

wyznaczanie odstępów izolacyjnych na dachach płaskich

dr hab. inż. Andrzej Sowa – prof. Politechniki Białostockiej, mgr inż. Krzysztof Wincencik – DEHN Polska Sp. z o.o.

Projektując urządzenie piorunochronne LPS (ang. *Lightning Protection System*) należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę odgromową urządzeń i masztów antenowych umieszczonych na dachach lub ścianach obiektów budowlanych.

Zgodnie z wymaganiami norm ochrony odgromowej, urządzenia i maszty antenowe należy umieszczać w przestrzeniach chronionych. Jeśli jest to możliwe, to pojedyncze zwody, układy zwodów lub przewodzące elementy konstrukcyjne wykorzystywane do tworzenia przestrzeni chronionych powinny być odsunięte od chronionych, urządzeń na odległość eliminującą możliwość powstania przeskoków iskrowych (fot. 1).

W artykule zostaną przedstawione zasady określania odstępów izo-

lacyjnych dla LPS na rozległych dachach płaskich.

odstępów izolacyjne

Oceniając wymagane odstępów izolacyjne należy uwzględnić:

- parametry prądu piorunowego,
- rodzaj materiału izolacyjnego, jaki występuje pomiędzy chronionym urządzeniem a elementem z prądem piorunowym w miejscu zblżenia,
- podział prądu piorunowego w przewodach urządzenia piorunochronnego lub w przewodzących elementach konstrukcyjnych obiektu wykorzystywanych do ochrony odgromowej,

odległość od miejsca zblżenia, w którym może wystąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi (odległość liczona wzdłuż przewodów, w których płynie prąd piorunowy).

Do przybliżonego określania minimalnych wartości odstępów izolacyjnych wykorzystywana jest zależność:

$$s \geq k_1 \cdot \frac{k_c}{k_m} L$$

gdzie:

L – długość mierzona wzdłuż przewodu odprowadzającego od punktu rozpatrywanego zblżenia do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego,

k_1 – współczynnik o wartości 0,08, 0,06 i 0,04 odpowiednio dla I, II oraz III i IV klasy LPS,

k_m – współczynnik o wartości uzależnionej od materiału znajdującego się w przestrzeni zblżenia, wynoszący 1 lub 0, 5 odpowiednio dla powietrza lub betonu (cegły),

k_c – współczynnik o wartości uzależnionej od podziału prądu piorunowego w elementach urządzenia piorunochronnego.

Podstawowe dostępne wartości współczynników k_c w zależności od liczby przewodów odprowadzających oraz typu systemu uziomowego zestawiono w tabeli 1.

Zakres stosowania zależności przedstawionych w tabeli 1. jest praktycznie bardzo ograniczony i obejmuje zwody połączone bezpośrednio z przewodami odprowadzającymi przy krawędzi dachu. W większości rzeczywistych przypadków zwody chronią urządzenia, różnorodnie instalacje (fot. 2.) i maszty antenowe znajdujące się w różnych punktach na dachu obiektu.

Dodatkowo przy obliczaniu odstępów izolacyjnych należy uwzględnić podział prądu piorunowego i wynikające z tego faktu zmiany wartości współczynników k_c dla poszczególnych przewodów instalacji piorunochronnej.

Ogólny charakter instalacji	System uziomowy typu A	System uziomowy typu B
	0,66	$k_c = \frac{h+c}{2h+c}$
	0,44	$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt{\frac{c}{h}}$ gdzie: n – liczba przewodów odprowadzających
	0,44	$k_{c1} = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt{\frac{c_s}{h_1}}$ $k_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1; \quad k_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01$ $k_{c4} = \frac{1}{n}; \quad k_{cm} = k_{c4} = \frac{1}{n}$

Tab. 1. Wartości współczynników k_c w zależności od liczby przewodów odprowadzających oraz typu uziomów

W takich przypadkach odstęp izolacyjny jest określany zależnością:

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

gdzie:

l_1, l_2, \dots, l_m – odcinki przewodów instalacji piorunochronnej, w których płyną prądy o różnych wartościach określane przez współczynniki $k_{c1}, k_{c2}, \dots, k_{cm}$.

W celu przybliżenia zasad wyznaczania współczynnika k_c rozpatrzony zostanie obiekt o wymiarach $a \times b \times h$. W celu maksymalnego uproszczenia rozważań przyjęto, że wyładowanie piorunowe nastąpiło w środek obiektu (**rys. 1**). W analizowanym przypadku można przyjąć, że prąd piorunowy podzieli się na cztery równe części i współczynnik $k_{c1} = 0,25$. Znacznie trudniejszym zadaniem jest określenie wartości prądów płynących w pozostałych elementach urządzenia piorunochronnego i wyznaczenie współczynników k_{c2} i k_{c3} . Do ich dokładnego wyznaczenia można próbować zastosować programy CDEGS, EMTP lub PSpice, lub specjalne programy opracowane do projektowania urządzeń piorunochronnych.

Można również oszacować wartości pozostałych współczynników, przyjmując następujące założenie:

$$k_{c2} = 0,5 k_{c1} = 0,125$$

$$k_{c3} = 0,5 k_{c2} = 0,0625$$

Określając wartość współczynnika k_{c3} w przedstawionym przypadku wyładowania piorunowego w zwód znajdujący się w centralnym miejscu dachu, można również wykorzystać zależność:

$$k_{c3} = \frac{1}{n}$$

gdzie:

n – liczba przewodów odprowadzających.

Uwzględniając przedstawiony sposób określania wartości współczynnika k_{cm} , rozpatrzony zostanie przypadek wyznaczania odstępu izolacyjnego pomiędzy zwodem piono-



Fot. 1. Przykład wykorzystania zwodów pionowych do tworzenia przestrzeni chronionych na dachu płaskim

wym a urządzeniem znajdującym się w okolicy środka obiektu o wymiarach $45 \text{ m} \times 45 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, wymagających ochrony odgromowej klasy III (siatka zwodów poziomych o wymiarach ok. $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ oraz przewodami odprowadzającymi co 15 m – **rysunek 2**). W przedstawionym przypadku odstęp izolacyjny wynosi:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \cdot (k_c \cdot h + k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + k_{c3} \cdot l_3 + k_{c4} \cdot l_4)$$

Długości poszczególnych odcinków urządzenia piorunochronnego od miejsca zbliżenia do uziomu wynoszą:

$$h = 2 \text{ m}, \quad l_1 = 5 \text{ m},$$

$$l_2 = 7,5 \text{ m}$$

$$l_3 = 15 \text{ m}, \quad l_4 = 10 \text{ m}$$

W części przewodów, które tworzą analizowaną drogę przepływu prądu, wyznaczenie współczynników k_c nie stanowi problemu i można przyjąć:

$$k_c = k_{c1} = 1$$

– w zwodzie pionowym oraz przewodzie łączącym ten zwód ze zwodem poziomym urządzenia piorunochronnego płynie prąd piorunowy,

$$k_{c2} = 0,5$$

– w analizowanym przypadku przyjęto, że punkt X znajduje się z połowie długości oka zwodu.

Do przybliżonego oszacowania wartości współczynników k_{c3}, k_{c4} można przyjąć, że:

$$k_{c3} = 0,5 k_{c2}, \quad k_{c4} = 0,5 k_{c3}$$



Fot. 2. Przykładowe rozwiązanie ochrony odgromowej instalacji na dachu obiektu

Stosując powyższe zależności, otrzymujemy:

$$k_{c3} = 0,125, \quad k_{c4} = 0,0625$$

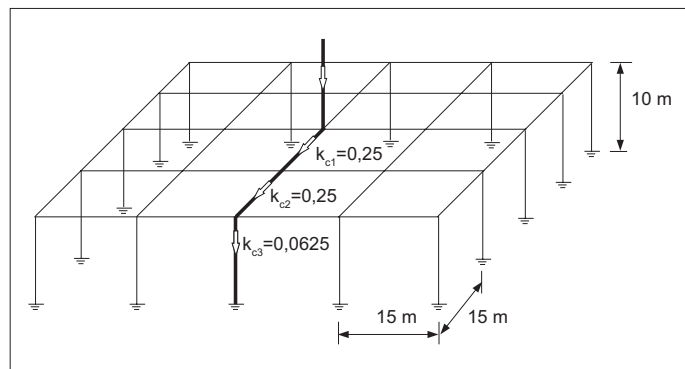
Ostatecznie odstęp izolacyjny w powietrzu w analizowanym przypadku wynosi:

$$s = \frac{0,04}{1} (1 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 0,5 \cdot 7,5 + 0,125 \cdot 15 + 0,0625 \cdot 10) = 0,53 \text{ m}$$

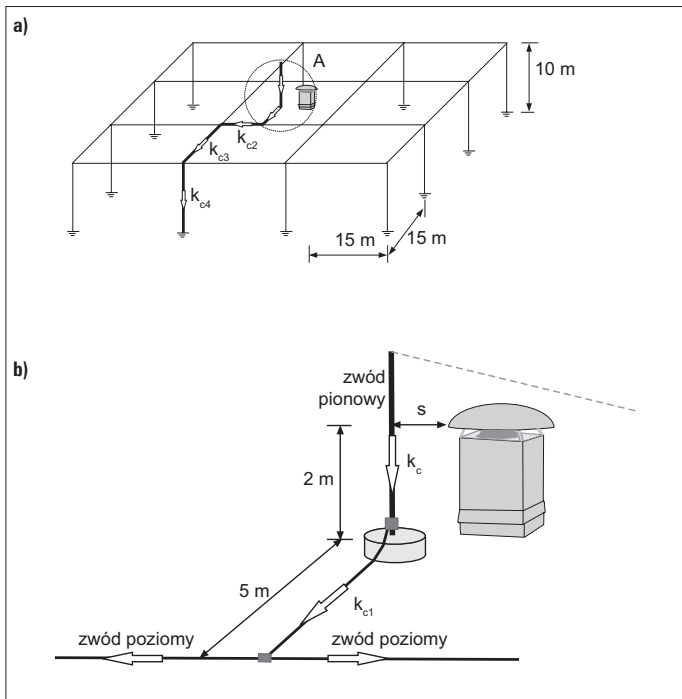
Jeśli przyjmiemy, że prąd w przewodzie odprowadzającym będzie wyznaczony z podziału prądu piorunowego przez liczbę przewodów $n=12$, to otrzymujemy:

$$s = \frac{0,04}{1} (1 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 0,5 \cdot 7,5 + 0,125 \cdot 15 + 0,08333 \cdot 10) = 0,538 \text{ m}$$

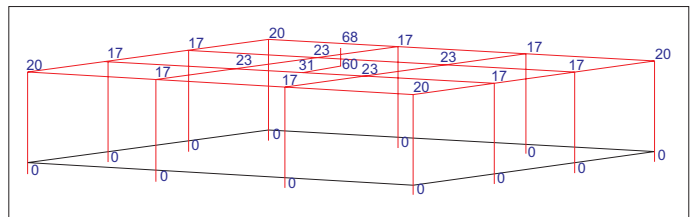
Otrzymane wartości wskazują, że wyznaczone odstępy izolacyjne niewiele się różnią.



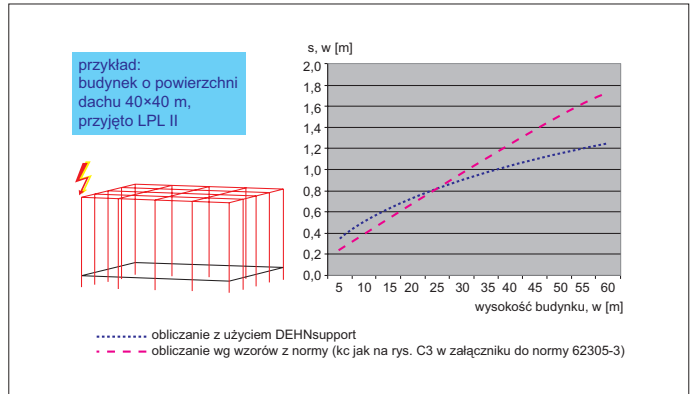
Rys. 1. Wartości współczynnika k_c w przypadku wyładowania w LPS w środku dachu



Rys. 2. Analizowany przykład ochrony urządzenia na dachu płaskim: a) widok ogólny, b) widok szczegółu A



Rys. 3. Wyniki obliczeń dostępu izolacyjnego z rysunku 2, wykonane za pomocą programu DEHNSupport



Rys. 4. Porównanie wyników obliczeń dostępu izolacyjnego s w zależności od sposobu wyznaczenia współczynnika k_c

pomoc dla projektanta

W przypadku obiektów z symetrycznym rozmieszczeniem siatki zwozów na dachu i pojedynczą nadbudówką, obliczanie odstepu izolacyjnego nie stanowi większych problemów. Więcej czasu zajmują obliczenia w przypadku niesymetrycznego rozmieszczenia elementów LPS na dachu i ścianach budynku oraz większej licz-

by nadbudówek. Z takimi problemami szybko i sprawnie radzi sobie program DEHNSupport. Poniżej prezentujemy zastosowanie nakładki DEHN Distance Tools do obliczania odstepów izolacyjnych na dachach płaskich.

Pierwszym przykładem są obliczenia dla hali z rysunku 2. – hala o wysokości 10 m z pojedynczą nadbudówką na środku dachu.

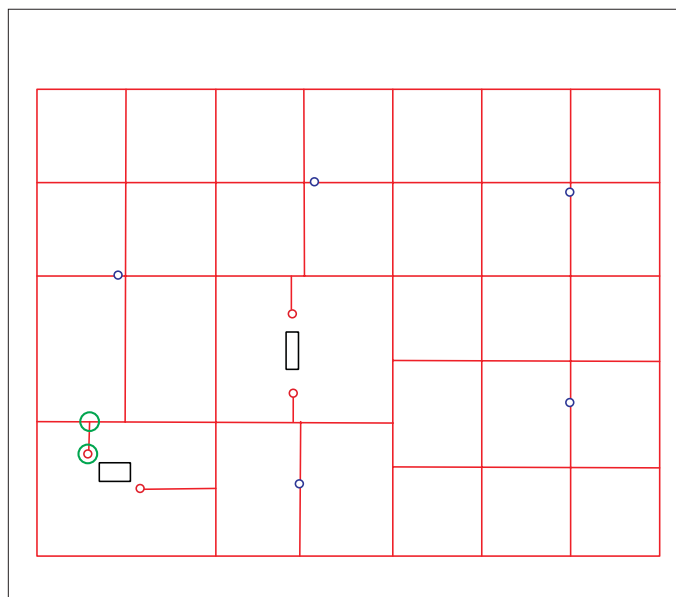
W tym miejscu warto zwrócić uwagę na pewne różnice w wynikach otrzymanych w drodze symulacji komputerowej oraz obliczeń według wzorów podanych w normie. Przykład obliczeń porównawczych przedstawiono na rysunku 4. Jak widać, przy wysokości budynku do ok. 25 m wyniki uzyskane za pomocą DEHNSupport lekko przewyższają wyniki odstepu

izolacyjnego obliczonego za pomocą wzorów z normy. W przypadku obiektów wyższych wyniki uzyskane w drodze symulacji komputerowej są niższe od danych oszacowanych na podstawie wzorów zawartych w normie.

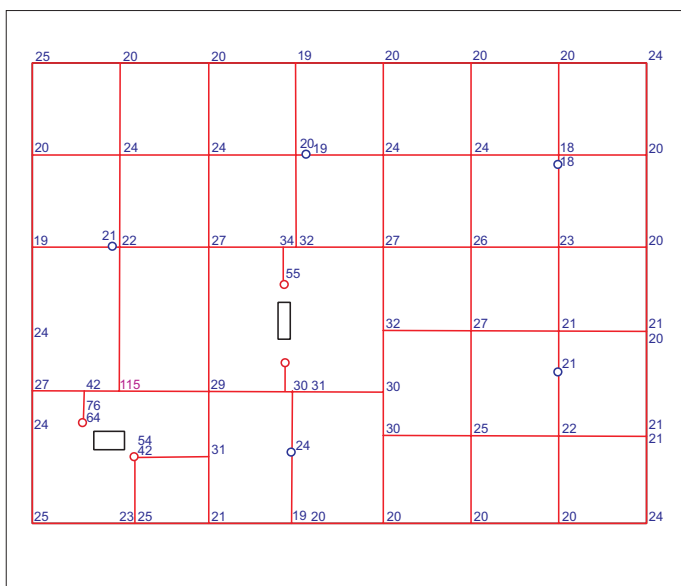
Zalety i szybkość programu DEHNSupport są szczególnie widoczne w przypadku większych i bardziej skomplikowanych obiektów. Zostaną one przedstawione na przykładzie dużej hali z nadbudówkami chronionymi układem zwozów pionowych. Załóżmy, że w hali – z uwagi na układ pomieszczeń – nastąpiło przesunięcie niektórych z przewodów odprowadzających. Do odprowadzenia części prądu pioruna wykorzystane zostały również elementy konstrukcyjne hali (słupy wsporcze). Hala stanowi prostopadłościan o wymiarach 100 (długość) × 75 (szerokość) × 12 (wysokość) metrów. Na dachu hali znajdują się dwie nadbudówki dachowe o wysokości 2 m. Nadbudówki chronione są za pomocą zwozów pionowych umieszczonych po obydwu stronach i przyłączonych do siatki zwozów poziomych na dachu budynku. Do od-



Fot. 3. Przykład instalacji kamery i oprawy oświetleniowej na ścianie budynku w pobliżu przewodu odprowadzającego



Rys. 5. Urządzenie piorunochronne na hali z dachem płaskim: (czerwone kółko) – zwód pionowy, (szary prostokąt) – nadbudówka dachowa, (niebieskie kółko) – naturalny element LPS (słup metalowy wewnątrz hali)



Rys. 6. Wyniki obliczeń odstepu izolacyjnego dla hali z rysunku 5.

przewodzenia prądów piorunowych wykorzystane zostały również elementy naturalne konstrukcji hali – metalowe słupy wsporcze znajdujące się wewnątrz.

Program DEHNSupport pozwala na obliczanie maksymalnego odstepu przy założeniu, że wyładowanie trafiło w punkt węzłowy oraz – drugi przypadek (dokładniejszy) – gdy dodatkowo odstepy liczone są dla wyładowań uderzających w środek każdego odcinka. Jak widać z wykonanych obliczeń pokazanych na **rysunku 6.**, maksymalny odstep (w powietrzu) występuje dla przypadku uderzenia w punkt położony w obszarze dachu, gdzie gęstość zwodów jest mniejsza (mniej dróg odprowadzenia prądu piorunowego).

Program DEHNSupport pozwala nie tylko na obliczanie odstepu dla elementów LPS na dachu budynku. Z jego pomocą można również wprowadzić punkty pomiarowe na ściany obiektu, a tym samym ocenić odstep izolacyjny związany np. z instalowaniem kamer dozorowych w pobliżu przewodu odprowadzającego. Brak zachowania bezpiecznego odstepu izolacyjnego może być w takim przypadku przyczyną uszkodzeń systemów elektronicznych wewnątrz budynku.

Program DEHNSupport w zakresie obliczania odstepów izolacyjnych stanowi wygodne narzędzie dla projektanta pozwalające mu na szybką ocenę przyjętych rozwiązań oraz sprawdzenie różnych wariantów. Z każdego projektu możliwy jest wydruk raportu (dla każdego z rzutów bocznych oraz z widoku z góry), prezentujący uzyskane wyniki obliczeń odstepów bezpiecznych. Uzupełnieniem modułów są proste programy, pozwalające na szybki dobór wysokości zwodów poziomych dla ochrony nadbudówek dachowych. Programy te zostaną przedstawione w kolejnym artykule.

Więcej na temat programu DEHNSupport można dowiedzieć się na stronach www.dehn.pl.

reklama



DEHN Polska Sp. z o.o.
02-822 Warszawa
ul. Poleczki 23
Platan Park, wejście F
tel./faks 022 335 2466-69
dehn@dehn.pl
www.dehn.pl