

Andrzej Białoń, Artur Dłużniewski, Łukasz John

Ochrona odgromowa obiektów kolejowych

Ostatnio obserwuje się zwiększenia nakładów finansowych ponoszonych na modernizację wielu zabytkowych obiektów, zlokalizowanych wzdłuż linii kolejowych. Proces ten ma miejsce w trakcie postępujących modernizacji linii kolejowych.

W toku realizacji tego procesu pojawia się pytanie, co zrobić ze starymi zdewastowanymi obiektami. Do takich obiektów można zaliczyć w kolejnictwie np. nastawnie, dworce oraz przystanki kolejowe, które są niejednokrotnie unikatowymi obiektami na skalę kraju, a nawet w niektórych przypadkach na skalę europejską. Obiekty takie często wykonane są z drewna i dotrwały do naszych czasów tylko dzięki szczęśliwemu zbiegowi okoliczności. Jedyłą prawidłową odpowiedzią na tak postawione 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 techniczne i ewentualnie poddać ją modernizacji oraz sprawdzić przede wszystkim stan uziomu. 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.

Zagrożenia piorunowe

Najczęściej występującymi zaburzeniami elektromagnetycznymi są zaburzenia powstałe na skutek wyładowań atmosferycznych. W kanale wyładowania atmosferycznego może wystąpić nawet kilka wyładowań w odstępach od kilku do kilkunastu milisekund.

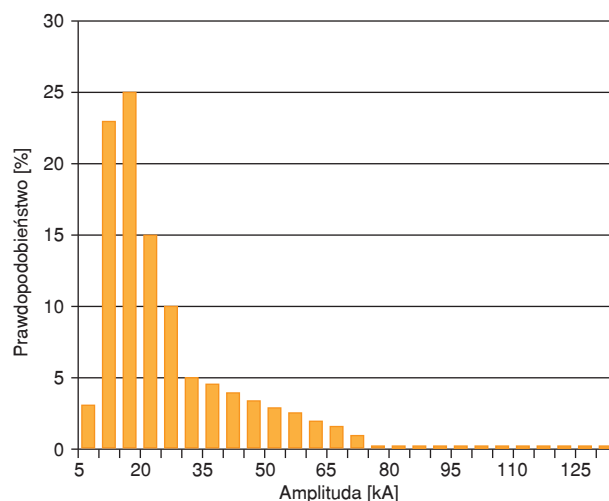
Wyładowania atmosferyczne mogą mieć charakter dodatni lub ujemny w zależności od gromadzonego ładunku w chmurach. Około 90% wszystkich wyładowań ma charakter ujemny, natomiast wyładowania dodatnie charakteryzują się dużo większym natężeniem prądu. Szczytowa wartość prądu może wynosić 200 kA, a napięcie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

Jak wynika z rysunku 1 określającego histogram prawdopodobieństwa wyładowania, to w przypadku wystąpienia wyładowania

o skrajnej amplitudzie około 200 kA może wystąpić raz na kilkadziesiąt lat.

W przypadku braku instalacji odgromowej wyładowanie o amplitudzie nawet 10 kA może spowodować pożar obiektu budowlanego, jeżeli ono wystąpi bezpośrednio w obiekt budowlany oraz w dochodzące do niego instalacje elektryczne.

Analizując stopień zagrożenia należy uwzględnić podstawowe informacje o intensywności burzowej obszaru, w którym znajduje się dany obiekt. 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 rysunku 2, z dodatkowo zaznaczonymi głównymi liniami kolejowymi.



Rys. 1. Histogram prawdopodobieństwa wyładowania w funkcji amplitudy



Rys. 2. Intensywność burzowa w Polsce

Zewnętrzna ochrona odgromowa

Zespół elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego lub elementów zainstalowanych na nim, odpowiednio połączonych i wykorzystywanych do ochrony odgromowej, nosi nazwę urządzenia piorunochronnego. 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, elementów metalowych lub zespołów 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:

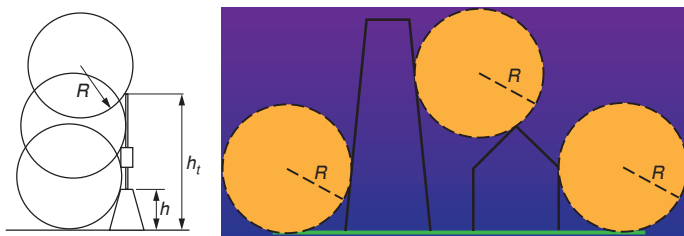
- uszkodzenie pokrycia dachowego jednej ze ścian budynku,
- uszkodzenie instalacji elektrycznej i zniszczenie aparatury przyłączonej do niej w rozdzielni (popalone gniazda i powyrwane ze ścian),
- zniszczenia urządzeń elektrycznych, elektronicznych zainstalowanych w obiekcie.

Wybór rodzaju instalacji odgromowej jest uzależniony od charakteru i przeznaczenia 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

Oceniając ryzyko bezpośredniego uderzenia piorunu w budynek, przy określaniu którego uwzględniane są wymiary obiektu, jego konstrukcja, użyteczność, zawartość i skutki, jakie powoduje przestój lub ograniczenie w działaniu, konieczne jest określenie dla danego obiektu wymaganego poziomu ochrony. Poziomem ochrony objęte są całe budynki wraz ze znajdującymi się w nich urządzeniami. Każdemu poziomowi ochrony odpowiadają chronione obszary powstające po podzieleniu obiektu na strefy ochronne odgromowej.

Strefy ochronne, w przypadku wykorzystania zwodów poziomych odsuniętych lub zwodów pionowych, jako elementów instalacji piorunochronnej, wyznacza się korzystając z zasady toczonej się po dachu kuli lub przez określenie kąta ostonowego. Zakłada się, że w miejscach na powierzchni dachu, które nie są dotykane przez kulę, nie istnieje zagrożenie bezpośrednim uderzeniem pioruna.



Rys. 3. Tworzenie stref ochronnych z pomocą toczonej się kuli [5]

Jak ilustruje rysunek 3, wirtualna kula o promieniu R toczona 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 w zależności od konfiguracji całości dachu można wyróżnić na nim strefy ochronne powstające w wyniku toczenia wirtualnej kuli po dachu, jak to pokazano na rysunku 3.

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 określane są przewody umieszczone w celach ochrony odgromowej wytrzymałe na przepływ prądu piorunowego i montowane są one na dachach. Zwody stanowią dowolną kombinację prętów, rozpiętych przewodów lub całych sieci z nich tworzonych. Zwody mogą być wykonane z przewodów stalowych, miedzianych lub aluminiowych.

Większość obiektów budowlanych wymaga zastosowania zwodów poziomych niskich. Układa się je bezpośrednio na dachu lub w niewielkiej od niego odległości (dotychczas należało je mocować 2 cm od dachu niepalnego lub trudno zapalnego). Takie ułożenie jest możliwe tylko wtedy, gdy przepływ prądu piorunowego w przewodach, mimo towarzyszącego mu przyrostu temperatury, nie spowoduje termicznego uszkodzenia pokrycia dachowego. Należy również pamiętać, że w przypadku występowania bezpośrednio pod blachą słomy, płynów czy innych materiałów łatwo palnych, blacha ta nie może być wykorzystana jako zwód.

Poziom ochrony jest ściśle związany z wymiarami oka siatki zwodu, których wymiary podane są w normie [4]. W przypadku obiektów kolejowych, takich jak nastawnie oraz dworce kolejowe, w których znajdują się urządzenia elektryczne i elektroniczne, powinien być wymagany co najmniej III stopień ochrony.

Dla obiektów kolejowych w przeważającej liczbie przypadków powinna być przyjęta ochrona obostrzona ze względu na coraz większe nasycenie obiektów kolejowych urządzeniami elektronicznymi. W przypadkach szczególnych zalecana jest ochrona obostrzona lub specjalistyczna.

Łatwy, szybki oraz niezawodny montaż przewodów stanowiących zwody oraz przewody odprowadzające umożliwiają zastosowanie odpowiednich wsporników. Takie rozwiązanie oferuje wiele firm na rynku polskim.

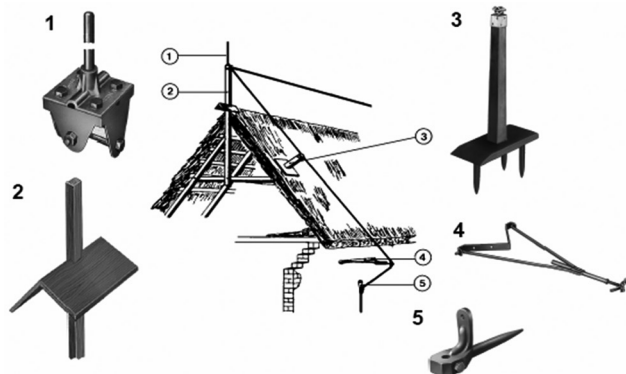
W przypadku dachów wykonanych z materiałów łatwo zapalnych istnieje niebezpieczeństwo wystąpienia pożaru w wyniku przepływu prądu piorunowego na skutek:

- 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 przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zwody na dachu krytym z materiałem łatwo palnym

W przypadku dachów z gontów lub drewnianych istnieje możliwość układania zwozów 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.

Przewody odprowadzające

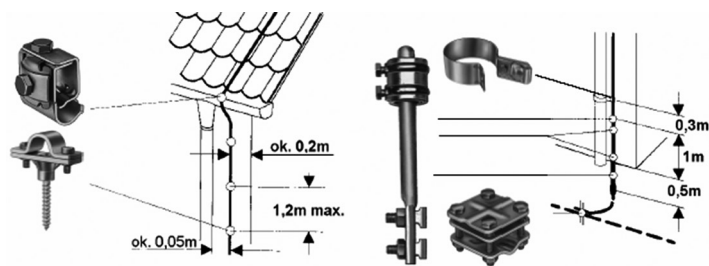
Zadaniem przewodów odprowadzających jest zapewnienie ciągłego, przewodzącego połączenia zwozów z przewodami uziemiającymi lub uziomami fundamentowymi. Zadaniem przewodów odprowadzających jest zapewnienie ciągłego przewodzącego połączenia zwozów z przewodami uziemiającymi lub uziomami fundamentowymi, zaś cały układ przewodów odprowadzających powinien zapewnić możliwie najkrótszą wieloprzewodową drogę przepływu prądu piorunowego między miejscem uderzenia piorunu a ziemią, co ilustruje rysunek 5.

Odległość od ściany jest również uzależniona od rodzaju materiału, z jakiego jest wykonana ściana. Niewłaściwy dobór odległości od ściany obiektu może spowodować pożar. Wymagane wymiary podane są w normie [4].

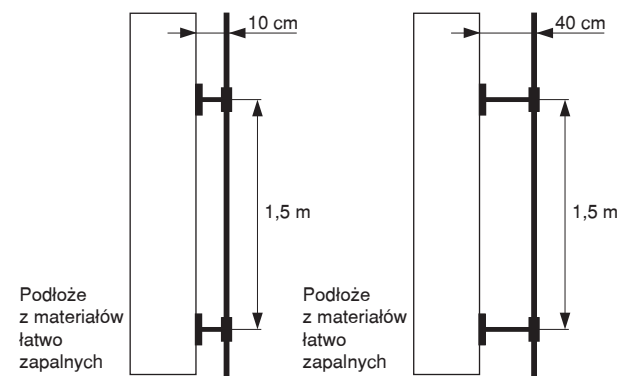
Przy montażu przewodów odprowadzających na wspornikach wskazane jest zachowanie między nimi odległości nie przekraczającej 1,5 m. Przykłady różnorodnych rozwiązań wsporników przedstawiono na rysunku 6.

Przewody odprowadzające należy instalować po możliwie najkrótszej drodze między zwodem a przewodem uziemiającym. Ze względów bezpieczeństwa wymagane jest jednak zachowanie odległości nie mniejszej niż 2 m między przewodem odprowadzającym a:

- przejściami dla pieszych,



Rys. 5. Prowadzenie przewodów odprowadzających



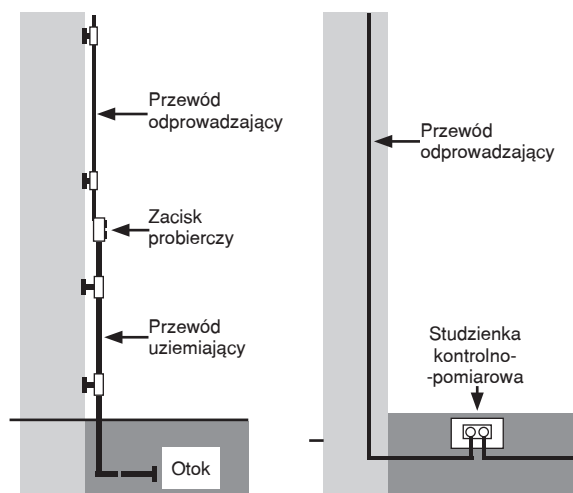
Rys. 6. Przewody odprowadzające na ścianie budynku zgodnie z zaleceniami [4]

- wejściami do budynku,
- ogrodzeniami metalowymi przylegającymi do dróg publicznych.

Liczba przewodów odprowadzających jest ściśle określona i uzyskuje się ją dzieląc długość obwodu obiektu wyrażoną w metrach przez długość oka siatki zwozu. Zalecana minimalna liczba przewodów odprowadzających wynosi 2. Taka konstrukcja zewnętrznej instalacji odgromowej zapewni wielodrogowość rozprawy prądu udarowego. Maksymalne odległości między przewodami odprowadzającymi podane są w [2].

Przewody uziemiające

Przewody uziemiające mają na celu połączenie przewodów odprowadzających z uziomem i stanowią integralną część urządzenia piorunochronnego.



Rys. 7. Zaciski i studzienki probiercze w instalacji odgromowej

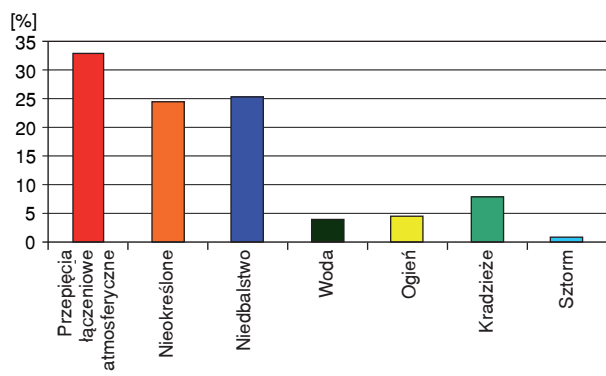
Projektując prowadzenie przewodów odprowadzających wzdłuż ściany budynku należy uwzględnić konieczność wykonywania przeglądów technicznych. Zaciski probiercze powinny być umieszczone w miejscach łatwo dostępnych. Zaciski powinny znajdować się nie niżej niż 0,3 m oraz nie wyżej niż 1,8 m od powierzchni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

Charakterystyka oraz rodzaje uziomów

Uziemieniem nazywa się celowo wykonane połączenie odpowiednich części urządzenia lub instalacji elektrycznej z przedmiotem metalowym znajdującym się w ziemi, zwanym uziomem. Zadaniem uziomu urządzenia piorunochronnego jest zapewnienie nisko impedancyjnej drogi przepływu do ziemi prądów piorunowych głównych wyładowań doziemnych. Z punktu widzenia ochrony odgromowej uziemienie powinno być wspólne dla wszystkich instalacji i urządzeń znajdujących się w danym obiekcie, a tym samym powinno spełniać wymagania stawiane uziemieniom roboczym urządzeń elektrycznych zapewniając właściwą ochronę odgromową.

Do budowy zewnętrznej ochrony odgromowej można wykonać kilka rodzajów uziomów. Najczęściej stosowanym uziomem jest uziom otokowy, który musi spełniać następujące wymagania podane w [2].

Zewnętrzna instalacja odgromowa może również składać się z kombinacji uziomów poziomych i pionowych. Tego typu uziomy powinny spełniać wymagania zestawione w [2].



Rys. 8. Procentowy podział nakładów finansowych ponoszonych na pokrycie powstałych strat sprzętu elektronicznego [2]

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 wszystkich szkód powstałych w wyniku uszkodzeń w urządzeniach elektronicznych. Jak widać z rysunku 8 około 5% uszkodzeń urządzeń elektronicznych powstało na skutek wystąpienia pożaru w obiekcie.

Podsumowanie

Z danych zawartych w literaturze wynika, że wyładowania atmosferyczne są przyczyną około 33% przypadków poważnych awarii w obiektach budowlanych. Zewnętrzna ochrona odgromowa jest wymaganym elementem ochrony obiektu przed wyładowaniami atmosferycznymi oraz stanowi element systemu zabezpieczeń obiektu przed pożarem zgodnie z zaleceniami norm [5]. Rodzaj instalacji zewnętrznej ochrony odgromowej uzależniony jest od specyfiki obiektu i rozwiązania architektonicznego. W ostatnich latach obserwuje się wzrost gwałtowności zjawisk atmosferycznych, o czym coraz częściej informują media, np. informacje przekazywane na bieżąco w wiadomościach telewizyjnych i dlatego nie należy lekceważyć roli instalacji odgromowej. Szczególnie zagrożone są wszelkie obiekty zabytkowe, które są bardzo często wykonane w technologii ceglano-drewnianej. Do tych obiektów można zaliczyć np. zabytkowe dworce.

Literatura

- [1] *Atlas klimatu Polski* (red.) prof. dr hab. Haliny Lorenc. IMiGW 2005 r.
- [2] Sowa A.: *Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa*. KONTEKST 1997.
- [3] Białoń A., Dłużniewski A., Laskowski M.: *Kompleksowe zabezpieczenie stacjonarnych obiektów kolejowych przed zaburzeniami elektromagnetycznymi o dużej energii*. Konferencja Semtrak 2008 r.
- [4] PN-IEC 60364-1:2000 – *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe*.
- [5] PN-EN 62305-1:2008 – *Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne*.
- [6] PN-EN 62305-3:2009 – *Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenia życia*.

dr inż. Andrzej Białoń, Instytut Kolejnictwa, Politechnika Śląska
Wydział Transportu, abialon@ikolej.pl, andrzej.bialon@polsl.pl

mgr inż. Artur Dłużniewski, Instytut Kolejnictwa
adluzniewski@ikolej.pl,

mgr inż. Łukasz John, Instytut Kolejnictwa
ljohn@ikolej.pl