



Zabezpieczenia przed skutkami przebieg i wyładowań piorunowych

Rodzaje, prawidłowe stosowanie i ich wpływ
na bezpieczeństwo obiektów budowlanych

Opracowanie zawiera szczegółowe wytyczne w zakresie ochrony odgromowej i przepięciowej urządzeń elektrycznych oraz elektronicznych instalowanych i użytkowanych w obiektach budowlanych. Zaprezentowano praktyczne przykłady błędów mogących powodować zwiększenie ryzyka strat w wyniku doziemnych wyładowań piorunowych. Zdefiniowano wymagania dla projektantów, wykonawców i zarządców obiektów budowlanych zmniejszające ryzyko potencjalnych strat. Omówiono niepokojące praktyki mające miejsce w Polsce, wpływające na minimalizację kosztów, maksymalizację zysków kosztem bezpieczeństwa i zwiększonego poziomu ryzyka.

Autorzy opracowania:

dr inż. Jarosław Wiater, Politechnika Białostocka

prof. zw. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski, Politechnika Warszawska

dr hab. inż. Lesław Karpiński, prof. PRz, Politechnika Rzeszowska

1. Wprowadzenie	5
2. Regulacje prawne	5
3. Wyjaśnienie zjawisk i przebiegów piorunowych oraz powodowanych przez nie zagrożeń bezpieczeństwa w obiektach budowlanych.....	5
4. Omówienie podstawowych założeń ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowej	7
5. Przebiegi	9
6. Analiza ryzyka podstawą wyboru odpowiednich urządzeń odgromowych i przeciwprzebiegowych.....	10
6.1 Ryzyko i jego komponenty	12
7. Urządzenia do ograniczania przebiegów	14
8. Podstawowe zasady instalacji urządzeń piorunochronnych i przeciwprzebiegowych. Najczęściej popełniane błędy i ich skutki.....	15
8.1 Podstawowe zasady instalacji urządzeń piorunochronnych (LPS)	15
8.1.1 Zwody.....	15
8.1.2 Uziemienia	19
8.2 Podstawowe zasady instalacji urządzeń przeciwprzebiegowych	20
8.3 Ochrona systemów fotowoltaicznych.....	22
8.4 Ochrona stacji SN/nn.....	25
8.5 Najczęściej popełniane błędy i ich skutki	26
8.5.1 Nieprzestrzeganie zaleceń norm ochrony odgromowej	26
9. Podstawowe zasady konserwacji urządzeń piorunochronnych i przeciwprzebiegowych. Najczęściej popełniane błędy i ich skutki.....	34
9.1 Zakres przeglądów	34
9.2 Dokumentacja badań	37
9.3 Konserwacja LPS	37
9.3.1 Procedura konserwacji	38
9.3.2 Dokumentacja konserwacji	38
9.3.3 Ochrona urządzeń umieszczonych na dachach budynków	39
9.3.4 Błędy montażowe wynikające z braku wiedzy oraz nieprzestrzegania instrukcji montażowych.....	39
9.3.5 Brak kontroli i konserwacji instalacji piorunochronnej	39
9.3.6 Podsumowanie	39

10. Przykłady protokołów.....	40
11. Lista kontrolna do organoleptycznej oceny ograniczników	51
11.1 Wymagania od projektanta	52
11.2 Wymagania dla wykonawcy	52
11.3 Wymagania dla zarządcy budynku.....	52
11.4 Lista pytań do zarządcy budynku	53
11.5 Lista pytań do projektanta	53
11.6 Lista pytań do wykonawcy	53
12. Certyfikaty potwierdzające jakość urządzeń ograniczających przebiegi.....	54
13. Ważne źródła informacji	54
14. Ekspercki algorytm pozwalający określić poziom ryzyka dla obiektów budowlanych	55
15. Symbole graficzne elementów i układów ochronnych.....	57
16. Wykaz podstawowych definicji	57
16.1 Wykaz skrótów	60

1. WPROWADZENIE

Stosowanie coraz doskonalszych, droższych i bardziej zaawansowanych technicznie urządzeń elektrycznych, elektronicznych i fotowoltaicznych stwarza konieczność przeanalizowania zagrożeń uderzeniowych wynikających z postępujących zmian klimatu, wyładowań piorunowych i występujących w ich wyniku przepięć. Cały czas należy mieć na uwadze fakt, iż nowoczesne rozwiązania techniczne bazują w większości przypadków na układach sterowanych przez komputery. Napięcia znamionowe pracy systemów komputerowych są z roku na rok coraz bardziej obniżane ze względu na oszczędzanie energii. W chwili obecnej są to napięcia rzędu kilku woltów. Należy zauważyć, że postęp techniczny relatywnie zmniejsza

odporność urządzeń na przepięcia, a ich uszkodzenia niosą za sobą bardzo duże straty finansowe. Wymusza to konieczność stosowania bardziej skutecznej ochrony urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed skutkami przepięć, między innymi poprzez stosowanie adekwatnych rozwiązań chroniących przed wyładowaniami piorunowymi, wielostopniowych układów ograniczających przepięcia itp. Tylko ich prawidłowa, wzajemna, właściwa i uzupełniająca się współpraca może zapewnić bezawaryjną eksploatację urządzeń, systemów, linii produkcyjnych w warunkach występowania przepięć, na które urządzenia są coraz bardziej czułe.

2. REGULACJE PRAWNE

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna IEC [ang. *International Electrotechnical Commission*] jest jednostką, która w ramach grupy roboczej TC 81 opracowuje i publikuje normy z zakresu ochrony odgromowej. Od czasu swojego powołania komisja opublikowała wiele norm z zakresu ochrony odgromowej obiektów budowlanych, zabezpieczenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych od skutków przepięć, oceny ryzyka strat piorunowych. Opublikowana w 2006 roku norma IEC 62305 [1] składająca się z czterech arkuszy wyznacza minimalne wymagania dla systemów ochrony odgromowej i przepięciowej. Prawie w tym samym czasie została ona opublikowana jako norma europejska EN 62305 [2] i polska PN-EN 62305 [3]. W kolejnych latach wprowadzane były modyfikacje normy, które doprowadziły do opublikowania w marcu 2012 roku aktualnej wersji normy EN 62305:2012 [4] i jej polskiego odpowiednika PN-EN 62305 [5]. Europejskie traktaty wymagają pełnego wdrożenia europejskich norm na poziomie krajowym. Niemniej jednak dopiero szczegółowe regulacje prawne poszczególnych krajów nakładają obowiązek ich stosowania. W Polsce, zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego, urządzenia piorunochronne LPS [ang. *Lightning Protection System*] na obiektach budowlanych powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami Polskich Norm

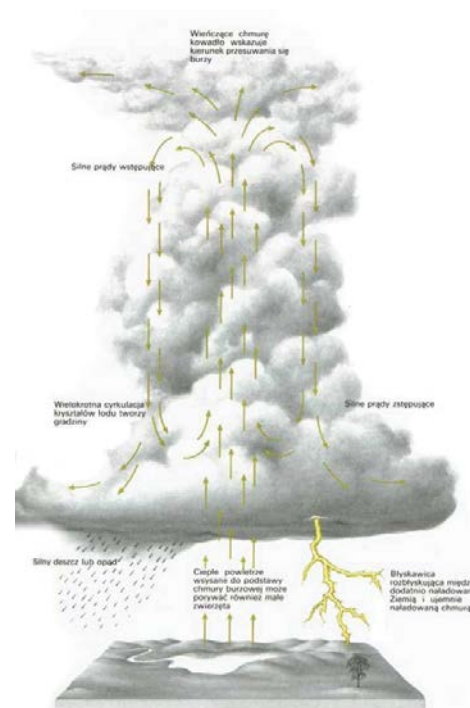
[5]. Szczegółowe wymagania z zakresu ochrony odgromowej wprowadza rozporządzenie Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [6]. Czytamy w nim: „*Budynek należy wyposażać w instalację chroniącą przed wyładowaniami atmosferycznymi. Obowiązek ten odnosi się do budynków wymienionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 53, pkt 2)*”. Dalej, w § 184: „*Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53, pkt 2, powinna być wykonana zgodnie z Polską Normą dotyczącą ochrony odgromowej obiektów budowlanych*”. Obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy „*projektować i budować w sposób określony w przepisach oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej*”. Istnieją również inne szczegółowe akty prawne wprowadzające przedmiotowe wymagania m.in. dla baz i stacji paliw płynnych, rurociągów przesyłowych, w strefach zagrożonych wybuchem [7] itp. Poszczególne branże i przedsiębiorstwa wprowadzają również własne wytyczne określające minimalne wymagania dla urządzeń stosowanych do ochrony przed wyładowaniami piorunowymi i przepięciami, np.: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. [8] itp.

3. WYJAŚNIENIE ZJAWISK I PRZEPIEĆ PIORUNOWYCH ORAZ POWODOWANYCH PRZEZ NIE ZAGROŻEŃ BEZPIECZEŃSTWA W OBIEKTACH BUDOWLANYCH

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

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

W górnych warstwach atmosfery następuje silne ochłodzenie powietrza i skroplenie zawartej w nim pary wodnej, a następnie zamarzanie cząstek wody w temperaturze dochodzącej w najwyższych partiach nawet do -50°C . Unoszeniu się powietrza towarzyszą silne jego zawirowania. W procesach tych formuje się naelektryzowana chmura burzowa.



Rys. 1. Mechanizm powstawania wyładowań piorunowych.



Rys. 2a. Przykładowe zdjęcie wyładowań piorunowych.

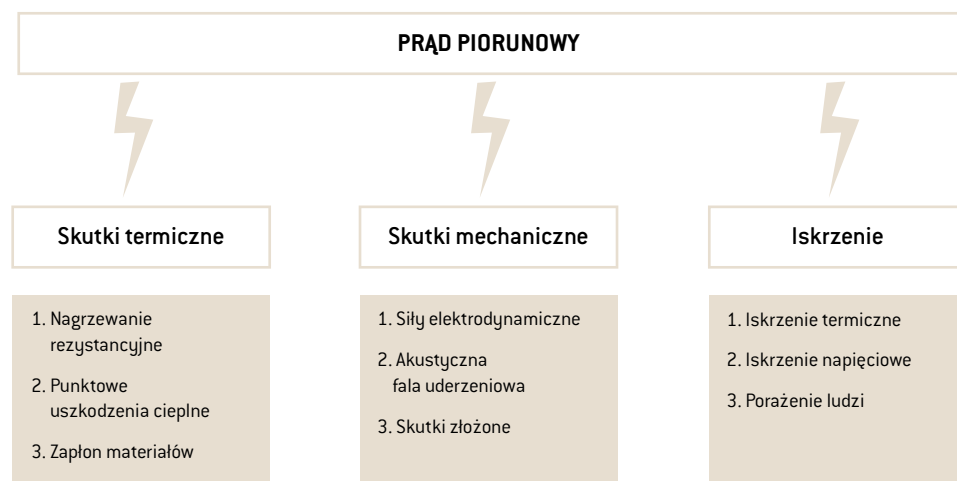
Gdy natężenie pola elektrycznego w naładowanej chmurze burzowej osiągnie lokalnie krytyczną wartość rzędu 1 kV/cm , to z kropli deszczu lub z kryształków lodu zaczynają się rozwijać tzw. wyładowania strimerowe, a następnie liderowe, które zapoczątkowują kanał wyładowania piorunowego (rys. 2a). Kanał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



Rys. 2b. Przykładowe zdjęcie wyładowań piorunowych.

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

Po uderzeniu pioruna należy się spodziewać uszkodzeń (rys. 3) termicznych, mechanicznych, zapłonów materiałów palnych i wybuchowych, porażenia ludzi. Skutki te mogą być wywołane zarówno bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego, jak i przez powodowane nim sprzężenia elektromagnetyczne, a w rezultacie prądy i napięcia indukowane [9].



Rys. 3. Skutki wywołane przez prąd piorunowy.

Prąd piorunowy wyładowania doziemnego charakteryzowany jest następującymi parametrami:

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

W przypadku bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt budowlany następuje wzrost napięcia we wszystkich jego instalacjach i w obwodach sieci zasilającej oraz w innych wprowadzanych liniach (np. w liniach przesyłu syg-

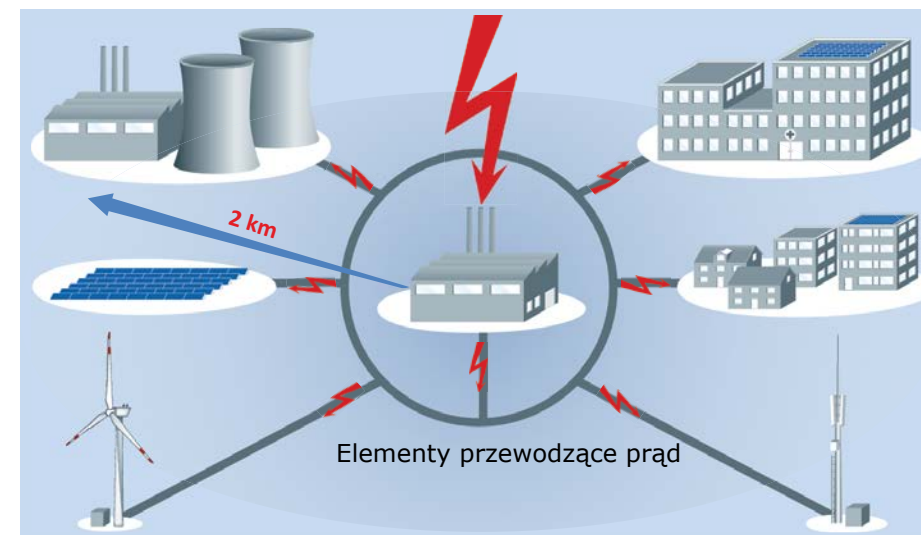
nałów/danych) do wartości przekraczających ich najwyższe napięcie robocze. Efekt takiego wzrostu napięcia nosi nazwę przepięć.

4. OMÓWIENIE PODSTAWOWYCH ZAŁOŻEŃ OCHRONY ODGROMOWEJ I PRZECIWPRZEPIĘCIOWEJ

Do warunków tej skuteczności należą: jakość elementów tego systemu oraz właściwy ich dobór i montaż. Niespełnienie jednego z tych trzech warunków może spowodować brak skuteczności systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej.

W obecnych czasach rozpowszechnienia nowoczesnej techniki istnieje konieczność wzajemnego łączenia różnorodnych urządzeń i obiektów między sobą. Co więcej, strefa oddziaływa-

nia doziemnych wyładowań piorunowych nie jest ograniczona do obiektu trafionego przez piorun. Prowadzone badania wykazały, że w promieniu do 2 km od miejsca wyładowania piorunowego mają miejsce zniszczenia lub uszkodzenia obiektów i urządzeń elektrycznych lub elektronicznych – rys. 4, a w promieniu sięgającym nawet 10 km mogą występować zakłócenia pracy urządzeń.



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

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

Zewnętrzne urządzenie piorunochronne ma za zadanie przejąć i bezpiecznie odprowadzić do ziemi prąd doziemnego wyładowania piorunowego. Urządzenie piorunochronne tworzą:

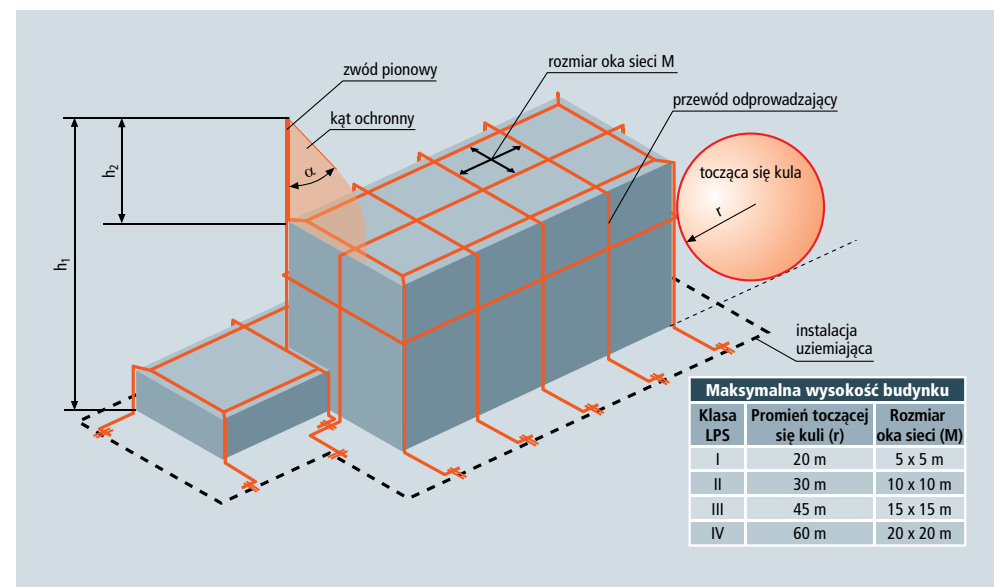
- Zwodów (rys. 5) o odpowiednich rozmiarach układane na dachu obiektu budowlanego (kalenicy, połaci dachowej, kominach, w pobliżu anten itp.).
- Przewody odprowadzające prąd doziemnego wyładowania

piorunowego ze zwodów na dachu do uziemienia.

- Uziemienie piorunochronne o wymaganych minimalnych parametrach.

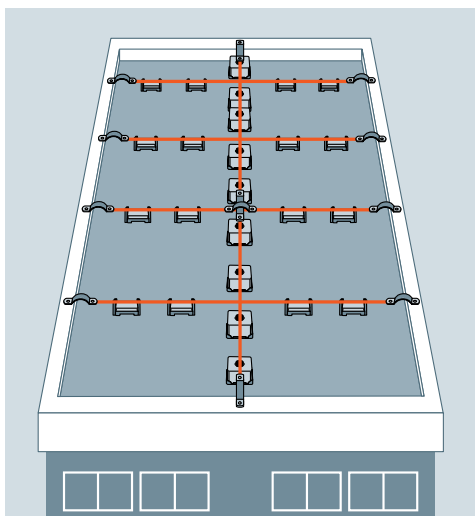
Zwody mają za zadanie wytworzyć tzw. „parasol ochronny” nad chronionym obiektem. Ich właściwe rozmieszczenie i jakość wykonania decyduje o skuteczności działania osłonowego. Wyróżnia się trzy metody rozmieszczania zwodów:

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



Rys. 5. Metody rozmieszczania zwodów chroniących przed wyładowaniami piorunowymi.

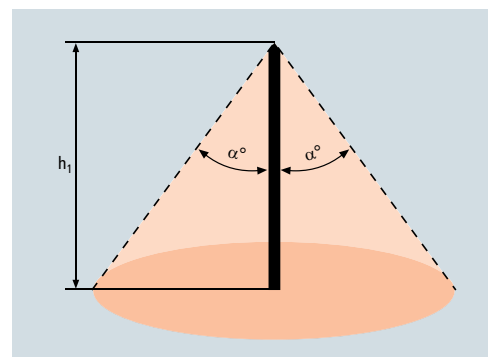
Metoda toczącej się kuli pozwala wyznaczyć miejsca, w które potencjalnie może trafić piorun. W zależności od przyjętego poziomu ochrony (LPL – *Lightning Protection Level*) kula powinna mieć odpowiedni promień (20-60 m). Poprzez toczenie kuli po obrisie geometrycznym obiektu wyznaczane są miejsca narażone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



Rys. 6. Obrazowy przykład rozmieszczania zwodów poziomych metodą oczkową.

fikację rozmieszczenia urządzeń tak, aby w sposób naturalny zabezpieczać je przed wyładowaniami piorunowymi.

Metoda oczkowa (przeznaczona głównie do ochrony płaszczyzn dachowych) polega na rozmieszczeniu siatki zwodów poziomych na powierzchniach dachowych. Siatkę tę tworzą tzw. „oczka” lub „kratownica” o określonych wymiarach boku w zależności od przyjętego poziomu ochrony – rys. 6. Metoda ta jest niewystarczająca w przypadku, gdy na dachu występują jakiegokolwiek urządzenia. Wówczas konieczne jest uzupełnienie tej sieci dodatkowymi zwodami rozmieszczonymi metodą toczącej się kuli lub metodą kąta ochronnego.



Rys. 7. Metoda kąta ochronnego.

5. PRZEPĘCIĄ

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

Dobierając SPD, należy w pierwszej kolejności określić, czy w ogóle jest on potrzebny. Oceny tej dokonujemy poprzez analizę ryzyka zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 62305-2 [11], z uwzględnieniem szczegółowych przepisów narzuconych na

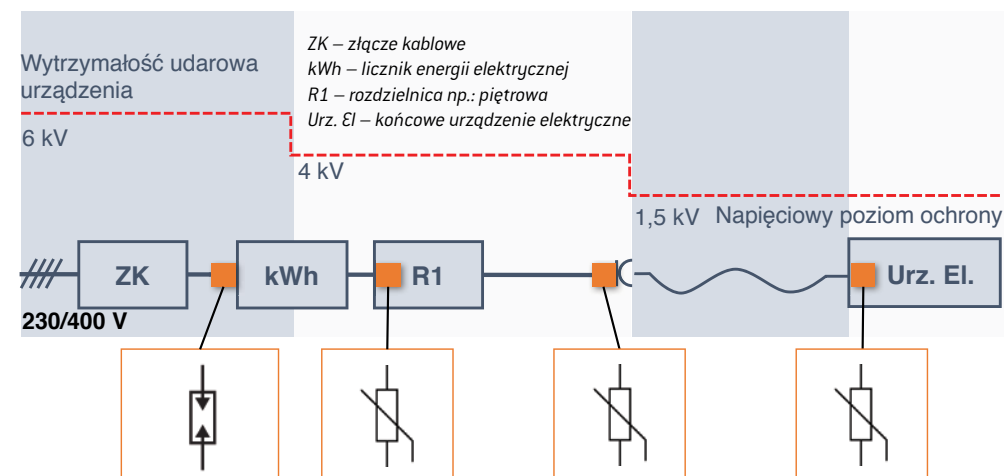
mocy ustaw lub rozporządzeń. W przypadku specjalnych obiektów, jak np. stacje paliw płynnych, to bez względu na wynik analizy ryzyka konieczne jest stosowanie urządzeń piorunochronnych oraz przeciwprzepięciowych.

W momencie, gdy zdecydujemy się na wyposażenie instalacji elektrycznej w urządzenia do ograniczania przepięć należy – zgodnie z zaleceniami norm ochrony odgromowej z serii PN-EN 62305 i jej strefową koncepcją ochrony odgromowej – podzielić analizowany obiekt na strefy LPZ (Lightning Protection Zone), w których występuje określony stopień narażenia urządzeń na działanie uderów napięciowych i prądowych [11]. Urządzenia pracujące w strefie LPZ 0A są narażone na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego i prądu piorunowego o nieograniczonej wartości. Urządzenia pracujące w strefie LPZ 0B narażone są na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego wywołanego przez prądy piorunowe, analogicznie jak w strefie LPZ 0A oraz napięć

i prądów uderowych indukowanych przez prądy piorunowe. W strefie LPZ 1 urządzenia są już chronione przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego przy jednoczesnym ograniczeniu na granicy strefy poziomu narażenia za pomocą ogranicznika przepięć i ekranów elektromagnetycznych. W kolejnych strefach poziomy napięcie powinny być stopniowo obniżane za pomocą odpowiednio dobranych SPD tak, aby uderowe napięcie wytrzymywane zainstalowanych w tych stre-

fach urządzeń było wyższe niż maksymalna wartość spodziewanego przepięcia.

Na granicy poszczególnych stref LPZ należy stosować SPD obniżające maksymalne spodziewane wartości szczytowe przepięć do ustalonego poziomu – stosownie do przyjętych kategorii wytrzymałości uderowej chronionych urządzeń wg normy PN-HD 60364-4-443 [14]. Koncepcję wielostopniowego układu ograniczającego przepięcia przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Układ czterech ograniczników przepięć chroniących instalację elektryczną.

Dobierając ogranicznik przepięć należy uwzględnić:

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

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

Na granicy stref LPZ 0 i LPZ 1 zaleca się stosowanie ogranicznika typu ucinającego napięcie lub kombinowanego, w którym wykorzystano technologię iskiernikową. Stosowanie technologii warystorowej w tym miejscu należy uznać za zabronione. Zalecana wartość prądu impulsowego 10/350 μ s – 25 kA/pole.

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

6. ANALIZA RYZYKA PODSTAWĄ WYBORU ODPOWIEDNICH URZĄDZEŃ ODGROMOWYCH I PRZECIWPRZEPĘCIOWYCH

W znowelizowanym w 2010 r. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r., jako normy w oparciu, o które należy realizować ochronę odgromową obiektów budowlanych zostały przywołane normy europejskie z serii EN 62305, jako normy PN-EN. Nowa norma PN-EN 62305 ma zastosowanie do projektowania, instalowania, sprawdzania i konserwacji urządzeń piorunochronnych LPS (ang. Lightning Protection

System) w obiektach bez ograniczenia ich wysokości, ale z dostosowaniem LPS do ich wysokości.

Przed rozpoczęciem jakiegokolwiek szczegółowych prac projektowych nad LPS, projektant ochrony odgromowej powinien zebrać podstawowe informacje dotyczące: funkcji, ogólnego planu, konstrukcji oraz lokalizacji obiektu. Tam, gdzie urządzenie piorunochronne (LPS) nie zostało jeszcze sprecyzowane

przez upoważnioną instytucję, ubezpieczyciela lub nabywcę, tam projektant ochrony odgromowej powinien, na podstawie podanej w PN-EN 62305-2 [11] procedury szacowania ryzyka, zdecydować, czy obiekt chronić za pomocą LPS, czy nie, i jakiej klasy ma być urządzenie piorunochronne.

W normie PN-EN 62305 urządzenie piorunochronne odpowiedniej klasy stanowi jeden ze środków minimalizacji ryzyka, i to właśnie projektant w ramach analizy zarządzania ryzykiem

LPL	Klasa LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Projektant, przystępując do realizacji doboru ochrony odgromowej obiektu, musi na samym początku dokonać identyfikacji tego obiektu, by poznać jego charakterystykę. W przypadku postępowania zgodnie z zapisami PN-EN 62305-2 [11], do analizy ryzyka nie wystarcza już tylko znajomość wymiarów geometrycznych (rzutów) obiektu i miejsca jego usytuowania, ale również szereg innych szczegółowych danych, jak na przykład identyfikacja:

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

W normie PN-EN 62305-2 [11] zawarto metodykę analizy i ocenę szkód piorunowych. Przyjęto w niej, że miarą zagrożenia piorunowego obiektu, zarówno bez uwzględnienia zastosowanych w obiekcie środków ochrony, jak i z uwzględnieniem ich skuteczności, jest wartość R ryzyka spodziewanych szkód piorunowych. Określone zostały w niej zasady oszacowania ryzyka powodowanego przez piorunowe wyładowania

ma zdecydować, jakiej klasy ma być urządzenie piorunochronne oraz, czy i jakie dodatkowe środki ochrony będą najbardziej odpowiednie dla rozpatrywanego obiektu z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego. Aby uniknąć nieporozumień, w normie PN-EN 62305-3 [12] zostały wyraźnie określone cztery klasy LPS (I do IV), w sposób odpowiadający poziomom ochrony (LPL), zdefiniowanym w pierwszym arkuszu normy tj. PN-EN 62305-1 [10] (patrz Tabela 1.).

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

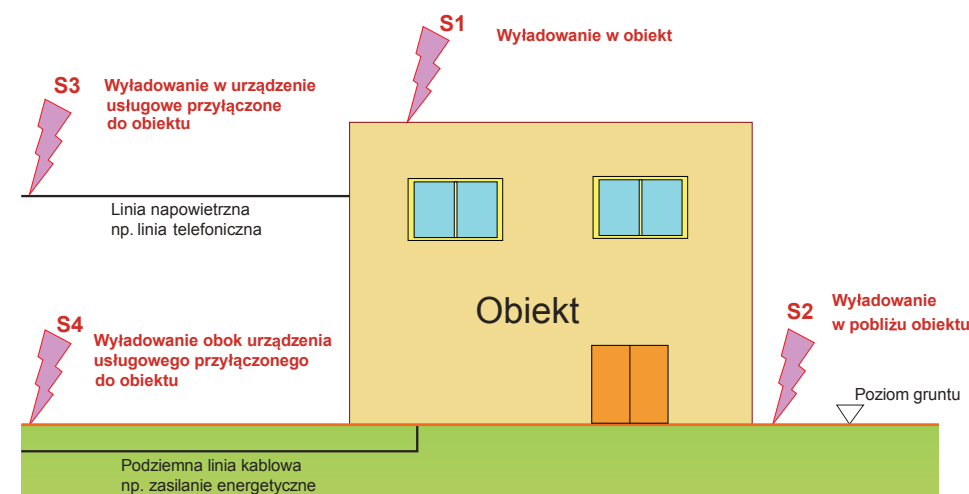
doziemne w obiektach budowlanych i w urządzeniach usługowych. Dodatkowo zdefiniowano i wyjaśniono podstawowe pojęcia oraz omówiono: metodę oceny ryzyka, jego kategorie i komponenty w odniesieniu do obiektów i urządzeń usługowych, procedury szacowania tych komponentów i zasady ich grupowania z uwzględnieniem standardowych procedur pozwalających dokonać wyboru właściwych środków ochrony i zredukować ryzyko do dopuszczalnego poziomu.

Podczas analizy zagrożenia piorunowego projektant musi rozróżnić wszystkie możliwe rodzaje uszkodzeń i strat:

Prąd pioruna jest głównym źródłem uszkodzenia, które zależą również od miejsca uderzenia pioruna.

Z uwagi na miejsce uderzenia zostały wyróżnione następujące źródła uszkodzeń (rys. 9):

- S1 – bezpośrednie wyładowanie piorunowe w obiekt;
- S2 – wyładowanie obok obiektu;
- S3 – wyładowanie w urządzenie usługowe (instalacje wchodzące do budynku);
- S4 – wyładowanie obok urządzenia usługowego.



Rys. 9. Źródła uszkodzeń z uwagi na miejsce uderzenia pioruna.

Wyładowanie piorunowe może spowodować uszkodzenie w zależności od charakterystyki poddawanego ochronie obiektu. Do najważniejszych należą charakterystyki dotyczące: rodzaju konstrukcji, zawartości wnętrza obiektu, rodzaju urządzenia usługowego i przewidzianych środków ochrony. W normie wyróżniono trzy podstawowe typy uszkodzeń, które mogą wystąpić jako skutek wyładowań piorunowych:

- D₁ – porażenie istot żywych, wywołane przez napięcia dotykowe i krokowe,
- D₂ – fizyczne uszkodzenia [zniszczenia mechaniczne, pożary, wybuchy, uwolnienie materiałów chemicznych] wskutek przepływu prądu piorunowego oraz wystąpienia przeskoków iskrowych,
- D₃ – awarie układów elektrycznych i elektronicznych powodowane przez przepięcia indukowane lub przenoszone.

Każdy typ uszkodzenia, sam lub w kombinacji z innymi, może powodować różne straty w rozpatrywanym obiekcie. Typ straty, jaka może wystąpić, zależy od właściwości samego obiektu, jak również od jego zawartości. Przy dokonywaniu analizy ryzyka należy wziąć pod uwagę w rozpatry-

wanym obiekcie następujące typy strat:

- L₁ – utrata życia ludzkiego,
- L₂ – utrata usługi publicznej,
- L₃ – utrata dziedzictwa kulturowego,
- L₄ – utrata wartości ekonomicznej [obektu i jego zawartości].

Ocena rozmiaru strat należy nie tylko do projektanta ochrony odgromowej, lecz również do właściciela obiektu. Punktem odniesienia powinny być – zawarte w normie PN-EN 62305-2 [11] – wartości tolerowane, zarówno ryzyka, jak i strat. Są one bardzo użyteczne w przypadku, gdy szacowane wartości są niepewne lub trudne do określenia.

Typowe wartości ryzyka tolerowanego R_t są następujące:

- Dla strat L₁ R_t = 10⁻⁵
- Dla strat L₂ R_t = 10⁻³
- Dla strat L₃ R_t = 10⁻⁴

W odniesieniu do strat ekonomicznych [L₄], jeżeli ich oszacowanie jest niepewne lub trudne do zrealizowania, to można przyjąć R_t = 10⁻³.

6.1. Ryzyko i jego komponenty

Zgodnie z normą PN-EN 62305-2 [11], ryzyko R jest względną wartością prawdopodobnych średnich rocznych strat (istot żywych oraz dóbr materialnych), jakie mogą powstać w poddawanym ochronie obiekcie wskutek oddziaływania pioruna, wyrażonych w stosunku do wartości (istot żywych i dóbr materialnych) tego poddawanego ochronie obiektu.

Do każdego typu straty, jaka może wystąpić w obiekcie lub w urządzeniu usługowym, powinna być przypisana stosowna

kategoria ryzyka i jego wartość.

W związku z tym wyróżnia się następujące kategorie Ryzyka:

- R1: ryzyko utraty życia ludzkiego;
- R2: ryzyko utraty usługi publicznej;
- R3: ryzyko utraty dziedzictwa kulturowego;
- R4: ryzyko utraty wartości ekonomicznej.

Aby wyznaczyć kompleksową wartość ryzyka R , należy zdefiniować, a następnie obliczyć, stosowne jego komponenty (tj. ryzyka częściowe, które są zależne od źródła i typu uszkodzenia).

Każde kompleksowe ryzyko R jest sumą jego komponentów. Obliczając ryzyko, można pogrupować jego komponenty wg źródła uszkodzenia i wg typu uszkodzenia, jak pokazano na rys. 10.



Rys. 10. Zestawienie komponentów ryzyka R_X w zależności od źródła uszkodzenia.

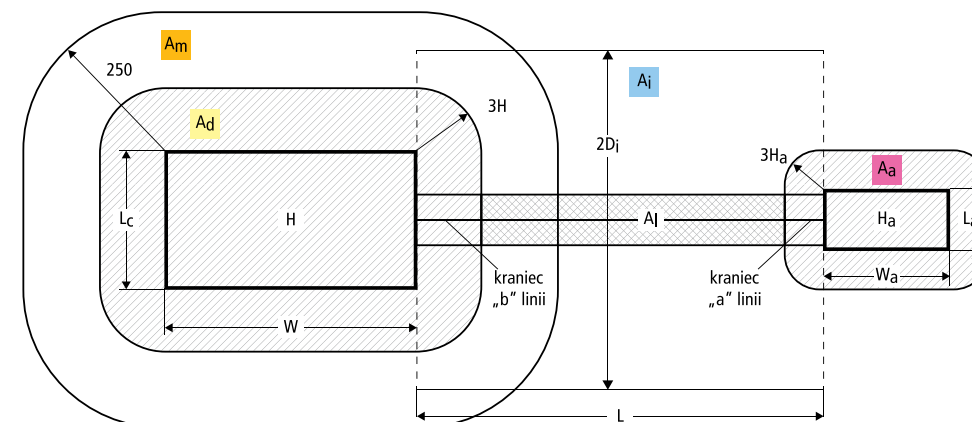
Analiza pod kątem zarządzania ryzykiem dla obiektu poddawanego ochronie obejmuje:

- sam właściwy obiekt;
- instalacje znajdujące się w obiekcie;
- zawartość (wyposażenie) obiektu;
- osoby przebywające w obiekcie lub w strefie do 3 m na zewnątrz obiektu;
- środowisko podlegające wpływowi wynikającym z uszkodzenia obiektu.

Ochrona nie obejmuje przyłączonych do obiektu zewnętrznych urządzeń usługowych (linii, instalacji itp.). Poddawany rozważaniom obiekt może być podzielony na kilka stref Z_s wewnętrznych i zewnętrznych. Strefy te wynikają z warunków funkcjonowania obiektu (liczba osób, zagrożenie pożarowe, wyposażenie itp.), ale nie należy tego utożsamiać z podziałem wynikającym ze strefowej koncepcji ochrony. Ryzyko dotyczące takiego obiektu jest sumą ryzyk związanych

z wszystkimi jego strefami funkcjonalnymi, a w każdej z nich ryzyko jest sumą wszystkich stosownych jego komponentów. Możliwość podziału obiektu na strefy funkcjonalne jest korzystna z ekonomicznego punktu widzenia. Pozwala to zredukować całkowite koszty ochrony odgromowej obiektu. Taki podział pozwala projektantowi, przy wyznaczaniu wartości komponentów ryzyka, uwzględnić szczególnie właściwości każdej części obiektu i wybrać najbardziej odpowiednie dla wydzielonych stref środki ochrony.

Uwzględnienie wszystkich powyższych czynników, przy obliczaniu komponentów ryzyka wymaga od projektanta zaawansowanego profesjonalizmu. Takie podejście do określenia źródeł zagrożenia nie pozostało bez wpływu na sposób szacowania powierzchni równoważnych, a uwzględnianych w analizie ryzyka. W normie PN-EN 62305 dla przypadku pojedynczego obiektu budowlanego należy uwzględnić powierzchnię równoważną, przedstawioną na rys. 11.



Powierzchnie zbierania dla:

- A_d – obiektu odosobnionego
- A_m – wyładowań trafiających obok obiektu
- A_j – wyładowań trafiających w urządzenie usługowe
- A_j – wyładowań trafiających obok urządzenia usługowego
- A_a – sąsiedniego obiektu odosobnionego połączonego urządzeniem usługowym

Rys. 11. Powierzchnia równoważna pojedynczego obiektu budowlanego.

W obliczeniach należy uwzględnić również dochodzące do obiektu urządzenia usługowe (do 1 km długości) oraz obiekty znajdujące się na drugim końcu urządzenia usługowego (w odległości do 1 km od rozpatrywanego obiektu).

W przypadku linii napowietrznej uwzględnić się wysokość jej zawieszenia, a w przypadku linii kablowej rezystywność gruntu.

Na stronach 55-56 zamieszczono ekspercki algorytm pozwalający określić poziom ryzyka dla obiektów budowlanych, mieszkalnych oraz przemysłowych. Jest to uproszczona wersja pozwalająca stwierdzić metodą „jakościową” skuteczność ochrony odgromowej i przepięciowej obiektu.

7. URZĄDZENIA DO OGRANICZANIA PRZEPIĘĆ

Urządzenia do ograniczania przepięć są to podzespoły o rezystancji zależnej od napięcia na ich zaciskach. Służą do tego, aby chronić przed niebezpiecznie wysokimi przepięciami urządzenia i instalacje elektryczne oraz zapewniać wyrównywanie potencjałów.

Urządzenia do ograniczania przepięć dzieli się:

a) ze względu na zastosowanie:

- urządzenia do ograniczania przepięć na wejściu urządzeń i instalacji elektrycznych w zakresie do 1000 V napięcia znamionowego,
- urządzenia do ograniczania przepięć na wejściu urządzeń i systemów teleinformatycznych,
- iskierniki separujące do układów uziemień lub do wyrównywania potencjałów.

b) ze względu na zdolność do odprowadzania prądów uderowych:

Ograniczniki typu 1 [dawniej typ B – w chwili obecnej norma PN-EN 61643-11 [16] nie dopuszcza stosowania

starych oznaczeń] mają za zadanie chronić przed zagrożeniami pochodzącymi od bezpośrednich lub bliskich wyładowań piorunowych (stosowane przy przejściu pomiędzy strefami ochrony odgromowej OA i 1 (LPZ OA-> LPZ 1). Tego typu ograniczniki głównie wykonywane są z wykorzystaniem iskierników.

Ograniczniki typu 2 i 3 [dawniej typ C i D – w chwili obecnej norma PN-EN 61643-11 [16] nie dopuszcza stosowania starych oznaczeń] chronią instalacje i urządzenia końcowe przed zagrożeniami pochodzącymi od odległych wyładowań piorunowych, operacji łączeniowych (stosowane przy przejściu pomiędzy strefami ochrony odgromowej OB do kolejnych stref).

Ograniczniki kombinowane [dawniej tzw. typ B+C – w chwili obecnej norma PN-EN 61643-11 [16] nie dopuszcza stosowania starych oznaczeń] chronią instalacje i urządzenia końcowe przed zagrożeniami pochodzącymi od bezpośrednich lub pobliskich wyładowań piorunowych (stosowane przy przejściu pomiędzy strefami ochrony odgromowej OA-1, jak

również OA-2). To właśnie te ograniczniki najczęściej nie wytrzymują deklarowanych przez producentów parametrów znamionowych. Bardzo często budowane są niezgodnie z normą PN-EN 61643-11 [16]. Zgodnie z normą ogranicznik kombinowany

powinny się składać z dwóch elementów np.: iskiernika i warystora (na pole) połączonych równolegle. Ogranicznikiem kombinowanym nie jest układ szeregowego połączenia iskiernika i warystora.

8. PODSTAWOWE ZASADY INSTALACJI URZĄDZEŃ PIORUNOCHRONNYCH I PRZECIWPRZEPIĘCIOWYCH. NAJCZĘŚCIEJ POPEŁNIANE BŁĘDY I ICH SKUTKI

8.1. Podstawowe zasady instalacji urządzeń piorunochronnych (LPS)

Głównym zadaniem stawianym dla zewnętrznego LPS jest przechwycenie wyładowania piorunowego, a następnie odprowadzenie prądu piorunowego do ziemi bez szkody dla chronionego obiektu, urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz dla przebywających w nim i w bliskim sąsiedztwie ludzi. Wszystkie elementy LPS muszą być tak zaprojektowane i wykonane, aby również wyglądały estetycznie.

20 grudnia 2010 roku ogłoszone zostało w Dz. U. nr 239, poz. 1597 ogłoszone zostało zmodyfikowane rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [6]. Rozporządzenie weszło w życie z dniem 20 marca 2011 roku. W załączniku do rozporządzenia w zakresie ochrony odgromowej obiektów przywołane zostały normy z zakresu ochrony odgromowej z serii PN-EN 62305.

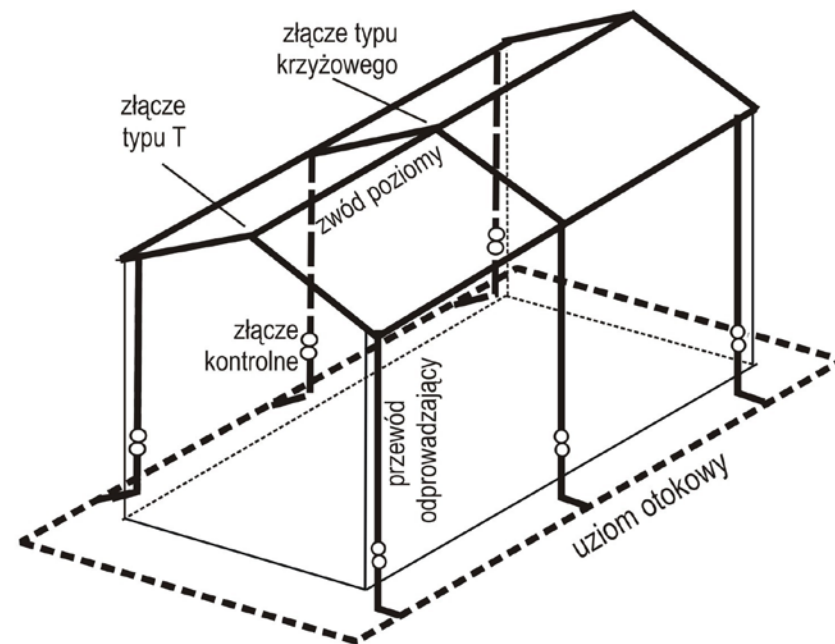
Wśród najważniejszych wymagań instalacyjnych, które powinny być przestrzegane przez wykonawcę urządzeń piorunochronnych, należy wymienić elementy urządzenia piorunochronnego (LPS), które bez uszkodzenia powinny wytrzymać elektromagnetyczne skutki prądu pioruna i przewidywalne przypadkowe napięcia. Można to osiągnąć przez dobór i stosowanie elementów, które przeszły pomyślnie badania zgodne z normą wieloczęściową PN-EN 62561.

Projektant i wykonawca urządzenia piorunochronnego (LPS) powinien zweryfikować właściwości użytych materiałów. Można to osiągnąć, na przykład żądając certyfikatów probierczych i raportów od producentów, wykazujących, że materiały przeszły pomyślnie próby jakości.

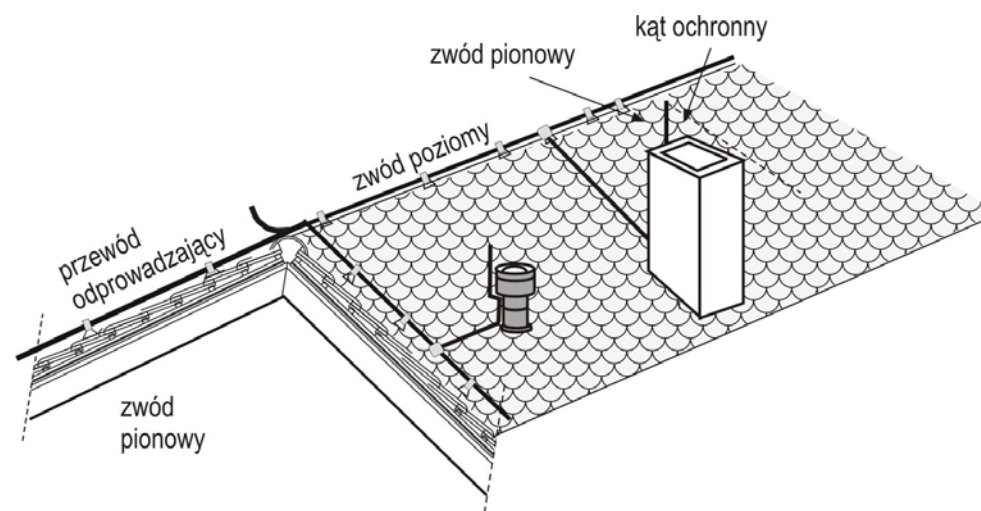
Zewnętrzne urządzenia piorunochronne składają się ze zwodów, przewodów odprowadzających i uziemień. Względny techniczny wskazują na potrzebę poświęcenia wyszczególnionym elementom w podanej kolejności nieco uwagi.

8.1.1. ZWODY

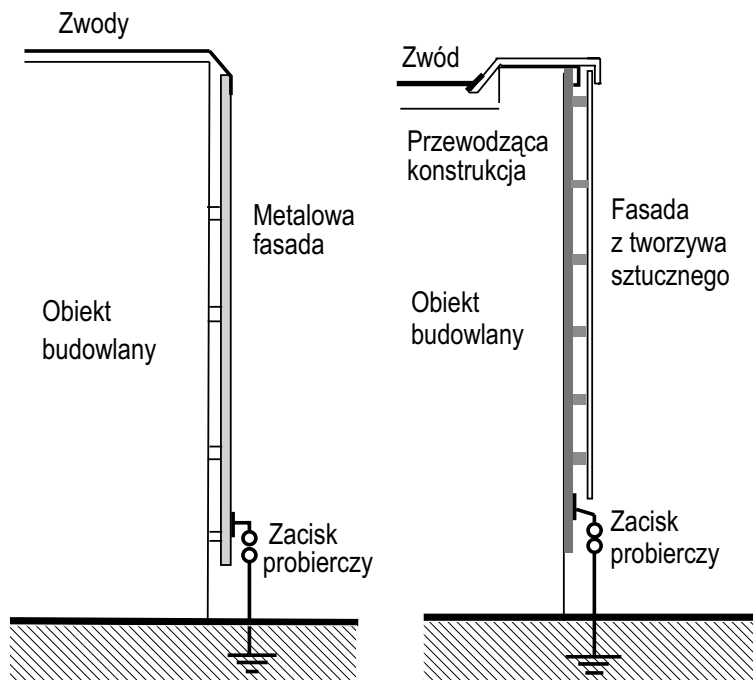
Elementy te służą do przechwytywania wyładowań piorunowych na dachach, elewacjach i innych konstrukcjach obiektu budowlanego. W większości przypadków są one układane poziomo na powierzchni dachu. Należy pamiętać, że podczas przepływu prądu piorunowego zwody mogą ulec rozgrzaniu, stąd też nie powinny one stykać się z powierzchnią dachu wykonaną z materiału łatwopalnego. Wykonując sieć zwodów należy prowadzić je możliwie najkrótszymi i bezpośrednimi trasami. Sieć zwodów powinna zapewniać co najmniej dwie różne drogi przepływu prądu wyładowania piorunowego do ziemi, bez względu na miejsce, w którym dojdzie do wyładowania. Na rys. 12 do rys. 18 przedstawiono różne sposoby instalacji zwodów. Na dachach krytych dachówką, o kącie nachylenia połaci dachu do poziomu większym niż 30° , jeden z przewodów sieci zwodów powinien być prowadzony na kalenicę dachu (rys. 12 i rys. 13). Metalowe części budynku znajdujące się na powierzchni lub nad powierzchnią dachu należy połączyć z najbliższym zwodem lub przewodem odprowadzającym prąd piorunowy (rys. 14). Dotyczy to kominów, metalowych masztów anten (tylko wtedy gdy nie można w przestrzeni chronionej umieścić całego masztu), wyciągów, barier, ram okiennych [AS, RM]. Montując takie zwody, należy koniecznie zwrócić uwagę na zachowanie odstępów bezpiecznych i wyeliminowanie możliwości wystąpienia przeskoków iskrowych od zwodów do elementów przewodzących wewnątrz budynków. Dopuszczenie do przeskoków iskrowych i niekontrolowany rozptył prądu udarowego w elementach przewodzących wewnątrz obiektu budowlanego może spowodować znaczne szkody materialne oraz stworzyć zagrożenie dla ludzi przebywających w obiekcie (rys. 15 i rys. 16). Dokładny sposób określania odstępów bezpiecznych przedstawiono w załączniku C normy PN-EN 62305-3 [12].



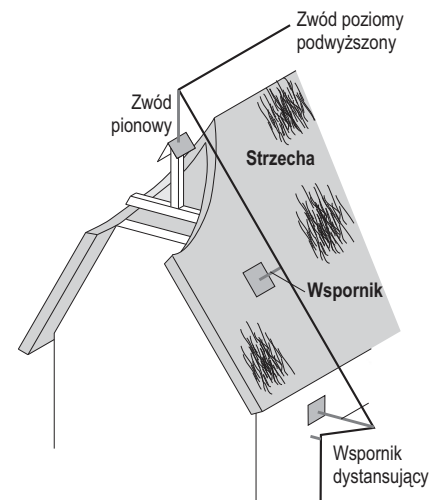
Rys. 12. Zwody na dachu dwuspadowym o kącie większym niż 30° .



Rys. 13. Zwód na kalenicę i na kominie z materiałów nieprzewodzących.

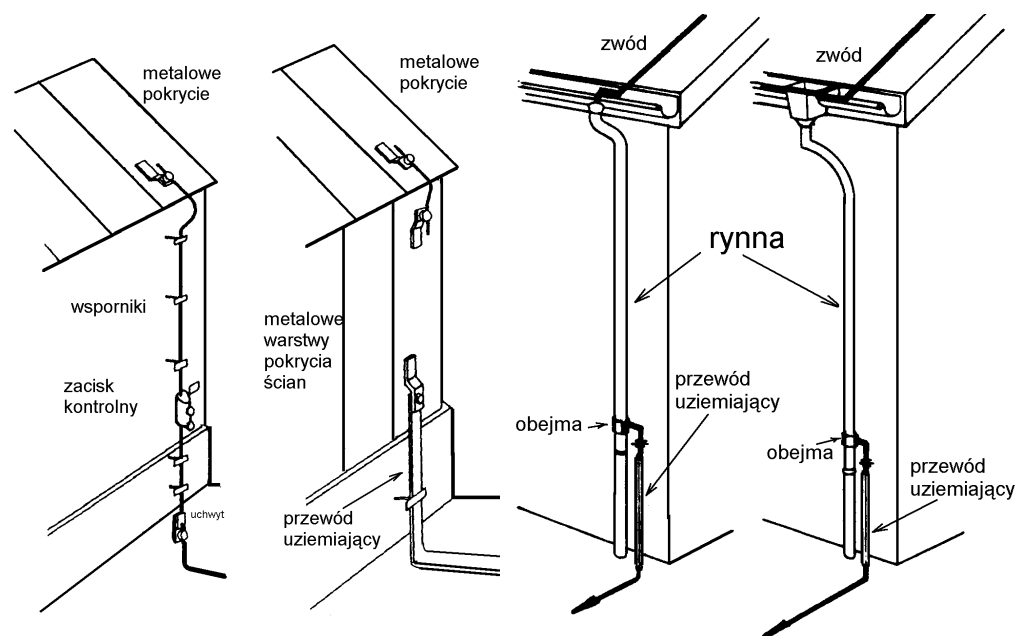
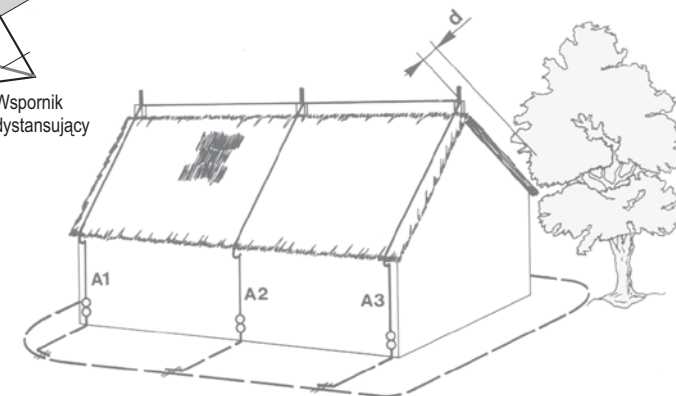


Rys. 14. Połączenie zwodu z przewodzącymi i nieprzewodzącymi fasadami.

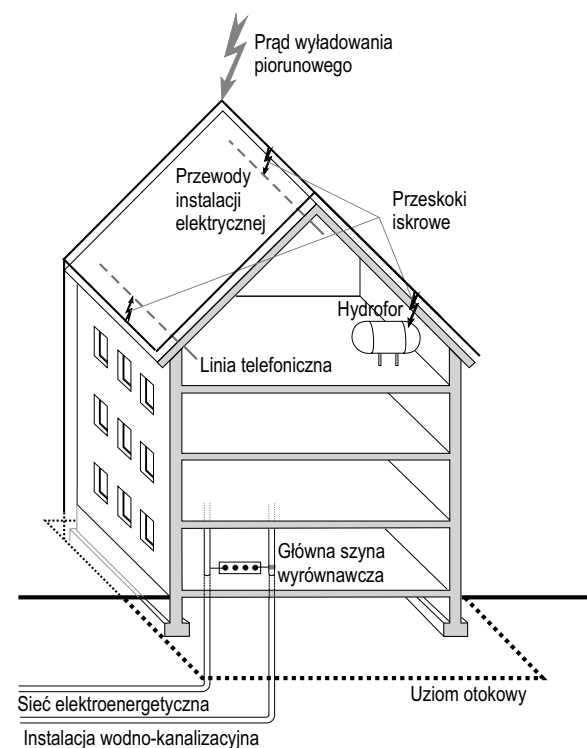


Minimalna odległość pomiędzy gałęziami drzewa (w przypadku bezpośredniego trafienia w drzewo) a dachem z materiału łatwopalnego, jaka powinna zapewnić ochronę przed tego rodzaju zagrożeniem wynosi $d = 2 \text{ m}$.

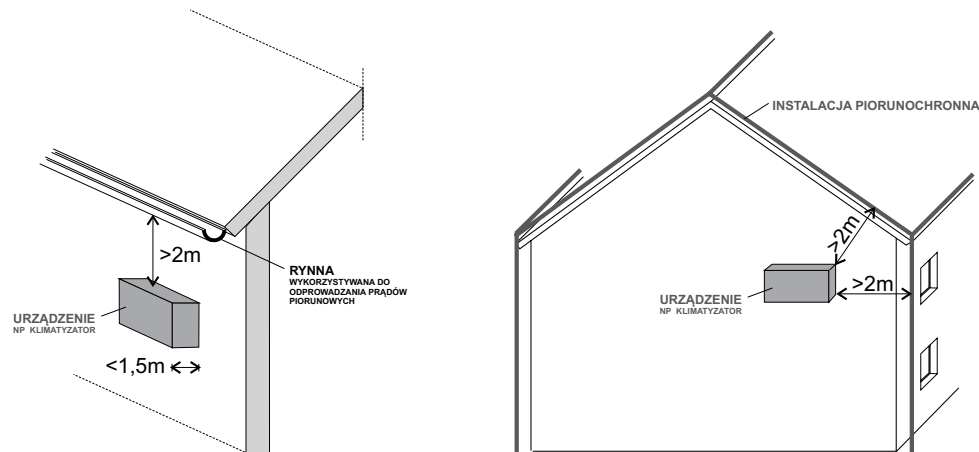
Rys. 16. Zwody podwyższone na dachach krytych słomą lub łatwopalnym materiałem.



Rys. 15. Przykładowe rozwiązania zwodów i ich połączeń z przewodami nadprowadzającymi z wykorzystaniem metalowych elementów konstrukcji (dach, ściany) oraz rynny.



Rys. 17. Przeskoki iskrowe pomiędzy elementami instalacji piorunochronnej a instalacjami wewnątrz obiektu budowlanego.



Rys. 18. Odległości urządzenia od elementów z prądem.

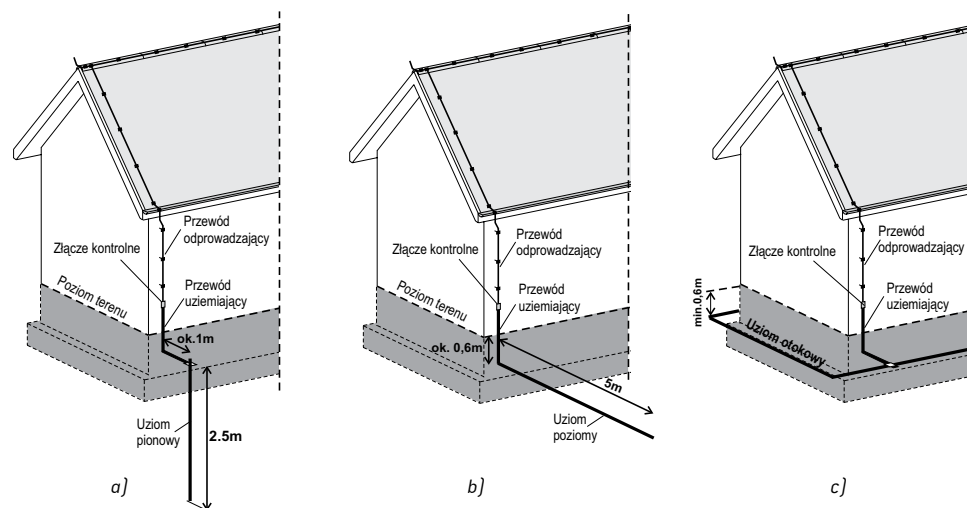
8.1.2. UZIEMIENIA

Uziomami są zespoły elementów metalowych umieszczonych w gruncie, których zadaniem jest zapewnienie niskoimpedancyjnej drogi przepływu do ziemi prądów piorunowych oraz poprawności działania układów ochrony przepięciowej. Układ uziemiający powinien również:

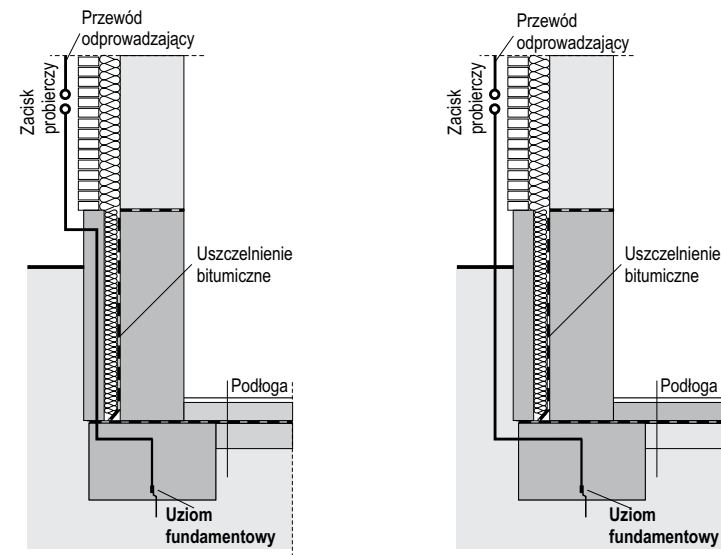
- spełniać wymagania stawiane uziemieniom roboczym,
- zapewnić ochronę przebywających wewnątrz ludzi, urządzeń i instalacji przez oddziaływanie niebezpiecznych napięć i prądów przez sprowadzenie do wspólnego potencjału ziemi wszystkich metalowych konstrukcji i instalacji znajdujących się w obiekcie,

- zapewnić poprawne współdziałanie wszystkich systemów pracujących w obiekcie (np. instalacje elektryczne, systemy informatyczne, telekomunikacyjne).

W świetle normy PN-EN 62305-3:2011 [12] rozróżniamy dwa rodzaje uziomów sztucznych: typu A (uziom pionowy lub poziomy) i typu B (uziom otokowy). Przykładowe rozwiązania zamieszczono na rys. 19. W praktyce bardzo często wykorzystuje się zbrojenie budynku posadowione w gruncie i zalane betonem jako uziom fundamentowy (patrz rys. 20). W większości przypadków uziomy fundamentowe są klasyfikowane jako uziom typu B.



Rys. 19. Uziomy sztuczne: a) pionowy, b) poziomy oraz c) otokowy w obiekcie budowlanym.



Rys. 20. Uziom fundamentowy.

8.2. Podstawowe zasady instalacji urządzeń przeciwprzepięciowych

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

Urządzenia do ograniczania przepięć stosowane obecnie

w instalacjach elektrycznych wewnątrz obiektów budowlanych zawierają, co najmniej, jeden element nieliniowy „ucinający przepięcie” lub ograniczający jego wartość szczytową.

Tabela 2 przedstawia podstawowe informacje o właściwościach typowych urządzeń ograniczających przepięcia.

Typ SPD	Klasa prób	Przeznaczenie
Typ 1 Ucinający napięcie	Klasa I	Ochrona przed bezpośrednim oddziaływaniem części prądu piorunowego, przepięciami atmosferycznymi oraz wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi, wyrównywanie potencjałów instalacji wchodzących do obiektu budowlanego.
Typ 2 Ograniczający napięcie	Klasa II	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi lub przepięciami „przepuszczonymi” przez urządzenia ochrony przepięciowej badane zgodnie z wymaganiami klasy I.
Typ 3 Kombinowany	Klasa III	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi i przepięciami łączeniowymi powstającymi w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.
Typ SPD		Właściwości
Typ 1 Ucinający napięcie		Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na występowanie udaru napięciowego. Elementy stosowane do „ucinań napięcia” – iskierniki *, rury gazowe, tyrystory i triaki.
Typ 2 Ograniczający napięcie		Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu prądu uderowego i napięcia. Podstawowe elementy – warystory* i diody ograniczające.
Typ 3 Kombinowany		Zawiera zarówno element ucinający napięcie, jak i element ograniczający napięcie mogą ucinąć napięcie, ograniczać napięcie lub spełniać te obie funkcje w zależności od charakteru doprowadzonego napięcia (np. równoległe lub szeregowe połączenie iskiernika z warystorem).
*) najczęściej stosowane elementy		

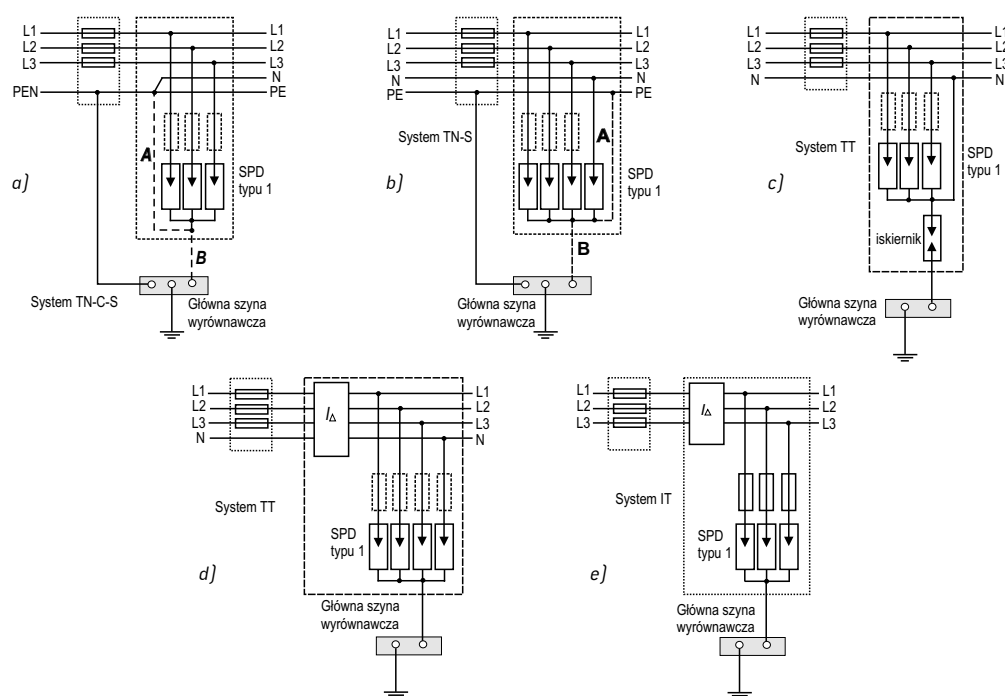
Tabela 2. Charakterystyka urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym [16].

W zależności od przeznaczenia, SPD powinny być poddane próbom klasy I, II lub III. Urządzenia do ograniczania przepięć badane zgodnie z wymogami poszczególnych klas będą nazywane odpowiednio SPD typu 1, 2 lub 3.

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

W systemach sieci TN i TT:

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



Rys. 21. Układy połączeń SPD typu 1 w różnych systemach sieci.

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

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

- zdolnością gaszenia prądów następczych bez stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych włączanych w szereg z SPD,

W systemach sieci IT:

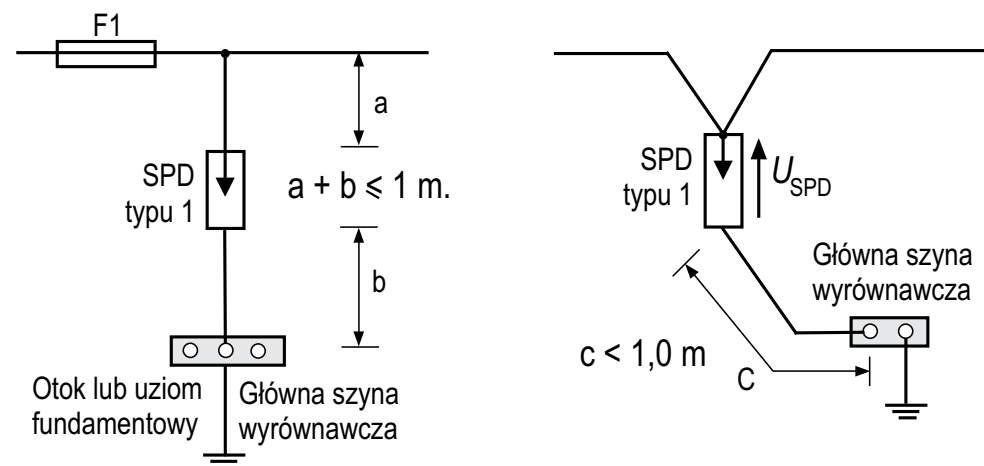
- między każdy przewód fazowy a ziemię oraz, jeżeli jest przewód neutralny, między przewód neutralny a ziemię.

Na rys. 21 przedstawiono typowe układy połączeń SPD w różnych systemach sieci. Jeśli w systemie sieci TN występują połączenia pomiędzy SPD a szyną wyrównawczą przekraczające wymagane długości, to wskazane jest łączenie ograniczników z przewodem PE [alternatywne połączenia oznaczane odpowiednio A i B na rys. 21]. W systemie sieci TT istnieje możliwość zastosowania układu 4 urządzeń do ograniczania przepięć (rys. 21d) tzw. połączenie typu 1 [9], [13] lub układu zawierającego 3 urządzenia do ograniczania przepięć oraz iskiernik nazywany również SPD N-PE (rys. 21c). Taki układ nazwano połączeniem typu 2.

- nie powodować działania zabezpieczeń nadprądowych w instalacji przed SPD,
- łatwością montażu.

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

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



Rys. 22. Zalecane długości przewodów stosowanych do połączeń SPD.

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

Oceniając poziomy przepięć „przepuszczonych” do instalacji, należy uwzględnić nie tylko spadki napięć na samych SPD, ale również spadki napięć na przewodach wykorzystywanych do ich połączenia [rys. 22].

8.3. Ochrona systemów fotowoltaicznych

Z uwagi na swoje umiejscowienie oraz rozległość instalacji systemy fotowoltaiczne są szczególnie narażone na zagrożenia spowodowane przez wyładowanie piorunowe. Mogą to być zagrożenia bezpośrednie związane z przepływem prądu piorunowego przez elementy instalacji, jak też zagrożenia przepięciami indukowanymi w przypadku pobliskiego wyładowania piorunowego.

Systemy fotowoltaiczne są przyłączone do innych instalacji w budynku, stąd trafienie bezpośrednie w elementy instalacji lub powstałe w instalacji przepięcie może oddziaływać na inne urządzenia elektryczne i elektroniczne wewnątrz budynku.

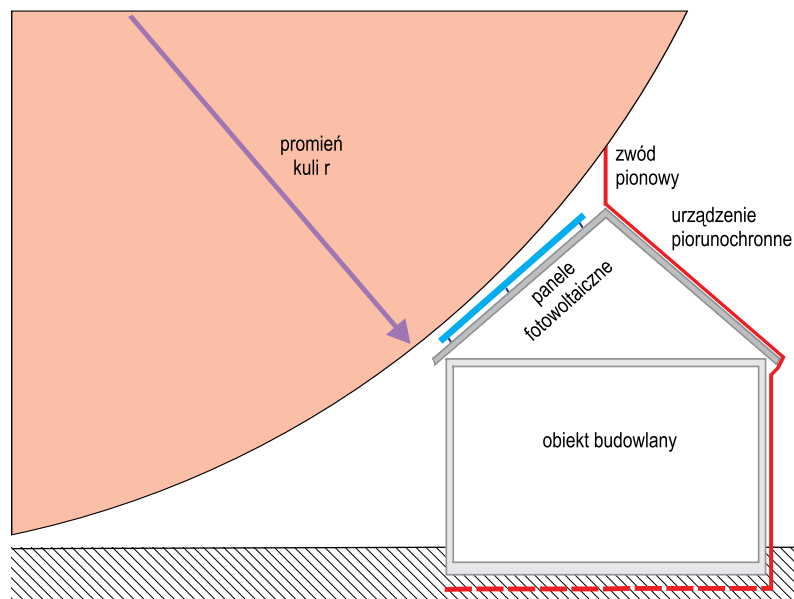
Ponieważ wielkość energii elektrycznej pozyskiwanej dzięki pracy paneli fotowoltaicznych zależy od powierzchni fotoogniw, w przypadkach dużych obiektów znacznie wzrasta ryzyko zagrożenia piorunowego. Jest więc technicznie i ekonomicznie uzasadnione dążenie do minimalizacji możliwych zagrożeń poprzez stosowanie ochrony odgromowej i przepięciowej dla

instalacji fotowoltaicznych.

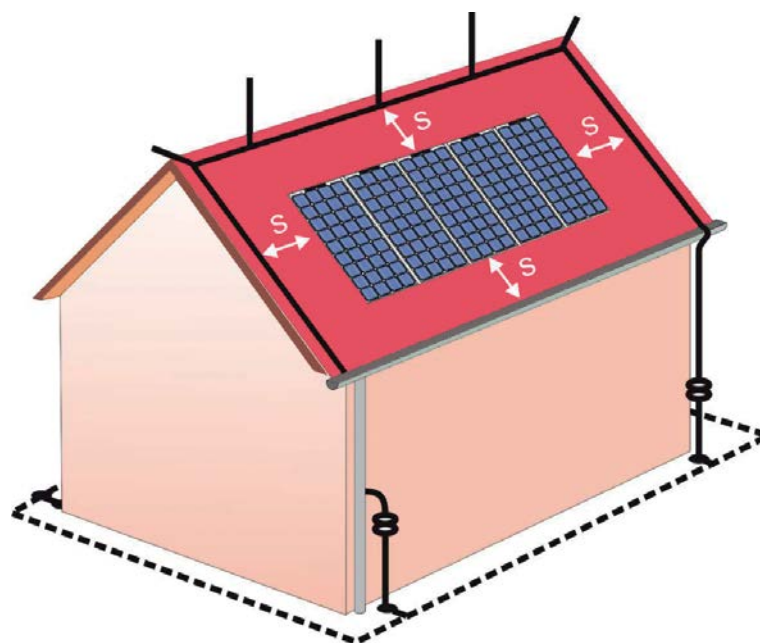
Ochronę odgromową paneli PV należy projektować z wykorzystaniem zaleceń zawartych w normach dotyczących ochrony odgromowej. Przyjmuje się dwie podstawowe zasady dobierania zwodów pionowych:

- rozmieszczenie zwodów jest uznane za odpowiednie, jeżeli obiekt poddawany ochronie jest usytuowany całkowicie w przestrzeni chronionej utworzonej przez układ zwodów,
- do określenia chronionej przestrzeni powinny być brane pod uwagę jedynie rzeczywiste fizyczne wymiary układu metalowych zwodów, (przykładowa analiza przedstawiona została na rys. 23).

Jeżeli urządzenie piorunochronne zostało poprawnie zaprojektowane i wykonane, panele będą chronione przed trafieniem bezpośrednim.



Rys. 23. Określanie przestrzeni chronionej metodą toczącej się kuli.



Rys. 24. Zachowanie odstępu izolacyjnego pomiędzy elementami LPS i elementami instalacji PV.

Aby zapobiec wnikaniu do wnętrza budynku części prądu piorunowego, konieczne jest zapewnienie bezpiecznego odstępu izolacyjnego pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego i elementami instalacji PV (patrz rys. 24). Dlatego, projektując zewnętrzne urządzenie piorunochronne dla zamontowanych na dachu paneli, należy zapewnić odstęp izolacyjny s (obliczony zgodnie z pkt. 6.3 normy PN-EN 62305-3 [12]). Od tego, czy zrealizowany zostanie wymóg zachowania odstępu s , zależy również typ ogranicznika przepięć, który będzie chronić instalacje stałoprądowe.

- Oceniając wymagane odstępy izolacyjne, należy uwzględnić:
- parametry prądu piorunowego,
 - rodzaj materiału izolacyjnego, jaki występuje pomiędzy

chronionym urządzeniem a elementem z prądem piorunowym w miejscu zbliżenia,

- podział prądu piorunowego w przewodach urządzenia piorunochronnego lub w przewodzących elementach konstrukcyjnych obiektu wykorzystywanych do ochrony odgromowej,
- odległość od miejsca zbliżenia, w którym może wystąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi (odległość liczona wzdłuż przewodów, w których płynie prąd piorunowy).

Określając minimalną wartość odstępów izolacyjnych, należy posługiwać się zależnością przedstawioną w pkt. 6.3 normy PN-EN 62305-3:2009 [12].



Rys. 25. Sposób montażu zwodu na kalenicy.

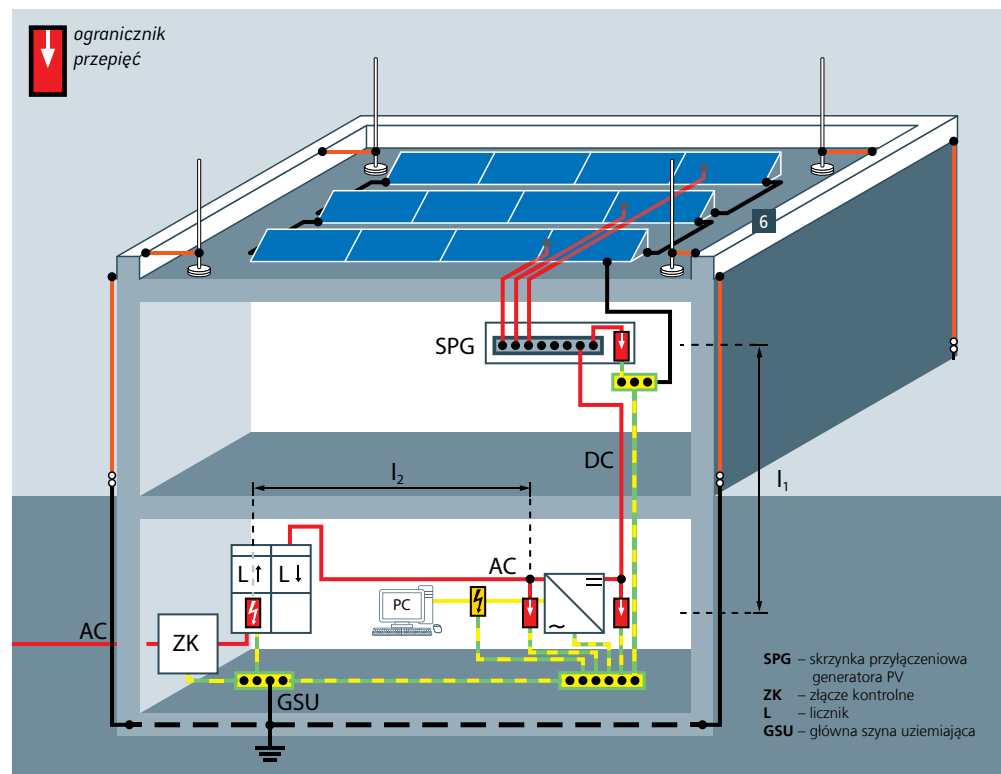


Rys. 26. Obiekt budowlany z panelami fotowoltaicznymi chroniony przed wylądowaniami piorunowymi.

Zastosowanie przewodów o izolacji wysokonapięciowej umożliwia prowadzenie przewodów odprowadzających na lub pod pokryciem dachowym bez niebezpieczeństwa wystąpienia przeskoków iskrowych do innych instalacji elektrycznych w chronionym obiekcie. Dzięki specjalnej budowie powłoki zewnętrznej, przewód może być malowany (tylko przewód – malowanie głowicy końcowej jest niedopuszczalne). Zastosowane do malowania przewodu farby muszą być dopuszczone do stosowania z PVC. Farby mogą być rozpuszczalne w wodzie, mogą także zawierać rozpuszczalniki. Dzięki temu

przewód odprowadzający może być zharmonizowany z kolorem ściany budynku, a tym samym nie będzie zakłócać estetyki ścian zewnętrznych.

Panele fotowoltaiczne powinny być chronione od przepięć dedykowanymi ogranicznikami przepięć zgodnie ze strefową koncepcją ochrony. Dobierając ograniczniki przepięć należy pamiętać, że układy fotowoltaiczne pracują z prądem i napięciem stałym. Konieczne zatem jest stosowanie ograniczników przepięć mogących gasić następczy stały prąd zwarciovowy.



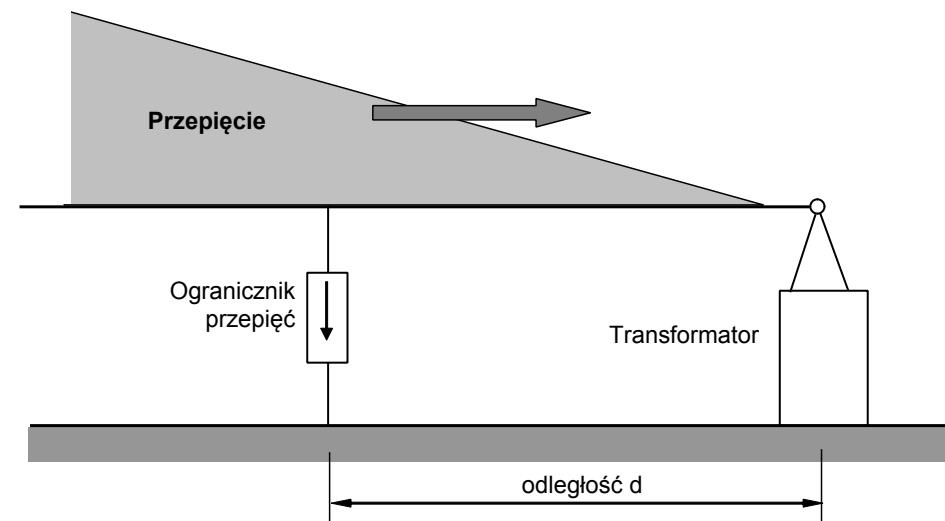
Rys. 27. Schemat blokowy obiektu budowlanego wyposażonego w system fotowoltaiczny.

8.4. Ochrona stacji SN/nn

Cała stacja SN/nn powinna się znajdować w strefie chronionej od bezpośrednich wyładowań piorunowych przy pomocy zwodów pionowych/poziomych. Powinny one być rozmieszczone zachowaniem wytycznych norm odgromowych. Należy pamiętać, iż najważniejszym, najdroższym elementem stacji elektroenergetycznej SN/nn jest transformator. Każdy instalowany transformator w stacji SN/nn powinien być chroniony od przepięć przy pomocy ograniczników przepięć zainstalowanych między każdą fazą a ziemią, po stronie SN jak i nn. Ogranicznik przepięć powinien być dobrany stosownie do najwyższego napięcia sieci, współczynnika zwarcia doziemnego sieci, maksy-

malnego czasu trwania zwarcia doziemnego, prądu zwarciovowego w miejscu zainstalowania ogranicznika, warunków zabrudzeniowych, przewidywanej pozycji pracy, sposobu i miejsca instalacji, obciążeń mechanicznych.

Skuteczność działania ogranicznika przepięć zależy od poziomu ochrony ogranicznika oraz odległości ogranicznika względem chronionego transformatora. Za duża długość przewodów połączeniowych powoduje ograniczenie skuteczności ochrony.



Rys. 28. Rozchodząca się fala przepięciowa ilustrująca wpływ odległości d między ogranicznikiem przepięć a transformatorem na skuteczność ochrony przepięciowej.

Po dojściu fali do transformatora następuje praktycznie jej podwojenie i zaczyna ona biec w powrót. Na ograniczniku początkowo panuje napięcie fali padającej, a potem pojawia się fala odbita. Po zadziałaniu ogranicznika ograniczona fala dotrze do transformatora po czasie potrzebnym na pokonanie odległości d (rys. 28). Napięcie na transformatorze osiągnie wyższe war-

tości w porównaniu z napięciem na ograniczniku. Skuteczność ochrony spadnie, zaś narażenie transformatora wzrośnie.

Optymalnym rozwiązaniem jest instalowanie ograniczników przepięć w bezpośrednim sąsiedztwie zacisków fazowych chronionego transformatora.

8.5. Najczęściej popełniane błędy i ich skutki

Podczas instalacji urządzeń piorunochronnych, w tym urządzeń do ograniczania przepięć, popełnianych jest bardzo dużo błędów, które powodują znaczne straty finansowe. Do głównych błędów zaliczamy:

8.5.1. NIEPRZESTRZEGANIE ZALECEŃ NORM OCHRONY ODGROMOWEJ

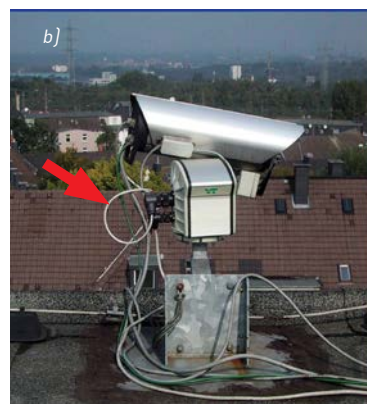
1) Zupełny brak urządzeń piorunochronnych pomimo wymagań ustanowionych mocą obowiązujących przepisów, m.in. prawa budowlanego, norm itp.

2) Umieszczanie urządzeń elektrycznych i elektronicznych w przestrzeni nie chronionej przez zwody – tj. instalowanie urządzeń wyżej niż zwód piorunochronny. Dokładanie dodatkowych urządzeń, instalacji elektrycznych, elektronicznych i telekomunikacyjnych bez ponownej analizy zagrożenia piorunowego i ewentualnego doposażenia urządzeń piorunochronnych w zwody przechwytyjące wyładowania piorunowe.

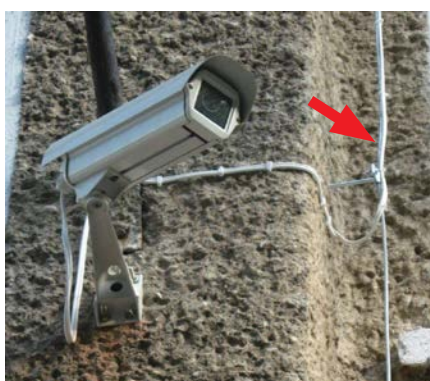
Przykłady takich błędnych rozwiązań przedstawiono na kolejnych częściach rys. 29 i rys. 30.



Rys. 29. Antena telewizyjna (a) i Wi-Fi (b) zamontowana wyżej niż zwód pionowy na dachu.



Rys. 30. Antena telewizyjna i klimatyzator (a) oraz kamera CCTV (b) umieszczone wyżej niż zwód poziomy na dachu.



Rys. 31. Kabel podłączony do kamery CCTV prowadzony bezpośrednio wzdłuż przewodu odprowadzającego prąd piorunowy do ziemi.

3) Prowadzenie przewodów instalacji elektrycznych, elektronicznych i telekomunikacyjnych wzdłuż zwodów lub przewodów odprowadzających prąd piorunowy (rys. 31).

4) Bezpośrednie mocowanie zwodów i przewodów odprowadzających do urządzeń instalowanych na dachu, np.: do klimatyzatorów (rys. 32).



Rys. 32. Zwody pionowe (a) i przewód odprowadzający prąd piorunowy do uziomu bezpośrednio przymocowane do klimatyzatorów i anteny SAT.



Rys. 33. Zwód poziomy na dachu bezpośrednio obok klimatyzatora.



Rys. 34. Przewód odprowadzający prąd piorunowy w bezpośrednim sąsiedztwie instalacji kominowej i grzewczej.



Rys. 35. Różnorodne instalacje elektryczne, radionadawcze i klimatyzacyjne prowadzone wzdłuż przewodu odprowadzającego prąd piorunowy.

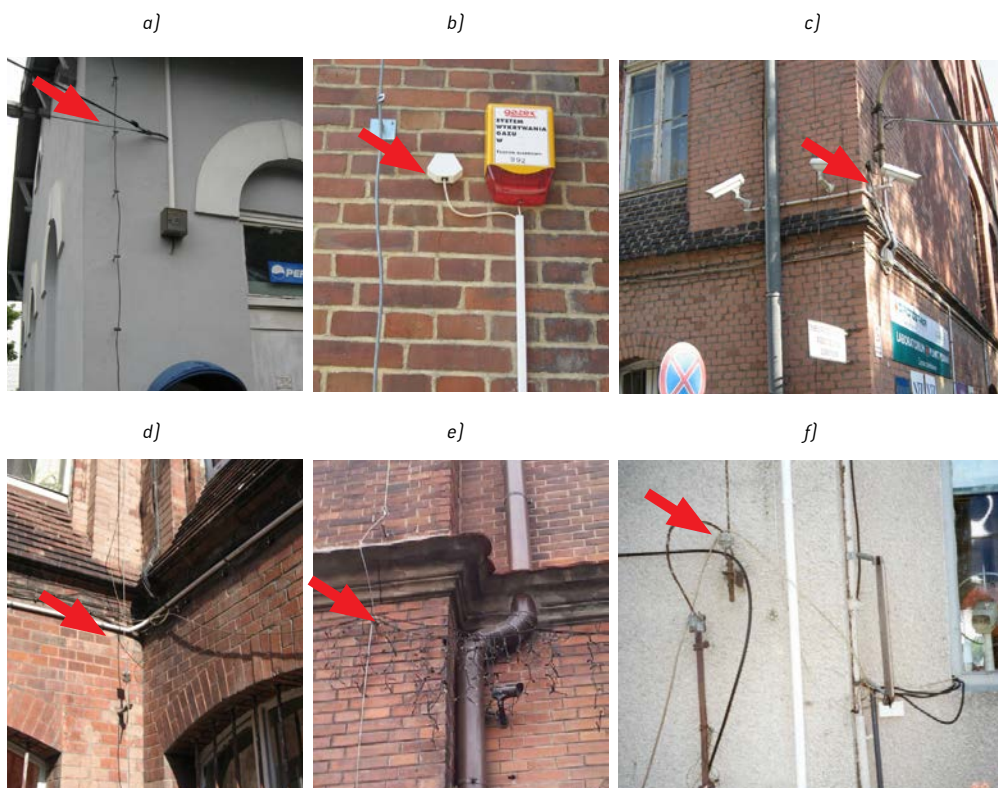


Rys. 36. Antena radionadawcza umieszczona wyżej niż zwód poziomy na dachu oraz podłączona do przewodu odprowadzającego prąd piorunowy.



Rys. 37. Okablowanie anten radionadawczych prowadzone wzdłuż przewodu odprowadzającego prąd piorunowy.

5) Niezachowanie odstępu bezpiecznego pomiędzy urządzeniami i instalacjami zainstalowanymi a zwodami lub przewodami odprowadzającymi (rys. 6.18 a, b, c, d, e, f). Niebezpieczeństwo przeskoku iskrowego do urządzenia lub instalacji.



Rys. 38. Niezachowanie odstępu bezpiecznego pomiędzy urządzeniami i instalacjami zainstalowanymi a zwodami lub przewodami odprowadzającymi: a) między linią telekomunikacyjną podłączoną do budki telefonicznej a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy, b) między czujnikiem gazu a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy, c) między instalacją telewizyjną a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy, d) między wiązką różnorodnego okablowania a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy, e) między oświetleniem świetlnym i kamerą monitoringu a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy, f) między siecią LAN a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy.

6) Niezachowanie odstępu bezpiecznego w urządzeniach elektroenergetycznych, np.: w układach reklozów, systemach sterowania i nadzoru, radioliniach itp.



Rys. 39. Brak właściwych odstępów bezpiecznych między systemem radionadawczym a przewodem odprowadzającym prąd piorunowy.



Rys. 40. Brak właściwych odstępów bezpiecznych między wyjściami niskiego napięcia przekładników a konstrukcją nośną wykorzystaną do odprowadzania prądu piorunowego.

7) Niezachowanie odstępu bezpiecznego pomiędzy zwodami na dachu a instalacjami i urządzeniami instalowanymi bezpośrednio pod poszyciem dachowym (rys. 41).



Rys. 41. Kable wyjściowe z paneli PV prowadzone za blisko przewodu odprowadzającego prąd piorunowy.

8) Błędy projektowe, wykonywanie projektów metodą kopiuj-wklej lub na podstawie szablonu (rys. 42).

obwód	zasilanie podstawowe	ochronnik przepięciowy klasy B+C typu 2	sygnalizacja obecności napięcia	oświetlenie
moc [kW]	9,8	SPB-12/280/4		0,05
oznaczenie kabli	wg projektów sieci			N4
rodzaj kabli	YKY 4*16			YDY20 3*1

Rys. 42. Błędy projektowe zalecające stosowanie starych, niezgodnych z obowiązującymi normami ograniczników przepięć tzw. „B+C”.

9. PODSTAWOWE ZASADY KONSERWACJI URZĄDZEŃ PIORUNOCHRONNYCH I PRZECIWPRZEPIĘCIOWYCH. NAJCZĘŚCIEJ POPEŁNIANE BŁĘDY I ICH SKUTKI.

W normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych PN- EN-62305-3 [12] zostały szczegółowo zapisane zasady postępowania przy tworzeniu skutecznego urządzenia piorunochronnego. Aby na końcu procesu projektowania i wykonania takiego urządzenia piorunochronnego uzyskać w sposób ekonomiczny oczekiwany skutek, to prace projektowe (z uwzględnieniem planowanych w obiekcie urządzeń wewnętrznych) powinny być wykonane w ramach fazy projektowania całego budynku, jeszcze przed jego budową. Takie rozwiązanie pozwala zoptymalizować wykorzystanie naturalnych elementów obiektu jako elementów LPS. Jednocześnie możliwy jest wybór kompromisowego rozwiązania w rozmieszczeniu oprzewodowania i lokalizacji urządzeń. Nie bez znaczenia jest też sprawa kosztów, ponieważ koszt urządzeń piorunochronnych w przypadku nowych obiektów jest na ogół znacznie

niższy niż wykonanie kompleksowej ochrony przed LEMP dla przebudowywanych/modernizowanych istniejących obiektów, wyposażanych w wiele nowych urządzeń elektronicznych.

Właściwa ochrona przed LEMP może być uzyskana tylko wtedy, kiedy spełnione zostały następujące warunki:

- przez specjalistę zostały określone niezbędne warunki ochrony odgromowej,
- od samego początku projektowania obiektu zadbano o dobrą koordynację między różnymi specjalistami branżowymi, zaangażowanymi w konstruowanie budynku oraz samego LPMS (np. inżynierów budowlanych i elektryków),
- jest przestrzegany przedstawiony w normie plan zarządzania (przeglądy i konserwacja).

9.1. Zakres przeglądów

Przegląd LPS powinien być przeprowadzany przez specjalistę ochrony odgromowej zgodnie z zaleceniami podanymi w załączniku E.7.

Inspektor (w rozumieniu normy – osoba nadzorująca, kontrolująca) powinien dysponować raportem na temat projektu LPS, obejmującym niezbędną jego dokumentację oraz dane obejmujące:

- kryteria projektowe,
- część opisową projektu,
- rysunki techniczne dotyczące LPS.

Inspektor powinien również otrzymać poprzednie raporty z przebiegu konserwacji i kontroli LPS.

Zalecane jest, aby całe urządzenie piorunochronne (LPS) było sprawdzane w następujących przypadkach:

- podczas wykonywania LPS (dotyczy to zwłaszcza prac związanych z instalowaniem elementów, które są ukryte w obiekcie i będą niedostępne po ukończeniu budowy);
- po ukończeniu montażu LPS;
- na podstawie uregulowań zawartych w poniższej tablicy.

Poziom ochrony	Ogledziny (rok)	Pełne sprawdzenie (rok)	Pełne sprawdzenie urządzeń krytycznych (rok)
I i II	1	2	1
III i IV	2	4	1

UWAGA! LPS stosowane w przypadkach obejmujących obiekty zagrożone wybuchem powinny być poddawane oględzinom co 6 miesięcy. Próby elektryczne instalacji powinny być wykonywane raz na rok.

Dopuszczalnym wyjątkiem od rocznego planu badań byłoby wykonywanie ich w cyklu 14-15 miesięcznym, tam gdzie uznaje się za korzystne przeprowadzanie badań rezystancji uziemienia w różnych okresach roku tak, aby uchwycić zmiany sezonowe.

Tabela 3. Maksymalny okres pomiędzy kolejnymi przeglądami LPS.

Podana częstość przeglądów powinna być stosowana tam, gdzie nie ma szczególnych wymagań ze strony władz prawnych.

Dodatkowo w zapisach ustawy „Prawo budowlane” określono wymagania w zakresie kontroli LPS.

Art. 62.

1. Obiekty budowlane powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę:

- 1) okresowej kontroli, co najmniej raz w roku, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznej sprawności:
 - a) elementów budynku, budowli i instalacji narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne i niszczące działania czynników występujących podczas użytkowania obiektu,
 - b) instalacji urządzeń służących ochronie środowiska,
 - c) instalacji gazowych oraz przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych),

2) okresowej kontroli, co najmniej raz na 5 lat, polegającej na sprawdzeniu stanu sprawności technicznej i wartości użytkowej całego obiektu budowlanego, estetyki obiektu oraz jego otoczenia; kontrolą tą powinno być objęte również badanie **instalacji elektrycznej i piorunochronnej** w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

W normie PN-EN 62305-3 dodano również uwagę, że jeżeli władze krajowe lub instytucje wymagają regularnych badań urządzeń elektrycznych obiektu, to zaleca się przeprowadzanie badań LPS, z uwagi na działania wewnętrznych środków ochrony łącznie z połączeniami wyrównawczymi ochrony odgromowej, w tym samym czasie co urządzeń elektrycznych.

Starsze urządzenia należy w sposób analogiczny powiązać z klasami ochrony odgromowej albo okresy ich badań powin-

ny być wzięte z lokalnych lub innych wymagań technicznych, takich jak wytyczne budowlane, przepisy techniczne, przepisy bezpieczeństwa przemysłowego i ochrony pracy.

Ogledziny LPS należy przeprowadzać przynajmniej raz w roku. Na niektórych obszarach, gdzie występują poważne zmiany pogody lub panują wyjątkowe warunki pogodowe, zaleca się dokonywanie oględzin urządzenia znacznie częściej niż podano w tablicy.

Jeżeli badanie LPS stanowi część planowanego przez użytkownika programu konserwacji albo jest przedmiotem **wymagań ubezpieczyciela, tam może zaistnieć doroczna potrzeba** przeprowadzania pełnych badań LPS.

Okres pomiędzy kolejnymi badaniami LPS powinien być określony z uwzględnieniem następujących czynników:

- klasyfikacji chronionego obiektu, szczególnie z uwagi na powodowane szkodami skutki; (klasyfikacja obiektów oraz skutki oddziaływania pioruna podano w tablicy 1 normy PN-EN 62305-1 [12]);
- klasa LPS;
- lokalnego środowiska, np. w środowisku o atmosferze korozyjnej okres badań powinien być skrócony;
- materiałów poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego (tablica 5 w normie PN-EN 62305-3 [12] podaje materiały stosowane na LPS i ich stosowanie);
- rodzaju powierzchni, do której są mocowane elementy urządzenia piorunochronnego;
- warunków gruntu i związanego z nimi tempa korozji.

LPS powinien być badany po:

- jakiegokolwiek zmiany lub naprawach chronionego obiektu,

- każdym zidentyfikowanym wyładowaniu piorunowym w LPS.

Zgodnie z normą PN-EN 62305-3 [12]:

pełne oględziny i badania LPS powinny być przeprowadzane co dwa do czterech lat.

Urządzenia w krytycznych warunkach środowiskowych, np.:

- części LPS narażone na poważne naprężenia mechaniczne, takie jak paski giętkich połączeń w obszarach silnego wiatru,
 - SPD na rurociągach,
 - napowietrzne połączenia kabli itd.,
- powinny być każdego roku poddawane pełnemu sprawdzeniu.

Poprawa układu uziemienia powinna być rozważana, gdy w mierzonych wartościach rezystancji występują większe jej zmiany niż przewidziano w projekcie, a zwłaszcza, gdy rezystancja niezmiennie wzrasta między sprawdzeniami.

W zakresie sposobów poprawy rezystancji uziemień istnieje norma PN-EN 62561-7:2012 [17], która dopuszcza zastosowanie środków chemicznych zmniejszających długotrwale rezystywność gruntu.

Uzyskany efekt musi być potwierdzony wynikami pomiarów z wykorzystaniem metody jak najbardziej odzwierciedlającej rzeczywiste warunki panujące podczas doziemnego wyładowania piorunowego.

Procedura sprawdzania LPS

Celem sprawdzania jest upewnienie się, czy LPS odpowiada pod każdym względem niniejszej normie (tj. PN-EN 62305). Sprawdzenie obejmuje:

- kontrolę dokumentacji technicznej,
- oględziny,
- wykonanie prób,
- rejestrację danych w raporcie.

Sprawdzenie dokumentacji technicznej

Dokumentacja techniczna powinna być sprawdzona pod względem:

- kompletności,
- zgodności z normą PN-EN 62305,
- zgodności powykonawczej.

Ogledziny

Ogledziny urządzeń piorunochronnych wykonuje się w celu stwierdzenia, że:

- projekt LPS jest zgodny z normą PN-EN 62305;
- urządzenie piorunochronne znajduje się w dobrym stanie;
- nie ma obluzowanych połączeń i przypadkowych przerw w przewodach i złączach LPS;
- żadna część LPS nie została osłabiona przez korozję, zwłaszcza na poziomie ziemi;
- wszystkie widoczne połączenia z uziomem są nienaruszone (funkcjonalnie operacyjne);
- wszystkie widoczne przewody i elementy LPS są przy-

twierdzone do powierzchni montażowych i elementy, które zapewniają ochronę mechaniczną, są nienaruszone (funkcjonalnie operacyjne) i znajdują się na właściwym miejscu;

- nie było żadnych uzupełnień lub zmian chronionego obiektu, które wymagałyby dodatkowej ochrony;
- nie było żadnych oznak uszkodzenia LPS i SPD lub żadnych uszkodzeń bezpieczników do ochrony SPD;
- prawidłowo zostały wykonane połączenia wyrównawcze nowych urządzeń usługowych lub uzupełnień, jakich dokonano we wnętrzu obiektu od czasu ostatnich badań, i że zostały przeprowadzone dla nich próby ciągłości;
- istnieją i są nienaruszone (funkcjonalnie operacyjne) przewody wyrównawcze i połączenia wewnątrz obiektu;
- utrzymane są wymagane odstępy izolacyjne;
- zostały sprawdzone i zbadane przewody wyrównawcze, złącza, urządzenia ekranujące, trasy kabli i SPD.

Badanie

Sprawdzenie i badania LPS obejmują oględziny i powinny być uzupełnione następującymi działaniami:

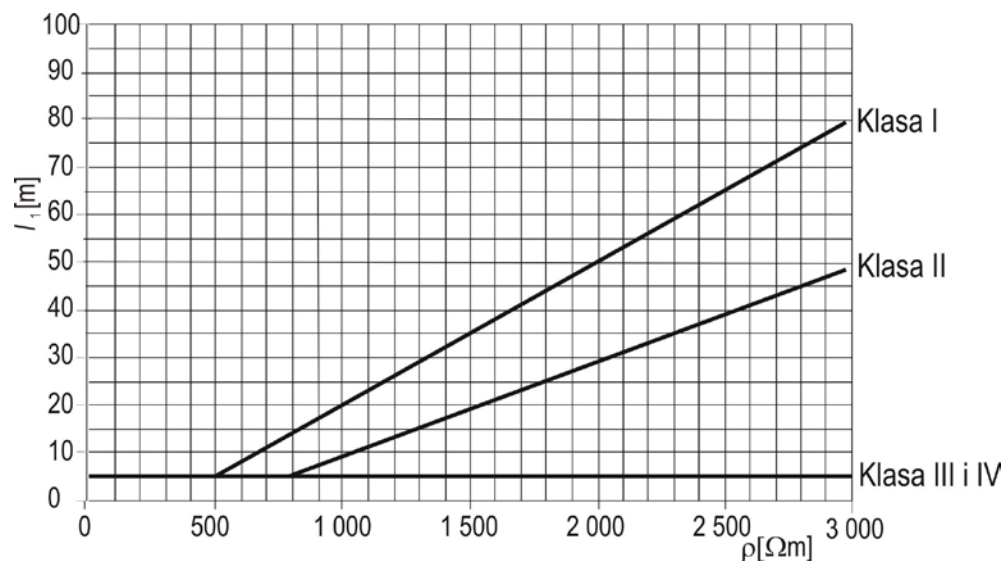
- wykonaniem prób ciągłości, szczególnie ciągłości tych części LPS, które nie były widoczne podczas początkowej instalacji i które nie są dostępne dla oględzin obecnie;
- przeprowadzeniem prób rezystancji uziemienia układu uziomów.

Następujące wyodrębnione i złożone pomiary uziemień i kontrole powinny być wykonane, a ich wyniki odnotowane w raporcie z badań LPS.

UWAGA: Pomiar metodą cegową nie powinien być przeprowadzany ze względu na liczne wady i ograniczenia ww. metody.

- a) Rezystancji względem ziemi każdego lokalnego uziomu i – gdzie zasadne praktycznie – rezystancji względem ziemi całego układu uziomów. Każdy lokalny uziom powinien być poddany pomiarom oddzielnie z punktem probierczym pomiędzy przewodem odprowadzającym a każdym uziomem w stanie rozłączonym. Jeżeli rezystancja względem ziemi układu uziomów, jako całości, przekracza 10Ω , to należy skontrolować, czy uziom odpowiada wymaganiom normy PN-EN 62305-3 [12] – rys. 43. Jeżeli ma miejsce znaczny wzrost wartości rezystancji uziemienia, to należy przeprowadzić dodatkowe badania, aby znaleźć przyczynę tego wzrostu i podjąć środki w celu poprawy tej sytuacji. W przypadku uziomów w gruncie skalistym, wymagania dotyczące 10Ω nie mają w tym przypadku zastosowania.
- b) Wyniki oględzin wszystkich przewodów, połączeń i złącz lub zmierzonej ich ciągłości galwanicznej.

Jeżeli układ uziomów nie odpowiada tym wymaganiom lub kontrola wymagań nie jest możliwa z powodu braku informacji, to układ uziomów powinien być poprawiony przez zainstalowanie dodatkowych uziomów lub zainstalowanie nowego układu uziomów.



UWAGA: Klasy III i IV są niezależne od rezystywności gruntu.

Rys. 43. Wymagania normy PN-EN 62305-3 [12] w zakresie minimalnej długości uziomu dla zadanej rezystywności gruntu i przyjętej klasy LPS.

9.2. Dokumentacja badań

Aby ułatwić przeprowadzenie badań LPS, należy przygotować ich wskazówki. Wskazówki winny zawierać informacje niezbędne do przeprowadzenia przez inspektora badań w taki sposób, aby mógł on udokumentować ważne informacje, odnoszące się do:

- metod instalacji LPS,
- rodzaju i stanu jego elementów,
- metod probierczych i właściwego zapisu uzyskanych danych probierczych.

Inspektor powinien sporządzić raport z przeprowadzonych badań LPS. Raport powinien być przechowywany razem z raportem projektowym LPS (dokumentacja powykonawcza) i z poprzednio sporządzonymi raportami z konserwacji i z badań LPS.

9.3. Konserwacja LPS

LPS powinien być regularnie konserwowany, aby upewnić się, że nie ulega pogorszeniu i w dalszym ciągu spełnia wymagania, do jakich został na początku przeznaczony. Projekt LPS powinien wyznaczać cykle niezbędnych konserwacji i przeglądów zgodnie z tabelą nr 3.

Elementy LPS mają tendencję do utraty przez lata swojej skuteczności z powodu korozji, uszkodzeń pogodowych, usz-

kodzeń mechanicznych i uszkodzeń powodowanych przez wyładowania piorunowe.

- Raport z badań LPS powinien zawierać informacje dotyczące:
- ogólnego stanu zwodów w postaci przewodów i innych ich elementów;
 - ogólnego poziomu korozji i stanu ochrony przed korozją;
 - pewności mocowania przewodów i elementów LPS;
 - pomiarów rezystancji uziemienia układu uziomów;
 - jakiegokolwiek odstępstwa od wymagań normy PN-EN 62305;
 - dokumentacji wszystkich zmian i rozbudowy LPS (należy zrewidować rysunki konstrukcyjne LPS, opisy i adekwatność wyników pomiarów w stosunku do rzeczywistego stanu obiektu).

kodzeń mechanicznych i uszkodzeń powodowanych przez wyładowania piorunowe.

[odniesienie do wymagań jakościowych – odwołania do normy PN-EN 62561 [17] oraz tablic dotyczących materiałów stosowanych na elementy LPS – tablice 6 i 7 w PN-EN 62305-3 [12]].

Programy oględzin i konserwacji powinny być sprezytowane przez:

- władze,
- projektanta LPS lub
- wykonawcę LPS w powiązaniu z właścicielem obiektu lub wyznaczonego przedstawiciela.

Aby wykonać prace konserwacyjne i przeprowadzić oględziny LPS oba programy – tj.: program oględzin LPS oraz program konserwacji LPS, powinny być ze sobą skoordynowane.

Charakterystyki mechaniczne i elektryczne LPS powinny być w pełni utrzymywane przez cały okres życia LPS, aby dostosować się do wymagań projektowych wynikających z zapisów normy PN-EN 62305. Jeżeli na budynku lub w jego wyposażeniu są wykonane modyfikacje lub zmienione jest przeznaczenie budynku (lub jego części), to może okazać się konieczna modyfikacja LPS.

Jeżeli przeprowadzone oględziny LPS wykazały, że niezbędne jest wykonanie napraw, to naprawy te powinny być wykonane bezzwłocznie, tak aby prace remontowe nie były odraczane do następnego cyklu utrzymania.

9.3.1. PROCEDURA KONSERWACJI

Programy okresowych konserwacji powinny być ustalone dla całego LPS. Częstość procedur konserwacyjnych zależy od:

- degradacji związanej z pogodą i środowiskiem;
- narażenia na rzeczywiste szkody piorunowe;
- przyporządkowanego dla obiektu poziomu ochrony.

Procedury konserwacji LPS powinny być ustalone dla każdego indywidualnego LPS i powinny stać się częścią ogólnego programu utrzymania obiektu. Program konserwacji powinien zawierać wykaz rutynowych pozycji, służących za wykaz kontrolny, zgodnie z którym mają przebiegać regularnie określone procedury konserwacji, aby można było dokonywać porównania nowych wyników z poprzednimi.

Program konserwacji powinien zawierać postanowienia dotyczące:

- sprawdzenia wszystkich komponentów LPS;
- sprawdzenia galwanicznej ciągłości komponentów LPS;
- pomiaru rezystancji uziomu względem ziemi;
- sprawdzenia SPD;
- ponownego mocowania komponentów;
- sprawdzenia, czy skuteczność LPS nie została zredukowana po uzupełnieniach i zmianach obiektu i jego instalacji.

9.3.2. DOKUMENTACJA KONSERWACJI

Powinny być prowadzone kompletne zapisy wszystkich procedur konserwacji, włącznie z podjętymi lub wymaganymi działaniami korygującymi. Zapisy procedury konserwacji powinny zapewnić dane do oceny komponentów LPS i ich instalacji. Zapis z konserwacji LPS powinien służyć za pod-

stawę do zrewidowania procedur konserwacji, jak również do uaktualnienia programu konserwacji. Zapisy z konserwacji LPS powinny być przechowywane razem z jego projektem i z raportami z jego inspekcji.

Często jednak w rzeczywistych warunkach nowo powstające, czy też modernizowane lub remontowane urządzenie piorunochronne zawiera błędy, które mogą rzutować na skuteczność ochrony, a tym samym na bezpieczeństwo chronionego obiektu oraz przebywających wewnątrz ludzi. Takie błędne rozwiązania mogą pojawiać się zarówno na etapie projektowania (np. błędne założenia, brak obliczeń), jak również na etapie wykonawstwa (odstępstwo od projektu, niestandardny montaż itd.).

Powyżej na rysunkach 29-42 podano przykłady najczęstszych błędów, z jakimi można się spotkać w przypadku zewnętrznych urządzeń piorunochronnych.

W przypadku dużych obiektów, wyposażonych w systemy informatyczne, czy też automatykę, rozbudowane systemy klimatyzacji na dachu obiektu, projektowanie wymaga ścisłej koordynacji ochrony odgromowej zewnętrznej i wewnętrznej. Niestety, często takie rozwiązanie nie jest realizowane.

Ważne jest także przyjęcie właściwego poziomu ochrony dla projektowanego urządzenia – a później konsekwentne trzymanie się przyjętych założeń. Często zdarza się, że dla danego obiektu wymogi dotyczące wysokiej skuteczności ochrony nie przekładają się na przyjęte rozwiązania projektowe, a nawet są lekceważone podczas wykonywania urządzenia piorunochronnego. Dotyczy to np. siatki zwodów na dachach budynków, odstępów pomiędzy przewodami odprowadzającymi, zachowania kątów osłonowych i ostępów bezpiecznych oraz wyrównywania potencjałów w obiekcie.

Brak przeprowadzenia analizy ryzyka zgodnie z zapisami normy PN-EN 62305-2 skutkuje często przyjęciem zawyżonej klasy LPS. Natomiast podczas przystępowania do realizacji praktycznej, okazuje się, że koszty są zbyt wysokie i dlatego później następuje stopniowe odchodzenie od przyjętych założeń.

Dobrze, jeżeli zmiana klasy LPS podparta jest działaniami projektowymi, natomiast gorzej, jeżeli zostaje to tylko w gestii wykonawcy, który nie zawsze obejmuje całokształt zagadnień związanych z ochroną odgromową obiektu. Wykonawca urządzenia piorunochronnego powinien być wyszkolony w dziedzinie prawidłowego wykonawstwa jego elementów, zgodnie z wymaganiami normy oraz krajowych przepisów regulujących roboty budowlane i budownictwo.

W fazie projektowania i realizacji urządzenia piorunochronnego w istniejącym obiekcie, konsultacje powinny być utrzymywane – na ile to rozsądnie realne – z osobami odpowiedzialnymi za obiekt, jego użytkowanie, instalacje wewnętrzne i instalacje wprowadzane do budynku. Regularne konsultacje pomiędzy zainteresowanymi stronami powinny dawać w wyniku nie tylko skuteczne urządzenie piorunochronne, ale również znacznie obniżyć jego koszty. Na przykład, koordynacja prac projektowych i konstrukcyjnych nad urządzeniem piorunochronnym pozwoli często pozbyć się kilku przewodów wyrównawczych i zredukować znacznie długość tych, które są niezbędne.

- erozję termiczną w miejscu styku przewodu z kanałem wylądowania piorunowego,
- rozżarzenie przewodów wywołane przepływem prądu piorunowego,
- działania dynamiczne między przewodami, w których płynie prąd piorunowy.

Zgodnie z zapisami normy projektant i wykonawca LPS powinni sporządzić wykaz łączących i mocujących przewody uchwytów, które wytrzymają siły elektrodynamiczne od prądów pioruna w przewodach i pozwolą również na rozciąganie i kurczenie się przewodów wskutek pojawiających się wzrostów temperatury.

Podczas bezpośredniego wyładowania w urządzenie piorunochronne, w miejscu styku przewodu z kanałem wyładowania następuje – jak już przed chwilą wspomniano – nagrzanie się metalu, co może spowodować jego erozję. Erozja termiczna prowadzi do perforacji cienkich blach na dachu, wytapiania przewodów i ich ewentualnego przerywania. W przypadku klasycznego urządzenia piorunochronnego zagrożeniem mogą być zarówno rozgrzany przewód, jak też wytopione krople metalu.

9.3.3. OCHRONA URZĄDZEŃ UMIESZCZONYCH NA DACHACH BUDYNKÓW

9.3.4. BŁĘDY MONTAŻOWE WYNIKAJĄCE Z BRAKU WIEDZY ORAZ NIEPRZESTRZEGANIA INSTRUKCJI MONTAŻOWYCH

Często też można się spotkać z „oszczędzaniem” na materiale – co owocuje tym, że po kilku latach zamiast urządzenia piorunochronnego mamy na dachu obiektu resztki skorodowanych drutów i złączy. Instalacja taka nie tylko szpeci obiekt, ale również nie spełnia swojej roli ochronnej.

Bardzo często nie jest przestrzegany czasokres badań okresowych instalacji odgromowej, a szczególnie zapis normy mówiący o konieczności sprawdzenia stanu uziomów. Skutkiem tego mogą w ziemi wystąpić znaczne ubytki uziomu. W normie PN-EN 62305 sprecyzowano zakres badań i konserwacji urządzenia piorunochronnego. Przestrzeganie zawartych w niej zapisów winno spowodować znaczne wydłużenie czasu eksploatacji urządzenia piorunochronnego.

Projektowanie i wykonywanie urządzeń piorunochronnych nawet na niewielkich obiektach budowlanych wymaga od osób, zaangażowanych w ich tworzenie znajomości zapisów normy rozporządzeń oraz wiedzy praktycznej. Urządzenie piorunochronne nie musi szpecić obiektu – może być wykonane w sposób trwały i estetyczny. W przypadku rozległych obiektów budowlanych z bogatym wyposażeniem ważne jest, jak już wcześniej wspomniano, aby projekt urządzenia pioruno-

10. PRZYKŁADY PROTOKOŁÓW

.....
miejsce położenia, adres, nazwa

opisać kompletność dokumentacji itp.

2. Zakres oględzin części nadziemnej LPS:

a) Czy części nadziemne urządzenie piorunochronnego znajdują się w dobrym stanie? Tak/Nie*)

.....

.....

b) Czy występują przypadkowe przerwy w przewodach i złączach lub poluzowane połączenia elementów LPS? Tak/Nie*)

.....

.....

c) Czy którakolwiek z części LPS została osłabiona przez korozję, zwłaszcza na poziomie ziemi? Tak/Nie*)

.....

.....

d) Czy wszystkie połączenia z uziomem są nienaruszone? Tak/Nie*)

.....

.....

e) Czy wszystkie przewody i elementy LPS są przytwierdzone do powierzchni montażowych i wszystkie elementy zapewniające ochronę mechaniczną są nienaruszone? Tak/Nie*)

.....

.....

f) Czy dokonano zmian lub uzupełnień w stosunku dokumentacji projektowej LPS dla chronionego obiektu, które wymagałyby dodatkowej ochrony? Tak/Nie*)

.....

.....

g) Czy zauważono jakiegokolwiek znaki uszkodzenia zewnętrznego urządzenia piorunochronnego? Tak/Nie*)

.....

.....

h) Czy zauważono jakiegokolwiek znaki uszkodzenia urządzeń ograniczających przepięcia (SPD) lub chroniących je bezpieczników? Tak/Nie*)

.....

.....

i) Czy zostały prawidłowo wykonane piorunowe połączenia wyrównawcze (EB) w nowych instalacjach lub w uzupełnieniach od ostatniego sprawdzenia? Tak/Nie*)

.....

.....

j) Czy wykonano próby ciągłości nowo wykonanych piorunowych połączeń wyrównawczych? Tak/Nie*)

.....

.....

k) Czy zachowane są bezpieczne odstępy izolacyjne? Tak/Nie*)

.....

.....

3. Zakres oględzin uziomu LPS:

- Czy stan uziomów nie został osłabiony przez korozję? Tak/Nie*)

- Informacja na temat stopnia skorodowania uziomów w poszczególnych punktach odkrywki.

.....

.....

- Dołączyć rysunek (plan uziemień) z zaznaczonymi miejscami odkrywki.

4. Pomiary urządzenia piorunochronnego.

a) Czy wykonano pomiary ciągłości części instalacji widocznych podczas instalowania, które obecnie nie są niedostępne do oględzin? Tak/Nie*)

.....

.....

b) Czy dokonano pomiaru rezystancji uziemienia układu uziomów lub pojedynczego przewodu uziemiającego? Tak/Nie*):

.....

.....

c) Wyniki oględzin wszystkich przewodów, połączeń i złączy lub zmierzonej ich ciągłości galwanicznej:

.....

.....

5. Raport końcowy ze sprawdzania urządzenia piorunochronnego.

a) Ogólny stan zwodów i przewodów odprowadzających:

.....

.....

b) Ogólny poziom korozji i stan ochrony przed korozją elementów LPS:

.....
.....

c) Pewność mocowania przewodów i elementów urządzenia:

.....
.....

d) Pomiar rezystancji uziemienia układu uziomów:

.....
.....

e) Odstępstwa od wymagań z okresu budowy urządzenia:

.....
.....

f) Informacja o dokumentacji wszystkich zmian i rozbudowy urządzenia i jakichkolwiek zmian obiektu:

.....
.....

6. Wyniki sprawdzenia wymagań dla obostrzonej ochrony odgromowej obiektów, w których wyznaczono strefy zagrożenia wybuchem (przerwywacze płomienia, połączenia iskiernikowe, kominki oddechowe, urządzenia zabezpieczające przed skutkami wybuchu i inne):

.....
.....

7. Konserwacja

Wykonano/wykonać *) nw. czynności przewidziane procedurą konserwacji:

.....
.....

8. Po zbadaniu urządzenia piorunochronnego postanowiono uznać urządzenie piorunochronne za zgodne – niezgodne *) z obowiązującymi przepisami z następujących powodów:

.....
.....

9. Zaleca się wykonać następujące prace naprawcze:

.....
.....
.....
.....

10. Następne oględziny/badania*) wykonać do dnia

Protokół sprawdził:

Uprawniony pracownik dozoru:

nazwisko, imię nr uprawnień

.....
data podpis

UWAGI:

*) – zbędne skreślić;

osoba sprawdzająca protokół powinna posiadać uprawnienia serii D – dozорове.

Wykaz załączników:

załącznik nr – metryka urządzenia piorunochronnego

załącznik nr – wyniki badań i pomiarów rezystancji uziemień i połączeń galwanicznych

załącznik nr –

Załącznik do protokołu badań LPS nr

METRYKA URZĄDZENIA PIORUNOCHRONNEGO nr

Obiekt budowlany:

.....
.....
miejsce położenia, adres, nazwa

Data wykonania
 obiektu budowlanego:, urzędnika piorunochronnego:

Nazwa i adres wykonawcy urządzenia piorunochronnego:

.....

.....

Nazwa i adres jednostki, która sporządziła projekt:

.....

.....

11. Opis obiektu budowlanego:

a) rodzaj obiektu:

b) pokrycie dachu:

c) konstrukcja dachu:

d) ścianu:

12. Opis urządzenia piorunochronnego:

a) Ochrona zewnętrzna:

I) zwody:

II) przewody odprowadzające:

III) zaciski probiercze:

IV) przewody uziemiające:

V) uziomy:

VI) przerywacze płomienia (bezpieczniki ogniowe*):

VII) inne zastosowane elementy wymagane przez ochr. obostrzoną*):

b) Ochrona wewnętrzna – opis zastosowanych środków ochrony wewnętrznej:

1) urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej (ograniczniki przepięć) oraz ilość stopni ochrony:

II) połączenia wyrównawcze:

III) odstępy izolacyjne:

13. Schemat urządzenia piorunochronnego:

na odwrocie/w załączeniu*) – nr rys.
(chodzi o zewnętrzne urządzenie piorunochronne)

Opis i schemat wykonał:

nazwisko, imię

data

podpis

UWAGI:

*) – wypełnić, jeśli dotyczy lub zbędne skreślić.

Wyniki badań i pomiarów rezystancji uziemień i ciągłości galwanicznej instalacji LPS:

pomiar rezystancji uziemień			sprawdzenie ciągłości połączeń części nadziemnej, [zał. 2]	
data badania, stan pogody	metoda badania i nr aparatu	nr uziomu (złącza kontrolnego) – wg rys., rezystancja uziomu [Ω]	metoda badania i nr aparatu	rezystancja połączeń między przewodami odprowadzającymi od złącza Zk nr do złącza Zk nr [Ω]
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
		Zk = , Zk =		Zk /Zk = , Zk /Zk =
sprawdzenie ciągłości połączeń zwodów z przewodami uziemiającym, [zał. 1]			pomiar rezystancji między przewodami uziemiającymi (uziomami), [zał. 3]	
data badania, stan pogody	metoda badania i nr aparatu	rezystancja w [Ω] między przewodem odprowadzającym ze zwodu a uziemiającym zmierzona w złączach Zk nr:	metoda badania i nr aparatu	rezystancja w [Ω] przejścia ziemią między sąsiednimi przewodami uziemiającymi mierzona w złączach kontrolnych (nr uziomu – stosownie oznaczone na rysunku przedstawiającym punkty pomiarowe
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =
		Zk = , Zk =		Zk →Zk = , Zk →Zk =

UWAGI:
.....
.....

Pomiary wykonali:
nazwisko, imię nr uprawnień

.....
data podpis

nazwisko, imię nr uprawnień

.....
data podpis

nazwisko, imię nr uprawnień

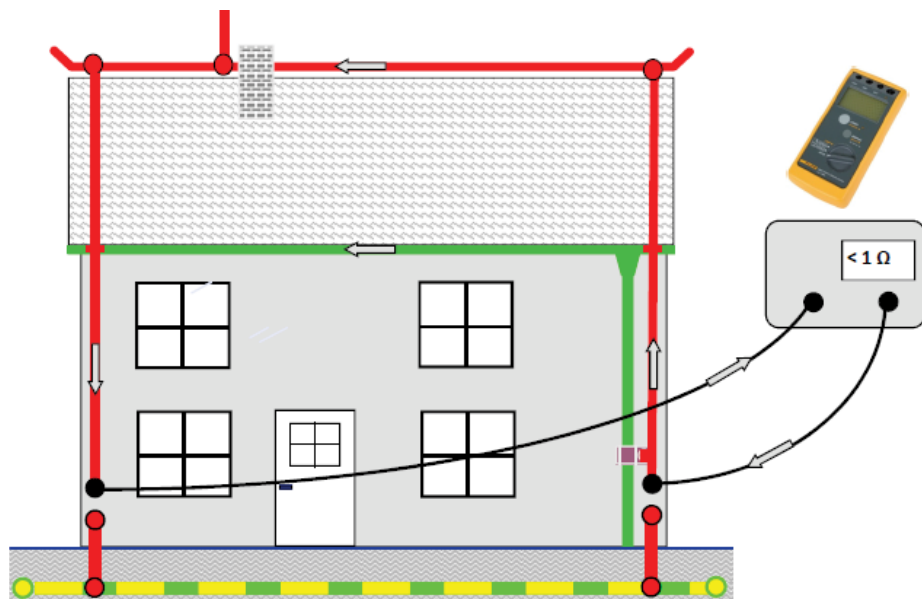
.....
data podpis

Protokół sprawdził:
uprawniony pracownik dozoru:

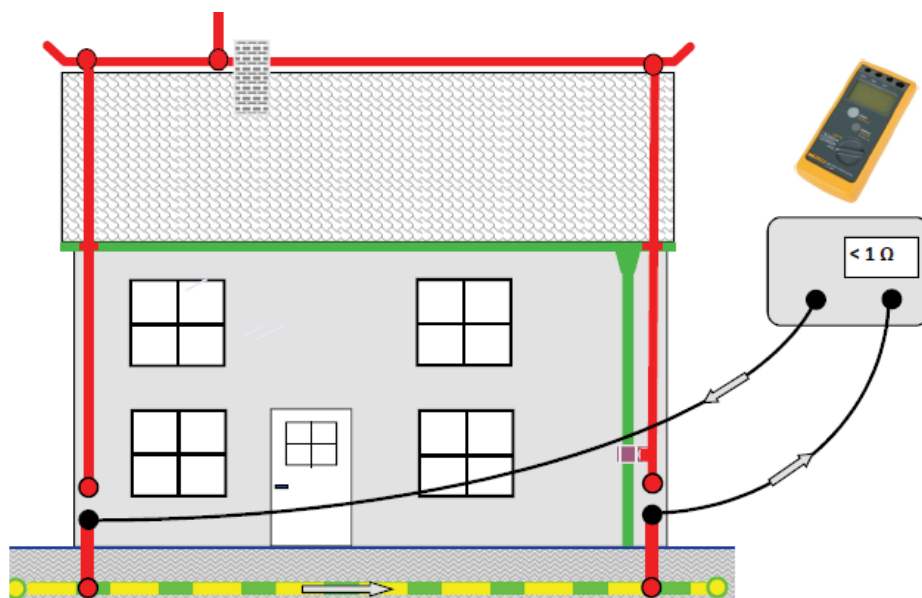
nazwisko, imię nr uprawnień

.....
data podpis

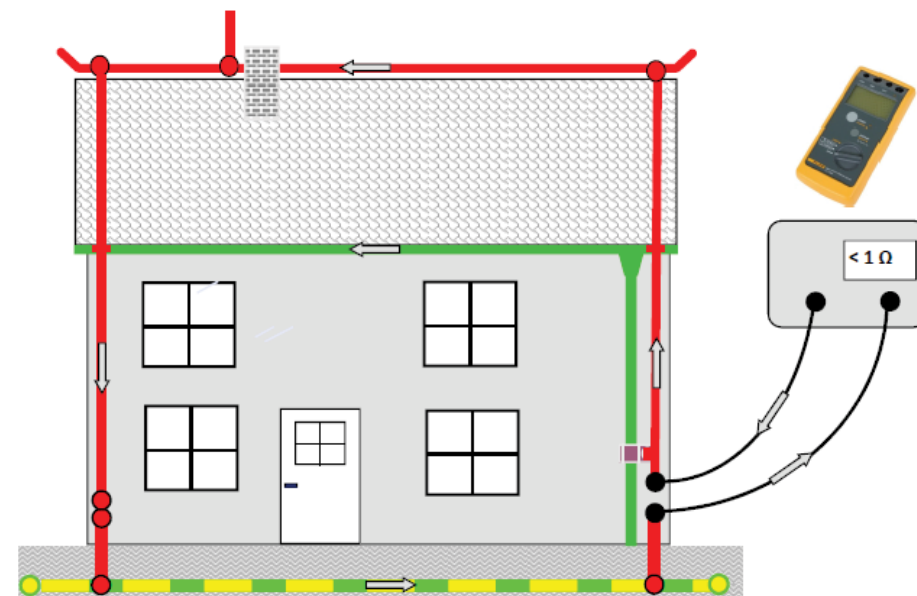
Załącznik nr 1. Pomiar rezystancji przejścia między uziomem i przewodem odprowadzającym.



Załącznik nr 2. Pomiar rezystancji przejścia między dwoma przewodami odprowadzającymi.



Załącznik nr 3. Pomiar rezystancji przejścia między dwoma sąsiednimi uziomami.



11. LISTA KONTROLNA DO ORGANOLEPTYCZNEJ OCENY OGRANICZNIKÓW

Umożliwia łatwą kontrolę symboli i parametrów przypisywanych ogranicznikom prądów, które mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa obiektów chronionych przed wyładowaniami piorunowymi.

Lp.	Pytanie dotyczące badanego zagadnienia	Wniosek
1.	Jeżeli oznaczenie ogranicznika prądów (na obudowie, w instrukcji, na opakowaniu) zawiera jeden z następujących symboli: B+C BCD B+C+D 1+2 1+2+3 (2+0) I+II  * – czasami niedozwolone oznaczenie B+C jest wkomponowane w nazwę własną ogranicznika	Ogranicznik prądów nie może być dopuszczony na rynek. Nazwa/określenie/oznaczenie (wprowadza klienta w błąd), niezgodne z zapisami PN-EN 61643-11.
2.	Jeśli ogranicznik prądów zawiera oznaczenie , sprawdź, czy w instrukcji montażowej lub kątach katalogowych dołączonych do ogranicznika prądów znajduje się symbol iskiernika. Przykłady symboli graficznych iskiernika są następujące: 	Gdy stwierdzi się brak symbolu iskiernika, ogranicznik ten powinien przejść próbę laboratoryjną zgodnie z przewidzianymi dla niego wymaganiami w normie PN-EN 61643-11.
3.	Ogranicznik prądów powinien na swojej obudowie zawierać oznaczenia wszystkich podstawowych symboli i parametrów. Sprawdź, czy ogranicznik oznaczony symbolem , posiada wszystkie wyszczególnione poniżej oznaczenia? I_{imp} lub $I_{10/350}$	Jeżeli na obudowie ogranicznika brak jest pełnej informacji o podstawowych jego parametrach wg PN-EN 61643-11, to ogranicznik taki nie może być dopuszczony na rynek.
4.	Czy stwierdza się brak jakiegokolwiek oznaczenia na obudowie ogranicznika prądów?	Jeżeli na obudowie ogranicznika prądów brak jest jakiegokolwiek oznaczenia, to ogranicznik ten nie powinien być dopuszczony na rynek, gdyż umożliwia to dodruk nieprawidłowych symboli.

11.1. Wymagania od projektanta:

- Analiza ryzyka szkód i strat wywołanych przez wyładowania piorunowe oraz stosowny wybór poziomu ochrony projektowanego budynku (kompleksowa analiza zgodnie z normą PN-EN 62305, nie dopuszcza się, kilkudziesięciu stwierdzenia).
- Wymaganie od dostawcy urządzeń piorunochronnych i ograniczników prądów certyfikatów jakości jednej z poniższych jednostek: KEMA, DEKRA, VDE, VDS.
- Szczegółowa weryfikacja deklaracji CE i upewnienie się czy nie jest to China Export (deklarację winien wystawić europejski dystrybutor, a nie chiński producent).
- Rozkład i gęstość zwodów odgromowych na dachu powinny być dokonane zgodnie z wytycznymi norm z zakresu ochrony odgromowej. Zabronione jest korzystanie z piorunochronów aktywnych („ESE”) lub innych „nowoczesnych” rozwiązań odgromowych polegających na ograniczaniu liczby zwodów na dachu.
- Konieczność instalacji ograniczników prądów na granicach stref LPZ stosownie do wymagań przedmiotowych norm.
- Na granicy stref LPZ 0 i LPZ 1 konieczność instalacji iskiernikowego ogranicznika prądów (na każdą fazę) o prądzie impulsowym (I_{imp}) nie mniejszym niż 25 kA na fazę. Na granicy stref LPZ 0 i LPZ 1 zabronione jest stosowanie ograniczników opartych na technologii warystorowej.
- Konieczność instalacji na wejściu do budynku iskiernikowego ogranicznika prądów (na każdą fazę) o prądzie impulsowym (I_{imp}) nie mniejszym niż 25 kA na fazę. Zabronione jest stosowanie na wejściu do budynku ograniczników opartych na technologii warystorowej.
- Zabronione jest wykorzystywanie ograniczników tzw. „B+C”. Nie są one zgodne z wymaganiami normy PN-EN 61643-11.
- Zabronione jest wykorzystywanie ograniczników prądów opartych na technologii warystorowej o $I_{limp} > 7$ kA. Technologia warystorowa w obudowie modułowej umożliwia zbudowanie dobrze działającego ogranicznika prądów o I_{limp} do 7 kA.
- Urządzenia do ograniczenia prądów należy zabezpieczać za pomocą wkładek topikowych dobranych zgodnie z wymaganiami producenta. Przy doborze wartości prądu znamionowego wkładek topikowych należy uwzględnić ich wytrzymałość na udary prądowe o charakterystyce 10/350 μs oraz 8/20 μs . Zabronione jest stosowanie wyłączników nadmiarowych jako elementów dobezpieczających urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej.
- Wyznaczenie i sprawdzenie odstępów bezpiecznych pomiędzy urządzeniami zainstalowanymi na dachu, elementach budynku a urządzeniami piorunochronnymi.
- Zabronione jest stosowanie tzw. rurek odgromowych.

11.2. Wymagania dla wykonawcy:

- Wymaganie od dostawcy urządzeń piorunochronnych i ograniczników prądów certyfikatów jakości jednej z poniższych jednostek: KEMA, DEKRA, VDE, VDS.
 - Szczegółowa weryfikacja deklaracji CE i upewnienie się, czy nie jest to China Export (deklarację winien wystawić europejski dystrybutor, a nie chiński producent).
 - Zabronione jest zamienianie rodzaju urządzeń podczas realizacji inwestycji. Konieczna jest kontrola, czy nie
- zamieniono urządzeń na najtańsze odpowiedniki nie spełniające wymagań norm.
- Konieczna jest weryfikacja powykonawcza odstępów bezpiecznych pomiędzy urządzeniami zainstalowanymi na dachu a zwodami piorunochronnymi.

11.3. Wymagania dla zarządcy budynku:

- Samodzielne instalowanie urządzeń na dachu bez weryfikacji systemu ochrony odgromowej i przepięciowej jest zabronione. W szczególności: urządzeń radionadawczych, anten „internetowych” (Wi-Fi), anten telewizyjnych, kamer przemysłowych do monitoringu otoczenia, anten satelitarnych, klimatyzatorów, paneli fotowoltaicznych.
 - Każdorazowa instalacja urządzenia elektrycznego lub
- elektronicznego na dachu budynku wymaga sprawdzenia:
- czy nowo zainstalowane urządzenie zostało umieszczone w strefie chronionej przez zwody odgromowe (jeśli nie, ryzyko zniszczenia jest bardzo duże),
 - czy zostały zachowane odstępów bezpiecznych pomiędzy urządzeniem a zwodami odgromowymi,

- czy kable łączące nowo zainstalowane urządzenie zostały wyposażone w stosowne ograniczniki prądu (jeśli nie, ryzyko zniszczenia jest bardzo duże).
- c) Wymagana jest okresowa kontrola stanu instalacji odgromowej i ograniczników prądu (opcjonalna kontrola

11.4. Lista pytań do zarządcy budynku:

- a) Czy po wybudowaniu budynku instalowano na dachu jakiegokolwiek urządzenia elektryczne, elektroniczne, anteny? Jeśli tak – istnieje bardzo duże ryzyko powstania znaczących zniszczeń w wyniku wyładowania piorunowego. Wymagana jest ponowna analiza zagrożenia piorunowego, zmiana rozmieszczenia urządzeń, ewentualne uzupełnienie systemu zwodów odgromowych na dachu budynku tak,

ograniczników prądu, urządzeń piorunochronnych). W szczególności należy zwrócić uwagę, czy nie doszło do aktu wandalizmu, korozji, uszkodzenia ogranicznika prądu.

- aby chronić nowo zainstalowane urządzenia. Zaleca się zainstalowanie dodatkowych ograniczników prądu.
- b) Czy wykonywany był okresowy przegląd urządzeń piorunochronnych i ograniczających prąd? Jeśli protokół zawiera tylko lakoniczne stwierdzenie „Bez uwag” lub „Wszystko jest w porządku”, należy rozważyć ponowny przegląd i zmianę osoby/firmy wykonującej oględziny.

11.5. Lista pytań do projektanta:

- a) Czy wyznaczył ryzyko szkód i strat wywołanych przez wyładowania piorunowe? Jeśli nie – projekt wymaga poprawy.
- b) Czy wyznaczył odstępstwa bezpieczne pomiędzy urządzeniami zainstalowanymi na dachu i elewacji budynku a urządzeniami piorunochronnymi? Jeśli nie – projekt wymaga poprawy. Dotyczy to kamer, anten, klimatyzatorów itp.
- c) Czy dobrano aparaturę i urządzenia z rekomendacjami jednej z poniższych jednostek: KEMA, DEKRA, VDE, VDS? Jeśli nie – istnieje duże ryzyko, że dobrana aparatura nie będzie spełniała polskich i europejskich norm. Projekt wymaga poprawy.
- d) Czy szczegółowo zweryfikowano deklarację CE dobieranej aparatury? Czy nie jest to China Export (deklarację winien wystawić europejski dystrybutor, a nie chiński producent)? Jeśli nie – istnieje duże ryzyko, że dobrana aparatura nie będzie spełniała polskich i europejskich norm.
- e) Czy korzystał z tzw. „rurki odgromowych”? Jeśli tak – projekt wymaga poprawy.
- f) Czy w rozdzielnicę głównej zastosował ograniczniki wykonane w technologii warystorowej? Jeśli tak – projekt wymaga poprawy.

11.6. Lista pytań do wykonawcy:

- a) Czy w jakimkolwiek miejscu zamienił urządzenie opisane w projekcie na inne? Jeśli tak – wymagana jest zamiana urządzeń na właściwe opisane w projekcie.
- b) Czy wymagał certyfikatów jakości jednej z poniższych jednostek: KEMA, DEKRA, VDE, VDS? Jeśli nie – wymagane jest zażądanie od dostawcy certyfikatów jakości. Jeśli nie zostaną dostarczone, należy wymienić urządzenia na inne,

- spełniające kryteria jakości. Nie dopuszcza się uznawania deklaracji CE jako certyfikatu potwierdzającego jakość.
- c) Czy w rozdzielnicę głównej zastosował ograniczniki zbudowane w technologii warystorowej? Jeśli tak – konieczne wymagana jest wymiana na ograniczniki zbudowane w technologii iskiernikowej o $I_{imp} = 25 \text{ kA/fazę}$. Dalsze użytkowanie grozi eksplozją ogranicznika.

- d) Czy korzystał z ograniczników tzw. „B+C”? Jeśli tak – wymagana jest wymiana.
- e) Czy stosował ograniczniki prądu zbudowane w oparciu o technologię warystorową z definiowanym (podawanym na obudowie) prądem impulsowym I_{imp} ?
- f) Jeśli tak – wymagana jest wymiana na ograniczniki prądu wykonane w technologii kombinowanej, składające się z iskiernika i warystora o $I_{imp} = 25 \text{ kA/fazę}$. Dalsze użytkowanie grozi eksplozją ogranicznika.
- g) Ograniczniki warystorowe, dla których nie jest definiowany prąd impulsowy I_{imp} (lub $I_{10/350}$) nie wymagają wymiany.

- h) Czy zachowane zostały odstępstwa bezpieczne na dachu? Jeśli nie lub uzyskano odpowiedź „A co to jest?” wymagana jest modyfikacja projektu, a później budowanego obiektu.
- i) Czy wykorzystywano tzw. „rurki odgromowe”? Jeśli tak – wymagana jest modyfikacja projektu, a później budowanego obiektu.
- j) Czy wykorzystywano tzw. „piorunochrony aktywne” lub inne równoważne, ograniczające liczbę zwodów odgromowych? Jeśli tak – wymagana jest modyfikacja projektu, a później budowanego obiektu.

12. CERTYFIKATY POTWIERDZAJĄCE JAKOŚĆ URZĄDZEŃ OGRANICZAJĄCYCH PRĄD

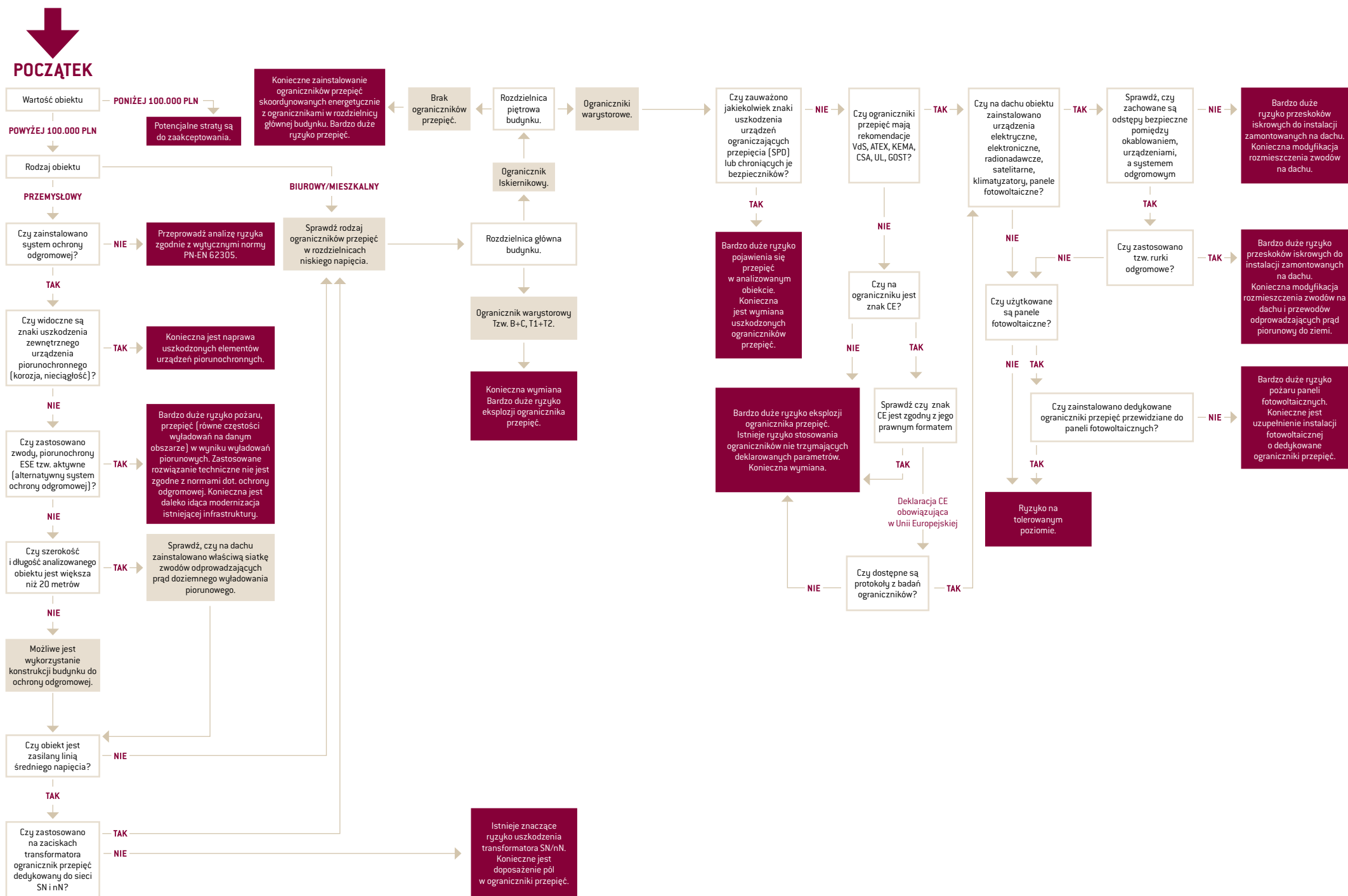


13. WAŻNE ŹRÓDŁA INFORMACJI

1. IEC 62305-1:2006. Protection against lightning – Part 1: General principles.
2. EN 62305-1:2006. Protection against lightning – Part 1: General principles.
3. PN-EN 62305-2:2006. Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.
4. EN 62305-1:2011. Protection against lightning – Part 1: General principles.
5. PN-EN 62305-1:2011. Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie. Tekst jednolity: Dz. U. 2014 r. poz. 1853.
8. Standardy techniczne szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200 \text{ km/h}$ (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem) <http://www.plk-sa.pl/dla-klientow-i-kontrahtentow/akty-prawne-i-przepisy/standardy-techniczne/>, stan na dzień 04.10.2016 r.
9. Sowa A.W.: Ochrona urządzeń oraz systemów elektroni-

- cznych przed narażeniami piorunowymi. Rozprawy Naukowe Nr 219. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
- 10. PN-EN 62305-1:2011. Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
- 11. PN-EN 62305-2:2012. Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
- 12. PN-EN 62305-3:2011. Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.
- 13. PN-EN 62305-4:2011. Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
- 14. PN-HD 60364-4-443:2016-03. Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi. Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
- 15. PN-EN 60038:2012. Napięcia znormalizowane. CENELEC.
- 16. PN-EN 61643-11:2013-06. Niskonapięciowe urządzenia ograniczające prąd. Część 11: Urządzenia ograniczające prąd w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.
- 17. PN-EN 62561-7:2012. Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS). Część 7: Wymagania dotyczące substancji poprawiających jakość uziemień.

14. EKSPERCKI ALGORYTM POZWALAJĄCY OKREŚLIĆ POZIOM RYZYKA DLA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH



15. SYMBOLE GRAFICZNE ELEMENTÓW I UKŁADÓW OCHRONNYCH[9]

Symbol graficzny	Nazwa
	Warystor (symbol ogólny) Element zmiennooporowy ograniczający przepięcia.
	Iskiernik gazowy dwuelektrodowy Element ucinający przepięcia.
	Dioda lawinowa jednokierunkowa (dioda zabezpieczająca) Element ograniczający przepięcia stosowany w systemach przesyłu sygnałów.
	Urządzenie ograniczające przepięcia w torach przesyłu sygnałów (symbol ogólny) Układ składający się z połączenia kaskadowego dwu lub więcej elementów ochronnych.
	Urządzenie do ograniczania przepięć SPD w instalacji elektrycznej (symbol ogólny) Urządzenie ograniczające przepięcia oraz chroniące przed bezpośrednim oddziaływaniem części prądu piorunowego.

Tabela 4. Podstawowe symbole graficzne elementów i układów ochrony przed przepięciami.

16. WYKAZ PODSTAWOWYCH DEFINICJI[9]

PRÓBY NAPIĘCIEM UDAROWYM

Napięcie udarowe – krótkotrwały przebieg napięcia jednokierunkowego, które bez żadnych oscylacji narasta od zera do wartości szczytowej a następnie, znacznie wolniej, maleje do zera; napięcie to charakteryzują następujące parametry: biegunowość, wartość szczytowa, umowny czas czoła, umowny czas do półszczytu.

Udar normalny – pełny udar o umownym czasie czoła wynoszącym 1,2 μ s i umownym czasie do półszczytu wynoszącym 50 μ s. Jest on oznaczany jako udar 1,2/50.

Prąd udarowy – krótkotrwały przebieg prądu jednokierunkowego, który bez żadnych oscylacji narasta od zera do wartości szczytowej, a następnie, znacznie wolniej, maleje do zera;

prąd ten charakteryzują następujące parametry: biegunowość, wartość szczytowa, umowny czas czoła, umowny czas do półszczytu.

Umowne napięcie wytrzymawane – spodziewane napięcie probiercze o określonej energii, które może być doprowadzone do badanego urządzenia, nie powodując uszkodzeń.

OCRONA ODGROMOWA ZEWNĘTRZNA I WEWNĘTRZNA

Całkowita rezystancja uziemienia – rezystancja między głównym zaciskiem uziemiającym a ziemią.

Ekwiopotencjalizacja (wyrównywanie potencjałów) – łączenie ze sobą różnych przewodzących elementów urządzeń i wyposażenia budynku (w tym również metalowych ele-

mentów konstrukcyjnych) w celu niedopuszczenia do powstania między łączonymi elementami wysokich napięć niebezpiecznych dla ludzi oraz dla sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Ekwiopotencjalność – stan, w którym części przewodzące mają niemal ten sam potencjał elektryczny.

Impedancja uziemienia – impedancja przy danej częstotliwości między określonym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a ziemią odniesienia.

Instalacja elektryczna – zespół współpracujących ze sobą urządzeń elektrycznych o skoordynowanych parametrach technicznych, przeznaczony do doprowadzenia energii elektrycznej z sieci rozdzielczej do odbiorników.

Instalacje uziemiające – zespół wszystkich połączeń elektrycznych i elementów służących do uziemiania sieci, instalacji i/lub urządzenia.

Instalacja wyrównywania potencjałów – całość połączonych między sobą przewodów wyrównawczych oraz elementów spełniających podobne zadania (np. osłony, inne elementy przewodzące); instalacja wyrównywania potencjałów może być równocześnie instalacją uziemiającą lub częścią instalacji uziemiającej.

Ochrona przepięciowa podstawowa – środki ochrony stosowane w obwodach sieci zasilającej oraz liniach przesyłu sygnałów najczęściej w miejscach dojścia do obiektu; zadaniem ochrony przepięciowej podstawowej jest ograniczenie energii udarów do poziomów dopuszczalnych dla większości urządzeń pracujących w obiekcie.

Ochrona przepięciowa dodatkowa – elementy lub układy ochronne przeznaczone do ograniczania energii impulsów przepuszczanych przez układy ochrony podstawowej do gwarantowanego przez producenta poziomu dopuszczalnego dla danego urządzenia.

Prąd piorunowy (I) – prąd płynący w punkcie uderzenia piorunu.

Piorunowy impuls elektromagnetyczny LEMP – elektromagnetyczny efekt prądu pioruna, który obejmuje udary przewodzone oraz promieniowane efekty impulsowego pola elektromagnetycznego.

Połączenia wyrównawcze – część wewnętrznego urządzenia piorunochronnego redukująca różnice potencjałów wywołanych przez prąd piorunowy.

Poziom ochrony odgromowej LPL – liczba przyporządkowana zestawowi maksymalnych i minimalnych parametrów projektowych prądu piorunowego, które mogą być przekroczone z określonym dla nich prawdopodobieństwem.

Przewód neutralny N – przewód połączony bezpośrednio z punktem neutralnym układu sieci i mogący służyć do przesyłania energii.

Przewód ochronny PE – przewód przeznaczony do zapewnienia bezpieczeństwa, na przykład do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.

Przewód ochronno-neutralny PEN – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego i przewodu neutralnego.

Przewód uziemiający – przewód stanowiący drogę przewodzącą lub jej część między danym punktem sieci lub urządzenia a uziomem lub siecią uziemiającą.

Przewód wyrównawczy – przewód zapewniający wyrównanie potencjałów części przewodzących łączonych z tym przewodem.

Rezystancja uziemienia – rezystancja między zaciskiem uziemiającym a ziemią odniesienia (część rzeczywista impedancji uziemienia).

Rezystywność gruntu – rezystywność charakterystycznej próbki gruntu.

Sieć uziemiająca – część instalacji uziemiającej, ograniczona do uziomów i ich wzajemnych połączeń.

Strefa ochrony odgromowej LPZ – strefa, w której zostało określone piorunowe środowisko elektromagnetyczne.

Szyna połączeń wyrównawczych (szyna wyrównawcza) – szyna, która jest częścią układu połączeń wyrównawczych i umożliwia wykonanie elektrycznych połączeń pewnej liczby przewodów układów połączeń wyrównawczych.

Układ sieci TN – układ sieci mający jeden punkt bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji są przyłączone do tego punktu za pomocą przewodów ochronnych. W zależności od związku przewodu neutralnego z przewodem ochronnych rozróżniamy następujące układy sieci:

- **układ TN-S:** w całym układzie sieci jest stosowany oddzielny przewód ochronny,
- **układ TN-C:** w całym układzie sieci funkcję przewodu ochronnego i neutralnego pełni jeden przewód,
- **układ TN-C-S:** w części układu funkcję przewodu ochronnego i neutralnego pełni jeden przewód.

Układ sieci TT – układ sieci mający jeden punkt bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji są przyłączone do uziomu niezależnego elektrycznie od uziomu sieci.

Układ sieci IT (układ izolowany) – układ sieci, w którym wszystkie części czynne są odizolowane od ziemi lub jeden punkt przyłączony jest do ziemi poprzez impedancję. Części przewodzące dostępne są uziemione niezależnie od siebie (albo wspólnie) lub przyłączone są do uziemienia sieci.

Układ wspólnych połączeń wyrównawczych (CBN) – układ połączeń ekwiopotencjalnych tworzący zarazem połączenia ekwiopotencjalne ochronne i ekwiopotencjalne funkcjonalne.

Urządzenie piorunochronne LPS – kompletne urządzenie stosowane do ochrony przestrzeni przed skutkami piorunów. Składa się ono z zewnętrznego i wewnętrznego urządzenia piorunochronnego.

Uziemiający punkt odniesienia EPR – jedyny punkt połączenia pomiędzy wspólnym układem uziemiającym a siecią wyrównawczą systemu.

Uziemić – połączyć dany punkt sieci, instalacji lub urządzenia z ziemią lokalną.

Uziemienie ochronne – uziemienie jednego lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów ochronnych.

Uziemienie przeciwzakłócenia – uziemienie osłon, ekranów i części metalowych obiektów telekomunikacyjnych w celu ich ochrony przed zakłóceniami.

Uziemienie funkcjonalne – uziemienie jednego punktu lub wielu punktów sieci instalacji lub urządzenia dla innych celów niż bezpieczeństwo.

Uziom – część przewodząca, którą można umieścić w gruncie lub w określonym przewodzącym ośrodku np. w betonie, znajdująca się w kontakcie elektrycznym z ziemią.

Uziom fundamentowy – część przewodząca umieszczona w gruncie pod fundamentem budynku lub umieszczona w betonie fundamentu, na ogół w formie zamkniętej pętli.

Uziom fundamentowy sztuczny – metalowa taśma lub drut umieszczone w fundamencie znajdującym się w gruncie dla celów uziemienia. Elementy takiego uziomu są połączone przez spawanie lub skręcane śrubami.

Uziom naturalny – uziom wykonany i wykorzystywany do celów innych niż uziemienie oraz do celów uziemienia.

Uziom otokowy – uziom poziomy ułożony w gruncie wokół chronionego obiektu.

Uziom pionowy – uziom ułożony lub wbity pionowo w grunt na głębokość większą niż 1 m, może być wykonany np. z rury, pręta o przekroju okrągłym lub innego kształtownika.

Uziom poziomy – uziom ułożony w gruncie na niewielkiej głębokości do ok. 1 m, może być wykonany z metalowej taśmy, pręta o przekroju okrągłym lub liny, jako uziom promieniowy, otokowy, kratowy lub o konstrukcji będącej ich kombinacją.

Uziom sztuczny – uziom wykonany i wykorzystywany tylko do celów uziemienia.

Uziom niezależny – uziom wystarczająco oddalony od innych uziomów tak, że na potencjał elektryczny nie wpływają w znaczny sposób prądy elektryczne między ziemią a innymi uziomami.

Wewnętrzne urządzenie piorunochronne – zespół dodatkowych środków, uzupełniający system zewnętrznego urządzenia piorunochronnego, pozwalających na zredukowania elektromagnetycznych efektów prądu piorunowego wewnątrz chronionej przestrzeni.

Zacisk uziemiający – zacisk, w który wyposażone jest urządzenie lub jego część, przeznaczony do połączenia elektrycznego z instalacją uziemiającą.

Zacisk probierczy – zacisk łączący przewód uziemiający z przewodem wyrównawczym lub zacisk umieszczony w przewodzie uziemiającym do odłączenia na czas pomiarów od naziemnej części instalacji elektrycznej.

Ziemia – część ziemi, która ma elektryczne połączenie z uziomem, a której potencjał elektryczny niekoniecznie jest równy zero.

Ziemia odniesienia – część ziemi, rozpatrywana jako ośrodek przewodzący, którego potencjał elektryczny jest przyjmowany umownie jako równy zeru, pozostająca poza strefą wpływu jakichkolwiek instalacji uziemiających.

Zewnętrzne urządzenie piorunochronne – urządzenie składające się z systemu zwodów, przewodów odprowadzających i uziemień.

URZĄDZENIA DO OGRANICZANIA PRZEPIĘĆ

Największe napięcie trwałej pracy (U_c) – najwyższa wartość skuteczna napięcia przemiennego lub największa wartość napięcia stałego, jakie może być w sposób trwały do-

prowadzane do gałęzi ochrony SPD.

Największy prąd wyładowczy (I_{max}) – wartość szczytowa prądu udarowego 8/20 przepływającego przez SPD. I_{max} jest większe od I_n .

Napięciowy poziom ochrony U_p – parametr charakteryzujący działanie SPD przy ograniczaniu napięcia na jego zaciskach. Wartość tego napięcia jest większa niż największa zmierzona wartość ograniczania napięcia udarowego i jest określana przez wytwórcę.

Ograniczanie napięcia – działanie SPD, które powoduje, że każde napięcie przekraczające określoną wartość jest przez SPD ograniczane.

Ograniczanie prądu – działanie SPD, zawierającego co najmniej jeden nieliniowy element ograniczający prąd, który powoduje, że każdy prąd przekraczający określoną wartość jest przez SPD ograniczany.

Prąd udarowy (I_{imp}) – prąd udarowy definiowany przez wartość szczytową i ładunek Q .

Prąd następczy (I_1) – prąd płynący przez SPD pod wpływem napięcia sieci po przepływie udarowego prądu wyładowczego.

SPD typu ograniczającego napięcie – SPD charakteryzujące się dużą impedancją przy braku przepięcia, która zmienia się w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego. Zwykle elementami ograniczającymi napięcia są warystory i diody ograniczające.

SPD typu ucinającego napięcie – SPD charakteryzujące się dużą impedancją przy braku przepięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na wystąpienie udaru napięciowego. Zwykle elementami ucinającymi napięcia są iskierniki, iskierniki gazowane i tyrystory. Ten typ SPD jest czasem nazywany „crowbar type”.

Udarowe napięcie zapłonu SPD – jest to największa wartość napięcia osiągnięta przed zapłonem w czasie trwania udaru napięciowego o danym kształcie i biegunowości, włączonego do zacisków SPD typu ograniczającego napięcia.

Urządzenie do ograniczania przepięć SPD – urządzenie przewidziane do ograniczania przepięć przejściowych i odprowadzania prądów piorunowych. Zawiera co najmniej jeden element nieliniowy.

Wytrzymałość zwarcia – największa spodziewana wartość prądu zwarcia, który SPD może wytrzymać.

Znamionowa częstotliwość SPD – częstotliwość systemu elektroenergetycznego do pracy, w którym zostało zaprojektowane urządzenie ograniczające przepięcia.

Znamionowy prąd wyładowczy (I_n) – wartość szczytowa udaru udarowego 8/20 przepływającego przez SPD.

Zmierzone napięcie ograniczania – największa wartość napięcia pojawiającego się na zaciskach SPD w trakcie doprowadzania udarów o określonych wartościach szczytowych i kształtach.

WYBRANE DEFINICJE Z DZIEDZINY KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Urządzenie – dowolne urządzenie lub ich kombinacja, dostępne w sieci handlowej, jako pojedyncza jednostka funk-

cyjna, przeznaczone dla końcowego użytkownika, które jest skłonne do generowania zaburzeń elektromagnetycznych lub mające wykonanie podatne na oddziaływanie zaburzeń elektromagnetycznych.

Kompatybilność elektromagnetyczna – oznacza zdolność wszelkich urządzeń do zadowalającej pracy w ich elektromagnetycznym środowisku bez wprowadzania nietolerowanych zaburzeń elektromagnetycznych do pozostałych urządzeń w tym środowisku.

Zaburzenie elektromagnetyczne – oznacza dowolne zjawisko elektromagnetyczne, które może upośledzić działanie

wszelkich urządzeń.

Odporność – oznacza zdolność wszelkich urządzeń do pracy zgodnie z przeznaczeniem, bez upośledzenia funkcjonowania w obecności zaburzenia elektromagnetycznego.

Odporność udarowa urządzenia – zdolność pracującego urządzenia do zachowania swoich właściwości poprawnego działania przy oddziaływaniu udarowych zakłóceń elektromagnetycznych lub umownego udarowego sygnału zakłócającego.

16.1. Wykaz skrótów

BN	Bonding Network	sieć połączeń wyrównawczych
CBN	Common Bonding Network	układ wspólnych połączeń wyrównawczych
EMC	Electromagnetic Compatibility	kompatybilność elektromagnetyczna
EBS	Equipotential Bonding System	układ połączeń wyrównawczych
ERP	Earthing Reference Point	wspólny punkt odniesienia
IBN	Isolated Bonding Network	izolowana sieć połączeń wyrównawczych
MESH-BN	MESHed Bonding Network	siatkowa sieć połączeń wyrównawczych
MESH-IBN	MESHed Isolated Bonding	izolowana siatkowa sieć połączeń wyrównawczych
LPL	Lightning Protection Level	poziom ochrony odgromowej
LPS	Lightning Protection System	urządzenie piorunochronne
LPMS	Lightning Protection	system środków ochrony odgromowej
N	Neutral Conductor	przewód neutralny
PE	Protective Conductor	przewód ochronny
PEN	Combined Protective Conductor	wspólny przewód ochronno-neutralny
SPC	Single Point Connection	pojedynczy punkt połączenia
SPCW	Single Point Connection Window	okno pojedynczego punktu połączenia
SPD	Surge Protective Devices	urządzenie do ograniczania przepięć
SRPP	System Reference Potential Plane	systemowa płaszczyzna potencjału odniesienia