



Ochrona odgromowa stacji nadawczo-odbiorczych na dachach obiektów budowlanych

Andrzej Sowa

Projektując ochronę odgromową obiektów budowlanych należy zwrócić uwagę na urządzenia elektryczne i elektroniczne instalowane na dachach tych obiektów. Dotyczy to szczególnie rozległych systemów elektronicznych, w których poszczególne urządzenia mogą być narażone na bezpośrednie działanie prądów piorunowych.

Podstawowe zasady ochrony odgromowej takich systemów przedstawione zostaną na przykładzie stacji nadawczo-odbiorczej sieci komórkowej **BTS** (ang. *Base Transceiver Station*). W analizowanym przypadku dodatkowym czynnikiem zwiększającym zagrożenie są różnej wysokości maszty antenowe umieszczane również na dachach budynków.

Omówione zasady postępowania można wykorzystać przy projektowaniu i wykonywaniu systemu ochrony odgromowej i przepięciowej dowolnego urządzenia instalowanego na dachu obiektu budowlanego.

Podstawowe wymagania zawarte w normach i zaleceniach

Brak norm określających zasady ochrony stacji bazowych przed działaniem prądów piorunowych powoduje, że podstawowym źródłem informacji pozostają normy ochrony odgromowej obiektów budowlanych [1,2,3,4]. Poniżej zestawiono wymagania zawarte w tych normach, które można wykorzystać przy projektowaniu ochrony odgromowej stacji nadawczo-odbiorczych.

1. *Maszty antenowe na dachach obiektów budowlanych powinny być przyłączane do zawodów urządzenia piorunochronnego.*
2. *Przewodząca powłoka kabla antenowego powinna być połączona z główną szyną wyrównawczą.*
3. *Wszystkie nadbudówki dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, w których pracują urządzenia elektryczne lub przetwarzające informacje powinny znajdować się w przestrzeni chronionej przez układy zwodów.*
4. *Metalowe nadbudówki, nie chronione za pomocą zwodów poziomych, nie wymagają dodatkowej ochrony jeśli ich wymiary nie przekraczają następujących wartości:*
 - wysokość na powierzchnię dachu 1m ,
 - całkowita powierzchnia nadbudówki 1m^2 .
5. *Jeśli układ zwodów składa się z prętów na oddzielnym maszcie, to niezbędny jest przynajmniej jeden przewód odprowadzający. W przypadku masztu metalowego lub wykonanego z wzajemnie połączonej stali zbrojonej żaden dodatkowy przewód odprowadzający nie jest potrzebny.*
6. *Zredukowanie przepięć dochodzących kablami antenowymi wymaga zastosowania urządzeń ograniczających przepięcia.*

7. *Kable antenowe powinny wchodzić do obiektu w przez wspólne wejście dla wszystkich instalacji lub blisko głównej szyny wyrównawczej.*
8. *Instalacje przewodzące, takie jak przewody elektryczne lub metalowe rury, które przebiegają od płasko osadzonych nadbudówek dachowych do wnętrza budynku, mogą przy uderzeniu pioruna wprowadzić tam znaczną część prądu pioruna (w analizowanych przypadkach będą to np. fidery idące od anten do wnętrza obiektu).*
9. *Minimalny przekrój przewodu wyrównawczego lub zacisku stykowego z miedzi lub ocynkowanej stali powinien wynosić 50 mm^2 .*

Podejmując prace dotyczące ochrony odgromowej stacji nadawczo-odbiorczej na dachu obiektu należy zwrócić szczególną uwagę na:

- wybór poziomu ochrony odgromowej,
- opracowanie zasad wyrównywania potencjałów,
- opracowanie zasad doboru i montażu ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej i torach sygnałowych.

W początkowym etapie prac podstawowym zadaniem jest wybranie odpowiedniego poziomu ochrony.

Poziom ochrony stacji nadawczo-odbiorczej

W przypadku typowej stacji na dachu obiektu budowlanego optymalnym rozwiązaniem jest wyznaczenie poziomu ochrony dla całego „układu przestrzennego” tworzonego przez obiekt budowlany + stacja nadawczo-odbiorcza.

Przyjęcie takiego sposobu postępowania wymaga:

- określenia średniej rocznej częstości wyładowań piorunowych N_d w „układ przestrzenny” (wartość N_d jest iloczynem lokalnej gęstości doziemnych wyładowań piorunowych N_g i równoważnej powierzchni zbierania wyładowań przez obiekt A_e),
- określenia akceptowalnej częstości wyładowań piorunowych N_c w „układ”,
- wyznaczenia wymaganej skuteczności urządzenia piorunochronnego z zależności,

$$E \geq 1 - N_c/N_d$$

- wybrania poziomu ochrony, odpowiedniego dla wyznaczonej skuteczności E .

Przedstawioną zasadę wyboru poziomu ochrony można zastosować jeśli stacja umieszczana jest na dachu nowo-budowanego obiektu i istnieje możliwość uwzględnienia jej obecności podczas projektowania i wykonywania urządzenia piorunochronnego tego obiektu.

Inaczej należy rozwiązywać zagadnienia ochrony odgromowej stacji, jeśli są one instalowane na dachach istniejących obiektów budowlanych. Przykładowe sposoby postępowania w takich przypadkach zestawiono w tablicy 1.

Należy zauważyć, że na typowych obiektach budowlanych urządzenia piorunochronne są wykonane zgodnie z wymaganiami IV, rzadziej III poziomu ochrony.

Uwzględniając ten fakt, rozsądnym rozwiązaniem jest przyjęcie III lub IV ochrony odgromowej dla stacji (kontenery, outdoory, niskie maszty antenowe) pracujących na dachach budynków.

Potwierdzeniem takiego sposobu rozwiązywania ochrony odgromowej jest przyjmowanie przez niektórych operatorów europejskich III poziom ochrony stacji bazowych BTS na dachach obiektów budowlanych.

Niezależnie od przyjętego poziomu stacji, podczas jej montażu do elementów istniejącego urządzenia piorunochronnego dołączane są nowe elementy (kanały, przewody wyrównawcze itp.)

Tablica 1. *Sposób postępowania przy ochronie odgromowej stacji BTS montowanej na istniejącym obiekcie.*

Wymagania ochrony	Proponowane rozwiązanie
Ponowna ocena poziomu ochrony	Należy: <ul style="list-style-type: none"> - rozważyć „układ przestrzenny” tworzony przez obiekt budowlany + stacja nadawczo-odbiorcza, - wyznaczyć wymagany poziom ochrony, - wykonać ochronę odgromową stacji zgodnie z zasadami wymaganymi dla wyznaczonego poziomu ochrony, - uzupełnić urządzenie piorunochronne obiektu, jeśli „nowy układ przestrzenny” wymaga ochrony odgromowej o większej skuteczności.
$E_{\text{stacja}} \leq E_{\text{obiekt}}$	Wykonujemy urządzenie piorunochronne stacji zgodnie z wymaganiami poziomu ochrony odgromowej obiektu budowlanego (urządzenie piorunochronne obiektu pozostaje bez zmian).
$E_{\text{stacja}} > E_{\text{obiekt}}$	Wykonujemy urządzenie stacji zgodnie z wymaganiami zalecanego poziomu ochrony. Uzupełniamy urządzenie piorunochronne obiektu budowlanego (w całym obiekcie lub tylko w jego części) zgodnie z wymaganiami poziomu ochrony stacji.

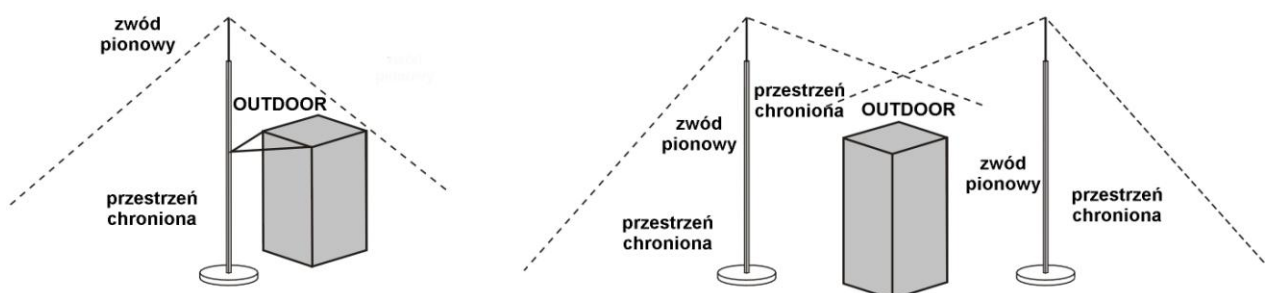
Takie postępowanie należy uznać za rozbudowę instalacji piorunochronnej co wymaga dołączenia do istniejącej dokumentacji wszelkich zmian wprowadzanych w urządzeniu piorunochronnym po zamontowaniu stacji (opis oraz uzupełniające rysunki).

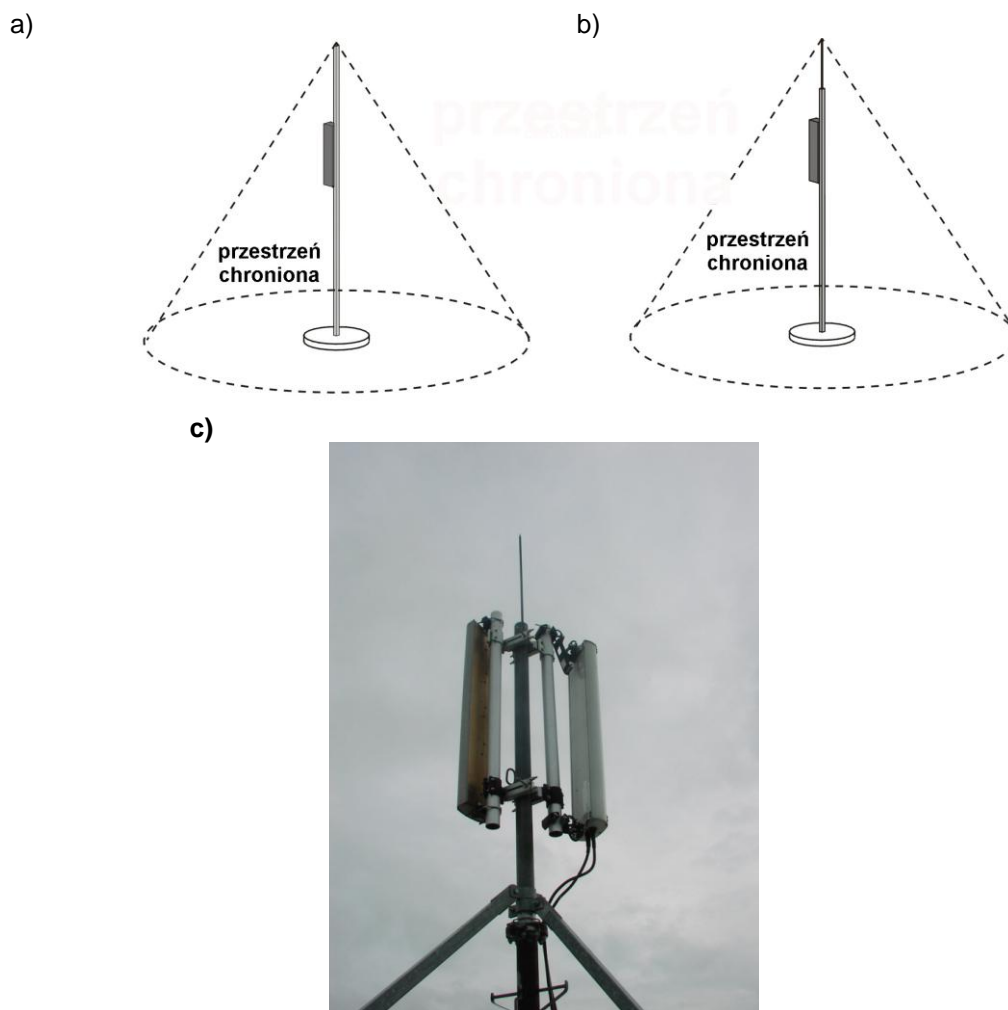
W przypadku umieszczania na dachach budynków stacji nadawczo-odbiorczych posiadających wysokie maszty antenowe (np. kilkunasto metrowe) lub stacji o dużym znaczeniu dla działania systemu należy przyjmować do ich ochrony wymagania II (lub nawet I) poziomu ochrony.

Ochrona przed bezpośrednim działaniem prądu piorunowego

Poszczególne elementy stacji bazowej powinny być chronione przed bezpośrednim uderzeniem pioruna. Jeśli istnieją takie możliwości, szafy z aparaturą nadawczo-odbiorczą (tzw. outdoor) instalowane na dachu budynku należy umieścić w przestrzeni chronionej tworzonej przez istniejące części budynku lub inne elementy konstrukcyjne. W pozostałych przypadkach należy zastosować dodatkowe zwody pionowe lub poziome (rys.1.) Zasady określania przestrzeni chronionej określa norma PN-IEC 61024-1

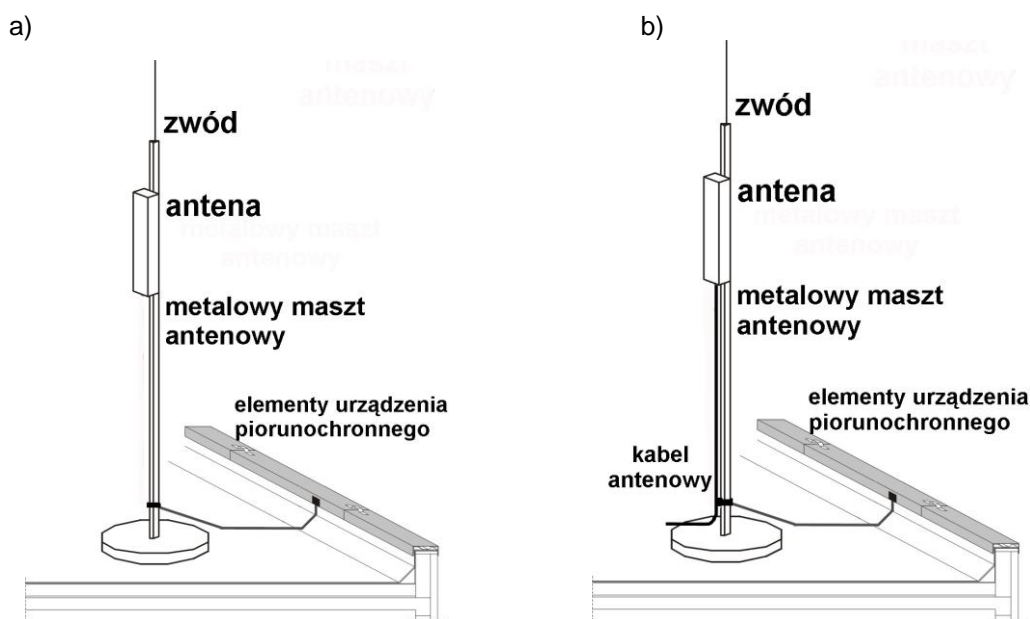
Anteny najczęściej znajdują się w przestrzeni chronionej tworzonej przez maszty, na których są umieszczane (rys.2a.). Jeśli anteny nie znajdują się w przestrzeni chronionej tworzonej przez maszt to należy zastosować dodatkowe zwody pionowe połączone z konstrukcją masztu (rys.2b).

**Rys. 1.** *Ochrona odgromowa outdoorów przed bezpośrednim uderzeniem pioruna*



Rys. 2. Tworzenie ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna

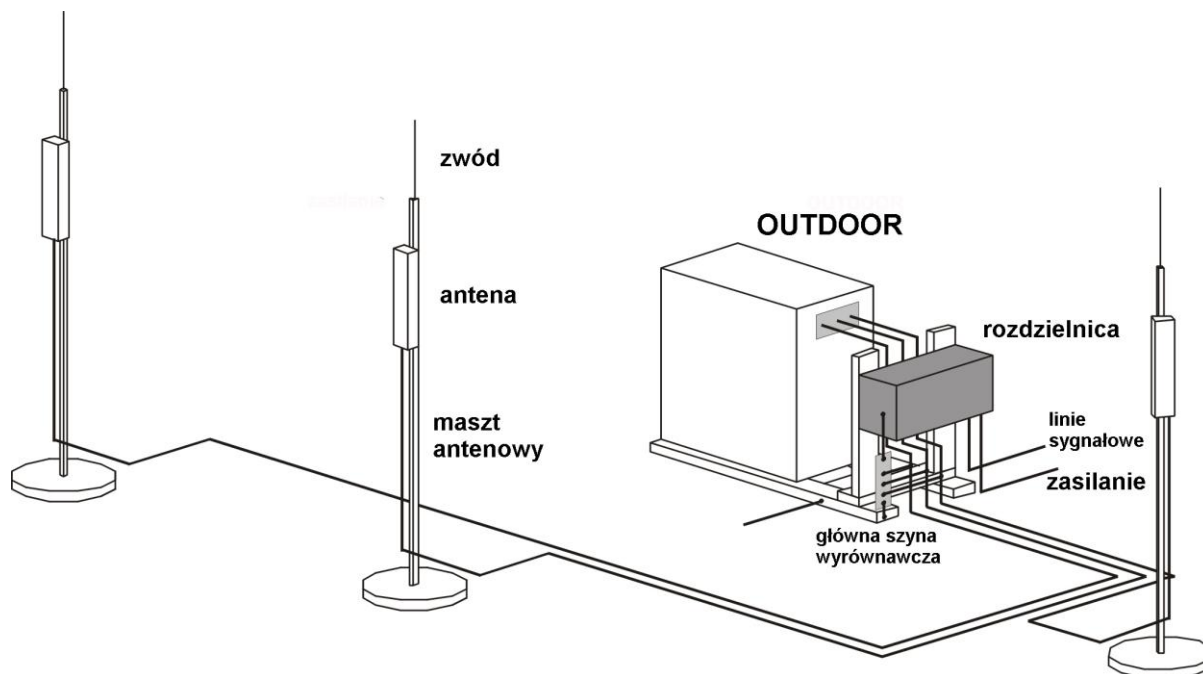
Masztzy antenowe należy u podstawy połączyć z najbliższym elementem urządzenia piorunochronnego (rys.3.).



Rys. 3. Podłączanie masztu antenowego do elementów urządzenia piorunochronnego.

Do podstawy masztu należy również podłączyć przewody od opasek wyrównawczych fiderów (rys.3b.). Kanały z kablami antenowymi oraz przewody wyrównawcze stacji powinny być połączone ze zwodami urządzenia piorunochronnego w miejscach zbliżeń i krzyżowań.

Wskazane jest wprowadzanie wszelkich instalacji do outdooru w jednym miejscu (rys.4.). Wymaga to stworzenia jednego punktu wyrównywania potencjałów opasek uziemiających, uziemiania technologicznego oraz przewodu ochronnego.



Rys. 4. Przykład wprowadzania instalacji do outdooru

Poziomy ograniczania przepięć

Systemy ochrony powinny ograniczać przepięcia do poziomów poniżej odporności udarowej stosowanych urządzeń. Podstawowe informacje o poziomach odporności udarowej typowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych stacji BTS zestawiono w tabl. 2.

Tablica 2. Wymagane poziomy odporności udarowej urządzeń

Urządzenia	Poziomy wytrzymałości urządzeń od strony zasilania napięciem przemiennym na udary napięciowo-prądowe (1,2/50-8/20 μ s)
Bezprzerwowe systemy zasilania (PN-EN 62040-2)	Bezprzerwowe systemy zasilania <ul style="list-style-type: none"> - 2000 V- (udary niesymetryczne), - 1000 V (udary symetryczne).
Urządzenia zasilające w telekomunikacji (PN-T-83101)	Obwody zasilania zespołów prostowniczych i siłowni oraz obwodów wyjściowych przetwornic napięcia przemiennego <ul style="list-style-type: none"> - 2000 V (udary niesymetryczne), - 1000 V (udary symetryczne).
Urządzenia w stacjach bazowych (PN-ETS 300 342-2)	Sprzęt radiowy stacji bazowych oraz współpracujące wyposażenie dodatkowe <ul style="list-style-type: none"> - 1000 V (udary niesymetryczne), - 500 V (udary symetryczne).

Uwzględniając przedstawione dane przyjęto, że układy ograniczników w instalacji elektrycznej zasilającej urządzenia w stacjach bazowych będą ograniczały przepięcia do poziomów poniżej 1500V lub nawet 1000 V.

Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej

Dobierając urządzenia do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej należy uwzględnić:

- występujące zagrożenie piorunowe,
- stosunkowo niewielkie wymiary outdooru lub kontenera,
- trudności z dokładnym określeniem odporności udarowej każdego z urządzeń,
- celowość zachowanie marginesu koordynacyjnego,
- zalecenia zawarte w normach ochrony odgromowej i przepięciowej.

Uwzględniając powyższe uwagi przyjęto, że układy ograniczników przepięć powinny spełniać następujące wymagania:

- ograniczać przepięcia do poziomu poniżej 1000 – 1500 V pomiędzy przewodami fazowymi a przewodem ochronnym oraz pomiędzy przewodem neutralnym a przewodem ochronnym,
- zapewniać ochronę przed prądem piorunowym o wartości szczytowej dochodzącej do 100 kA,
- charakteryzować się napięciem trwałej pracy na poziomie ok. 1,1 napięcia fazowego.
- być proste w montażu i zajmować stosunkowo niewiele miejsca w rozdzielnicy,
- podczas działania nie wpływać na pracę innych aparatów elektrycznych np. nie powodować zadziałania bezpieczników, nawet o stosunkowo niewielkich wartościach,
- współpracować z układami warystorów, jakie mogą być stosowane przez producentów siłowni lub UPS-ów,
- gasić prądy następcze.

Układ ograniczników powinien być dobrany do stosowanego systemu sieci i umieszczony w takim miejscu, w którym istnieje możliwość jego kontroli.

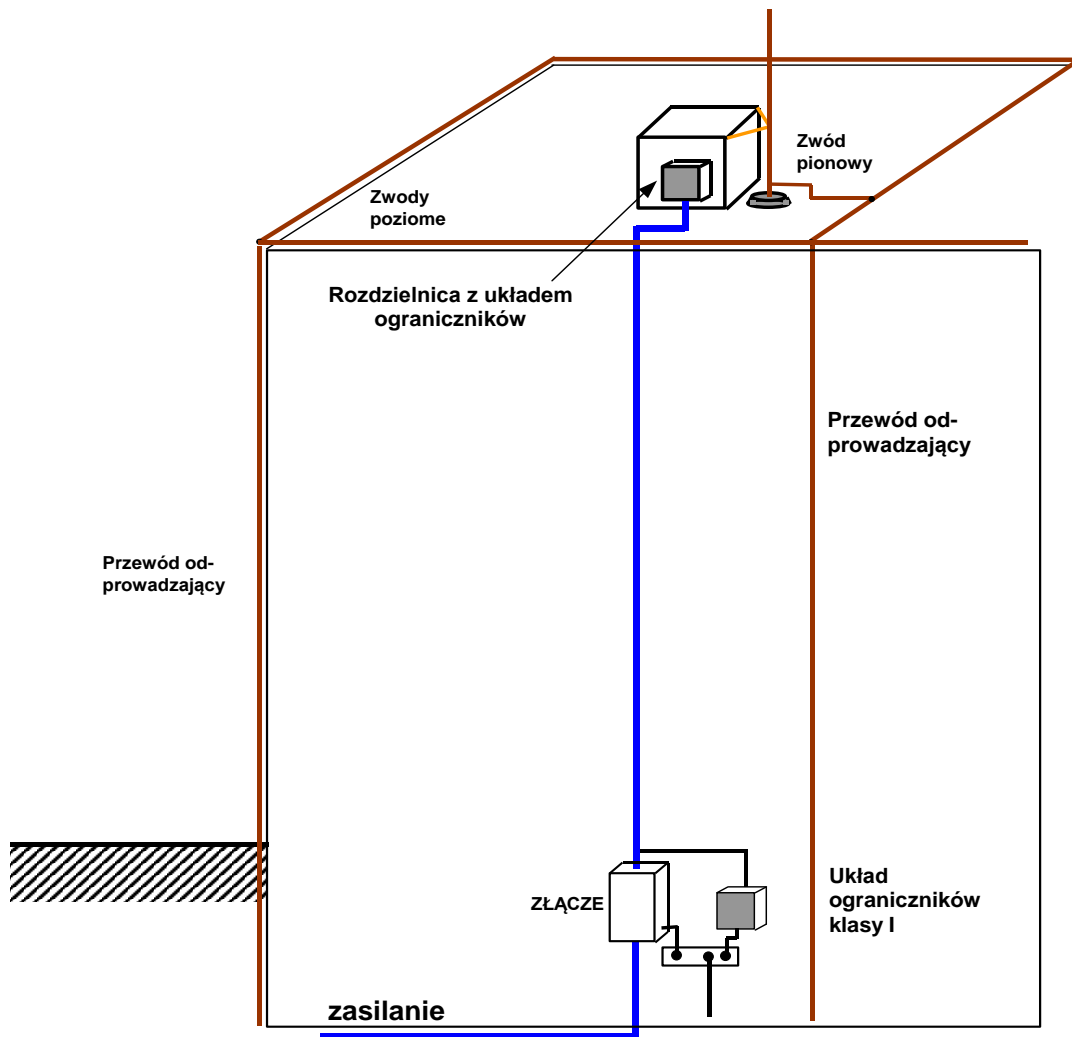
Ograniczanie przepięć do możliwie najniższych poziomów wymaga również stosowania możliwie najkrótszych przewodów do połączeń ograniczników.

W typowym obiekcie budowlanym w instalacji elektrycznej należy zastosować układy ograniczników klasy I, które powinny być umieszczane (rys.5.):

- w pobliżu miejsca wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego (np. złącze, szafka obok złącza) - ograniczanie przepięć do poziomu dopuszczalnego dla tej instalacji,
- w rozdzielnicy zasilającej urządzenie - ograniczanie przepięć do poziomu poniżej poziomu odporności udarowej chronionych urządzeń.

Zadaniem ograniczników instalowanych w złączu, szafce obok złącza lub w rozdzielnicy głównej jest wyrównywanie potencjałów oraz ochrona instalacji i urządzeń przed działaniem części prądu piorunowego i wszelkiego rodzaju przepięciami.

Stosowane ograniczniki powinny zapewnić ograniczenie przepięć do poziomu poniżej 4 000V lub nawet 2500V.



Rys. 5. Rozmieszczenie układów ograniczników w przypadku umieszczenia obiektu w strefie ochronnej

SPD typu 1 o napięciowych poziomach ochrony poniżej 2500 V i 4000 V

W pierwszym przypadku (ograniczniki o poziomach ok. 4000 V) stosunkowo wysokie napięciowe poziomy ochrony ograniczają częstość zadziałań układów takich ograniczników przy występowaniu różnego rodzaju przepięć.

Znacznie częściej będą działały ograniczniki o poziomie ochrony poniżej 2500V. W obu przypadkach po zadziałaniu popłyną prądy następce.

W celu ograniczenia obciążeń cieplnych dąży się do ograniczenia prądów następnych płynący przez iskierniki po ich zadziałaniu. Obecnie stosowane są różnorodne techniki samogaszenia łuku. Najlepsze wyniki uzyskano w układzie elektrod, w którym następuje wydłużanie łuku, na który jednocześnie oddziałują siły osiowe i promieniowe, tzw. technologii RADAX-Flow [19]

W takich iskiernikach można ograniczyć wartości szczytowe prądów następnych do poziomu kilkuset amperów w miejscach o spodziewanym prądzie następnych o wartości skutecznej 50 kA.

W SPD ograniczających przepięcia do poziomów poniżej 2500 V zastosowano sterowane iskierniki. Podstawowe właściwości SPD o napięciowych poziomach ochrony poniżej 2500 V i 4000V, w których zastosowano takie iskierniki, zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Podstawowe zalety SPD typu 1 o napięciowym poziomie ochrony poniżej 4000 V i 2500 V

SPD typu 1 o napięciowym poziomie ochrony poniżej 4000 V	
Widok ogólny	Podstawowe właściwości
 <p>DEHNBloc 3 255 H</p>  <p>DEHNBloc 1 255 H DEHNBloc NH00 255 H</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zapewniają ochronę przed prądami udarowymi o wartościach szczytowych do 50 kA i kształcie 10/350. 2. Dwuelektrodowe iskierniki, wykorzystujące osiowe i promieniowe oddziaływanie na prądy następcze. 3. Ograniczają przepięcia do poziomów poniżej 4000 V, co zapewnia odpowiedni margines koordynacyjny pomiędzy obniżonym napięciem a wytrzymałością udarową urządzeń elektrycznych i elektronicznych instalowanych w złączu instalacji (najczęściej wymagana odporność na poziomie 6000 V). 4. Wysoki poziom napięcia zapłonu iskiernika ogranicza liczbę zadziałań ogranicznika do niezbędnego minimum, co może znacznie wydłużyć czas jego eksploatacji. Optymalny ogranicznik do stosowania w wielostopniowych systemach ograniczania przepięć. 5. Łatwość montażu oraz możliwości połączeń „szeregowych” i „równoległych”. 6. Możliwość instalacji w gniazdach bezpiecznikowych. 7. Nie wprowadzają prądu upływu w instalacji elektrycznej.
SPD typu 1 o napięciowym poziomie ochrony poniżej 2500 V	
Widok ogólny	Podstawowe właściwości
 <p>DEHNBloc Maxi 1 255 L</p>  <p>DEHNBloc Maxi 1 255 S</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zapewniają ochronę przed prądami udarowymi o wartościach szczytowych do 50 kA i kształcie 10/350 oraz wszelkiego rodzaju przepięciami. 2. SPD typu 1 bez kłopotów spełniają wymagania wynikające z zakresu badań klasy I oraz II. Dzięki temu pojedynczy ogranicznik może zastąpić dotychczas stosowane rozwiązania składające się z układu SPD typu 1 – elementów odsprzęgających – SPD typu 2. 3. Nie są wymagane odstępy pomiędzy układami SPD typu 1 a typu 2. 4. Dwuelektrodowe iskierniki, wykorzystujące osiowe i promieniowe oddziaływanie na prądy następcze. 5. Posiadają trójelektrodowe iskierniki z wymuszonym zapłonem, w których wykorzystano osiowe i promieniowe oddziaływanie na prądy następcze. 6. Stosowania SPD o poziomach ochrony poniżej 2500 V wymaga norma PN-IEC 60364-443 w przypadku, gdy „instalacja jest zasilana napowietrzną linią niskiego napięcia lub z taką linią jest połączona”. Zalecenie to dotyczy ochrony przed przepięciami atmosferycznych dochodzącymi z zewnątrz do instalacji elektrycznej w obiektach budowlanych bez instalacji piorunochronnej, jeśli znajdują się one w obszarach, w których występuje więcej niż 25 dni burzowych w roku. 7. Łatwość montażu oraz możliwości połączeń „szeregowych” i „równoległych” (typ DBM 1 255 L). 8. Możliwość mocowania bezpośrednio do szyn (typ DEHNBloc Maxi 1 255 S). 9. Nie wprowadzają prądu upływu w instalacji elektrycznej.

Należy zauważyć, że stosując SPD typu 1 o poziomie ochrony 4000 V w wielostopniowym systemie ograniczania przepięć należy zachować odpowiednie odległości pomiędzy układami tych ograniczników a SPD typu 2. Takie zalecenia nie obowiązują ograniczników o poziomach ochrony poniżej 2500 V (rys. 6.).

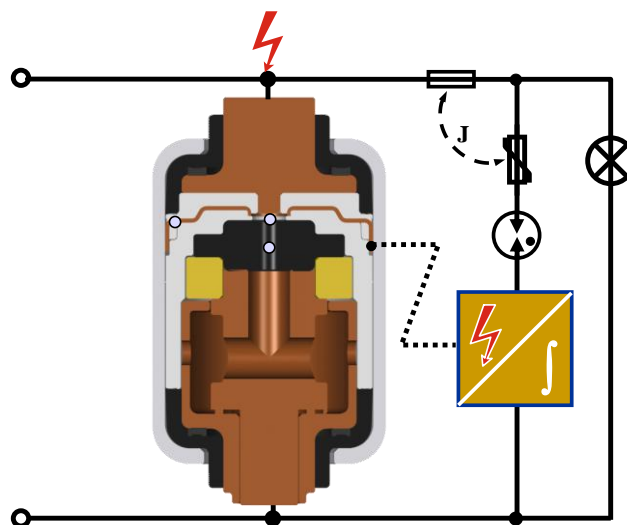


Rys. 6. Połączenie układu ograniczników DEHNBloc Maxi 1 255 L (SPD typ 1) z ogranicznikami typu 2 bez dodatkowych elementów

SPD typu 1 o napięciowym poziomie ochrony poniżej 1500 V

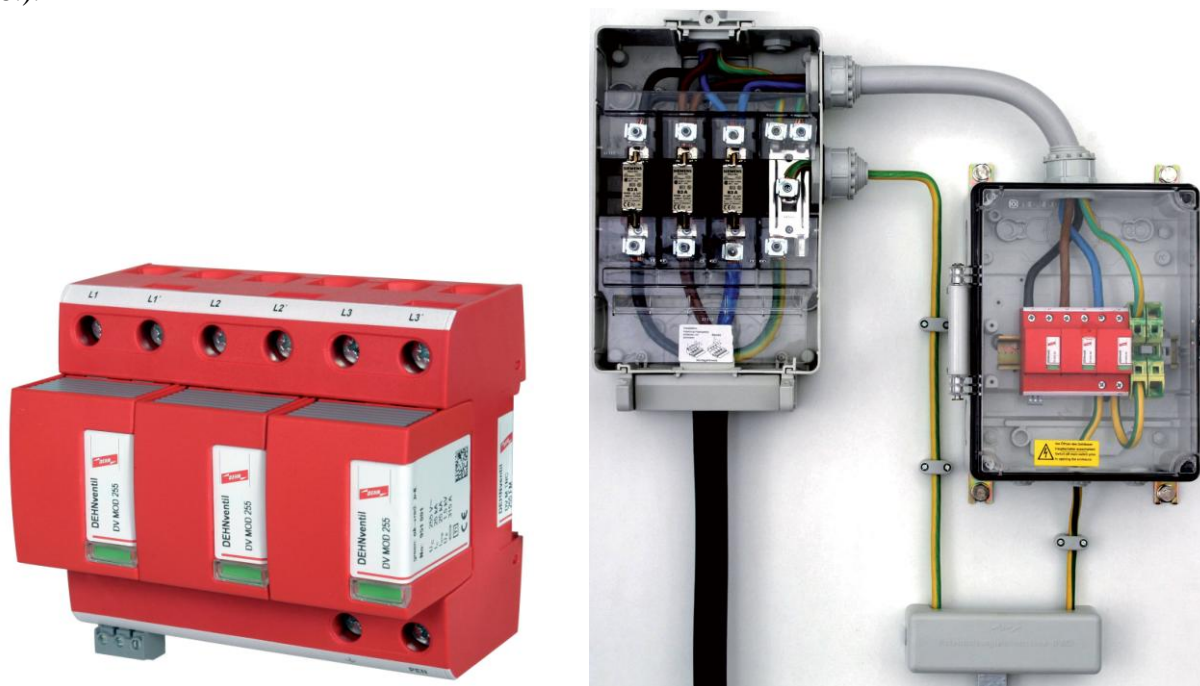
Kolejnym etapem rozwoju SPD typu 1 było zastosowanie iskierników umożliwiających otrzymanie napięciowego poziomu ochrony poniżej 1500V. Podobnie jak w przypadku ograniczników o napięciowym poziomie ochrony 2500 V można wykorzystać:

- iskierniki z dodatkowymi układami zapłonowymi przyspieszających przeskok pomiędzy elektrodami iskiernika (Rys. 7.),
- technologię RADAX-Flow do gaszenia prądów następnych.



Rys. 7. Przykład sterowanego iskiernika o napięciowym poziomie ochrony poniżej 1500 V

SPD typu 1 o poziomie ochrony poniżej 1500 V znalazły szerokie zastosowanie w instalacjach elektrycznych, w których wymagany jest niski poziom przepięć już w miejscach wprowadzania instalacji do obiektu, w stacjach bazowych systemu telefonii komórkowej oraz w instalacjach zasilających szafy z urządzeniami elektronicznymi (np. sterowania ruchem kolejowym, centrale – rys. 8.).



Rys. 8. Ogranicznik DEHNventil modular o napięciowym poziomie ochrony poniżej 1,5 kV

W przedstawionych instalacjach wykorzystana jest jeszcze jedna właściwość ograniczników DEHNventil modular, jaką jest możliwość współdziałania z ogranicznikami typu 3.

Podejmowane są również próby wykorzystania warystorowych SPD typu 1. Stosowane obecnie warystory posiadają szereg zalet, ale są w stanie zapewnić ochronę przed prądami impulsowymi (symulującymi prąd piorunowy) o stosunkowo niewielkich wartościach szczytowych dochodzących do 7 – 9 kA.

Dodatkowo należy zauważyć, że pomimo ograniczania przez warystory przepięć do stosunkowo niskich poziomów (dochodzących nawet do 900 V) „przepuszczone” udary charakteryzuje stosunkowo długi czas trwania (kilkaset μs) i energia udarowa dochodząca do przyłączy zasilania urządzeń jest większa od energii udarów stosowanych do ich testowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

Zapewnienie pełnej skuteczności ochrony przed przepięciami wymaga również zastosowania urządzeń ograniczających przepięcia w kablach koncentrycznych. Należy je montować bezpośrednio przed „outdoorami” lub przy wejściu kabli do kontenerów. Włączenie tych urządzeń nie powinno znacząco wpłynąć na przesył sygnałów.

Jeśli do stacji dochodzą linie telekomunikacyjne to należy również zastosować ograniczniki chroniące przed przepięciami występującymi w tych liniach.

Podsumowanie

Urządzenia stacji nadawczo-odbiorczych instalowanych na dachach obiektów budowlanych są narażone na bezpośrednie wyładowanie piorunowe. Ochrona przed tego rodzaju zagrożeniem wymaga zastosowania odpowiednio dobranych zwodów pionowych lub poziomych oraz urządzeń ograniczających przepięcia dochodzące do tych urządzeń z instalacji elektrycznej oraz z linii przesyłu sygnałów.

LITERATURA

1. **PN-86/E-05003/01.** *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.*
2. **PN-IEC 61024-1:2001,** *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne.*
3. **PN-IEC 61024-1-2.** *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.*
4. **PN-IEC 61312-1:2001,** *Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.*
5. **PN-IEC 61024-1-1:2001,** *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Wybór poziomu ochrony dla urządzenia piorunochronnego.*
6. **PN-IEC 61643-1.** *Urządzenia ograniczające przepięcia dołączone do sieci rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania techniczne i metody badań.*
7. **PN-EN 61000-4-5:1998,** *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary.*
8. **PN-IEC 60364-4-443: 1999,** *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi.*
9. **PN-IEC 60364-4-442.** *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia.*
10. **PN-T-83101:1996,** *Urządzenia zasilające w telekomunikacji. Określenia, wymagania i badania.*
11. Zalecenia dla instalacji elektrycznych w obiektach telekomunikacyjnych TP S.A. z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej. Wprowadzone Zarządzeniem Nr 56 Prezesa Zarządu TP S.A. z dnia 18.12.1997. Warszawa 1998.
12. **PN-T-83101:1996,** *Urządzenia zasilające w telekomunikacji. Określenia, wymagania i badania.*
13. **PN-ETS 300 342-2:1999,** *Urządzenia i systemy radiowe (RES). Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) europejskiego cyfrowego komórkowego systemu telekomunikacyjnego (GSM 900 MHz i DCS 1 800 MHz). Radiowe stacje bazowe i wyposażenie dodatkowe.*
14. Dziennik Ustaw z 2002 r. Nr 169, poz. 1386.
15. Trommer W., Hampe E.A.: *Blitzschutzanlagen. Planen. Bauen. Prüfen.* Huthing. 1997.
16. Haese I., Huhse I.: *Blitz- und Überspannungsschutz von Mobilfunkstandorten in Theorie und Praxis.* VDE-Fachbericht 52. Neue Blitzschutznormen in der Praxis. 1997.
17. Esther T.: *Blitzschutz im Mobilfunk.* VDE-Fachbericht 56. Der Blitzschutz in der Praxis. 1999.
18. Schimanski J., Scheibe K., Wetter M.: *Blitz- und Überspannungsschutz in Basisstationen von Mobilfunkanlagen – praktische Erfahrungen.* VDE-Fachbericht 56. Der Blitzschutz in der Praxis. 1999.
19. Materiały informacyjne firmy DEHN