

# wyznaczanie przestrzeni chronionej tworzonej przez zwody na dachach obiektów

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

**Elementy urządzenia piorunochronnego powinny zapewnić odprowadzanie prądu piorunowego do uziomu, bez możliwości jego wpłynięcia do instalacji przewodzących ułożonych wewnątrz obiektu. Spełniając to zalecenie, należy zapewnić ochronę wszelkiego rodzaju nadbudówek dachowych, anten oraz instalacji przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego, a także wyeliminować możliwość wystąpienia przeskoków iskrowych od elementów urządzenia piorunochronnego do instalacji wewnątrz i na zewnątrz budynku.**

Jeśli takie rozwiązania są nie możliwe do realizacji, to należy próbować ograniczyć prąd udarowy wpływający do obiektu i doprowadzić do jego bezpiecznego rozplywu w systemie wyrównywania potencjałów w obiekcie i odprowadzenia do uziomu.

## ochrona odgromowa urządzeń umieszczonych na dachach obiektów

W przypadku systemów elektrycznych lub elektronicznych posiadających urządzenia na dachach obiektów budowlanych należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę tych urządzeń przed bezpośrednim oddziaływaniem prądów piorunowych, które mogą doprowadzić do:

- zniszczenia samego urządzenia oraz doprowadzonych do niego instalacji,
  - zniszczenia instalacji i urządzeń wewnątrz obiektu budowlanego,
  - możliwości wystąpienia porażen ludzi przebywających wewnątrz obiektów budowlanych.
- Podstawowe zasady ochrony przed tego rodzaju zagrożeniem zawarto w normie ochrony odgromowej [1], w której 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”. Wymaganie umieszczenia w przestrzeni chronio-

nej nie dotyczy urządzeń, które nie zawierają wyposażenia elektrycznego lub elektronicznego, a dodatkowo spełniają następujące warunki:

- wymiary nie przekraczają 0,3 m wysokości i 1,0 m<sup>2</sup> powierzchni całkowitej oraz długości 2,0 m (urządzenia metalowe),

- nie wystają więcej niż 0,5 m nad powierzchnię tworzoną przez zwody (urządzenia wykonane z materiałów izolacyjnych).

Najczęściej ochronę przed występującym zagrożeniem zapewniają odpowiednio dobrane i rozmieszczone zwody pionowe (fot. 1.), któ-

Odstępy izolacyjne	
Układ przestrzenny	Zależność określająca odstęp izolacyjny
	$s \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot L$ <p>gdzie: L – długość, w [m]. Długość mierzona wzdłuż przewodu odprowadzającego od punktu rozpatrywanego zbliżenia do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego</p>
Wartości współczynników występujących w równaniu określającym odstęp izolacyjny	
Współczynnik	Wartość
$k_i$ – uzależniony od klasy LPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 0,08 – I klasa LPS,</li> <li>■ 0,06 – II klasa LPS,</li> <li>■ 0,04 – III i IV klasa LPS</li> </ul>
$k_m$ – uzależniony od materiału odstępu izolacyjnego	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 – powietrze,</li> <li>■ 0,5 – beton, cegła</li> </ul>
$k_c$ – uzależniony od rozplywu prądu w przewodach LPS	<b>Układ uziemienia typu A</b>
	<b>Układ uziemienia typu B</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 – zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający,</li> <li>■ 0,66 – zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające,</li> <li>■ 0,44 – sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 – zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający,</li> <li>■ 0,5...1 – zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające,</li> <li>■ 0,25...0,5 – sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających</li> </ul>

Tab. 1. Zestawienie podstawowych informacji dotyczących kątów ochronnych i odstępów izolacyjnych

re można podzielić na następujące grupy:

- zwody o wysokości do ok. 1 m mocowane bezpośrednio do elementów urządzenia piorunochronnego,
- zwody o wysokości od ok. 1 m do 3 m, wolno stojące, najczęściej mocowane do betonowych podstaw (dachy płaskie),
- wolno stojące zwody o wysokości do kilkunastu metrów (dachy płaskie),
- zwody mocowane za pomocą izolacyjnych elementów dystansujących bezpośrednio do chronionych urządzeń.

## przestrzenie chronione

Urządzenia na dachu obiektu budowlanego powinny być umieszczone w przestrzeniach chronionych. Przykład takiej przestrzeni tworzonej przez pojedynczy zwód pionowy przedstawiono na **rysunku 1**.

Określając obszar przestrzeni chronionej, należy uwzględnić wymagania dotyczące kątów ochronnych oraz odstępów izolacyjnych uniemożliwiających powstawanie przeskoków iskrowych pomiędzy chronionymi urządzeniami i instalacjami a zwodami, elementami urządzenia piorunochronnego lub konstrukcji obiektu wykorzystywanymi do celów ochrony odgromowej. Do określenia wartości kątów ochronnych, w zależności od wysokości zwodu i wymaganego poziomu ochrony, należy wykorzystać informacje przedstawione na **rysunku 2**.

Znacznie trudniejsze jest wyznaczanie odstępów izolacyjnych. Do ich określania zalecane jest wykorzystywanie zależności  $s$  przedstawionej w **tabeli 1**. Wyznaczenie odstępów izolacyjnych wymaga określenia odległości pomiędzy analizowanym zwodem a najbliższym miejscem połączenia z uziomem urządzenia piorunochronnego (długość  $L$  mierzona wzdłuż przewodu odprowadzającego) oraz współczynników

uzależnionych od poziomu ochrony i materiału, jaki znajduje się w przestrzeni odstepu izolacyjnego.

W normie PN-EN 62305-3 dokładnie określano wartości współczynników  $k_i$  i  $k_m$ . Niestety, norma zawiera niewiele informacji o zasadach wyznaczania współczynnika  $k_c$ , który uzależniony jest od podziału prądu piorunowego w elementach urządzenia piorunochronnego. Na podstawie zestawionych danych można tylko próbować określić wartość tego współczynnika dla prostego obiektu.

Podczas wyładowania w instalację piorunochronną obiektu prąd piorunowy rozplywa się w przewodach i w poszczególnych elementach instalacji płyną prądy o różnych wartościach. Współczynnik  $k_c$  w takim przypadku jest stosunkiem wartości prądu płynącego w danej części urządzenia piorunochronnego do całego prądu wyładowania piorunowego. W typowym obiekcie, wyznaczając długość  $L$  pomiędzy miejscem wyładowania a najbliższym miejscem uziemienia przewodu odprowadzającego, uwzględniamy przewody, w których płyną prądy o różnych wartościach. Z tego faktu wynikają zmiany wartości współczynników  $k_c$  dla poszczególnych przewodów instalacji piorunochronnej i należy to uwzględnić przy obliczaniu odstępów izolacyjnych. Odstęp izolacyjny dla takiego przypadku określany jest 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 przedstawienia toku postępowania przy określaniu odstępów izolacyjnych, przedstawiony zostanie przykład jego wyznaczania dla prostego urządzenia piorunochronnego na wolno stojącym



Fot. 1. Różnorodne zwody na dachach obiektów budowlanych

obiekcie budowlanym. Do ochrony bezpośrednim wyładowaniem piorunowym wykorzystano zwód pionowy z anteną przed

bezpśrednim wyładowaniem piorunowym wykorzystano zwód pionowy

reklama

## UDAROWY MIERNIK UZIEMIEN WG-407

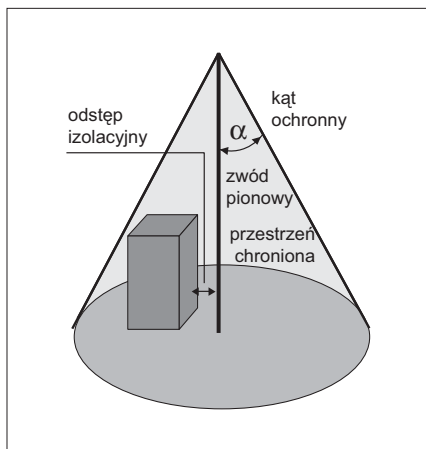


### do badania:

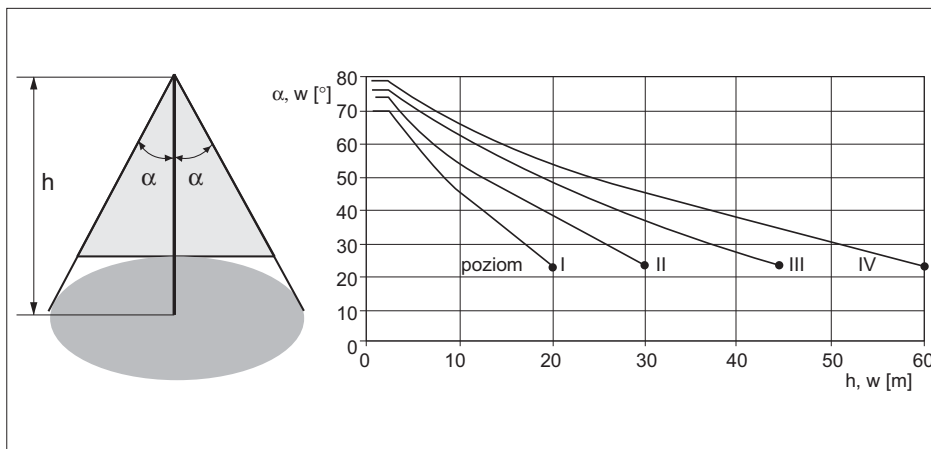
- uziemień bez rozłączania zacisków kontrolnych
- linii WN bez wyłączania z ruchu
- obiektów o obostrzonej ochronie odgromowej

**Atmor s.c.**  
Elektronika Pomiarowa

80-809 GDAŃSK, ul. Lipowicza 38  
adr. koresp.: 84-230 Rumia, ul. Kujawska 4/9  
tel. 58 671-74-07, tel. kom. 0-601-687-853  
faks 58 679-56-56, e-mail: atmor@atmor.pl  
<http://www.atmor.pl>



Rys. 1. Przestrzeń chroniona tworzona przez pojedynczy zwód pionowy



Rys. 2. Wartości kątów ochronnych dla zwodów o różnych wysokościach w przypadkach równych poziomów ochrony

nowy (rys. 3.). Podział prądu piorunowego w takim urządzeniu piorunochronnym przedstawiono na rysunku 4.

Do obliczenia odstępu izolacyjnego przyjęto następujące dane:

- poziom ochrony IV,  $k_{i1}=0,04$ ,
- długość  $l=5$  m,
- długość  $c=20$  m,
- długość  $h_1=14$  m,
- odstęp izolacyjny w powietrzu  $k_{m1}=1$ .

Uwzględniając przedstawiony rozptył prądu piorunowego w przewodach uwzględnianych przy określaniu L, wymiary obiektu oraz wartości współczynników  $k_i$  i  $k_m$ , odstęp izolacyjny określa jest z zależności:

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \cdot \left( k_{c0} \cdot l + k_{c1} \cdot \frac{c}{2} + k_{c2} \cdot h_1 \right)$$

Uwzględniając rozptył prądu przedstawiony na rysunku 4., wartości współczynników  $k_c$  wynoszą odpowiednio:  $k_{c0}=1,0$ ,  $k_{c1}=0,5$ ,  $k_{c2}=0,25$ . Wymagany odstęp izolacyjny wynosi:

$$s \geq \frac{0,04}{1} \cdot (1,0 \cdot 5 + 0,5 \cdot 10 + 0,25 \cdot 14) = 0,53 \text{ m}$$

Zasadę postępowania przedstawiono na przykładzie prostego urządzenia piorunochronnego. W przypadkach bardziej rozbudowanych urządzeń piorunochronnych, wyznaczanie odstępu izolacyjnego jest znacznie bardziej skomplikowane. Aby ułatwić pracę projektantom, firma DEHN przygotowała oprogramowanie wspomagające proces projektowania ochrony odgromowej obiektów budowlanych. Pakiet programów DEHNSup-

port składa się z dwóch podstawowych modułów:

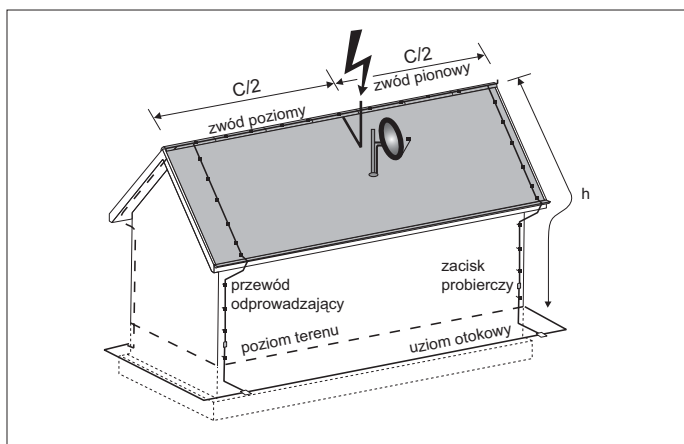
- modułu RISK, pozwalającego na obliczenie wszystkich komponentów ryzyka zgodnie z arkuszem drugim normy EN 62305-2,
- modułu Distance Tools, pozwalającego na określenie wymaganych odstępow izolacyjnych w obiektach budowlanych, co jest szczególnie istotne w przypadku obiektów z rozbudowaną infrastrukturą techniczną na dachu budynku.

Obliczenia odstępow izolacyjnych oparto na metodzie potencjałów węzłowych, co jest zgodne z normą EN 62305. W programie istnieje możliwość wyboru gotowych brył budynków lub własnego zdefiniowania kompleksu budynków (do 5 obiektów wyposażonych w nadbudówki dachowe). Możliwe jest

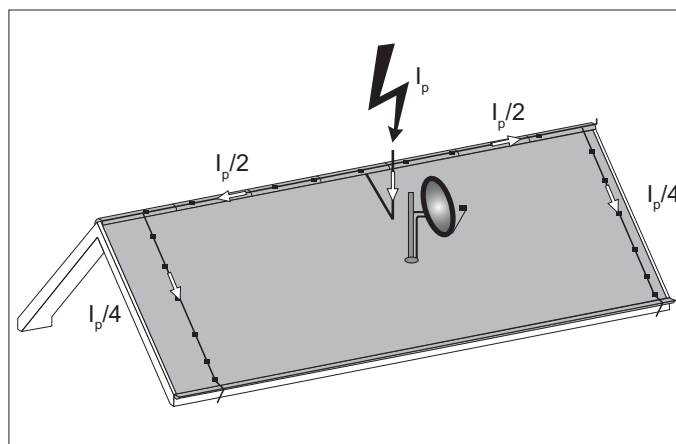
uwzględnienie wykorzystania elementów konstrukcji budynku (słupy wewnętrzne) do odprowadzania prądu piorunowego. Projektant może w sposób dowolny kształtować elementy urządzenia piorunochronnego (wstawiane zwodów poziomych, pionowych, łączenie elementów LPS na poziomie dachu lub stosowanie zwodów wysokich). Istnieje również możliwość obliczeń odstępu dla dowolnie ustawionego punktu pomiarowego, np. na narożniku budynku, co umożliwia ocenę zagrożenia dla systemu kamer dozorowych.

Uzupełnieniem dwóch podstawowych modułów programu DEHNSupport są dwa dodatkowe moduły, pozwalające na:

- wybór wysokości pojedynczych lub wielu zwodów pionowych do ochrony urządzeń na dachach płaskich i spadzistych



Rys. 3. Widok ogólny analizowanego urządzenia piorunochronnego



Rys. 4. Podział prądu piorunowego w analizowanym urządzeniu piorunochronnym



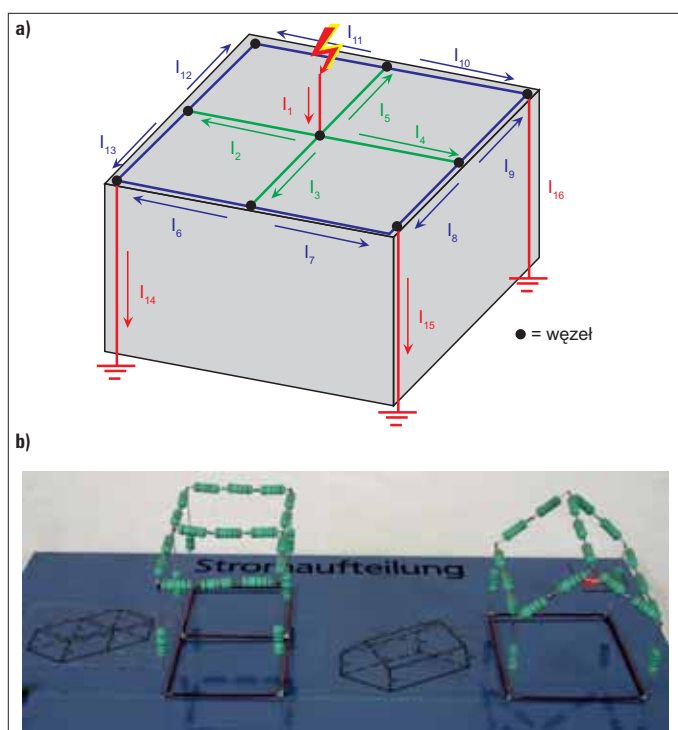
(metoda kąta ochronnego lub metoda toczonej kuli),

- ocenę zgodności wymiarów geometrycznych uziomu otokowego (fundamentowego) z zaleceniami normy EN 62305.

Użytkownik programu Distance Tools wybiera model obiektu z przygotowanej listy lub sam tworzy model obiektu. Następnie wpisuje wymiary geometryczne budynków oraz wybiera poziom ochrony obiektu. Program wprowadza propozycję rozmieszczenia zwodów i przewodów odprowadzających. Rozmieszczenie to można oglądać w widoku przestrzennym 3D, jak również w 5 płaszczyznach (widok 2D – z góry, z przodu, z tyłu, z lewego i prawego boku). Rozmieszczenie elementów urządzenia piorunochronnego na obiekcie może być przez projektanta dowolnie modyfikowane (zmiana miejsca prowadzenia zwodu, dodanie dodatkowych zwodów pionowych lub poziomych itd.).

Po wyborze przez użytkownika współczynnika materiałowego  $k_m$  (powietrze, materiał stały, elementy dystansujące z tworzywa) program przystępuje do obliczeń odstępów izolacyjnych. Możliwe są dwa tryby obliczeń. W pierwszym program liczy maksymalny wymagany odstęp izolacyjny przy założeniu, że uderzenie pioruna nastąpiło jedynie w punkty węzłowe urządzenia piorunochronnego. W drugim przypadku (dokładniejszym) obliczenia przeprowadzane są również dla uderzenia w środek odcinka zwodu łączącego poszczególne węzły. Przykład obliczeniowy dla urządzenia piorunochronnego analogicznego do przedstawionego na **rysunku 3**, przedstawiono na **rysunku 6**.

Na **rysunku 6**, przedstawiono budynek (wybrany z listy obiektów) wraz z podanymi wymiarami geometrycznymi. Założono, że uziom otokowy umieszczony jest na głębokości 1 m, a pozostałe wy-



**Rys. 5.** Obliczanie rozptyłu prądu piorunowego w urządzeniu piorunochronnym: a) przykład podziału prądu udarowego, b) modele rezystancyjne urządzenia piorunochronnego

miary odpowiadają przykładowi z **rysunku 3**.

W obliczeniach przyjęto, że do ochrony masztu antenowego z

reklama

# 100. rocznica powstania firmy DEHN

## Od warsztatu rzemieślniczego do nowoczesnej firmy przemysłowej



Hans Dehn - założyciel firmy



1910

Fabryka: widok z lotu ptaka - 1955



1930

Nowa hala produkcyjna wybudowana w 2007



1970

Zarząd firmy:  
H. A. Thiel, T. Dehn,  
dr P. Zahmann (od lewej)



1990

2010



ochrona odgromowa



ochrona przed przepięciami



sprzęt bezpieczeństwa



Produkcja komponentów ochrony odgromowej w latach 20. XX w.

1920



Powstaje pierwszy ogranicznik przepięć - 1954

1940



Pierwsza generacja kombinowanych ograniczników przepięć DEHNventil - 1983

1960

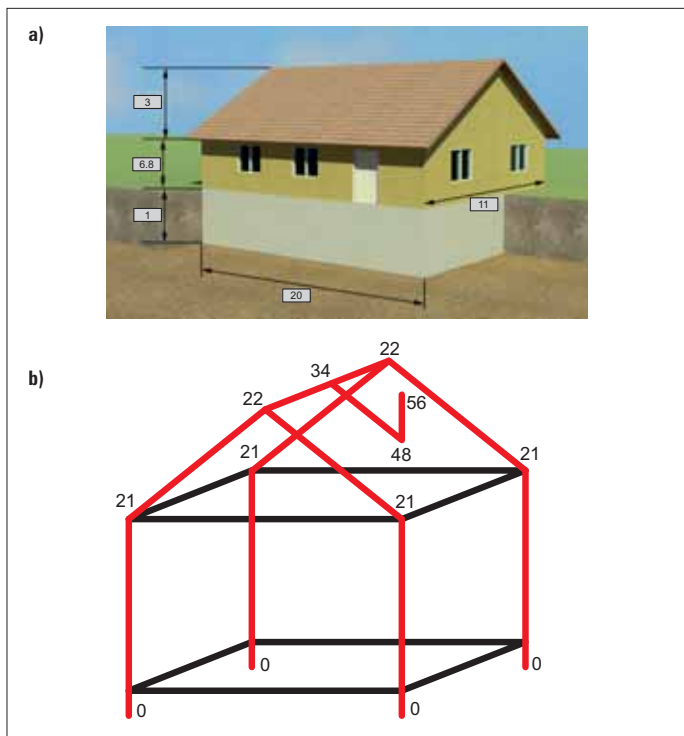


Najnowsza generacja ograniczników przepięć

1980

2000

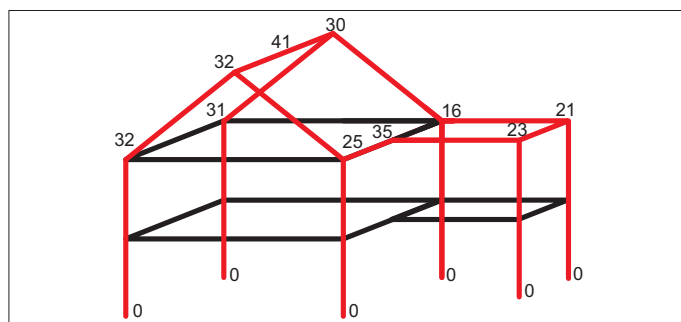
... zawsze bezpiecznie z DEHN.



**Rys. 6.** Wyznaczanie odstępów izolacyjnych za pomocą pakietu Distance Tool: a) widok ogólny analizowanego obiektu, b) wartości odstępów izolacyjnych w różnych punktach obiektu



**Rys. 7.** Model budynku wraz z wymiarami geometrycznymi



**Rys. 8.** Wyniki obliczeń odstępów izolacyjnego uzyskane w programie Distance Tools

teną został wykorzystany zwód pionowy o wysokości 2 m, umieszczony na środku dachu w odległości 3 m od kalenicy, obliczono maksymalny odstęp izolacyjny. Kolejny przykład (rys. 7.) prezentuje obliczenia dla domu jednorodzinnego z dobudowanym garażem (przybudówką).

Przyjmując, że budynek posiada IV poziom ochrony, uzyskujemy odstęp izolacyjne przedstawione na rysunku 8. (dla  $k_m=1$  powietrze).

Jeżeli założymy, że na dachu przybudówki (garażu) umieszczone zostało urządzenie elektryczne, które wymaga ochrony, może-

my w prosty sposób wyznaczyć wymagany odstęp izolacyjny s dla pojedynczego zwołu pionowego. Wykorzystując program, można w prosty sposób ocenić wpływ dodatkowych połączeń zwołu pionowego z elementami urządzenia piorunochronnego na wielkość odstępów izolacyjnych s (rys. 9.).

Przykładowo, odstęp izolacyjny w układzie, w którym zwód pionowy połączono ze zwodami poziomymi tylko jednym przewodem (przewód L1 na rysunku 9.), jest ok. 1/3 większy w porównaniu z układem zawierającym dwa połączenia

(przewody L1 i L2) zwołu pionowego. Stosowanie rozwiązań zmniejszających wymagane odstępów izolacyjne może być bardzo ważne z następujących powodów:

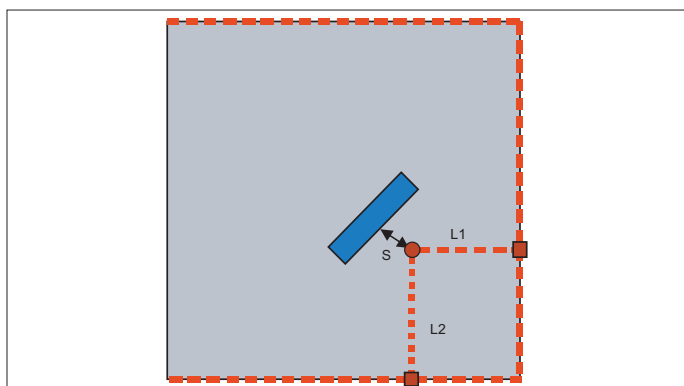
- w przypadku, gdy na dachu nie ma możliwości odsunięcia zwołu od urządzenia na dalszą odległość z uwagi na inne elementy infrastruktury technicznej umiejscowione na dachu,
- odsunięcie zwołu może być związane z koniecznością podniesienia jego wysokości; w tym przypadku należy się liczyć z potrzebą zastosowania dodatkowych elementów stabilizujących (np. podwójna podstawa betonowa); powoduje to wzrost dodatkowego obciążenia konstrukcji dachu.

Program Distance Tools umożliwia generowanie wydruków obliczeń w postaci raportu z informacją o projekcie, kliencie, projektancie oraz danych przyjętych do obliczeń. Należy zauważyć, że możliwości programu uwidaczniają się w przypadku urządzeń piorunochronnych na rozbudowanych obiektach, w których do

odprowadzania prądu piorunowego wykorzystuje się również elementy naturalne (słupy konstrukcyjne wewnętrznej hali). Dodatkowe informacje na temat oprogramowania DEHN-support można znaleźć na stronie [www.dehn.pl](http://www.dehn.pl) oraz w publikacji [2].

## literatura

1. PN-EN 62305-3:2009 *Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.*
2. DEHNsupport Toolbox – Calculation Aids (DS 709).



**Rys. 9.** Wyznaczanie wpływu liczby połączeń zwołu pionowego ze zwodami poziomymi na wielkość s

reklama



**DEHN Polska Sp. z o.o.**  
02-822 Warszawa  
ul. Poleczki 23  
Platan Park, wejście F  
tel./faks 022 335 24 66-69  
[dehn@dehn.pl](mailto:dehn@dehn.pl)  
[www.dehn.pl](http://www.dehn.pl)