

ZEWNĘTRZNA OCHRONA ODGROMOWA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH



ODSTĘPY IZOLACYJNE W OCHRONIE ODGROMOWEJ WOLNOSTOJĄCYCH OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Andrzej Sowa
Politechnika Białostocka

Projektując urządzenia piorunochronne obiektów budowlanych należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę urządzeń na dachach tych obiektów przed bezpośrednim oddziaływaniem prądów piorunowych. Podstawowe informacje o zasadach ograniczania tego rodzaju zagrożenia zawarto w normach ochrony odgromowej [1, 2] w których stwierdzono, że „wszystkie urządzenia dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny znajdować się w przestrzeni ochronnej układu zwodów”.

Przestrzeń chroniona

Określając obszary przestrzeni chronionych tworzonych przez naturalne elementy konstrukcyjne obiektów lub układy zwodów urządzenia piorunochronnego LPS (Lightning Protection System) należy uwzględnić wymagania dotyczące kątów ochronnych oraz odstępów izolacyjnych. Zachowując odpowiednie odstępów izolacyjnych eliminujemy możliwości powstawania przeskoków iskrowych pomiędzy chronionymi urządzeniami i instalacjami ułożonymi na dachach a zwodami lub elementami konstrukcji obiektu wykorzystywanymi do celów ochrony odgromowej. Poniżej przedstawione zostaną zasady określania przestrzeni chronionych tworzonych przez elementy LPS na typowych dachach dwuspadowych wolnostojących obiektów budowlanych. W takich obiektach najczęściej należy zwrócić uwagę na ochronę odgromową anten, kominów współczesnych pieców oraz, coraz częściej stosowanych, kolektorów fotowoltaicznych.

Kąty ochronne

Zgodnie z obowiązującymi obecnie zaleceniami [2] do wyznaczania przestrzeni chronionej można wykorzystać zasadę tocznej kuli lub dobrać odpowiednie kąty ochronne. Metoda toczącej się kuli jest szczególnie przydatna, jeśli na dachu znajdują się różnorodne nadbudówki (rys. 1).

W tych miejscach na powierzchni dachu, które nie są dotykane przez toczoną kulę, nie istnieje zagrożenie bezpośrednim uderzeniem pioruna.

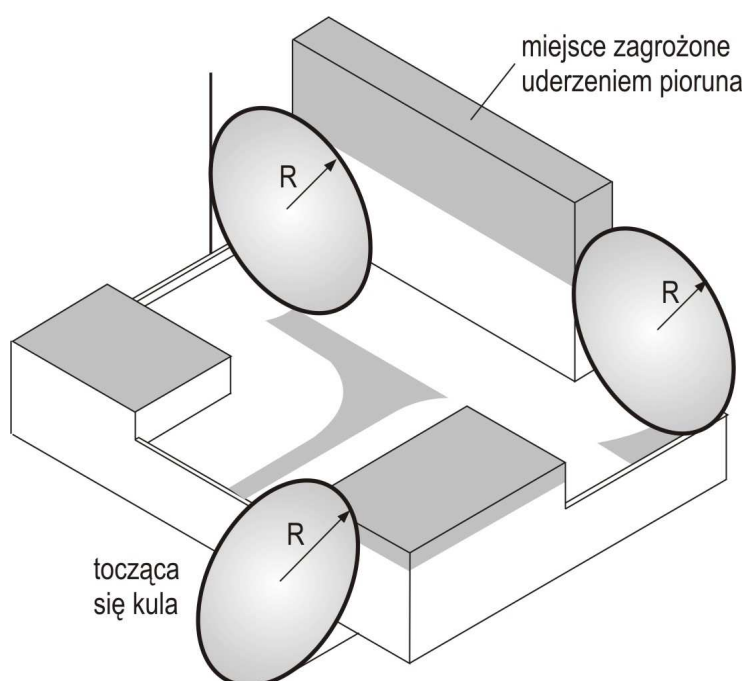
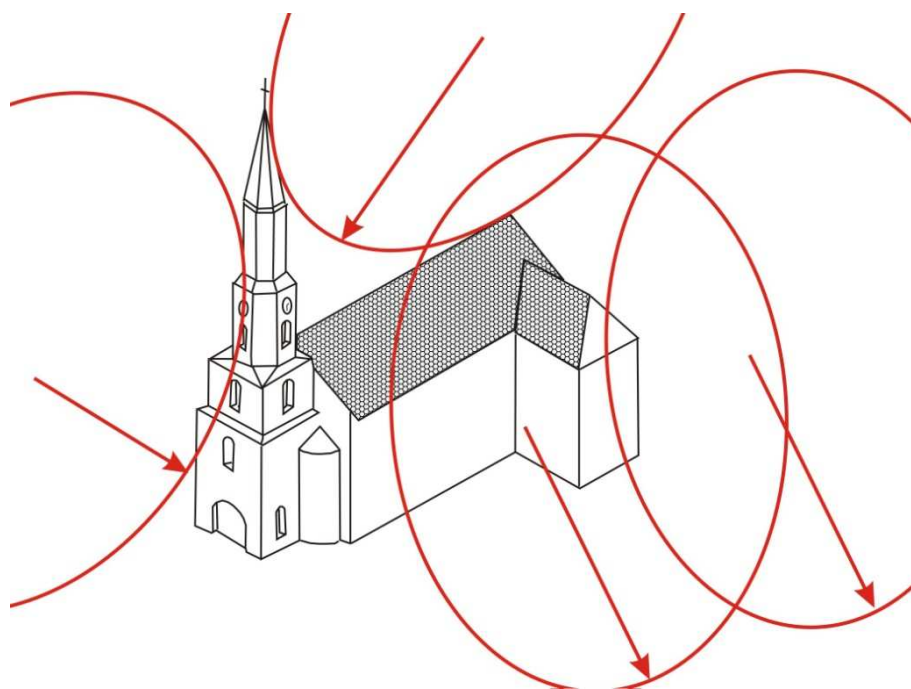
W przypadku pojedynczego zwodu pionowego (rys. 2) do wyznaczania kąta ochronnego można wykorzystać równanie [3, 4]:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \left(\frac{a}{h} + \frac{r \cdot a}{h^2} - \left(\frac{r}{h} \right)^2 \cdot \arccos \frac{r-h}{r} \right) \quad [^\circ] \quad (1)$$

gdzie:

$$a = \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2} \quad [\text{m}], \quad h - \text{wysokość zwodu pionowego} \quad [\text{m}]$$
$$r - \text{promień kuli} \quad [\text{m}], \quad h \leq r$$

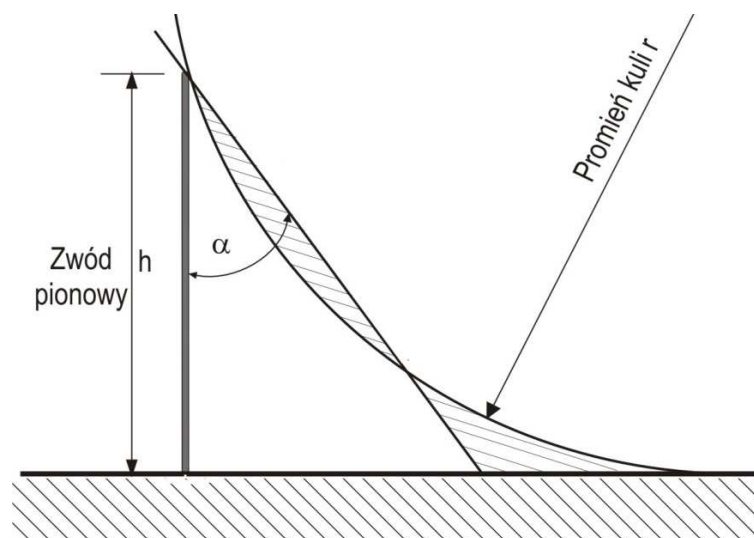
Określając wartości kąta α przyjęto założenie równości przestrzeni chronionych wyznaczanych przy pomocy kąta ochronnego oraz tocznej kuli.



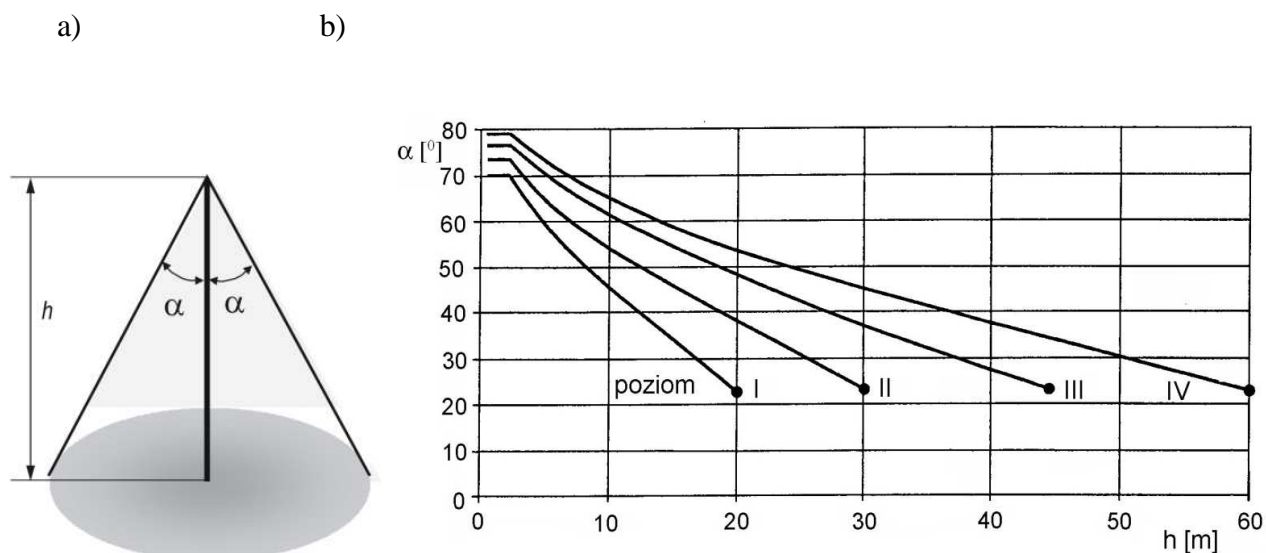
Rys.1. Wykorzystanie metody toczącej kuli do wyznaczania miejsc zagrożonych bezpośrednim uderzeniem pioruna

Wzajemne relacje pomiędzy tymi metodami na przykładzie przestrzeni chronionej pojedynczego zwodu pionowego przedstawiono na rys. 2.

Wartości kątów α wyznaczone przy pomocy zależności (1) praktycznie nie różnią się od przedstawionych w normie PN-EN 62305-3 [2, 3, 4], w której uzależniono wartości kątów ochronnych od poziomów ochrony wymaganych dla rozważanego obiektu oraz wysokości zwodów (rys. 3).



Rys. 2. Porównanie przestrzeni chronionych wyznaczonych za pomocą kąta ochronnego oraz toczonej kuli



Rys. 3. Wyznaczanie kątów ochronnych z zależności od wymaganego poziomu ochrony i wysokości zwodu

Odstępy izolacyjne

Określając obszary przestrzeni chronionych należy zachować odstępy izolacyjne eliminujące możliwości wystąpienia przeskoków iskrowych pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego a chronionym urządzeniem. Wielkość odstępów izolacyjnych jest uzależniona od:

- parametrów prądu piorunowego,
- rodzaju materiału izolacyjnego, jaki występuje w miejscach zbliżeń elementów urządzenia piorunochronnego i chronionych urządzeń,
- rozptyłu prądu piorunowego w urządzeniu piorunochronnym obiektu budowlanego,
- odległości od miejsca zbliżenia, w którym może wystąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi liczona wzdłuż przewodu, w którym płynie prąd piorunowy.

W normach ochrony odgromowej [1, 2] obiektów budowlanych do przybliżonego określania odstepu izolacyjnego s zaproponowano zależność:

$$s \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} L \quad (2)$$

gdzie: L - długość mierzona wzdłuż przewodu odprowadzającego od punktu rozpatrywanego zbliżenia do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego w metrach.

k_i i k_m i k_c – współczynniki, których wartości zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości współczynników w równaniu (2)

Współczynnik	Wartość	
k_i - uzależniony od klasy LPS	0,08 - I klasa LPS; 0,06 - II klasa LPS; 0,04 - III i IV klasa LPS	
k_m - uzależniony od materiału odstepu izolacyjnego	1- powietrze 0,5 - beton, cegła 0,7 – 0,8 zastosowanie elementów dystansujących *	
k_c - uzależniony od rozptyłu prądu w przewodach LPS	Układ uzziemienia typu A	Układ uzziemienia typu B
	1 - zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,66 - zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,44 - sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających	1 - zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,5...1 - zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,25...0,5 - sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających
* - wartości podawane przez producentów elementów dystansujących		

Niestety wartości współczynnika k_c podano tylko dla przypadków wyładowań piorunowych w krawędzie boczne LPS obiektów wysokich lub typu halowego oraz narożniki i środki dachów dwuspadowych (tabela 2).

W rzeczywistych warunkach urządzenia wymagające ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego mogą znajdować się w dowolnym punkcie na powierzchni dachu.

W takich przypadkach prąd piorunowy rozptyla się w urządzeniu piorunochronnym i zmieniają się wartości współczynników k_c dla poszczególnych przewodów tego urządzenia na odcinku pomiędzy miejscem, w którym wyznaczamy odstęp izolacyjny a najbliższym połączeniem wyrównawczym.

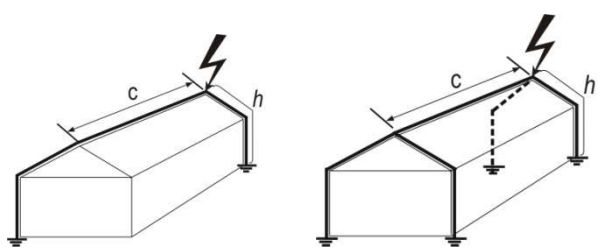
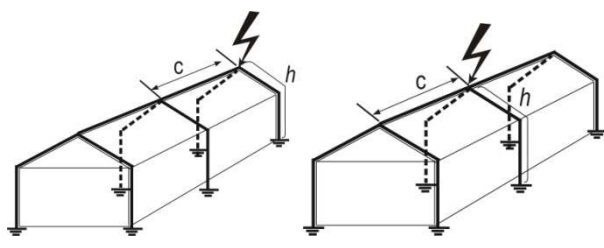
Uwzględniając fakt rozptyłu prądu piorunowego w elementach LPS odstęp izolacyjny wynosi:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + \dots + k_{cm} \cdot l_m) \quad (3)$$

gdzie : l_1, l_2, \dots, l_m - odcinki przewodów LPS w których płyną prądy o wartościach określanych przez współczynniki $k_{c1}, k_{c2}, \dots, k_{cm}$.

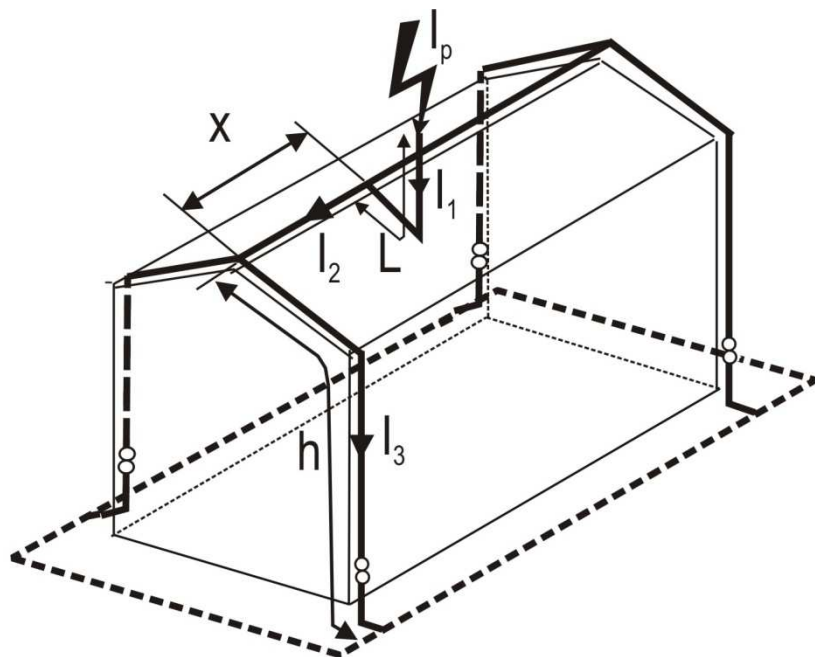
Wykorzystując zależność (3) oraz można wyznaczyć odstęp izolacyjny w układach przestrzennych urządzeń piorunochronnych obiektów budowlanych.

Tabela 2. Przykładowe wartości współczynników k_c w zależności od liczby przewodów odprowadzających oraz wymiarów obiektu (uziemiaenie typu B)

Układ przestrzenny	Układ	$\frac{C}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00
 Układ K układ L	K	k_c	0,57	0,60	0,66	0,75
	L	k_c	0,31	0,33	0,37	0,41
 Układ M Układ N	M	k_c	0,28	0,33	0,37	0,41
	N	k_c	0,23	0,25	0,30	0,35

W przypadku typowego dachu dwuspadowego (rys. 4), określając odstęp izolacyjny s od zwodu pionowego do chronionego urządzenia, należy wykorzystać zależność (3) w następującej postaci:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \left(\frac{I_1}{I_p} \cdot L + \frac{I_2}{I_p} \cdot x + \frac{I_3}{I_p} \cdot h \right) \quad (4)$$

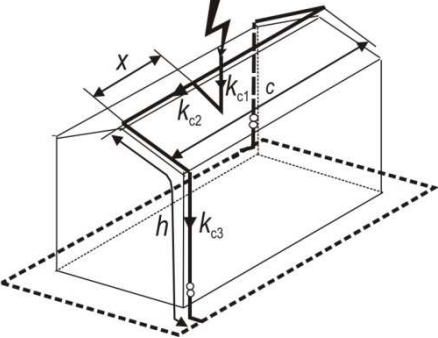
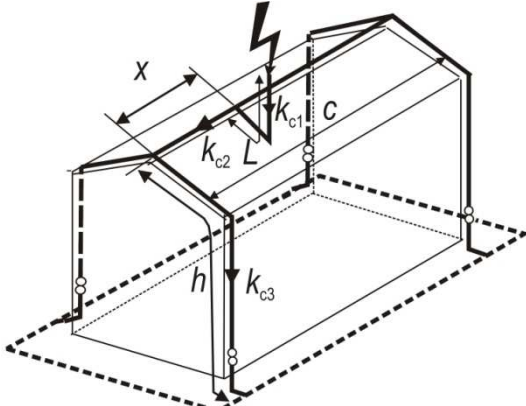
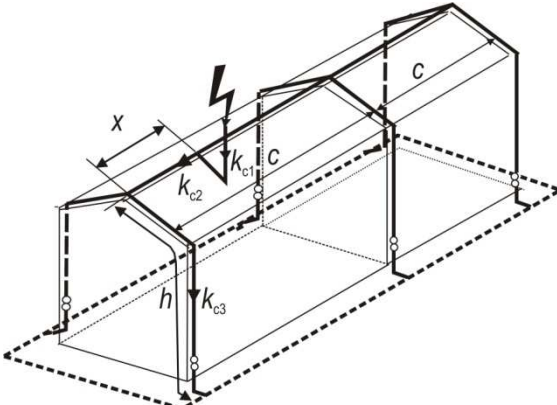
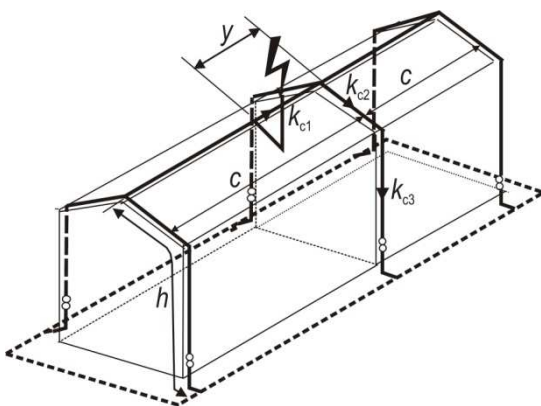


Rys. 4. Przykład urządzenia piorunochronnego na obiekcie o dachu dwuspadowym

Zakładając równość jednostkowej indukcyjności zwodów i przewodów odprowadzających, można wyznaczyć zależności określające wartości współczynników k_c oraz wymagane odstępy izolacyjne

s na typowych dachach dwuspadowych w dowolnym miejscu umieszczenia zwodu pionowego (tabela 3).

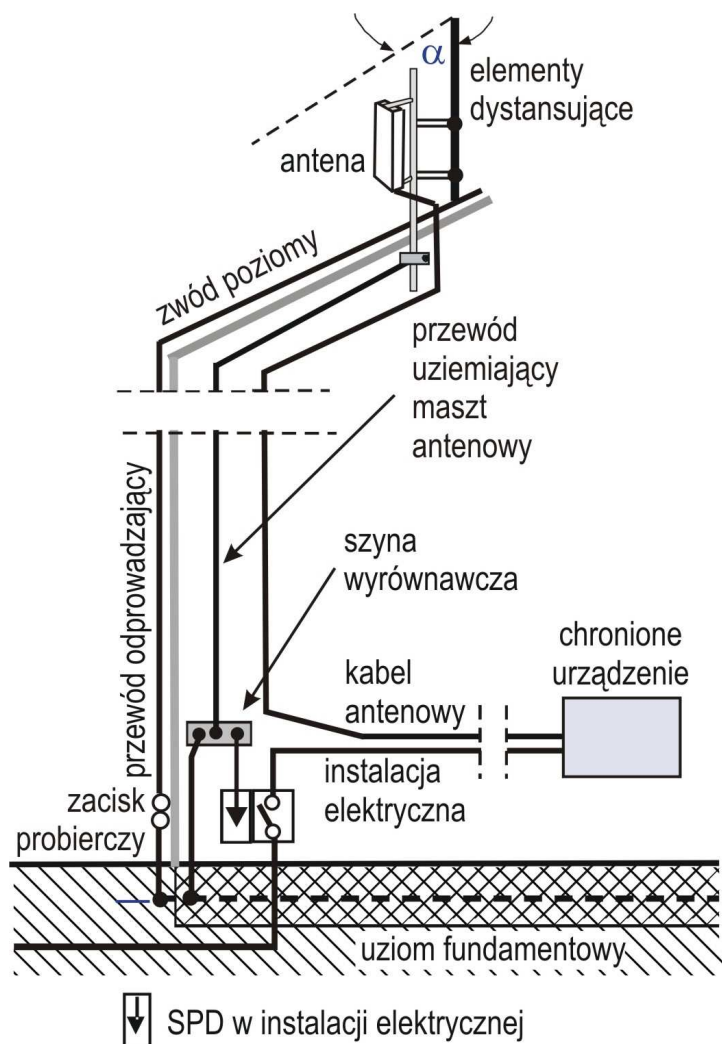
Tabela 3. Współczynniki k_c oraz odstępy izolacyjne dla prostych urządzeń piorunochronnych

Widok ogólny	Współczynniki k_c i odstępy s
	$k_{c1} = 1,$ $k_{c2} = \frac{c - x + h}{c + 2h}$ $k_{c3} = k_{c2}$ $s = \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot L + k_{c2} \cdot x + k_{c3} \cdot h)$
	$k_{c1} = 1,$ $k_{c2} = \frac{2(c - x) + h}{2(c + h)}$ $k_{c3} = 0,5 \cdot k_{c2}$ $s = \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot L + k_{c2} \cdot x + k_{c3} \cdot h)$
	$k_{c1} = 1,$ $k_{c2} = \frac{(c - x)(c + h) + 0,5(c + 0,5h)}{(c + 0,5h)(c + 1,5h)}$ $k_{c3} = 0,5 \cdot k_{c2}$ $s = \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot L + k_{c2} \cdot x + k_{c3} \cdot h)$
	$k_{c1} = 1,$ $k_{c2} = \frac{(c - y + 0,5h)(c + h)}{(c + 0,5h)(c + 1,5h)}$ $k_{c3} = \frac{(c - y + 0,5h)}{2(c + 1,5h)}$ $s = \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot L + k_{c2} \cdot y + k_{c3} \cdot h)$
<p>L - długość odcinka LPS składającego się ze zwodu pionowego oraz odcinka przewody łączącego ten zwód ze zwodem pionowym</p>	

Przedstawiony sposób wyznaczania odstępów izolacyjnych może być przydatny do ochrony anten na dachach obiektów gdyż zgodnie [2] „maszty antenowe na dachu obiektu powinny być chronione przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi przez ich zainstalowanie w chronionej już strefie lub przez zainstalowanie izolowanego zewnętrznego LPS”

Umieszczając zwody do ochrony masztów antenowych należy dążyć do wyeliminowania lub ograniczenia ich wpływu na pracę systemu. Dotyczy to szczególnie anten dookólnych.

Przykładowe rozwiązanie ochrony masztu antenowego na dachach obiektów budowlanych przedstawiono na rys. 5.

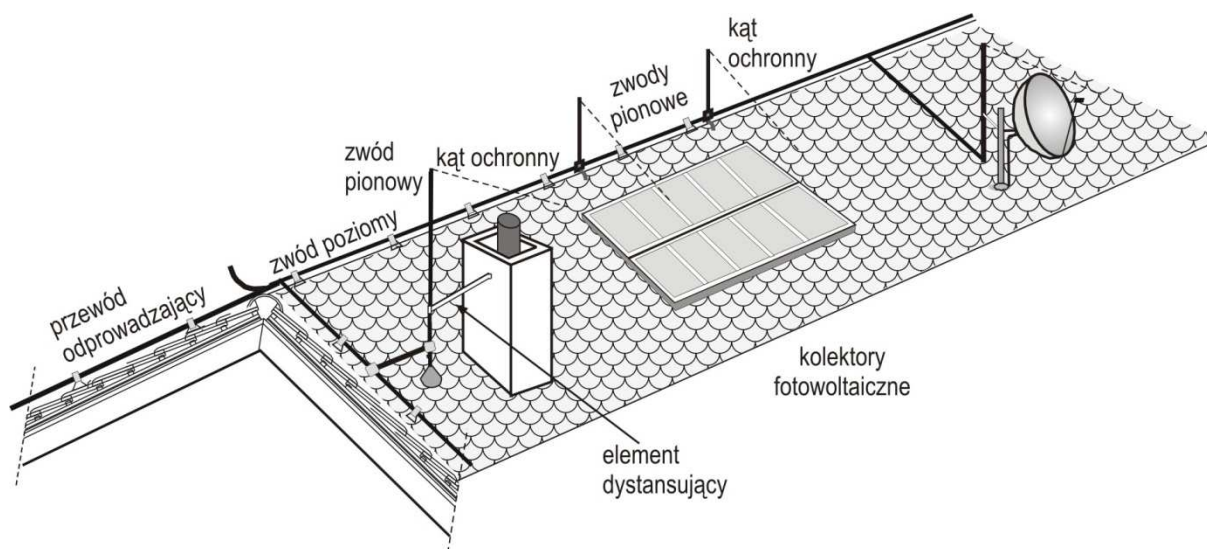


Rys. 5. Ochrona odgromowa zewnętrznego systemu antenowego przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym

W przedstawionym rozwiązaniu maszt antenowy nie jest łączony z przewodami urządzenia piorunochronnego, ale z główną szyną wyrównawczą lub z najbliższym punktem wyrównywania potencjałów wewnątrz obiektu.

Dodatkowo należy rozważyć potrzebę zastosowania urządzenia SPD (Surge Protective Device), które będzie ograniczało przepięcia atmosferyczne indukowane w kablu antenowym i w instalacji elektrycznej. SPD należy zainstalować przed chronionym urządzeniem. Można również oddzielnie ograniczać przepięcia w instalacji elektrycznej (SPD typu 2 lub 3) oraz w kablu antenowym (SPD kategorii C2). Układy SPD powinny być umieszczone bezpośrednio przed chronionym urządzeniem lub w rozdzielnicach wewnątrz obiektów umieszczonych kilka metrów od urządzenia.

Przedstawione zasady należy zastosować do ochrony wszystkich urządzeń znajdujących się na dachu obiektu (rys. 6).



Rys. 6. Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej zasilającej urządzenie umieszczone w przestrzeni chronionej na dachu obiektu budowlanego

Urządzenia zawierające wyposażenie elektryczne i elektroniczne, które nie można umieścić w dostatecznej odległości od elementów urządzenia piorunochronnego (nie można zachować odstępu izolacyjnego np. na obiektach o konstrukcji stalowej lub posiadających metalowe pokrycia dachowe) powinny być również umieszczone w przestrzeniach chronionych tworzonych przez zwody pionowe i poziome.

W celu wyeliminowania niekontrolowanych przeskoków iskrowych metalowe elementy konstrukcji urządzenia należy połączyć z układem zwodów.

Podsumowanie

Ochrona urządzeń i instalacji na dachach obiektów przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego jest obecnie jednym z podstawowych zadań urządzenia piorunochronnego. Wyznaczając przestrzeń chronioną, w których powinny być umieszczane chronione urządzenia i instalacje należy określić wymagane odstępy izolacyjne pomiędzy nimi a elementami urządzenia piorunochronnego. Zasady wyznaczania tych odstępów przedstawiono dla przypadków urządzeń piorunochronnych na typowych dachach dwuspadowych obiektów budowlanych.

Literatura

1. **PN-EN 62305-1:2008**, Ochrona odgromowa - Część 1: Wymagania ogólne.
2. **PN-EN 62305-3:2009**, Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.
3. Hasse P., Wiesinger J., Zischank W.: *Handbuch für Blitzschutz und Erdung*. 5. Auflage, Pflaum, 2006.
4. Kishimoto Y.: *Consideration of protection angle method and lightning protection rules for sides of high-rise buildings in IEC 62305 standard*. International Symposium on EMC'09, Kyoto, 2009, 24S3-1.