

Przewód o izolacji wysokonapięciowej elementem urządzenia piorunochronnego

Streszczenie. Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-3, izolowane urządzenie piorunochronne powinno być zastosowane, jeśli efekty oddziaływania prądu piorunowego mogą spowodować uszkodzenie obiektu budowlanego, urządzeń lub systemów elektrycznych i elektronicznych. W niektórych przypadkach zapewnienie bezpiecznej odległości pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego a urządzeniami lub systemami można uzyskać stosując przewody o izolacji wysokonapięciowej. Właściwości takich przewodów oraz sposoby ich badań są przedstawione w niniejszej publikacji.

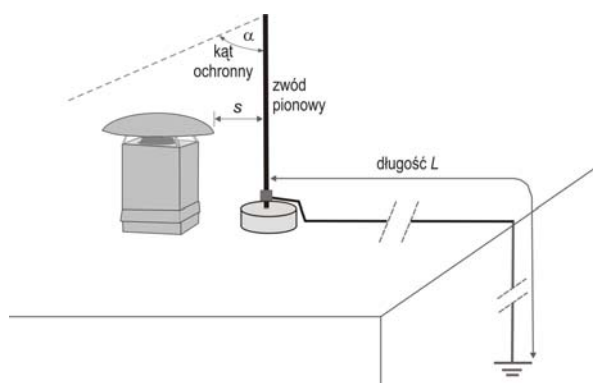
Abstract. According new standards PN-EN 62305-3, isolated lightning protection system LPS should be used when the effects of lightning current may cause damages to structure, equipments or electronic and electric systems. In some cases the isolation between elements of LPS and equipments or systems can be reach using high voltage isolated conductors. Proprieties of such conductors as well as ways of its investigation are presented. (*High voltage isolated conductor as a part of lightning protection system*).

Słowa kluczowe: Urządzenie piorunochronne, ochrona przed prądem piorunowym, odstępy izolacyjne, kable o izolacji wysokonapięciowej.

Keywords: Lightning protection system, protection against lightning currents, separation distances, high voltage isolated conductors.

Wstęp

Obecnie podstawowym zadaniem ochrony odgromowej obiektów budowlanych jest wyeliminowanie możliwości oddziaływania prądu piorunowego na ludzi, urządzenia i instalacje [1, 2]. Przyjęcie takich zasad ochrony powoduje wzrost znaczenia odstępów izolacyjnych pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego a urządzeniami i instalacjami ułożonymi na dachach lub ścianach obiektów budowlanych (rys. 1.).



Rys. 1. Odstęp izolacyjny s pomiędzy zwodem a urządzeniem na dachu obiektu

Określając wielkość odstępu izolacyjnego należy uwzględnić:

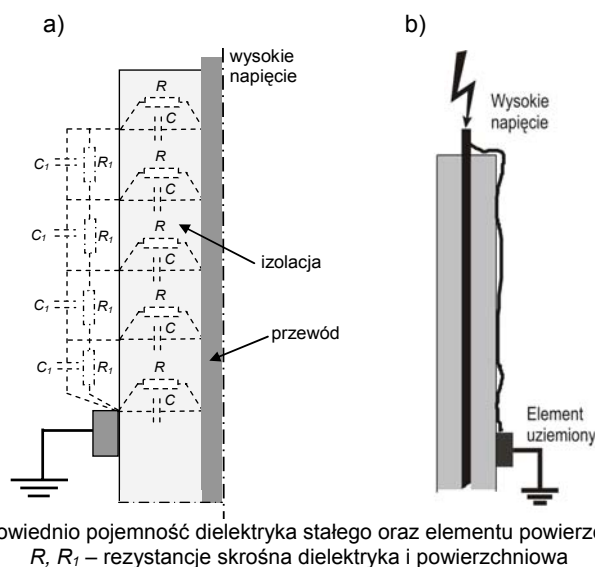
- parametry prądu piorunowego,
- rodzaj materiału izolacyjnego, jaki występuje między elektrodami,
- rozptył prądu w obiekcie budowlanym,
- odległość od miejsca zbliżenia, w którym może wystąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi liczoną wzdłuż przewodu, w którym płynie prąd piorunowy.

W części obiektów zachowanie wyznaczonych odstępów izolacyjnych nie jest możliwe. W takich przypadkach rozwiązaniem jest zastosowanie kabli o izolacji wysokonapięciowej pokrytej materiałem półprzewodzącym. Właściwości takich kabli oraz sposoby ich badań będą przedstawione w niniejszej publikacji.

Kable o izolacji wysokonapięciowej

W miejscach, w których występują niedostateczne odstępy izolacyjne pomiędzy urządzeniami lub instalacjami a elementami urządzenia piorunochronnego można próbować zastosować osłony izolacyjne, izolowane elementy wsporcze lub dystansujące oraz specjalnie, wykonane do celów ochrony odgromowej, przewody o izolacji wysokonapięciowej, której wytrzymałość udarowa przewyższającej wytrzymałość analizowanego odstępu izolacyjnego.

W typowych przewodach o izolacji wysokonapięciowej po przyłożeniu napięcia udarowego, linie natężenia pola elektrycznego przebiegają w izolacji przewodu oraz w powietrzu. Schemat zastępczy takiego układu przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Wyładowania ślizgowe w układzie przewód w izolacji – uziemiony element a) schemat zastępczy przewodu o izolacji wysokonapięciowej, b) wyładowanie ślizgowe w układzie.

Różnice w wartościach przenikalności dielektrycznej powietrza i izolacji przewodu powodują, że $C_1 \ll C$ i przeważa składowa normalna natężenie pola elektrycznego. W przedstawionym układzie pojemności przyłożenie napięcia udarowego o stosunkowo niskiej wartości szczytowej powoduje rozwój wyładowań niepełnych od uziemionego elementu do miejsca doprowadzenia wysokiego napięcia (rys. 2b).

VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010

Powstające wyładowania, charakteryzujące się dużym natężeniem prądu, w porównaniu z innymi formami wyładowań elektrycznych, oraz przemieszczaniem się po powierzchni izolacji przewodu, nazwano wyładowaniami ślizgowymi.

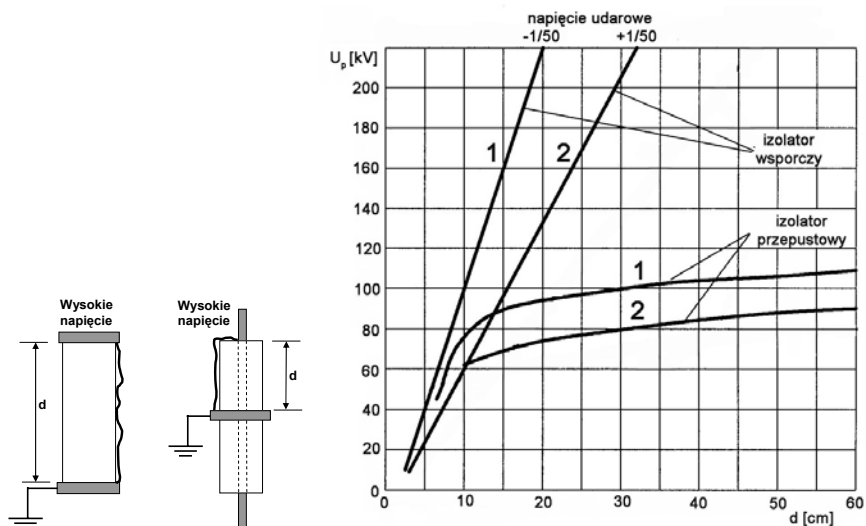
W wyładowaniach ślizgowych rezystancje silnie zjonizowanych kanałów są niewielkie i występujące na nich spadki napięć są również niewielkie.

Taki rozwój wyładowania umożliwia przenoszenia dużych wartości natężenia pola elektrycznego na znaczne odległości i w konsekwencji dalsze wydłużanie iskiei.

Praktycznie w wielu przypadkach osiągnięcie napięcia początkowego powstawania wyładowań ślizgowych jest równoważne z osiągnięciem napięcia przeskoku w układzie.

Występowanie wyładowań ślizgowych znacznie obniża wartości napięć przeskoków na powierzchni izolacji przewodu w porównaniu z wartościami napięć przeskoków po powierzchni samej izolacji (bez przewodu).

W celu przedstawienia występujących różnic na rys.3 porównano wartości napięć przeskoków rozwijających się po powierzchni izolatora wsporczego i przepustowego [3].



Rys. 3. Napięcia przeskoku w układach modelowych izolatora wsporczego i przepustowego

Porównanie wartości otrzymanych przy napięciu udarowym 1/50 obu biegunowości wskazuje na:

- znacznie niższe poziomy napięć przeskoków dla przewodu pokrytego izolacją w porównaniu z napięciami przeskoków na samej izolacji,
- możliwości wystąpienia przy niskim napięciu udarowym przeskoków na znaczne odległości po izolacji pokrywającej przewód.

Zastosowanie do celów ochrony ogromowej przewodu o izolacji wysokonapięciowej wymaga stworzenia warunków ograniczających lub eliminujących występowaniu wyładowań ślizgowych.

Można to osiągnąć:

- podwyższając napięcie początkowe wyładowań ślizgowych, (np. zwiększenie grubości izolacji przewodu),
- stosując ekrany w izolacji przewodu (np. cienkie folie metalowe wewnątrz izolacji).

- zmieniając rozkład natężenia pola elektrycznego w miejscu wystąpienia wyładowań ślizgowych.

Dwie pierwsze metody zapobiegania wyładowaniom ślizgowym nie znalazły praktycznego zastosowania w ochronie odgromowej.

W przypadku metody trzeciej, poprawę rozkładu pola elektrycznego w miejscu powstawania wyładowań ślizgowych można osiągnąć stosując przewody w izolacji wysokonapięciowej z pokryciem przewodzącym lub półprzewodzącym (rys. 4).



Rys. 4. Przewód odprowadzający o izolacji wysokonapięciowej pokrytej warstwą materiału półprzewodzącego

Takie przewody mogą być stosowane, jeśli jest konieczne układanie zwodów lub przewodów odprowadzających obok uziemionych instalacji i urządzeń. Można również rozważyć możliwości ich zastosowania w obszarach zagrożonych wybuchem.

Badanie laboratoryjne przewodów

Określenie zakresu stosowania przewodów o izolacji wysokonapięciowej z pokryciem półprzewodzącym oraz wyznaczenie ich właściwości wymaga przeprowadzenia badań laboratoryjnych. Niestety obecnie brak informacji o zakresie takich badań i sposobach ich prowadzenia.

Ze względu na różnorodne kształty napięć wywołujących przeskoki iskrowe można przyjąć, że izolacja takich przewodów oraz ich odporność na wyładowania ślizgowe powinny być badane na napięcia udarowe 1,2/50 μ s [4] oraz udary ucięte o czasach do ucięcia wynoszących 2 - 3 μ s lub ukośne o czasach trwania wynoszących kilkaset nanosekund [5].

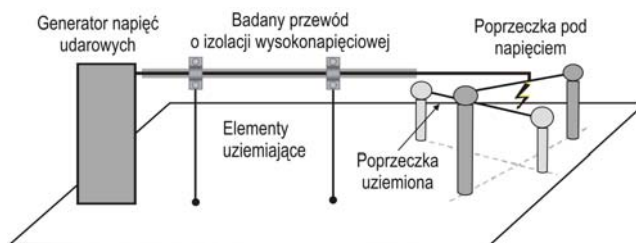
Uwzględniając powyższe fakty podjęto próbę przeprowadzenia badań w następującym układzie pomiarowym (rys. 5):

- do jednego z końców przewodu o izolacji wysokonapięciowej doprowadzano z generatora napięcie udarowe,
- drugi koniec przewodu połączono z izolowaną poprzeczką,
- w określonej odległości od izolowanej poprzeczki, do której badanym przewodem doprowadzano napięcie udarowe, umieszczono poprzeczkę uziemioną,
- w dwu miejscach na badany przewód nałożono uziemione obejmy.

Do przewodu doprowadzano napięcie udarowe o wzrastającej wartości szczytowej oraz czasach czoła zmieniających się w zakresie 0,35 - 0,45 μ s. Przykładowy przebieg napięcia udarowego doprowadzanego do przewodu przedstawiono na rys. 6.

Zwiększanie wartości szczytowej napięć udarowych, doprowadzające do wystąpienia przeskoku iskrowych między poprzeczkami, umożliwiło przeprowadzenie badań właściwości izolacji przewodu przy występowaniu szybkozmiennych napięć uciętych symulujących przebiegi wywołane przez prądy kolejnego wyładowania piorunowego w kanale.

VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010

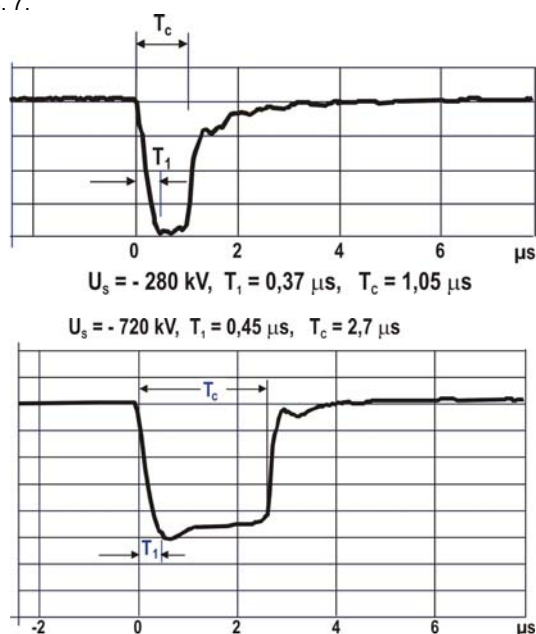


Rys. 5. Układ do badania właściwości przewodów o izolacji wysokonapięciowej przeznaczonych do stosowania w ochronie odgromowej



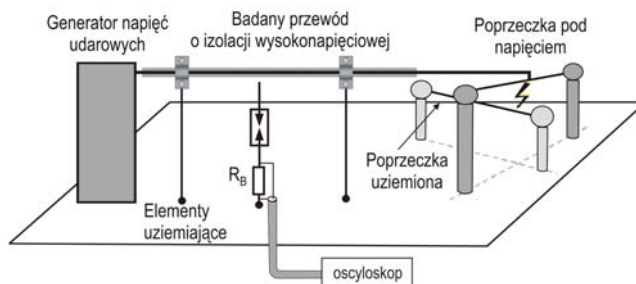
Rys. 6. Kształt napięcia doprowadzonego do badanego przewodu

Przykładowe przebiegi napięć badających właściwości izolacji z pokryciem półprzewodzącym przedstawiono na rys. 7.



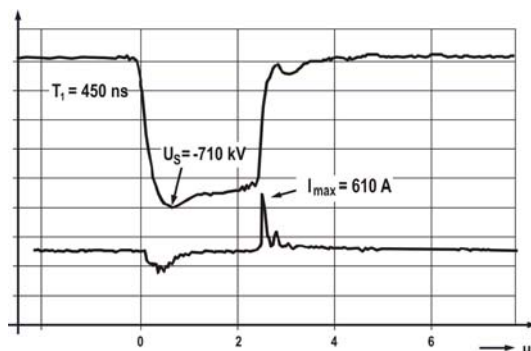
Rys. 7. Przebiegi napięć badających właściwości przewodu o izolacji wysokonapięciowej

W czasie prowadzonych pomiarów określano możliwości występowania wyładowań ślizgowych oraz badano wytrzymałość udarową izolacji wysokonapięciowej przewodu. Analizując możliwości stosowania przewodu o izolacji wysokonapięciowej z pokryciem półprzewodzącym w obszarach zagrożonych wybuchem oraz próbując ocenić prądu wywołane przez sprzężenia pomiędzy przewodem a uziemionymi elementami przeprowadzono badania w układzie przedstawionym na rys. 8.



Rys. 8. Pomiar prądów wywołanych przez szybkozmienne napięcie udarowe

Zarejestrowane wartości szczytowe prądów udarowych dochodziły do kilkuset amperów i były wywołane przez gwałtowne zmiany napięcia doprowadzonego do przewodu (rys. 9.).



Rys. 9. Przebiegi napięcia doprowadzonego do przewodu o izolacji wysokonapięciowej oraz prądu płynącego w uziemionym przewodzie

Podsumowanie

Izolowanie elementów urządzenia piorunochronnego od urządzeń i instalacji wymaga zachowania odstępów izolacyjnych. W przypadku niemożliwości ich zachowania można zastosować przewody o izolacji wysokonapięciowej z pokryciem półprzewodzącym. Ocena podstawowych właściwości izolacji oraz materiału pokrycia wymaga przeprowadzenia badań laboratoryjnych. Propozycja takich badań oraz uzyskane wyniki zostały przedstawione, jako materiał do dalszej dyskusji.

LITERATURA

- [1] PN-EN 62305-1, Ochrona odgromowa - Część 1: Wymagania ogólne.
- [2] PN-EN 62305-3, Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.

VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010

- [3] Florkowska B.: Wytrzymałość elektryczna gazowych układów izolacyjnych wysokiego napięcia. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2003.
- [4] Wodziński J.: Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- [5] Hasse P., Overvoltage protection of low voltage systems. 2nd Edition. IEE Power and Energy Series 33, 2000.
- [6] Materiały informacyjne firmy DEHN

Autor: dr hab. inż. Andrzej W. Sowa, prof. P.B., Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny Białystok, ul. Wiejska 45D, E-mail: Andrzej.sowa@ochrona.net.pl

