

**INSTRUKCJE
WYTYCZNE
PORADNIKI**

Radosław Lenartowicz

Ochrona odgromowa i przepięciowa budynków i obiektów budowlanych

Poradnik

**Lightning and Surge Protection Buildings
and Facilities Construction
Guidance**



Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2023

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor naczelny dr hab. inż. JADWIGA FANGRAT, prof. instytutu
Zastępcy redaktora naczelnego dr inż. JAN BOBROWICZ
dr hab. inż. TOMASZ GODLEWSKI, prof. instytutu

Członkowie dr hab. inż. BARBARA FRANCKE
dr inż. OŁEKSIJ KOPYŁOW
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI
dr inż. JAROSŁAW SZULC

Recenzent
dr inż. TOMASZ MAKSIMOWICZ

Redaktor prowadzący serii
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI

Opracowanie redakcyjne
dr MICHAŁ GAJOWNIK

Projekt okładki
EWA KOSSAKOWSKA

Opracowanie komputerowe
AnnGraf ANNA SZELĄG

Poradnik 478/2023 zastępuje publikację z 2012 roku.
Wydanie poprawione, uzupełnione i rozszerzone

Autor dziękuje dr. inż. MARKOWI ŁOBODZIE z Politechniki Warszawskiej
za wielką pomoc przy tworzeniu Poradnika

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2023

ISBN 978-83-249-8652-1; 978-83-249-8653-8 (PDF)

Wydawca i Autorzy dołożyli wszelkich starań, aby publikowane informacje pochodziły z rzetelnych źródeł. Wydawca nie ponosi odpowiedzialności ani też nie zaciąga zobowiązań w wyniku wykorzystania przez użytkowników treści niniejszej publikacji. W szczególności nie ponosi odpowiedzialności w stosunku do czytelników i/lub strony trzeciej za jakiegokolwiek poniesione straty, wydatki i szkody bezpośrednie i pośrednie, łącznie z utratą zysku i innych korzyści majątkowych, które mogły powstać lub być związane bezpośrednio lub pośrednio z treściami opublikowanymi, w tym ewentualnymi błędami lub pominięciami zawartymi w publikowanych materiałach.

Dział Wydawnictw Naukowych
02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19
tel.: 22 56 64 208, e-mail: wydawnictwa@itb.pl, www.itb.pl

SPIS TREŚCI

<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	5
1. Wstęp	7
2. Wybrane terminy i skróty	11
2.1. Terminy	11
2.2. Oznaczenia angielskie	15
3. Klasyfikacja obiektów podlegających ochronie	16
3.1. Informacje wstępne	16
3.2. Obiekty zwykłe	16
3.3. Obiekty specjalne	17
3.4. Spodziewany prąd pioruna i klasy urządzenia piorunochronnego w zależności od poziomu ochrony odgromowej	20
4. Zasady oszacowania ryzyka powodowanego przez piorunowe wyładowania doziemne w obiektach budowlanych i urządzeniach usługowych	21
4.1. Informacje wstępne	21
4.2. Obliczanie komponentów ryzyka	22
4.3. Wyznaczanie gęstości piorunowych wyładowań doziemnych N_g ...	24
4.4. Obliczenia równoważnej powierzchni zbierania wyładowań	26
4.5. Wyznaczanie liczby groźnych zdarzeń wywołanych wyładowaniem piorunowym	31
4.6. Określenie prawdopodobieństwa uszkodzeń powstałych wskutek wyładowań piorunowych	31
4.7. Obliczenia komponentów ryzyka	42
4.8. Porównanie obliczonych wartości ryzyka R_X z wartością ryzyka tolerowanego R_T	47
4.9. Analiza ekonomiczna kosztów i korzyści z zastosowania środków ochrony odgromowej	48
5. Projekt urządzenia piorunochronnego	55
5.1. Informacje wstępne	55
5.2. Zakres wymaganych uzgodnień projektu LPS	56
5.3. Procedura projektowania LPS	59

5.4. Zakres projektu LPS	60
5.5. Urządzenie piorunochronne LPS – zewnętrzne	61
5.6. Projekt układu przewodów odprowadzających	89
5.7. Uziemienia w ochronie odgromowej	97
5.8. Urządzenie piorunochronne LPS – wewnętrzne	142
6. Montaż urządzenia piorunochronnego	184
6.1. Podstawowe zasady montażu	184
6.2. Sposoby mocowania prętów stalowego zbrojenia	193
6.3. Wykonanie ochrony odgromowej urządzeń zainstalowanych na dachach budynków	195
6.4. Badania techniczne i pomiary kontrolne instalacji piorunochronnej	210
Bibliografia	217
Przepisy prawne	217
Normy	218
Literatura	219
Załącznik 1. Analiza ryzyka opracowana na podstawie przykładowego domu wiejskiego	221
Z1.1. Charakterystyczne dane dotyczące rozpatrywanego budynku wiejskiego	222
Z1.2. Określenie stref w domu wiejskim	225
Z1.3. Obliczanie odpowiednich wielkości	226
Z1.4. Określenie konieczności zastosowania ochrony odgromowej i przepięciowej. Ryzyko R_1	227
Z1.5. Dobór środków ochrony	228
Z1.6. Straty ekonomiczne (L4)	229
Załącznik 2. Obiekty wymagające wyposażenia w urządzenia piorunochronne odpowiedniej klasy	234
Załącznik 3. Wielkość kąta ochronnego w zależności od wymaganego poziomu ochrony i wysokości zwołu	237
Załącznik 4. Ochrona osób przed porażeniem wywołanym przez prąd piorunowy	245
Załącznik 5. Podstawowe typy ograniczników przepięć stosowane w budownictwie	247
Załącznik 6. Różnice występujące w oznaczeniach zawartych w normie PN-EN 62305-2 z 2008 r. (wycofana), przywołanej w warunkach [10] oraz normie z 2012 r.	252

OCHRONA ODGROMOWA I PRZEPIĘCIOWA BUDYNKÓW I OBIEKTÓW BUDOWLANÝCH

Streszczenie

W poradniku podano aktualne wymagania dotyczące ochrony odgromowej i przepięciowej budynków i obiektów budowlanych, w szczególności odnoszące się do elementów instalacji, środków ochrony, klasyfikacji, ekranowania, połączeń wyrównawczych i uziemienia.

Nowe wymagania dotyczą zarówno ochrony zewnętrznej, jak i wewnętrznej budynków i obiektów budowlanych. W szczególności dodatkowo omówiono wymagania dotyczące stosowania ekranowania, ekwipotencjalizacji, właściwych odstępów izolacyjnych, eliminacji pętli przewodów wchodzących do obiektów oraz zabezpieczeń poprzez stosowanie ograniczników przepięć (SPD). Opracowano nowy rozdział dotyczący ochrony odgromowej urządzeń na dachach budynków. Wymagania opracowano w oparciu o znowelizowane normy europejskie z serii PN-EN 62305 (części 1, 2, 3, 4) oraz badania, analizy rozwiązań i opinie użytkowników i producentów sprzętu ochronnego.

Poradnik zawiera zalecenia stosowania nowoczesnych rozwiązań instalacji odgromowych i przepięciowych przeznaczonych dla projektantów, wykonawców, inwestorów oraz producentów elementów pokryć dachowych i elementów budowlanych wykorzystywanych jako części instalacji odgromowych w obiektach budowlanych.

LIGHTNING AND SURGE PROTECTION BUILDINGS AND FACILITIES CONSTRUCTION

Summary

The guide contains the current lightning and surge protection requirements for buildings and structures, in particular with regard to installation components, protection measures, classification, shielding, equipotential bonding and grounding.

The new requirements apply to both external and internal protection of buildings and structures. In particular, the requirements for the use of shielding, equipotentialization, proper insulation gaps, elimination of cable loops entering the facilities and protection through the use of over voltage limiters (SPD) are also discussed. A new chapter on lightning protection of roofs on buildings has been developed. The requirements were developed on the basis of the new European standards of the PN-EN 62305 series (parts 1, 2, 3, 4) as well as research, analysis of solutions and opinions of users and manufacturers of protective equipment.

The guide contains recommendations for the use of modern lightning and surge protection solutions intended for designers, contractors, investors and manufacturers of roofing elements and building elements used as part of lightning protection systems in buildings.

1. WSTĘP

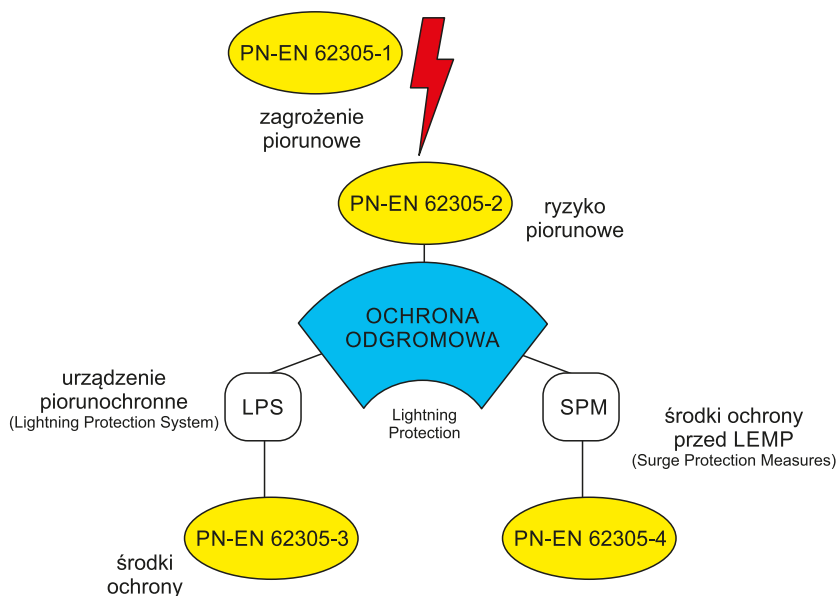
Obowiązek wyposażenia budynków w instalację piorunochronną wynika bezpośrednio z rozporządzenia Ministra Infrastruktury [10] w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2019 r., poz. 1065 z późn. zm.). W § 53 ust. 2 określono, że budynek należy wyposażyć w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53 ust. 2 powyższego rozporządzenia, powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 184, ust. 3). Obowiązek ten dotyczy budynków wyszczególnionych w PN-EN 62305-2:2012, a także zalecanych przez Polski Komitet Ochrony Odgromowej SEP w wykazie z 2012 r. Szczegółowe wymagania dotyczące ochrony budynków przed skutkami wyładowań piorunowych są zawarte przede wszystkim w następujących przepisach technicznych i normach:

- rozporządzenie Ministra Infrastruktury [10] w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,
- warunki techniczne użytkowania budynków mieszkalnych [15],
- PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne,
- PN-EN 62305-2:2012 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem,
- PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenie fizyczne obiektu i zagrożenie życia,
- PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.

Polskie Normy wyszczególnione w bibliografii w punktach [18]–[32] zostały powołane w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [10], przez co ich stosowanie stało się obowiązkowe (rys. 1.1).

Zadaniem instalacji piorunochronnej jest ochrona budynków i obiektów budowlanych przed pożarem lub zniszczeniem mechanicznym konstrukcji budowlanej oraz ochrona osób znajdujących się w budynkach przed obrażeniami, a nawet śmiercią. System ochrony odgromowej LPS składa się z zewnętrznego i wewnętrznego systemu.



Rys. 1.1. Schemat wzajemnej zależności aktualnych norm odgromowych

Funkcje ochronne *zewnętrznego systemu odgromowego* polegają na:

- przechwytywaniu bezpośrednich uderzeń piorunów za pośrednictwem zwodów zewnętrznych (powietrznych),
- bezpiecznym odprowadzeniu prądu piorunowego do ziemi przez system przewodów odprowadzających,
- rozprowadzaniu prądu piorunowego w ziemi za pomocą odpowiedniego systemu uziemienia.

Funkcja ochronna wewnętrznej instalacji odgromowej polega na: zapobieganiu wystąpienia niebezpiecznego przepięcia LEMP (iskrzenia) wewnątrz budynku, konstrukcji budowlanej, instalacji, zainstalowanych urządzeń. Można to osiągnąć przez:

- wykonanie odpowiedniego połączenia wyrównawczego (ekwipotencjalizacji),
- zachowanie bezpiecznej odległości (separacji między składnikami) instalacji odgromowej i innych urządzeń elektrycznych,
- zastosowanie elementów indukcyjnych wewnątrz konstrukcji budowlanych (ekranowanie, eliminacja pętli przewodów wchodzących do obiektu),
- zastosowanie elementów zabezpieczających (ochronników przepięć).

Istotne jest, aby budynek (obiekt budowlany) miał zapewnioną, obok ochrony zewnętrznej budynku (dach, elewacja, urządzenia zainstalowane na zewnątrz budynku), także ochronę wewnętrzną w budynku [1].

Zastosowanie tylko ochrony zewnętrznej nie uchroni urządzeń elektronicznych w budynku przed negatywnymi skutkami przepięć atmosferycznych i łączeniowych. Konieczność zastosowania ochrony odgromowej wewnętrznej wynika z niskiej odporności na wyładowania piorunowe wykorzystywanych powszechnie w budynkach i obiektach budowlanych urządzeń elektronicznych (np. telewizory, komputery).

Wyładowania atmosferyczne nawet w odległości około 1,5 km od obiektu mogą spowodować uszkodzenie lub całkowite zniszczenie tych urządzeń.

Z analizy wymagań zawartych w nowych normach dotyczących ochrony odgromowej oraz doświadczeń eksploatacyjnych instalacji odgromowych w obiektach budowlanych wynika, że położenie i warunki lokalne, w jakich znajduje się budynek lub obiekt budowlany, mogą istotnie wpływać na sposób rozwiązania ochrony przepięciowej i muszą być uwzględniane w sposób indywidualny.

Dobór i montaż urządzeń ochrony odgromowej i przepięciowej powinien być dokonywany w sposób profesjonalny przez wykwalifikowanych pracowników. Nie można polegać bezkrytycznie na wytycznych producentów lub firm marketingowych, które podają jedynie ogólne wymagania dotyczące parametrów technicznych aparatów ochronnych, bez podania zasady montażu i przewidywanych możliwości ochronnych.

Podstawowym zadaniem urządzenia piorunochronnego (LPS) jest ochrona ludzi, zwierząt oraz mienia przed niszczącymi skutkami piorunów. Zewnętrzne elementy tego urządzenia są przeznaczone do przejmowania bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekt, włącznie z wyładowaniami w bok obiektu oraz odprowadzenia prądu pioruna od punktu trafienia do ziemi [1].

LPS zewnętrzne jest przeznaczone również do rozpraszania tego prądu w ziemi bez spowodowania cieplnych lub mechanicznych uszkodzeń, a także bez niebezpiecznego iskrzenia, które może wywołać pożar lub wybuch.

Zewnętrzne LPS może być mocowane w większości przypadków do poddawanego ochronie budynku (obektu). Wewnętrzne elementy urządzenia piorunochronnego (LPS) są przeznaczone głównie do ochrony wrażliwych urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed bardzo niebezpiecznym oddziaływaniem na nie piorunowych impulsów elektromagnetycznych LEMP. Monter urządzenia piorunochronnego powinien być przeszkolony w dziedzinie prawidłowego wykonywania jego elementów, zgodnego z wymaganiami Polskich Norm oraz krajowych przepisów w zakresie prac montażowych i budowlanych*.

* Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2022 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz.U. z 2022 r., poz. 1392).

Projektowanie, zastosowanie i badanie LPS obejmuje liczne dziedziny techniki i wymaga koordynacji wszystkich uczestników włączonych w realizację budowy w celu osiągnięcia założonego poziomu ochrony odgromowej najniższym kosztem i przy możliwie najmniejszym nakładzie pracy [17].

Sprawą najwyższej wagi są środki zapewnienia jakości, szczególnie w budynkach zawierających rozbudowane instalacje elektryczne i elektroniczne. Podjęcie kroków zapewniających odpowiednią jakość rozpoczyna się na etapie projektowania, podczas którego powinny być zatwierdzone wszystkie projekty elektryczne i mechaniczne.

Następnie na etapie wykonywania (montażu) LPS powinny być sprawdzone wszystkie zasadnicze jego części, które po zakończeniu budowy nie będą dostępne do oględzin (pomiarów). Na etapie odbioru LPS powinny być przeprowadzone odpowiednie pomiary parametrów dotyczące sprawności urządzenia piorunochronnego oraz sporządzona dokumentacja prób i wyników końcowych.

W całym okresie eksploatacji LPS jego stan techniczny powinien podlegać kontroli dzięki szczegółowym okresowym przeglądom, zgodnie z ustalonym programem konserwacji. Urządzenie piorunochronne powinno być sprawdzane regularnie, aby upewnić się, że nie uległo uszkodzeniu i że spełnia wymagania, według których było zaprojektowane [18].

W programie konserwacji LPS powinna być przewidziana jego modernizacja. Przy wykonywaniu zmian w budynku (obiekcie budowlanym) lub w jego instalacji należy sprawdzić i ustalić, czy istniejące LPS w dalszym ciągu jest zgodne ze stanem zagrożenia oraz aktualnymi wymaganiami norm.

W przypadku stwierdzenia, że ochrona jest niewystarczająca, powinny być niezwłocznie wprowadzone odpowiednie poprawki. Zaleca się, aby materiały, zasięg i wymiary zwodów oraz zacisków, przewody odprowadzające, zaciski kontrolne, przewody uziemiające, elementy składowe itd. były w pełni do niej dostosowane; dotyczy to również wyposażenia i instalacji, które są wymagane przy rozszerzonej ochronie odgromowej. Poradnik przeznaczony jest dla projektantów, wykonawców (monterów) LPS, a także dla producentów elementów LPS i użytkowników instalacji piorunochronnych w budynkach i obiektach budowlanych.

Poradnik swym zakresem obejmuje przede wszystkim podstawową ochronę odgromową budynków oraz związane z nimi instalacje. Zagadnienia dotyczące uziemień zostały dodatkowo poszerzone o wnioski z badań prowadzonych przez autora w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie. Niniejszy poradnik nie dotyczy ochrony odgromowej obiektów zagrożonych wybuchem, w których obowiązuje specjalistyczna ochrona o zaostrzonym rygorze wymagań.

3. KLASYFIKACJA OBIEKTÓW PODLEGAJĄCYCH OCHRONIE

3.1. Informacje wstępne

Obiekty budowlane mogą być klasyfikowane w zależności od skutków oddziaływania udarów piorunowych, które są groźne dla ludzi, obiektów, ich zawartości oraz otoczenia.

Bezpośrednimi i niebezpiecznymi skutkami uderzenia pioruna mogą być: pożar, szkoda mechaniczna, porażenie ludzi lub zwierząt oraz uszkodzenie wyposażenia elektrycznego i elektronicznego. Skutkiem może być również panika, a także eksplozja z emisją niebezpiecznych substancji, takich jak: materiały radioaktywne, środki chemiczne, substancje toksyczne i zanieczyszczenia biochemiczne oraz bakterie i wirusy.

Efekty uderzenia pioruna są w szczególności niebezpieczne dla systemów komputerowych, systemów sterowania i regulacji oraz dla układów zasilania elektrycznego, powodują bowiem przerwę w świadczeniu usług publicznych i utratę danych służących do produkcji i zarządzania. Ponieważ wrażliwe wyposażenie elektroniczne jest instalowane we wszystkich typach obiektów, powinno podlegać specjalnej ochronie.

3.2. Obiekty zwykłe

Obiekty zwykłe są przeznaczone do celów zwyczajnych albo handlowych, przemysłowych, rolnych, biurowych, albo mieszkalnych. Do tej grupy należą: obiekty mieszkalne, obiekty gospodarstwa rolnego, teatry, szkoły, magazyny oddziałowe, obiekty sportowe, banki, szpitale, przychodnie zdrowia, zakłady karne, przemysłowe oraz muzea. Obiekty o wysokości większej niż 60 m nie podlegają tej klasyfikacji.

3.3. Obiekty specjalne

Obiekty o zwiększonym zagrożeniu

Obiekty, których materiały konstrukcyjne, zawartość lub przeznaczenie czynią całą ich kubaturę wrażliwą na niebezpieczne skutki uderzenia pioruna. Należą do nich na przykład obiekty: telekomunikacyjne, energetyczne i przemysłowe.

Obiekty groźne dla otoczenia

Obiekty, których zawartość może być groźna dla otoczenia przy uderzeniu pioruna (np. rafinerie, stacje obsługi, wytwórnie ogni sztucznych, zakłady zbrojeniowe).

Obiekty groźne dla środowiska

Obiekty, które w wyniku uderzenia pioruna mogą być źródłem emisji materiałów biologicznych, chemicznych i radioaktywnych (np. zakłady chemiczne, urządzenia nuklearne, laboratoria i zakłady biochemiczne).

Obiekty inne (specjalne)

Obiekty, dla których należałoby rozważyć potrzebę stosowania urządzeń piorunochronnych (LPS) w wykonaniu specjalnym, należą do nich:

- obiekty o wysokości większej niż 60 m,
- namioty, pola campingowe i obiekty sportowe,
- instalacje tymczasowe,
- obiekty w budowie.

Wrażliwe urządzenia elektroniczne instaluje się we wszystkich rodzajach obiektów, włącznie z obiektami zwykłymi, gdzie mogą być łatwo uszkodzone przez przepięcia piorunowe. Podstawowe skutki oddziaływania pioruna na różne typy obiektów przedstawiono w tablicy 3.1.

Ryzyko utraty życia ludzkiego na skutek powstałych niebezpiecznych napięć lub w wyniku pożaru występuje we wszystkich obiektach wymienionych w tablicy 3.1.

Tablica 3.1. Skutki oddziaływania pioruna na różne typy obiektów [18]

Typ obiektu wg funkcji i/lub zawartości	Skutki oddziaływania pioruna
Dom mieszkalny	<ul style="list-style-type: none"> • przebicie izolacji instalacji elektrycznych, pożar i zniszczenie materiału, • uszkodzenie ograniczone zwykle do obiektów narażonych na uderzenie lub na przepływ prądu pioruna, • awaria zainstalowanych urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz systemów (np. odbiorniki TV, komputery, modemy, telefony)

Tablica 3.1. cd.

Typ obiektu wg funkcji i/lub zawartości	Skutki oddziaływania pioruna
Budynek gospodarstwa rolnego	<ul style="list-style-type: none"> • główne ryzyko pożaru i niebezpiecznych napięć krokowych oraz szkód materialnych, • wtórne ryzyko związane z utratą zasilania elektrycznego i zagrożeniem życia inwentarza w wyniku braku działania elektrycznych urządzeń wentylacji, dostawy pożywienia itp.
Teatr, hotel, szkoła, magazyn, teren sportowy	<ul style="list-style-type: none"> • uszkodzenie instalacji elektrycznej (np. elektrycznego oświetlenia), • możliwe spowodowanie paniki, • awaria automatycznej sygnalizacji pożarowej, powodująca opóźnienie lub brak działania technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego
Bank, towarzystwo ubezpieczeniowe, handlowe itp.	skutki jak podano wyżej oraz dodatkowo problemy wynikające z przerwy w komunikacji oraz awarii komputerów i utraty danych
Szpital, dom opieki, więzienie	skutki jak podano wyżej i dodatkowo problemy z ludźmi szczególnej troski oraz trudności z niesieniem pomocy ludziom unieruchomionym
Przemysłowy	dodatkowe skutki zależne od rodzaju produkcji, zawartości fabryk, mające zasięg od drugorzędnych do nietolerowanych uszkodzeń i strat produkcyjnych
Muzea i miejsca archeologiczne, kościoły	utrata bezcennej spuścizny kulturowej (np. zabytki)
Telekomunikacja, instalacje energetyczne	niedopuszczalna utrata usług publicznych
Fabryka sztucznych ogni i amunicji	wybuch pożaru oraz eksplozja instalacji i jej otoczenia
Instalacje chemiczne, rafinerie, instalacje nuklearne, laboratoria i instalacje biochemiczne	pożar i niesprawność instalacji ze szkodliwym oddziaływaniem na globalne i lokalne środowisko

Podstawę do oceny skutków oddziaływania piorunów na obiekt stanowi wynik oszacowania ryzyka szkód piorunowych z uwzględnieniem wszystkich rodzajów oddziaływań piorunowych.

Ustalono 4 poziomy ochrony LPL (I, II, III, IV), którym przyporządkowano minimalne i maksymalne spodziewane parametry prądu pioruna. Parametry maksymalne decydują o mechanicznym, termicznym oraz napięciowym zagrożeniu obiektu i jego wyposażenia (tabl. 3.2). Parametry minimalne decydują o wybiórczości wyładowań piorunowych przez zwody (o skuteczności ochrony).

Tablica 3.2. Maksymalne wartości parametrów piorunowych [18]

Parametry charakteryzujące prąd piorunowy	Poziom ochrony odgromowej (LPL)			
	I	II	III	IV
Pierwszy udar krótkotrwały				
Wartość szczytowa I [kA]	200	150	100	100
Ładunek udaru krótkiego Q [C]	100	75	50	50
Energia właściwa W/R [MJ/ Ω]	10	5,6	2,5	2,5
Parametry czasu T_1/T_2 [ms/ms]	10/350			
Następny udar krótkotrwały				
Wartość szczytowa I [kA]	50	37,5	25	25
Średnia stromość d_i/d_t [kA/ μ s]	200	150	100	100
Parametry czasu T_1/T_2 [μ s/ μ s]	0,25/100			
Udar długotrwały				
Ładunek udaru długiego Q [C]	200	150	100	100
Parametry czasu T [s]	0,5			
Wyładowanie pełne				
Ładunek całkowity wyładowania Q [C]	300	225	150	150

W tablicy 3.3 podano minimalne wartości parametrów piorunowych i odpowiadający im promień toczącej się kuli oraz zalecany do zastosowania poziom ochrony odgromowej. Opis metody toczącej się kuli stosowanej do rozmieszczania zwodów podano w rozdziale 5.5.7.1(B).

Tablica 3.3. Minimalne wartości parametrów piorunowych i odpowiadający im promień toczącej się kuli [18]

Kryteria przechwytywania	Poziom ochrony odgromowej (LPL)			
	I	II	III	IV
Minimalny prąd szczytowy I [kA]	3	5	10	16
Promień toczącej się kuli r [m]	20	30	45	60

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

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 (tabl. 3.4), 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.

Tablica 3.4. Spodziewany prąd pioruna i klasy urządzenia piorunochronnego w zależności od poziomu ochrony odgromowej

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

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.

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.