

mgr inż. Artur DŁUŻNIEWSKI

mgr inż. Łukasz JOHN

Instytut Kolejnictwa

## OCHRONA ODGROMOWA OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH

### Lightning protection in the monumental buildings

#### Streszczenie

W artykule omówiono problematykę projektowania zewnętrznej instalacji odgromowej instalowanej na budynkach zabytkowych, w których znajdują się urządzenia elektroniczne. Ochrona obiektu polega na wyposażeniu go w zewnętrzną instalację odgromową, która będzie obejmowała również instalacje radiowe na zewnątrz budynku oraz pełne zabezpieczenie wszystkich urządzeń elektronicznych zainstalowanych wewnątrz obiektu po stronie zasilania. Jako przykład wymieniono stacjonarne obiekty kolejowe. Opisano najistotniejsze źródło zaburzeń elektromagnetycznych w postaci wyładowań atmosferycznych oraz zagrożenie pożarowe, jakie jest związane z tego rodzaju zjawiskiem. Przedstawiono elementy składowe zewnętrznej instalacji odgromowej oraz zasady jej doboru. Opisano sposób projektowania zewnętrznej instalacji odgromowej w odniesieniu do obowiązujących norm. Uwzględniono również problem ochrony obiektów przed pożarami powstałymi w wyniku wyładowań atmosferycznych.

#### Summary

In this article discusses the problem of designing external lightning protection is installed on the monumental buildings, which are electronic equipment. The structure's protection consists in the equipment of the external earthing installation, which also includes the radio installations outside the buildings, and the full protection of all electronic equipment installed inside the structure, both on the side of the power supply. As an example of railways stationary objects. Describes the most important source of electromagnetic disturbances in the form of lightning and a fire danger, which is associated with this type of phenomenon. Presents the components of external lightning protection systems and rules for its selection. Describes how to design the outer lightning protection systems for existing standards. Account is also the problem of protection of buildings against fire, engendered by lightning.

**Słowa kluczowe:** prąd udarowy, zaburzenie elektromagnetyczne, źródło zaburzeń

**Keywords:** percussive current, electromagnetic disturbance, source disturbance

## Wstęp

W ostatnim okresie obserwuje się wzrost nakładów finansowych ponoszonych na modernizację wielu obiektów zabytkowych. W toku realizacji tego procesu pojawia się pytanie, co zrobić ze starymi zdewastowanymi obiektami. Do takich obiektów można zaliczyć między innymi również zabytkowe obiekty kolejowe np.: nastawnie, dworce oraz przystanki kolejowe, które są niejednokrotnie unikatowymi obiektami na skalę kraju, a nawet w niektórych przypadkach na skalę europejską. Przykładem może tu być dworzec kolejowy w Przemyśle. Niekiedy obiekty takie są wykonane z drewna i dotrwały do naszych czasów tylko dzięki szczęśliwemu zbiegowi okoliczności. Jedyną prawidłową odpowiedzią na postawione powyżej pytanie jest podjęcie decyzji o konieczności odrestaurowania takich obiektów, pamiętając nie tylko o wiernym ich odtworzeniu, ale również o prawidłowym i estetycznym zaprojektowaniu instalacji odgromowej. W przypadku obiektów budowlanych, na których jest już zainstalowana zewnętrzna instalacja odgromowa należy sprawdzić jej parametry i ewentualnie ją zmodernizować. Jest to motywowane przede wszystkim stanem uziomu oraz tym, że w chwili projektowania całości obiektu nie przewidywano, że w przyszłości w tych obiektach będą instalowane urządzenia elektroniczne. W takich obiektach coraz częściej instaluje się bardzo złożone urządzenia elektroniczne (np. sygnalizacja przeciwwłamaniowa, sieć teleinformatyczna).

Urządzenia te są niezwykle wrażliwe na zaburzenia elektromagnetyczne o dużej energii. Brak instalacji odgromowej lub jej zły stan może doprowadzić nie tylko do zniszczenia urządzeń elektronicznych znajdujących się w obiekcie, ale również do zniszczenia całego obiektu w przypadku wystąpienia pożaru. Zabytkowe obiekty wymagają koniecznie nowego spojrzenia na tematykę kompleksowej ochrony przed zaburzeniami elektromagnetycznym o dużej energii, ponieważ znaczna część z nich może być nadal eksploatowana.

Tematyka ta jest niezwykle trudna z powodu specyficznej lokalizacji niektórych obiektów (w tym również kolejowych), a także z powodu ich rozmieszczenia na rozległym i najczęściej otwartym terenie. Cechuje je zatem duże narażenie na wyładowania atmosferyczne, które mogą być przyczyną powstania pożaru w zabytkowym obiekcie wykonanym w technologii drewnianej. Obiekty takie jak nastawnie, dworce kolejowe zlokalizowane są na terenach mało zurbanizowanych. Niektóre z nich są nadal wykorzystywane zgodnie z przeznaczeniem i na ich dachach niekiedy są instalowane zespoły

anten, jak w przypadku obiektów kolejowych. Wspomniane powyżej zespoły zwiększają dodatkowo narażenie na bezpośrednie wyładowanie atmosferyczne.

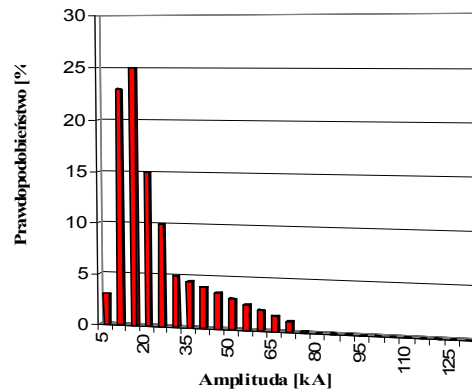
Podczas modernizacji takich obiektów należy dodatkowo pamiętać o zapewnieniu warunków dla niezawodnego działania systemów elektronicznych tam zainstalowanych.

## **Zagrożenia piorunowe**

Spośród kilku rodzajów zaburzeń elektromagnetycznych najczęściej występujące i najgroźniejsze są zaburzenia powstałe na skutek wyładowań atmosferycznych. Mają one duże znaczenie ze względu na możliwość uszkodzenia urządzeń elektronicznych i charakteryzują się rozległym obszarem oddziaływania, nawet o promieniu 1 km. Wyładowanie w niezabezpieczony obwód może spowodować między innymi: zablokowanie elektronicznie sterowanych układów zwrotnicowych, uszkodzenia urządzeń informacji pasażerskiej instalowanej na dworcach, przerwy w pracy urządzeń łączności, uszkodzenia systemów alarmowych i informatycznych. Błędne działanie systemów alarmowych lub jego uszkodzenie może spowodować zagrożenie życia ludzkiego w przypadku powstania pożaru, który nie będzie sygnalizowany.

W kanale wyładowania atmosferycznego może wystąpić nawet kilka wyładowań w odstępach od kilku do kilkunastu milisekund. Wartości natężenia impulsowego pola elektromagnetycznego maleją przy kolejnych wyładowaniach.

Wyładowania atmosferyczne mogą mieć charakter dodatni lub ujemny w zależności od gromadzonego ładunku w chmurach. Około 90% wszystkich wyładowań ma charakter ujemny, natomiast wyładowania dodatnie charakteryzują się dużo większym natężeniem prądu. Szczytowa wartość prądu może wynosić 200 kA, a napięcie w kanale wyładowania wstępnego może przekroczyć 10 milionów V. W zależności od wielkości prądu płynącego w kanale wyładowania rozróżnia się cztery poziomy ochrony odgromowej. Najwyższy pierwszy poziom ochrony zapewnia jej efektywność tylko w 98%, natomiast czwarty poziom ochrony zapewnia efektywność ochrony tylko na poziomie 80%. W budownictwie powszechnym stosowany jest 4 poziom ochrony, zgodnie z obowiązującymi normami. Zakres wielkości prądów płynących podczas wyładowań zawiera się w przedziale od 10 do 200 kA. Podczas wyładowań występujących na terenie Polski najczęściej grupuje się w okolicy 20 kA, co przedstawia histogram na rycinie 1.



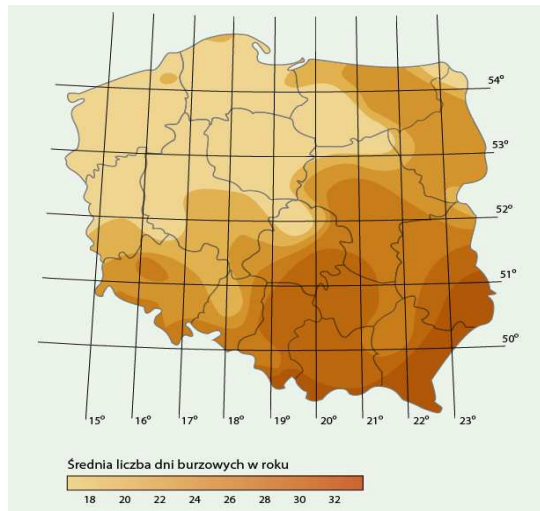
**Ryc. 1.** Histogram prawdopodobieństwa wyładowania w funkcji amplitudy

Źródło: Praca własna na podstawie katalogu ochrony przeciwprzepięciowej firmy Relpol

W przypadku braku instalacji odgromowej wyładowanie o amplitudzie nawet 10 kA spowoduje pożar obiektu budowlanego. Chcąc ocenić stopień zagrożenia piorunowego urządzeń elektrycznych i elektronicznych należy wziąć pod uwagę następujące możliwości:

- bezpośrednie wyładowanie piorunowe w obiekt budowlany oraz w dochodzące do niego instalacje elektryczne, które w większości przypadków jest źródłem pożaru;
- wyładowanie w sąsiedztwie obiektu;
- wyładowanie w sąsiedztwie linii zasilających i sygnałowych dochodzących do obiektu;
- bezpośrednie wyładowanie do instalacji odgromowej obiektu.

Analizując każde z powyższych zagrożeń należy uwzględnić podstawowe informacje o intensywności burzowej obszaru, w którym znajdują się obiekty. Intensywność burzową określają tzw. mapy burzowe, na których podawane są poziomy izokerauniczne (przeciętne ilości dni burzowych w roku). Do prawidłowego oszacowania izokerauniczności danego terenu pomocna może być mapa pokazana na ryc. 2.



**Ryc. 2.** Intensywność burzowa w Polsce

Źródło: Halina Lorenc - Atlas klimatu polski

## Zewnętrzna ochrona odgromowa

Zewnętrzna instalacja odgromowa jest podstawowym elementem zabezpieczającym obiekt przed pożarem.

Urządzenie piorunochronne stanowią elementy zainstalowane na obiekcie lub zespół elementów konstrukcyjnych obiektu, które są odpowiednio połączone ze sobą i wykorzystywane do odprowadzenia prądu piorunowego. Składa się ono z następujących części:

- zwodów przeznaczonych do bezpośredniego przyjmowania prądów piorunowych wyładowań atmosferycznych;
- przewodów odprowadzających łączących zwody z przewodami uziemiającymi lub uziomem fundamentowym;
- przewodów uziemiających łączących przewody odprowadzające z uziomami;
- uziomów, którymi są elementy metalowe zakopane w ziemi lub zespół elementów metalowych umieszczonych w gruncie i zapewniających z nim połączenie elektryczne.

Zadaniem zewnętrznej ochrony odgromowej jest zabezpieczenie obiektu budowlanego przed bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym. Uderzenie piorunu w obiekt pozbawiony instalacji odgromowej spowoduje najczęściej:

- uszkodzenie pokrycia dachowego, jednej ze ścian budynku oraz najczęściej powstanie pożaru;
- instalacji elektrycznej i zniszczenie aparatury przyłączonej do niej w rozdzielni (popalone gniazda i powyrywane ze ścian);
- zniszczenia urządzeń elektrycznych, elektronicznych zainstalowanych w obiekcie i zasilanych z tej sieci elektrycznej.

Zewnętrzna instalacja odgromowa może występować, jako naturalna instalacja lub sztuczna. Naturalną instalację odgromową mogą stanowić odpowiednio połączone ze sobą elementy konstrukcji żelbetowej budynku. Tego typu instalacje mogą być wykorzystywane w nowo budowanych obiektach o konstrukcji żelbetowej, przy założeniu, że ta konstrukcja ma zapewnioną ciągłość elektryczną. Takie rozwiązanie może poprawić walory estetyczne zabezpieczonego budynku i stanowi dodatkowo element ekranujący znajdujących się tam urządzeń przed impulsowym polem elektromagnetycznym wywołanym wyładowaniem atmosferycznym np. w sąsiedni obiekt. W większości przypadków jednak stosuje się sztuczną instalację odgromową.

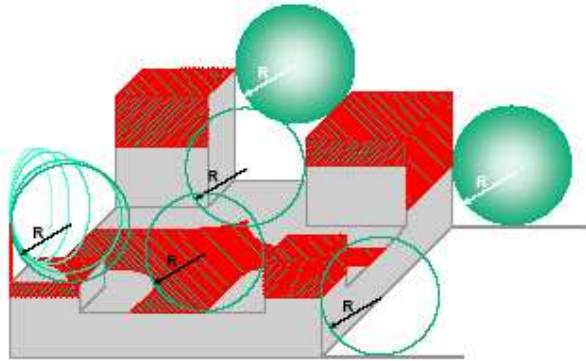
Wybór rodzaju instalacji odgromowej jest uzależniony od charakteru i przeznaczenia obiektu. Decyzje o rodzaju rozwiązania ochrony odgromowej powinna być podjęta na etapie projektowania danego obiektu. Na tym etapie należy koniecznie uwzględnić poziom izokerauniczności terenu, przeznaczenie obiektu oraz stopień nasycenia urządzeniami elektronicznymi w przyszłości. Natomiast w przypadku adaptacji starych obiektów należy tak zaprojektować zewnętrzną instalację odgromową, aby nie kolidowała ona z walorami estetycznymi obiektu i jednocześnie zapewniła maksymalny poziom ochrony przeciwpożarowej.

### **Wybór rodzaju instalacji.**

Do oceny ryzyka bezpośredniego uderzenia piorunu w obiekt kolejowy, z uwzględnieniem jego parametrów technicznych i konfiguracji dachu, zalecana jest metoda toczonej kuli opisana w normie [7].

Jak ilustruje rysunek 3 wirtualna kula o promieniu  $R$  toczonej jest po dachu obiektu. Jej promień jest bezpośrednio uzależniony od poziomu ochrony. Im promień wirtualnej kuli będzie mniejszy, tym zapewniony będzie wyższy poziom ochrony ponieważ ochrona będzie wtedy dokładniejsza. O wartości promienia kuli decydować będzie również charakter obiektu

i rodzaj instalowanej aparatury elektronicznej. W przypadku rozbudowanej struktury dachu w wyniku dodatkowych instalacji urządzeń klimatyzacyjnych i wentylacyjnych takich jak np. kominy należy zapewnić całkowitą ochronę obiektu. Zakłada się, że w miejscach na powierzchni dachu, które nie są dotykane przez kulę, nie istnieje zagrożenie bezpośrednim uderzeniem pioruna. W zależności od konfiguracji całości dachu można wyróżnić na nim strefy ochronne powstające w wyniku toczenia wirtualnej kuli po dachu jak to pokazano na rycinie 3.



**Ryc. 3.** Tworzenie stref ochronnych przy pomocy toczącej się kuli

Źródło: Alain Charoy – Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych. Zasady i porady instalacyjne. Tom 4

Głównym elementem przyjmującym prąd piorunowy wyładowania atmosferycznego jest zwód. W zależności od konfiguracji dachu obiektu stosuje się zwody:

- pionowe o kącie ochronnym uzależnionym od wysokości zwodu;
- poziome w formie siatki o okach związanych bezpośrednio z poziomem ochrony;
- o konstrukcji mieszanej zwodów pionowych i poziomych, która jest uzależniona od konfiguracji dachu.

## **Rozwiązania konstrukcyjne elementów zewnętrznej instalacji odgromowej**

### **Zwody**

Podstawowym zadaniem zwodów jest zapewnienie bezawaryjnego przepływu prądu piorunowego. Zwodami naturalnymi mogą być przewodzące elementy konstrukcyjne obiektu. Natomiast zwodami sztucznymi są elementy służące tylko i wyłącznie w celu ochrony odgromowej. Zwody sztuczne mogą składać się z dowolnej kombinacji prętów, rozpiętych przewodów lub siatki składającej się z wielu przewodów.

Zwód niezależnie od rodzaju jest tym elementem, który jako pierwszy ma bezpośredni kontakt z wyładowaniem atmosferycznym. W wyniku uderzenia prądowego poprzez element sieci zwodu nastąpi przepływ prądu piorunowego do ziemi w obwodzie o najniższej

rezystancji, a zatem nie nastąpi równomierny rozptyw prądu w całej siatce zwodów. Ta część, przez którą popłynie największa część prądu, narażona będzie na znaczne podwyższenie temperatury w danym przewodzie. Zwody mogą być wykonane z przewodów stalowych, miedziowych lub aluminiowych. W tabeli 1 zamieszczono przyrosty temperatury przewodów w wyniku przepływu prądu piorunowego o kształcie 10/350  $\mu$ s, w uzależnieniu od rodzaju materiału i jego średnicy oraz od przyjętego poziomu ochrony. Biorąc po uwagę fakt, że ponad 90% wyładowań atmosferycznych ma charakter ujemny i maksymalny prąd wyładowania nie przekracza 20 kA, przyjęto, jako podstawowy, 4 stopień ochrony. W przypadkach szczególnych zalecana jest ochrona obostrzona lub specjalistyczna. Dla obiektów kolejowych w przeważającej liczbie przypadków powinna być ochrona obostrzona ze względu na coraz większe nasycenie obiektów kolejowych urządzeniami elektronicznymi.

Tabela. 1.

**Przyrost temperatury przewodów wywołany przepływem prądu piorunowego w zależności od średnicy i materiału**

przekrój w mm <sup>2</sup>	Miedź			Stal			Aluminium		
	Przyjęty poziom ochrony								
	III+IV	II	I	III+IV	II	I	III+IV	II	I
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	169	542	*	*	*	*	564	*	*
16	56	143	309	1120	*	*	146	454	*
25	22	51	98	211	913	*	52	132	283
50	5	12	22	37	96	211	12	28	52
100	1	2	5	9	20	37	3	7	12

\* - uszkodzenie przewodu w postaci stopienia lub eksplozji

Źródło: A. Sowa - „Ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa”

Jak wynika z danych w tabeli 1. zastosowanie przewodów o nieodpowiednim przekroju jako zwodów, spowoduje nadmierne podwyższenie temperatury tego przewodu nawet w przypadku dla czwartego stopnia ochrony (dla prądu udarowego ok. 20 kA). W krańcowym przypadku źle dobrany przekrój przewodu może doprowadzić do stopienia lub eksplozji materiału przewodu, co w sposób ewidentny przyczynić się może do powstania pożaru. Roztopiony metal upadając na powierzchnię dachową pokrytą papą może spowodować pożar takiego obiektu. Dla obiektów kolejowych przy przyjętym stopniu ochrony obostrzonej należy bardzo starannie dobierać przekroje przewodów przeznaczonych, jako zwody.

Jak wynika z ryciny 1. określającego histogram prawdopodobieństwa wyładowania, to w przypadku wystąpienia wyładowania o skrajnej amplitudzie około 200 kA może wystąpić raz



na kilkadziesiąt lat. W przypadku takiego wyładowania, dla obecnie projektowanych instalacji odgromowych składających się z drutów o przekroju  $50 \text{ mm}^2$ , może wystąpić znaczne przekroczenie temperatury przewodu powyżej temperatury podanej w tabeli nr 1. Biorąc po uwagę fakt, że wyładowania atmosferyczne występują w okresie wiosenno-letnim, kiedy temperatura otoczenia waha się w zakresie od kilkunastu do ponad 30 stopni, należy się liczyć, że temperatura przewodów instalacji odgromowej może przekroczyć wartość podaną w tabeli 1. dla pierwszego stopnia ochrony. Przy wadliwie wykonanej instalacji odgromowej wystąpi bezpośrednie zagrożenie pożarowe.

Najczęściej w obiektach budowlanych stosowane są zwody poziome niskie. Do niedawna w normach była określona minimalna odległość zwodu od dachu niepalnego lub trudno zapalnego wynosząca 2 cm. Obecnie obowiązująca norma zmienia ten wymóg, nie określając wymaganej odległości. Umożliwia to zatem bezpośrednie ułożenie zwodu na powierzchni dachu lub w bardzo niewielkiej odległości od niego. Musi być jednak spełniony warunek, że przepływ prądu piorunowego nie spowoduje termicznego uszkodzenia pokrycia dachowego, gdyż grozi to powstaniem pożaru w obiekcie.

Jeżeli projektant zdecyduje się zastosować zwody naturalne, to muszą one spełniać podstawowe wymagania dotyczące przekroju poprzecznego podane w tabeli 2.

Tabela. 2.

### Minimalne wymiary stosowane do odprowadzenia prądu piorunowego

Rodzaj wyrobu	Materiał [mm]		
	miedź	stal ocynkowana	aluminium
Linka	7×3	7×2,5	-
Drut	6	6	10
Taśma	20×3	20×3	20×4
bez wyszczególnienia	35 mm <sup>2</sup> * 16 mm <sup>2</sup> **	50 mm <sup>2</sup>	70 mm <sup>2</sup> * 16 mm <sup>2</sup> **

\*, \*\* - przekroje dotyczące odpowiednio zwodów i przewodów odprowadzających.

Źródło: PN-EN 62305-1 – Ochrona odgromowa -- Część 1: Zasady ogólne

Parametry podane w ostatnim wierszu tabeli zawarte są w normie [5]. Minimalne przekroje podane w tabeli, które odnoszą się do drutów stosowanych na zwody, odnoszą się tylko do III i IV stopnia ochrony, czyli obejmują również ochronę obostrzoną.

Poziom ochrony jest ściśle związany z wymiarami oka siatki zwodu. W tabeli 3. pokazano zalecenia zawarte w normie [6], które dotyczą wymiarów oka siatki zwodów w zależności od stopnia ochrony odgromowej. W przypadku obiektów kolejowych takich jak

nastawnie oraz dworce kolejowe, w których znajdują się urządzenia elektryczne i elektroniczne powinien być wymagany III stopień ochrony.

Tabela. 3.

### Wymiary oka siatki w zależności od stopnia ochrony odgromowej

Charakterystyka obiektu	Poziom ochrony	Oko siatki	Efektywność ochrony
Obiekty z ochroną podstawową	IV	20×20	80 %
<b>Obiekty z ochroną obostrzoną</b>	<b>III</b>	<b>15×15</b>	<b>90 %</b>
Obiekty z ochroną specjalistyczną	II	10×10	95 %
Brak odpowiednika	I	5×5	98 %

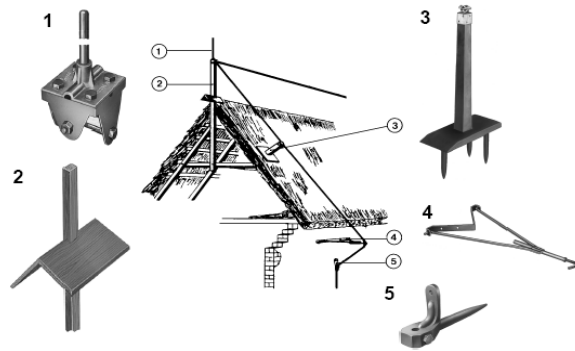
Źródło: PN-EN 62305-3 – Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenia życia

Łatwy, szybki oraz niezawodny montaż przewodów stanowiących zwody oraz przewody odprowadzające umożliwiają zastosowanie odpowiednich wsporników. Takie rozwiązanie oferuje wiele firm na rynku polskim. Producenci opracowali dedykowane rozwiązania na różne typy dachów. Innego rodzaju wsporniki wykorzystywane są na dachy płaskie a innego rodzaju wsporniki montuje się na dachach spadzistych.

W przypadku dachów wykonanych z materiałów łatwo zapalnych istnieje niebezpieczeństwo wystąpienia pożaru w wyniku przepływu prądu piorunowego na skutek:

- erozji termicznej metalu w miejscu jego bezpośredniego kontaktu z kanałem piorunowym (miejsce wpływania prądu piorunowego);
- nagrzewania się przewodów pod wpływem przepływającego przez nie prądu piorunowego;
- zapłonu materiałów palnych w bezpośrednim sąsiedztwie kanału piorunowego lub przeskoku iskrowego.

Charakterystyka wyładowania atmosferycznego oraz charakter obiektu określają stopień zagrożenia pożarowego. Długotrwały przepływ prądu udarowego jest szczególnie niebezpieczny. Możliwość nagrzewania się metalu (przewody, blacha) jest szczególnie niebezpieczna, jeśli w bliskim sąsiedztwie znajdują się materiały palne. Ochronę przed tego typu zagrożeniem stanowi zastosowanie na obiektach zwodów poziomych podwyższonych. Przykładowe rozwiązanie instalacji piorunochronnej na dachu krytym materiałem łatwo palnym przedstawia rycinie 4.



**Ryc. 4.** Zwody na dachu krytym z materiałem łatwo palnym

Źródło: A. Sowa - „Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa”

Zwody podwyższone stosowane są na dachach pokrytych:

- materiałami łatwo zapalnymi;
- blachami metalowymi, jeśli ich grubość nie spełnia zalecanych wymagań (grubość minimalna 0,5 mm dla blachy stalowej i cynkowej oraz 1 mm dla blach aluminiowych).

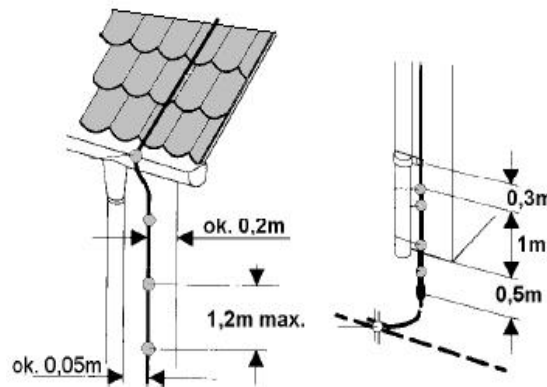
W przypadku dachów z gontów lub drewnianych istnieje możliwość układania zwodów bezpośrednio na dachach z zastrzeżeniem, że zostanie zachowana odległość 2 cm od powierzchni dachu. W przypadku, gdy odległość ta jest mniejsza w momencie przepływu prądu udarowego w wyniku zjawisk termicznych może wtedy dojść do pożaru.

Takie elementy jak klimatyzacja, urządzenia pomiarowe bądź inne elementy mechaniczne czy elektryczne zainstalowane na dachu nie powinny być łączone ze zwodami na dachu obiektu, ponieważ mogą zostać uszkodzone przez przepływający prąd piorunowy.

### **Przewody odprowadzające**

Jak wspomniano uprzednio w celu odprowadzenia prądu piorunowego można wykorzystać przewody odprowadzające naturalne będące elementami konstrukcyjnymi obiektów budowlanych lub przewody odprowadzające sztuczne, których zadaniem jest odprowadzenie prądu piorunowego.

Przewody odprowadzające powinny być układane tak, aby zapewniona była najkrótsza i wieloprzewodowa droga dla przepływu prądu piorunowego od punktu udaru do ziemi. Przewody powinny być ułożone w odpowiedniej odległości od ściany oraz zainstalowane wzdłuż prostych i pionowych tras, co pokazuje rysunek 5.



Ryc. 5. Prowadzenie przewodów odprowadzających

Źródło: A. Sowa - „Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa”

Odległość od ściany jest również uzależniona od rodzaju materiału, z jakiego jest wykonana ściana. Niewłaściwy dobór odległości od ściany obiektu może spowodować pożar. Wartości zalecanych odległości podano w tabeli 4.

Tabela. 4.

**Odległości przewodów odprowadzających od ścian obiektów budowlanych**

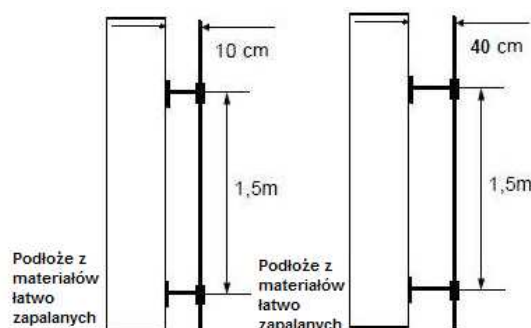
Ściana	Minimalna odległość od ściany budynku
Materiał niepalny lub trudno zapalny	Ułożenie bezpośrednio na powierzchni ściany*
Materiał łatwo zapalny	Ułożenie bezpośrednio na powierzchni ściany 10 cm**

\* - przyrost temperatury przewodu przy przepływie prądu piorunowego nie groźny dla ściany obiektu,

\*\* - przyrost temperatury mogący spowodować uszkodzenie powłoki ściany.

Źródło: PN-IEC 60364-1 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych -- Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe

Przy montażu przewodów odprowadzających na wspornikach wskazane jest zachowanie pomiędzy nimi odległości nie przekraczającej 1,5 m. Przykłady różnorodnych rozwiązań wsporników przedstawiono na rys. 6.



Ryc. 6. Układanie przewodów odprowadzających na ścianie budynku zgodnie z zaleceniami

Źródło: PN-IEC 60364-1 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych -- Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe

W trakcie układania przewodu odprowadzającego należy zachować odległość nie mniejszą niż 2 m pomiędzy przewodem odprowadzającym a:

- wejściami do budynku ze względu na bezpieczeństwo ludzi;
- ogrodzeniami metalowymi przylegającymi do dróg publicznych;
- przejściami dla pieszych.

Liczba przewodów odprowadzających jest ściśle określona i uzyskuje się ją dzieląc długość obwodu obiektu wyrażoną w metrach przez długość oka siatki zwodu. Zalecana minimalna liczba przewodów odprowadzających wynosi 2. Ilość przewodów odprowadzających na obiektach o obwodzie przekraczającym 30 m i zagrożonych wybuchem nie może być mniejsza niż 4. Taka konstrukcja zewnętrznej instalacji odgromowej zapewni wielodrogowość rozprzężenia prądu udarowego. Tym samym spowoduje zmniejszenie wartości natężenia pola impulsowego pola elektromagnetycznego, które może negatywnie oddziaływać na urządzenia wewnątrz budynku. To oddziaływanie powstaje w wyniku istnienia sprzężenia magnetycznego między obwodem instalacji odgromowej a instalacjami wewnątrz budynku. Przy zbyt dużym sprzężeniu tych obwodów ze sobą i dużej wartości prądu piorunowego może pojawić się w obwodzie elektrycznym przepięcie o amplitudzie uszkodzającej urządzenie. W takim przypadku występuje również duże zagrożenie pożarowe. Maksymalne odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi zestawiono w tabeli 5 i są one konsekwencją przyjętego stopnia ochrony obiektu. Dla obiektów kolejowych zastosowany będzie to II poziom ochrony, zatem przewody odprowadzające powinny być oddalone od siebie o 15 m.

Tabela. 5.

#### Odległości przyjmowane pomiędzy przewodami odprowadzającymi

Poziom ochrony	Średnia odległość
I	10m
<b>II</b>	<b>10m</b>
III	15m
IV	20m

Źródło: PN-EN 62305-3 – Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenia życia

#### Przewody uziemiające

Przewody uziemiające wykorzystywane są do połączenia przewodów odprowadzających z uziomem. W tabeli 6 przedstawiono minimalne wymiary dla przewodów w zależności od rodzaju użytego materiału.

**Minimalne wymiary przewodów uziemiających**

Rodzaj materiału	Materiały	
	miedź [mm]	stal ocynkowana [mm]
Drut	6	6
Taśma	20×3	20×3

Źródło: A. Sowa - „Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa”

Projektując prowadzenie przewodów odprowadzających wzdłuż ściany budynku należy uwzględnić konieczność wykonywania przeglądów technicznych. Zaciski probiercze powinny być umieszczone w miejscach łatwo dostępnych. Zaciski powinny znajdować się nie niżej niż 0,3 m oraz nie wyżej niż 1,8 m od powierzchni otoczenia. Część przewodów uziemiających znajdująca się powyżej ziemi powinna być dodatkowo zabezpieczona przed uszkodzeniami mechanicznymi. Wykonuje się to następująco:

- montując osłonę do wysokości 1,5 m oraz na głębokość 0,2 m;
- montując przewody uziemiające o średnicy większej w porównaniu z wartościami podanymi w tabeli nr 6.

**Charakterystyka oraz rodzaje uziomów**

Uziomem nazywa się celowo wykonane połączenie odpowiednich części urządzenia lub instalacji elektrycznej z przedmiotem metalowym znajdującym się w ziemi. Zadaniem uziomu urządzenia piorunochronnego jest zapewnienie nisko impedancyjnej drogi przepływu prądów piorunowych do ziemi. Z punktu widzenia ochrony odgromowej uziom powinien być wspólny dla wszystkich instalacji i urządzeń znajdujących się w danym obiekcie, a tym samym powinien spełniać wymagania stawiane uziomom roboczym urządzeń elektrycznych i elektronicznych, zapewniając nie tylko właściwą ochronę odgromowa, ale również przeciwprzepięciową i przeciwporażeniową.

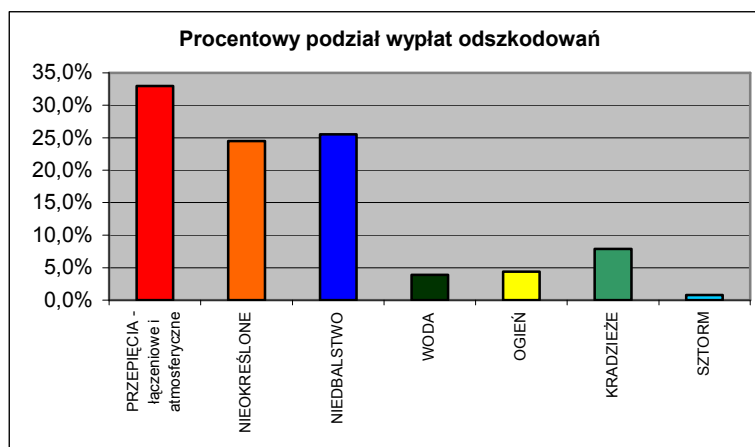
Do budowy zewnętrznej ochrony odgromowej można wykorzystać kilka rodzajów uziomów. Najczęściej stosowanym uziomem jest uziom otokowy, który musi spełniać następujące wymagania.:

- minimalna głębokość, na jaką można zakopać uziom wynosi 0,6 m;
- minimalna odległość uziomu otokowego od obiektu wynosi 1 m;
- odległość uziomu otokowego nie powinna być mniejsza niż 1 m od kabli energetycznych;

- jeżeli rezystancja uziemienia otokowego jest mniejsza niż  $10 \Omega$  możliwe jest zmniejszenie odległości od kabla energetycznego;
- jeżeli zostaną zastosowane uziomy wykonane ze stalowych drutów lub taśm i będą posiadały o 30 % większą średnicę można je ułożyć bezpośrednio na dnie wykopów fundamentowych tuż pod fundamentem lub obok niego;
- w sytuacji, gdy nie jest możliwe wykonanie uziomu otokowego w całości, zaleca się wtedy połączenie go z uziomem pionowym nie mniejszym niż 2,5 m, w miejscu jego przerwania;
- uziom wykonany z przewodów uziemiających miedzianych, stalowych pokrytych miedzią jest bardziej trwały i niezawodny w działaniu;
- iskiernik powinien być wykorzystywany do połączeń uziomu otokowego z uziomem wydzielonym;
- postronne urządzenia technologiczne oraz podziemne metalowe elementy zakopane w ziemi powinny być umieszczone w odległości nie mniejszej niż 2 m od uziomu otokowego i należy łączyć je z uziomem bezpośrednio lub za pomocą iskierników.

Zewnętrzna instalacja odgromowa może również składać się z kombinacji uziomów poziomych i pionowych. Tego typu uziomy powinny spełniać następujące wymagania:

- minimalna głębokość umieszczenia górnej części uziomu w ziemi powinna być nie mniejsza niż 0,5 m, natomiast dolna część uziomu powinna znajdować się na głębokości 4 m;
- odległość uziomu pionowego od krawędzi budynku powinna wynosić nie mniej niż 1 m;
- w przypadku niespełnienia przez uziom wymaganej rezystancji należy połączyć ze sobą kilka uziomów tworząc układ uziomów zapewniając wymaganą rezystancję. Wówczas w celu minimalizacji wzajemnego oddziaływania poszczególnych uziomów na siebie zaleca się umieszczenie ich w odległości ok. 1,5 krotnej długości uziomu pionowego;
- minimalna odległość, w jakiej może znajdować się uziom od przejść dla pieszych, wejść do budynku lub metalowych ogrodzeń, powinna wynosić 1,5 m.



**Rys. 7.** Procentowy podział nakładów finansowych ponoszonych na pokrycie powstałych strat sprzętu elektronicznego

Źródło: A. Sowa - „Ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa”

Pomimo powszechności stosowania instalacji odgromowej oraz przepisów normalizacyjnych, które w sposób precyzyjny zalecają jej budowę i montaż notowane są przypadki wystąpienia szkód spowodowanych wyładowania atmosferycznymi. Dotyczą one przede wszystkim szkód powstałych w wyniku uszkodzeń w urządzeniach elektronicznych. Jak widać z rysunku 7. około 5% uszkodzeń urządzeń elektronicznych powstało na skutek wystąpienia pożaru w obiekcie. Należy jednak liczyć się z tym, że faktyczna liczba powstałych szkód może być spowodowana przepięciami w wyniku wyładowań atmosferycznych

## Podsumowanie

Należy pamiętać o tym, że maksymalny poziom zabezpieczenia obiektu przed wyładowaniami atmosferycznymi wynosi 98%. Należy wówczas stosować dodatkowe rozwiązania konstrukcyjne, które powinny wykorzystywać techniki pozwalające na uniknięcie pożaru obiektu przy wystąpieniu nieszczęśliwego zbiegu okoliczności wynikającego z 2% marginesu ryzyka. Zewnętrzna ochrona odgromowa jest wymaganym elementem ochrony obiektu przed wyładowaniami atmosferycznymi oraz stanowi element systemu zabezpieczeń obiektu przed pożarem zgodnie z zaleceniami norm [5], [6].

Do dodatkowych rozwiązań konstrukcyjnych należy zaliczyć ochronę przeciwprzebieciową nazywaną często w literaturze wewnętrzną ochroną odgromową. Prawidłowo zaprojektowana ochrona przeciwprzebieciowa stwarza możliwość uniknięcia niszczących skutków wyładowań atmosferycznych. Jest to szczególnie ważne, ponieważ w ostatnich latach obserwuje się wzrost gwałtowności zjawisk atmosferycznych, o czym



coraz częściej informują media np. informacje przekazywane na bieżąco w wiadomościach telewizyjnych.

Wykonanie instalacji piorunochronnej wymaga dużo mniejszych nakładów finansowych niż pokrycie ewentualnych kosztów naprawiania szkód wywołanych bezpośrednim uderzeniem piorunu. Straty mogą być różne: począwszy od uszkodzenia całych fragmentów instalacji i urządzeń elektronicznych (np. alarmowych), na pożarze skończywszy. Szczególnie zagrożone są wszelkie obiekty zabytkowe, które są bardzo często wykonane w technologii ceglano – drewnianej. Do tych obiektów możemy zaliczyć np. zabytkowe dworce.

## Literatura

1. *Atlas klimatu polski*, red. prof. dr hab. Halina Lorenc, IMiGW 2005;
2. Sowa A., *Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa*, KONTEKST 1997;
3. Charoy A., *Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych. Zasady i porady instalacyjne*, T. 4, WNT, Warszawa 2000;
4. Białoń A., Dłużniewski A., Laskowski M., *Kompleksowe zabezpieczenie stacjonarnych obiektów kolejowych przed zaburzeniami elektromagnetycznymi o dużej energii*, Materiały konferencyjne, Semtrak 2008;
5. PN-IEC 60364-7-707:1999 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Wymagania dotyczące uzziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych;
6. PN-HD 60364-1:2010 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe;
7. PN-EN 62305-1:2008 – Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne;
8. PN-EN 62305-3:2009 – Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenia życia.