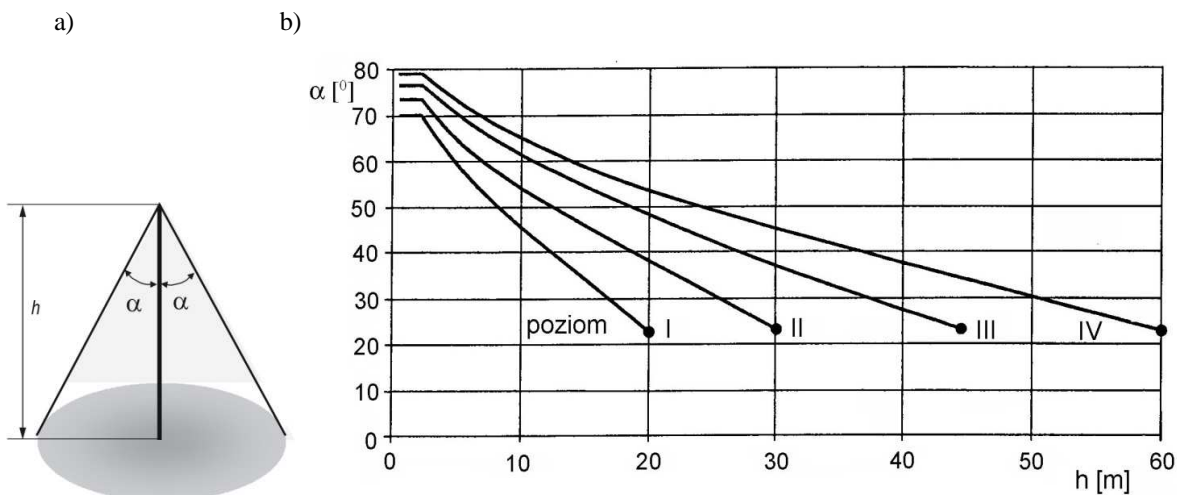


Rys. 9. Wykorzystanie metody tocznej kuli do wyznaczania miejsc zagrożonych bezpośrednim uderzeniem pioruna

Wartości kątów α w zależności od poziomów ochrony wymaganych dla rozważanego obiektu oraz wysokości zwodów (rys. 10).

Odstępy izolacyjne

Określając obszary przestrzeni chronionych należy zachować odstępy izolacyjne eliminujące możliwości wystąpienia przeskoków iskrowych pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego a chronionym urządzeniem.



Rys. 10. Wyznaczanie kątów ochronnych z zależności od wymaganego poziomu ochrony i wysokości zwodu

Wielkość odstępów izolacyjnych jest uzależniona od:

- parametrów prądu piorunowego,
- rodzaju materiału izolacyjnego, jaki występuje w miejscach zbliżeń elementów urządzenia piorunochronnego i chronionych urządzeń,
- rozptyłu prądu piorunowego w urządzeniu piorunochronnym obiektu budowlanego,
- odległości od miejsca zbliżenia, w którym może wystąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi liczona wzdłuż przewodu, w którym płynie prąd piorunowy.

W normach ochrony odgromowej obiektów budowlanych do przybliżonego określania odstępów izolacyjnych s zaproponowano zależność:

$$s \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} L$$

gdzie: L - długość mierzona wzdłuż przewodu odprowadzającego od punktu rozpatrywanego zbliżenia do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego w metrach.
 k_i i k_m i k_c – współczynniki, których wartości zestawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wartości współczynników w równaniu określającym odstęp izolacyjny

Współczynnik	Wartość	
k_i - uzależniony od klasy LPS	0,08 - I klasa LPS; 0,06 - II klasa LPS; 0,04 - III i IV klasa LPS	
k_m - uzależniony od materiału odstępów izolacyjnego	1- powietrze 0,5 - beton, cegła 0,7 – 0,8 zastosowanie elementów dystansujących *	
k_c - uzależniony od rozptyłu prądu w przewodach LPS	Układ uzziemienia typu A	Układ uzziemienia typu B
	1 - zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,66 - zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,44 - sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających	1 - zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,5...1 - zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,25...0,5 - sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających
* - wartości podawane przez producentów elementów dystansujących		

W rzeczywistych warunkach urządzenia wymagające ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego mogą znajdować się w dowolnym punkcie na powierzchni dachu.

W takich przypadkach prąd piorunowy rozptyla się w urządzeniu piorunochronnym i zmieniają się wartości współczynników k_c dla poszczególnych przewodów tego urządzenia na odcinku pomiędzy miejscem, w którym wyznaczamy odstęp izolacyjny a najbliższym połączeniem wyrównawczym.

Uwzględniając fakt rozptywu prądu piorunowego w elementach LPS odstęp izolacyjny wynosi:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + \dots + k_{cm} \cdot l_m)$$

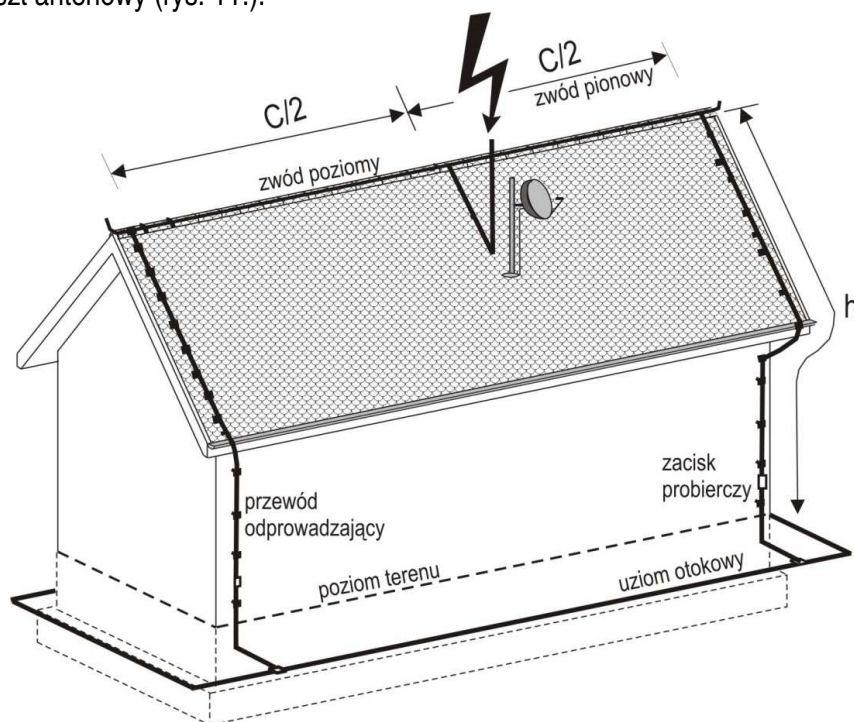
gdzie : l_1, l_2, \dots, l_m - odcinki przewodów LPS w których płyną prądy o wartościach określanych przez współczynniki $k_{c1}, k_{c2}, \dots, k_{cm}$.

Wykorzystując powyższą zależność można wyznaczyć odstęp izolacyjny w układach przestrzennych urządzeń piorunochronnych obiektów budowlanych.

W przypadku typowego dachu dwuspadowego, określając odstęp izolacyjny s od zwodu pionowego do chronionego urządzenia, należy wykorzystać zależność (3) w następującej postaci:

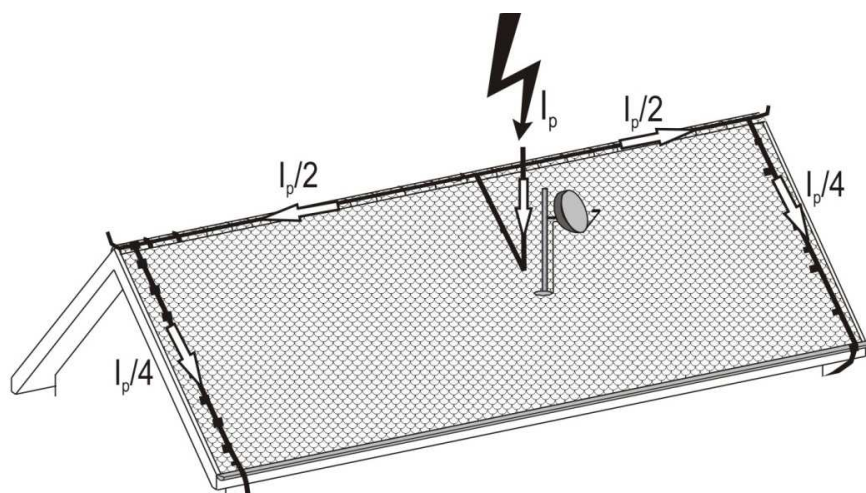
$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \left(\frac{I_1}{I_p} \cdot L + \frac{I_2}{I_p} \cdot x + \frac{I_3}{I_p} \cdot h \right)$$

W celu przedstawienia toku postępowania przy określaniu odstępu izolacyjnego przedstawiony zostanie przykład jego wyznaczania dla prostego urządzenia piorunochronnego na wolnostojącym obiekcie budowlanym. Do ochrony masztu antenowego z anteną przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym wykorzystano maszt antenowy (rys. 11.).



Rys. 11. Widok ogólny analizowanego urządzenia piorunochronnego

Podział prądu piorunowego w takim urządzeniu piorunochronnym przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Podział prądu piorunowego w analizowanym urządzeniu piorunochronnym

Do obliczenia odstępów izolacyjnych przyjęto następujące dane:

- poziom ochrony IV, $k_{i1} = 0,04$,
- długość $l = 5$ m
- długość $c = 30$ m,
- długość $h_1 = 14$ m,
- odstęp izolacyjny w powietrzu $k_{m1} = 1$,

Uwzględniając przedstawiony rozptyw prądu piorunowego w przewodach uwzględnianych przy określaniu L , wymiary obiektu oraz wartości współczynników k_i i k_m , odstęp izolacyjny określany jest z zależności:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \left(k_{c0} \cdot l + k_{c1} \cdot \frac{c}{2} + k_{c2} \cdot h_1 \right)$$

Uwzględniając rozptyw prądu przedstawiony na rys. 5, wartości współczynników k_c wynoszą odpowiednio:

$$k_{c0} = 1,0$$

$$k_{c1} = 1,0$$

$$k_{c2} = 1,0$$

Wymagany odstęp izolacyjny wynosi:

$$s \geq \frac{0,04}{1} \cdot (5m \cdot 1,0 + 15m \cdot 0,5 + 14m \cdot 0,25) = 0,64m$$

Zasadę postępowania przedstawiono na przykładzie prostego urządzenia piorunochronnego. W przypadkach bardziej rozbudowanych urządzeń piorunochronnych wyznaczanie odstępów izolacyjnych jest znacznie bardziej skomplikowane.

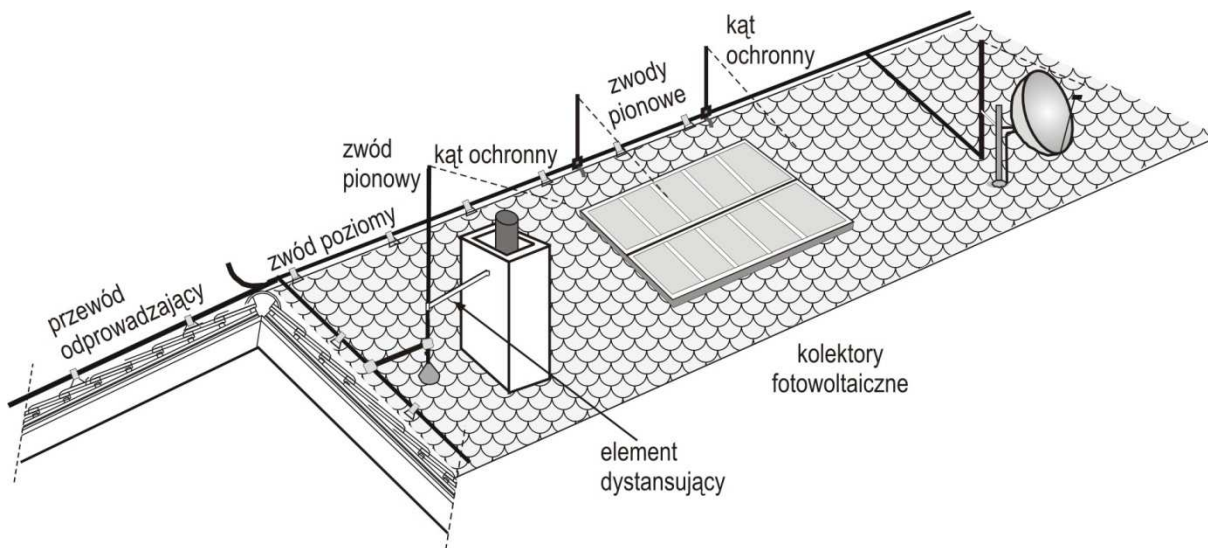
Przedstawione zasady należy zastosować do ochrony wszystkich urządzeń znajdujących się na dachu obiektu (rys. 13).

W przypadku urządzeń piorunochronnych na rozległych dachach płaskich podejmowane są próby wprowadzenia uproszczonych zależności umożliwiających określenie wartości współczynników k_c .

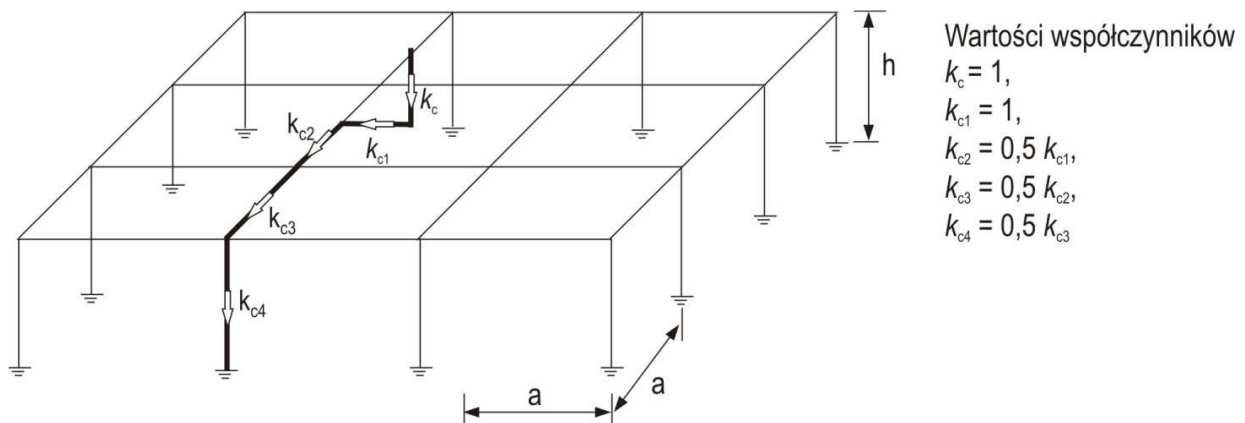
Ogólną zasadę uproszczonej analizy przedstawiono na rys. 14.

Urządzenia zawierające wyposażenie elektryczne i elektroniczne, które nie można umieścić w dostatecznej odległości od elementów urządzenia piorunochronnego (nie można zachować odstępów izolacyjnych np. na obiektach o konstrukcji stalowej lub posiadających metalowe pokrycia dachowe) powinny być również umieszczone w przestrzeniach chronionych tworzonych przez zwody pionowe i poziome.

W celu wyeliminowania niekontrolowanych przeskoków iskrowych metalowe elementy konstrukcji urządzenia należy połączyć z układem zwodów.



Rys. 13. Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej zasilającej urządzenie umieszczone w przestrzeni chronionej na dachu obiektu budowlanego



Rys. 14. Zasada uproszczonego wyznaczania wartości współczynników k_c

Wyznaczanie wymiarów układów uziomowych

W fazie projektowania układu uziomowego należy:

- sprawdzić możliwości wykorzystania uziomu naturalnego i potrzebę jego ewentualnego uzupełnienia o dodatkowe uziomy sztuczne,
- przypadku konieczności stosowania uziomu naturalnego należy dobrać jego rodzaj i kształt,
- oszacować wartości rezystancji opracowanego uziomu sztucznego lub układu uziom sztuczny - uziom naturalny.

Tworząc układ uziomowy należy posiadać informacje dotyczące rezystywności gruntu, w którym projektowany uziom będzie umieszczony oraz o wymaganiach, jakie nakładają na uziom inne zalecenia i funkcje jakie powinien on spełnić.

Dotyczy to szczególnie wymogach, jakie narzucają urządzenia telekomunikacyjne i teleinformatyczne. W przypadku obiektów budowlanych zalecany rozwiązaniem jest zastosowanie poziomego uziomu otokowego. Uziomy stosowane do celów ochrony odgromowej dzielone są na następujące typy:

- **typ A**, do którego należą uziomy pionowe oraz poziome (promieniowe) dołączone do każdego z przewodów odprowadzających instalacji piorunochronnej

- **typ B**, do którego zaliczamy uziomy otokowe, kratowe i fundamentowe.

Uziomy typu A

Uziom typu A składa się z poziomych lub pionowych uziomów dołączonych do każdego z przewodów odprowadzających instalacji piorunochronnej za pomocą zacisków probierczych.

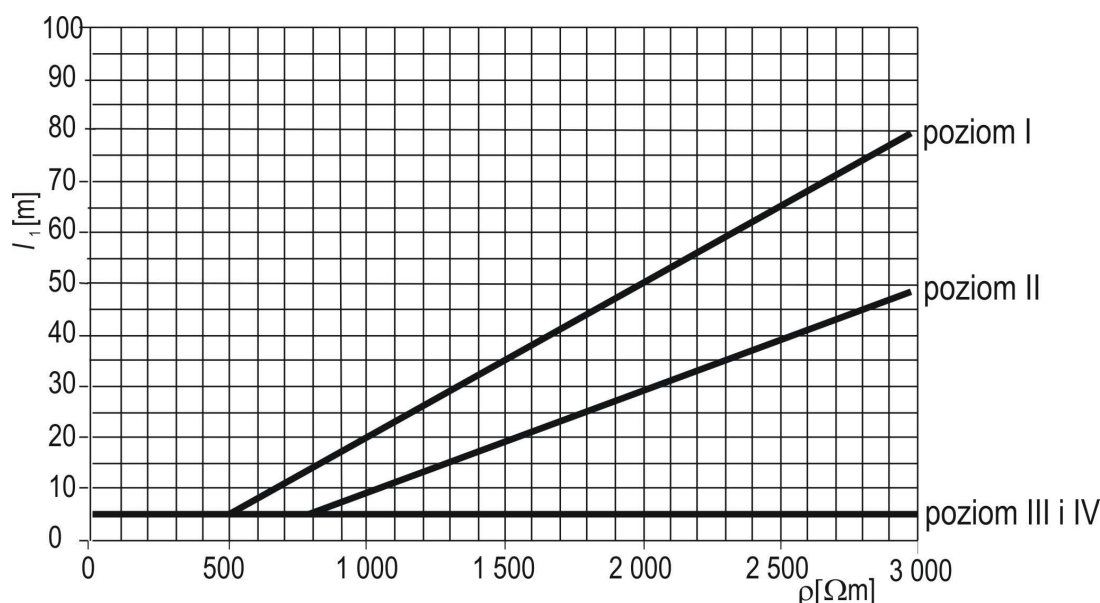
Do tego typu uziomów zaliczany jest również uziom otokowy łączący przewody odprowadzające, jeśli znajduje się w ziemi na odcinku mniejszym niż 80% całej jego długości. W przypadku urządzenia piorunochronnego zaleca się stosowanie minimum dwu uziomów typu A (pionowych lub poziomych).

Dobierając długości uziomów można przyjąć, że uziom pionowy jest w przybliżeniu 2 razy bardziej efektywny w porównaniu z uziomem poziomym.

Przyjęcie takich założeń powoduje, że tworząc uziom typu A urządzenia piorunochronnego należy zastosować minimum dwa elementy składowe, a każdy z nich powinien mieć długość równą:

- $L_{poz} \geq L$ w przypadku uziomu poziomego,
- $L_{pion} \geq L/2$ w przypadku uziomu pionowego lub nachylnego.

Minimalna długość uziomu L uzależniona jest od rezystywności gruntu oraz przyjętego poziomu ochrony. Zalecane w PN-EN 62305 długości uziomu L przedstawiono na rys. 15.



Rys. 15. Minimalne długości uziomów w zależności od poziomu (klasy) ochrony i rezystywności gruntu

W przypadku uziomów złożonych składających się z elementów poziomych i pionowych należy uwzględnić całkowitą długość zastępczą będącą sumą długości poszczególnych elementów składowych elementów.

$$L_C = L_{poz} + 2 L_{pion} \geq L$$

Układ uziomów typu A jest odpowiedni dla urządzenia piorunochronnego wyposażonego w zwody pionowe lub poziome wysokie lub dla urządzenia piorunochronnego izolowanego.

Uziomy typu B

Do uziomu typu B zaliczamy uziomy otokowe, fundamentowe oraz uziomy kratowe.

W przypadku uziomów otokowego lub fundamentowego należy określić zastępczy promień r powierzchni objętej uziomem i porównać z minimalną długością L . W wyniku porównania otrzymujemy:

- $r \geq L$ uziom fundamentowy lub otokowy obiektu jest wystarczający,
- $r < L$ uziom otokowy lub fundamentowy należy uzupełnić dodatkowymi uziomami poziomymi lub pionowymi, z których każdy powinien mieć długość L_{dot} następującą:
 - uziom poziomy $L_{dot\,poz} = L - r$
 - uziom pionowy $L_{dot\,pion} = (L - r)/2$

Przykłady określania poprawności wymiarów uziomów obiektów budowlanych przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Przykłady obliczeń wymiarów uziomów otokowych

	<p>Promień zastępczy analizowanego uziomu</p> $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ <p>gdzie S – powierzchnia objęta otokiem</p>
<p>PRZYKŁAD 1. Podstawowe dane:</p> <ul style="list-style-type: none"> • poziom ochrony IV, • szerokość a = 22 m, • długość b = 12 m, • rezystywność gruntu $\rho = 1300\Omega\text{m}$ $s = a \cdot b = 22\text{m} \cdot 12\text{m} = 264\text{m}^2$ <p>Promień zastępczy</p> $r_1 = \sqrt{\frac{264\text{m}^2}{\pi}} = 9,17\text{m}$ <p>Promień zastępczy analizowanego uziomu r_1 jest większy od wymaganego $L = 5\text{ m}$ i uziom spełnia wymagania IV poziomu ochrony.</p>	<p>PRZYKŁAD 2. Podstawowe dane:</p> <ul style="list-style-type: none"> • poziom ochrony II, • szerokość a = 22 m, • długość b = 12 m, • rezystywność gruntu $\rho = 1300\Omega\text{m}$ $s = a \cdot b = 22\text{m} \cdot 12\text{m} = 264\text{m}^2$ <p>Promień zastępczy</p> $r_1 = \sqrt{\frac{264\text{m}^2}{\pi}} = 9,17\text{m}$ <p>Dla rezystywności gruntu $1300\ \Omega\text{m}$ promień zastępczy analizowanego uziomu r_1 jest mniejszy od wymaganego $L = 15\text{ m}$ i uziom należy powiększyć stosując w miejscach połączeń z przewodami odprowadzającymi dodatkowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • uziomy poziome o długości ok. 6m ($15\text{m} - 9,17\text{m}$), lub • uziomy pionowe o długości ok. 3 m [$(15\text{m} - 9,17\text{m})/2$]

Liczba dodatkowych uziomów poziomych lub pionowych powinna być równa liczbie przewodów odprowadzających w zewnętrznym urządzeniu piorunochronnym. Liczba ta nie może być mniejsza od 2.

Napięcia dotykowe i krokowe

Po wykonaniu obliczeń i zaprojektowaniu uziomu należy sprawdzić, czy spełnia on wymagania wynikające z innych funkcji roboczych lub ochronnych.

Dobierając odpowiednie rozwiązania urządzenia piorunochronnego należy również zwrócić uwagę na ochronę ludzi przez porażeniem napięciem dotykowym lub krokowym.

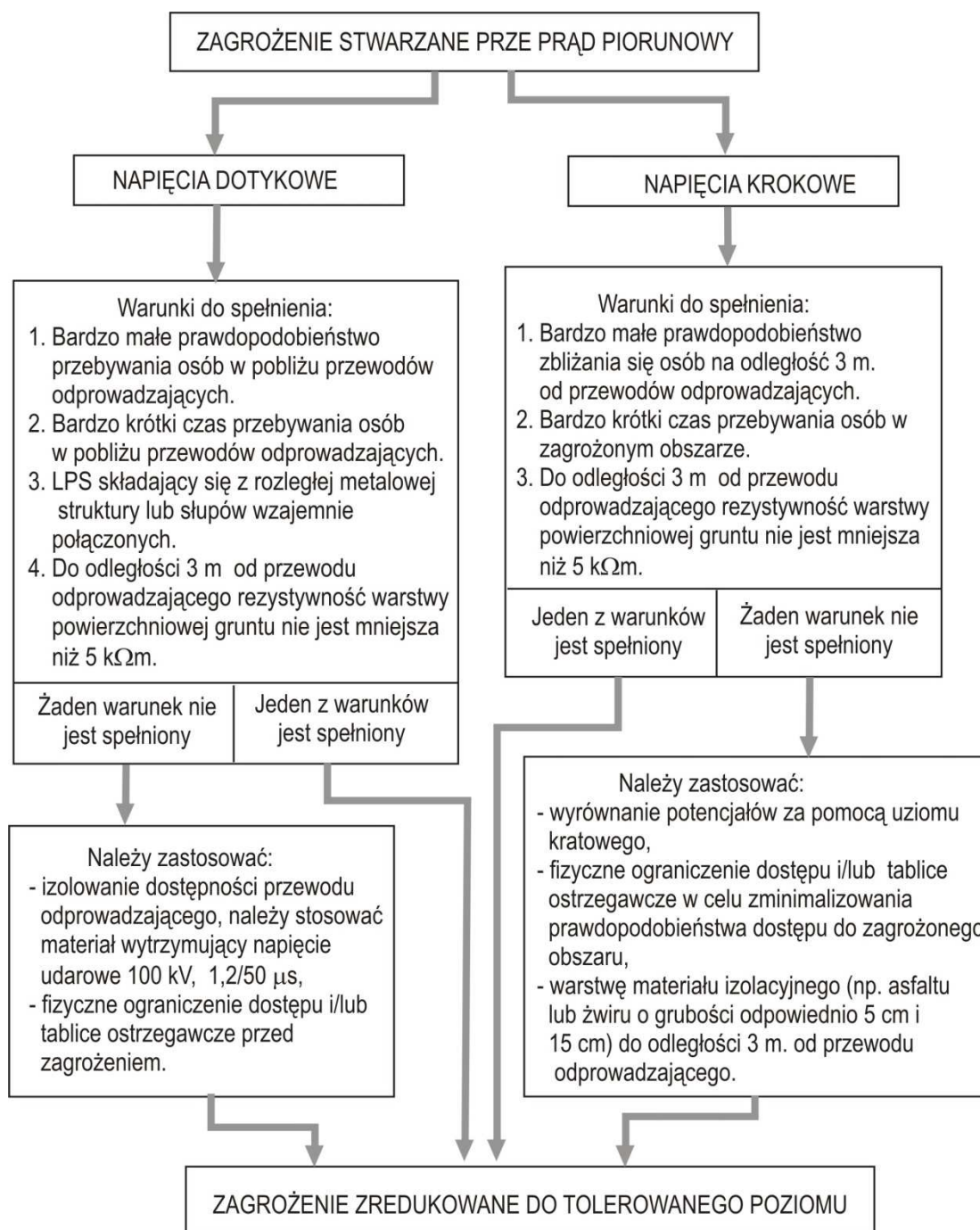
Ochrona przed występującym zagrożeniem wymaga ograniczenia tych napięć do bezpiecznych poziomów.

Obecnie, dążąc do uproszczenia prowadzonych analiz, zaproponowano sprawdzenia kilku warunków, których spełnienie ogranicza zagrożenie piorunowe do odpowiednich poziomów (rys. 16.).

Jeśli wymagane warunki nie są spełnione to należy zastosować proste rozwiązania zapewniające ochronę przed napięciem dotykowym i krokowym wywołanymi przez rozprzyskujący się prąd (rys. 17).

W zależności od wyników oceny prawdopodobieństwa przebywania ludzi w zagrożonych obszarach należy, w celu ograniczenia występującego zagrożenia, rozważyć możliwość pokrycia asfaltem lub żwirem obszaru, w którym występuje zagrożenie lub sterowania rozkładem potencjałów w sąsiedztwie przewodów odprowadzających.

W tym ostatnim przypadku należy zastosować dodatkowe uziomy otokowe w odstępach około 3 m pomiędzy nimi. W miarę oddalania się od obiektu uziomy otokowe powinny być układane coraz głębiej w gruncie (rys. 18). Zalecane głębokości zakopania otoków wynoszą 1 m, 1,5 m i 2 m odpowiednio w odległości 4 m, 7 m oraz 10 m od obiektu.



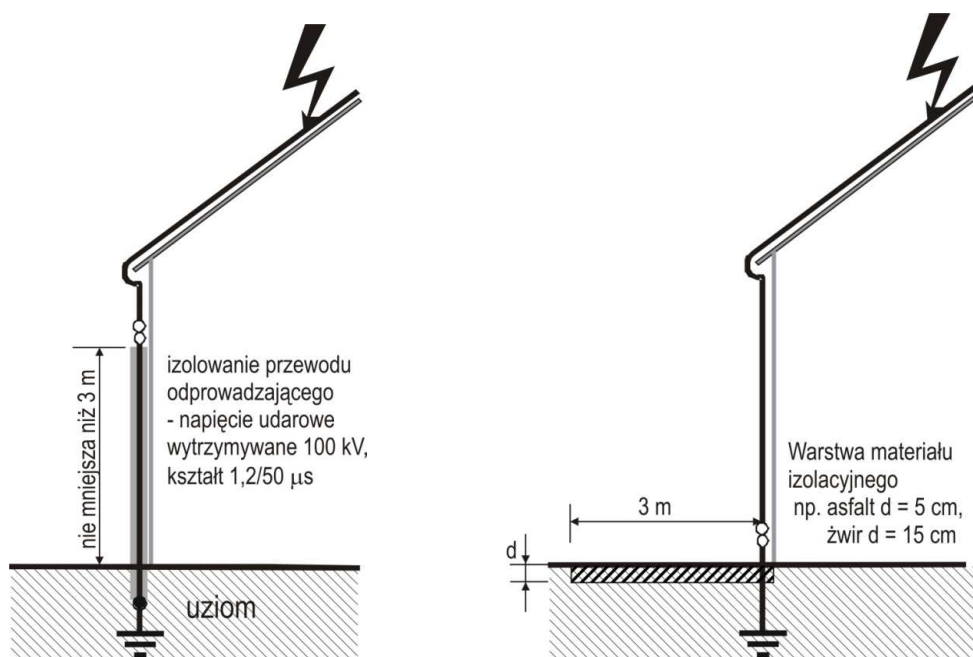
Rys. 16. Praktyczne wymagania dotyczące ochrony przed porażeniem wywołanym przez prąd piorunowy

Wymagania dotyczące jakości elementów urządzenia piorunochronnego

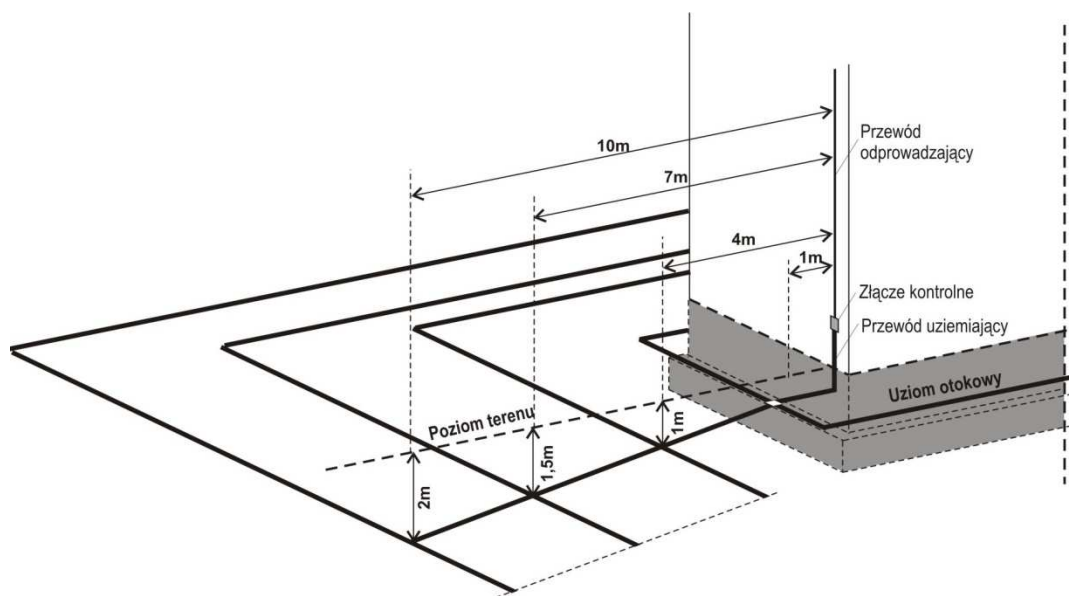
Podstawowe, z punktu widzenia jakości elementów stosowanych do budowy urządzenia piorunochronnego, zalecenia dla projektantów i wykonawców zawarto w normie PN-EN 62305-3 i dodatkowo w ustanowionej w maju 2009 przez PKN zmianie A11 do tej normy.

W normie PN-EN 62305-3 charakteryzując właściwości LPS, stwierdzono, że „**elementy LPS powinny wytrzymać skutki elektrodynamiczne prądu pioruna i przewidywane przypadkowe naprężenia bez ulegania uszkodzeniu**” (pkt 5.5).

Podobny zapis: „**Elementy LPS powinny wytrzymać bez uszkodzenia elektromagnetyczne skutki prądu pioruna i przewidywane przypadkowe naprężenia**” pojawia się w punkcie E.5.5. Jednocześnie wskazuje się, że „**można to osiągnąć przez dobór elementów, które przeszły pomyślenie badania zgodne z normą wieloczęściową EN 50164**”.



Rys. 17. Przykładowe rozwiązania ochrony przed napięciami dotykowym i krokowym



Rys. 18. Zalecane rozmieszczenie kilku otoków w rozbudowanym układzie uziemiającym

Kolejny zapis w tym punkcie jest, z punktu widzenia reguł normalizacyjnych, nakazem gdyż stwierdzono, że **„wszystkie elementy powinny odpowiadać normie wieloczęściowej EN50164.”**

Podobnie stanowi zapis w punkcie E. 5.6.2 mówiący, że materiały i komponenty stosowane do budowy LPS (zaciski i pręty) winny spełniać wymagania wieloarkuszowej normy PN- EN 50164.

Szczególne role w poprawie jakości i zapewnieniu pewnego działania LPS przypadła projektantom i wykonawcom, którzy powinni (pkt. E.5.6.1):

- **„zweryfikować właściwości użytych materiałów. Można to osiągnąć, na przykład, żądając certyfikatów probierczych i raportów od producentów, wykazujących, że materiały przeszły pomyślenie prób jakości”**,

- „**wyszczególnić elementy połączeń i mocować, które mają wytrzymać siły elektrodynamiczne prądu pioruna w przewodach i pozwolić również na rozciąganie i kurczenie przewodów wskutek stosownego wzrostu temperatury wg normy wieloczęściowej EN 50164**”.

W zmianie A11 wprowadzonej do PN-EN 62305-3 dodatkowo stwierdzono, że urządzenie piorunochronne wytrzyma skutki przepływu prądu piorunowego, jeśli do jego wykonania zastosowaną zostaną elementy, które przeszły pomyślnie badania prowadzone zgodnie z wymaganiami wieloarkuszowej normy EN-50164.

Zagrożenie stwarzane przez prąd piorunowy

We wprowadzonych normach stwierdzono, że poszczególne elementy urządzenia piorunochronnego mogą być narażone na:

- erozję termiczną w miejscu kontaktu przewodu z kanałem wyładowania piorunowego,
- rozżarzenie przewodów wywołane przez przepływ prądu piorunowego,
- działania dynamiczne pomiędzy przewodami, w których płynie prąd piorunowy.

Niestety, w praktyce budowlanej częste są jeszcze przypadki lekceważenia zagadnień ochrony odgromowej wynikające najczęściej z następujących przyczyn:

- niewielkiego, w naszej strefie klimatycznej, prawdopodobieństwa bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt budowlany i stosunkowo rzadką weryfikację poprawnego rozwiązania i wykonania urządzenia piorunochronnego,
- istniejącego przekonanie, że projekt i montaż urządzenia piorunochronnego jest prostą sprawą i może być wykonane przez dowolną, często przypadkową firmę,
- częstymi kłopotami finansowymi inwestorów w końcowej fazie budowy obiektu, w której montowane jest urządzenie piorunochronne, i poszukiwanie najtańszych materiałów oraz wykonawców.

Wzrostowi wymagań stawianych przed projektantami i wykonawcami urządzeń piorunochronnych musi towarzyszyć dostępność do różnorodnych i pewnych w działaniu elementów urządzenia piorunochronnego.

W przeciwnym wypadku na obiekcie budowlanym tworzony jest układ przewodów, który:

- nie spełnia swojego podstawowego zadania, jakim jest ochrona obiektu, ludzi oraz urządzeń przed zagrożeniami wywołanymi przez prąd piorunowy,
- swoim wyglądem szpeci chroniony obiekt.

W przeciwieństwie do widocznych skutków złej jakości elementów sprawa jest bardziej skomplikowana, jeśli chcemy ocenić skuteczność ochrony urządzenia piorunochronnego i mieć pewność jego poprawnego działania.

Stworzenie pewnej i niezawodnej ochrony odgromowej wymaga zastosowania przy tworzeniu urządzenia piorunochronnego elementów, które przeszły badania laboratoryjne symulujące zagrożenie występujące podczas bezpośredniego oddziaływanie prądu udarowego.

Badania elementów połączeniowych urządzenia piorunochronnego

Zakres badań metalowych elementów połączeniowych, które stanowią części urządzenia piorunochronnego takich jak złączki, elementy łączące i mostkujące, elementy rozprężane i złącza pomiarowe zawarto w PN-EN 50164-1.

We wstępnej fazie procesu badawczego elementy LPS należy poddać kondycjonowaniu / starzeniu obejmującemu oddziaływanie mgły solnej, a następnie oddziaływaniu wilgotnej atmosfery siarki. Dodatkowo, w przypadku próbek wykonanych ze stopu miedzi (z zawartością miedzi mniejszą niż 80%) są one poddawane oddziaływaniu atmosfery amoniakalnej. Proces ten stanowi jedynie przygotowanie do zasadniczych badań i nie podlega ocenie.

Po zakończeniu oddziaływań kondycjonujących badany element bez oczyszczenia powinien być trzykrotnie poddany działaniu prądu o parametrach zamieszczonych w tabeli 9.

Tabela 9. Podstawowe parametry prądu udarowego stosowanego do badań elementów urządzenia piorunochronnego

Klasyfikacja	I_{max} $\pm 10\%$ [kA]	W/R $\pm 35\%$ [kJ/ Ω]	T_1 [μ s]	t_d [ms]
H	100	2 500	≤ 50	≤ 2
N	50	630	≤ 50	≤ 2

UWAGA! Podane parametry są wyprowadzone z normy EN 61643-11, Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to the low-voltage systems – Requirements and tests.

Odstęp czasu między poszczególnymi prądów udarowych powinien umożliwić ochłodzenie próbki do mniej więcej temperatury otoczenia.

Element połączeniowy (po badaniach udarowych) uważa się za spełniający wymagania badań z wynikiem pozytywnym, jeśli:

- rezystancja połączenia mierzona przy prądzie o wartości co najmniej 10 A, możliwie jak najbliżej miejsca połączenia, jest równa lub mniejsza 1 m Ω , tylko w szczególnym przypadku dla stali nierdzewnej 2,5 m Ω ;
- nie wykazuje żadnych uszkodzeń zauważalnych gołym okiem bez zastosowania powiększenia ani nie ma części poluzowanych lub zdeformowanych pogarszających warunki normalnej eksploatacji;
- dla połączeń skręcanych moment obrotowy luzowania jest większy niż 0,25 i mniejszy niż 1,5 wartości momentu obrotowego stosowanego przy dokręcaniu. W przypadku połączeń wykonanych za pomocą więcej niż jednej śruby dla niniejszej próby ważny jest moment obrotowy luzowania pierwszej śruby.

W celu otrzymania jednoznacznych wyników dokładnie określono układy połączeń przewodów podczas badania oddziaływania prądu udarowego na poszczególne złączki.

Należy zauważyć, że w normie dokładnie określono układy połączeń przewody z prądem udarowym - badana złączka.

Podsumowanie

Poprawne zaprojektowanie i wykonanie urządzenia piorunochronnego wymaga przyjęcia odpowiedniej dla chronionego obiektu koncepcji ochrony i ścisła jej realizacja. Jest to szczególnie ważne w przypadku obiektów wyposażonych w urządzenia i systemy elektroniczne wrażliwe na piorunowe impulsy elektromagnetyczne. Pojawiają się wymagania niedopuszczenia do bezpośredniego oddziaływania prądu piorunowego na urządzenia i eliminacja możliwości wnikania prądu piorunowego do obiektu. Spełnienie powyższych wymagań można osiągnąć stosując odpowiednio dobrane układy zwodów podwyższonych oraz doprowadzając do rozplywu prądu piorunowego w przewodzących elementach ścian zewnętrznych lub odpowiednio ułożonych przewodach odprowadzających.

Zapewnienie bezawaryjnego działania urządzeń i systemów elektronicznych wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na środki wewnętrznej ochrony odgromowej.

Pojawiają się wymagania:

- ograniczania prądów i napięć udarowych w liniach przesyłu sygnałów,
- ograniczania różnic potencjałów wewnątrz obiektów,
- ograniczania pola elektromagnetycznego wewnątrz obiektu,

Spełnienie powyższych wymagań jest możliwe, jeśli opracowanie projektu i wykonanie ochrony odgromowej będzie powierzone ekspertom w dziedzinie ochrony odgromowej, posiadających dodatkowo niezbędną wiedzę z dziedziny kompatybilności elektromagnetycznej.