

OCENA CIĄGŁOŚCI POŁĄCZEŃ URZĄDZENIA PIORUNOCHRONNEGO NA PODSTAWIE POMIARÓW METODĄ UDAROWĄ

Stanisław WOJTAS

Politechnika Gdańska

tel: +48583471611, e-mail: s.wojtas@ely.pg.gda.pl

Streszczenie: Wskutek przyłączenia wszystkich elementów uzimionych związanych z obiektem budowlanym do szyny ekwipotencjalnej powstaje rozległy i skomplikowany układ uziemień. Stosowane powszechnie systemy dociepleń często utrudniają dostęp zacisków kontrolnych urządzenia piorunochronnego obiektu. Ocena parametrów i ciągłości połączeń takiego urządzenia może być trudna do realizacji za pomocą metod klasycznych, które podczas okresowej kontroli wymagają odłączania poszczególnych elementów uziemiających od szyny ekwipotencjalnej oraz rozłączania zacisków kontrolnych. Zaprezentowano wyniki badań na obiektach rzeczywistych popartych symulacjami komputerowymi, które wskazują, że pomiary wykorzystujące metodę udarową mogą być bardzo pomocne w ocenie takich układów ochrony odgromowej. W pracy podano warunki geometryczne obiektu, w których na podstawie pomiarów urządzenia piorunochronnego metodą udarową bez rozłączania zacisków kontrolnych można wnioskować o ciągłości połączeń przewodów uziemiających z uziomem.

Słowa kluczowe: ochrona odgromowa, pomiary uziemień, metoda udarowa pomiaru uziemień.

1. WSTĘP

Współczesne obiekty budowlane mają elewacje zawierające warstwy ocieplające oraz są wyposażone w główną szynę wyrównania potencjałów, co może utrudniać lub uniemożliwiać rozłączanie systemów uziemiających poszczególnych mediów w celu przeprowadzenia indywidualnych testów kolejnych elementów uziomu. Testy takie mają na celu nie tylko określenie wartości impedancji uziomów, ale także ocenę systemu połączeń elementów urządzenia piorunochronnego. Miejscami najczęściej podlegającymi sprawdzeniu ciągłości połączeń są połączenia przewodów uziemiających z uziomami, bo tam najczęściej rozpoczyna się proces korozji elementów przewodzących.

Znaczenie sprawnego oraz poprawnie działającego systemu ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej rośnie nie tylko wskutek stosowania coraz większej liczby wrażliwych na przepięcia urządzeń, ale także z powodu wyższej w ostatnich latach liczby wyładowań atmosferycznych w porównaniu ze średnią liczbą wyładowań rejestrowaną w badaniach z ubiegłego wieku [1]. Jedną z przyczyn rosnącej liczby wyładowań atmosferycznych może być wzrost średniej temperatury. W literaturze panuje zgodna opinia o dodatniej korelacji między temperaturą a intensywnością wyładowań atmosferycznych.

W materiałach na ten temat można spotkać stwierdzenia, że wzrost średniej temperatury o 1 stopień prowadzi do wzrostu wyładowań w granicach od 10 do nawet 100% [2].

Poprawnie przeprowadzone pomiary parametrów uziemień, a także właściwa interpretacja uzyskanych wyników, są bardzo ważnymi elementami zapewniającymi bezpieczeństwo obsługi oraz poprawną pracę urządzeń elektrycznych i elektronicznych we wszelkich obiektach wyposażonych w uziemienia ochronne i robocze oraz narażonych na oddziaływanie przepięć spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi. Metody właściwej oceny uziemień odgromowych powinny być przedmiotem wytycznych normalizacyjnych. Jednak procedury takiej oceny w aktualnych normach są formułowane dość niejednoznacznie i wymagają od użytkownika sporej dozy samodzielnej interpretacji zarówno na etapie projektowania jak również testów eksploatacyjnych oraz opracowywania wyników pomiarów.

Ogólnie można stwierdzić, że uziemienia wyraźnie dzielą się na dwie kategorie: pracujące przy częstotliwościach sieciowych oraz odgromowe, jednak pomiary rezystancji obu typów uziemień wykonuje się najczęściej przy prądach niskiej częstotliwości, a więc metodami określanymi, jako statyczne. Rezystancja uziomu zmierzona w takich warunkach może być miarą przydatności uziomu tylko w zakresie częstotliwości sieciowych, a nie w dziedzinie szybkich udarów prądowych charakterystycznych dla wyładowań atmosferycznych. Ocena zdolności ochronnej uziemienia powinna uwzględniać jego właściwości przy przebiegach o parametrach czasowych podobnych do tych, jakie panują podczas rzeczywistego wyładowania [3;4]. Wprowadzona w ostatnich latach norma PN-EN 62305 [5] w przeciwieństwie do poprzednio obowiązującej normy PN-E 05003 [6] nie ogranicza długości uziomów odgromowych, a zawiera jedynie uwagę, że „redukcja rezystancji uziemienia przez wydłużenie jest praktycznie możliwa do 60 m”.

Celem pracy jest analiza możliwości oceny ciągłości połączeń przewodów uziemiających ze zintegrowanym systemem uziomów na podstawie pomiarów jego impedancji metodą udarową bez rozłączania zacisków kontrolnych testowanego urządzenia piorunochronnego.

2. KONTROLA STANU URZĄDZENIA PIORUNOCHRONNEGO

Wśród wykonawców pomiarów często dominuje przekonanie, że procedura kontrolna powinna odbywać się w oparciu o wskazania aktualnej edycji normy. Jednak w przypadku, gdy kontrolowany obiekt został zbudowany w czasie obowiązywania starszej normy, wtedy obowiązuje w stosunku do niego zasada ochrony zastanej i postanowienia tej normy są brane pod uwagę podczas kontroli. W takiej sytuacji jedynie odchylenia od przepisów obowiązujących podczas budowy będą wykazane w protokole pokontrolnym, jako usterki [7].

Kryterium przydatności uziemienia w obiektach podlegających ochronie obostrzonej i specjalnej stanowi wg PN-E 05003.03:1989 (p.1.3.7) rezystancja udarowa określana jako: „rezystancja między uziomem a ziemią odniesienia mierzona przy prądzie udarowym o kształcie odwzorowującym prąd pioruna”. Norma ta określa również sprzęt potrzebny do wyznaczenia tej rezystancji, jako mostek (miernik) udarowy, czyli: „urządzenie pomiarowe umożliwiające pomiar rezystancji tylko tej części uziemienia, która bierze udział w odprowadzaniu prądu pioruna”. Pomiar rezystancji udarowej wykonuje się bez rozłączania zacisków probierczych, ponieważ celem tego pomiaru jest określenie rezystancji wypadkowej uziemienia, czyli tej, która bierze udział w odprowadzaniu z danego punktu prądu piorunowego do gruntu [6].

Przyjęta w ostatnich latach norma PN-EN 62305 do stosowania w systemach ochrony odgromowej obiektów budowlanych wprowadza pojęcie „umownej impedancji uziemienia” określonej, jako „stosunek wartości szczytowej napięcia na uziomie do wartości przepływającego w nim prądu, które na ogół nie występują jednocześnie” [5].

Impedancję udarową wyznacza się zgodnie z definicją zawartą w normach [5;6] według zależności:

$$Z_m = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} \quad (1)$$

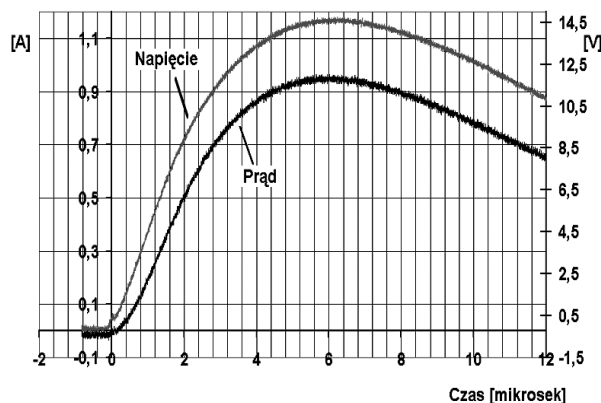
gdzie U_{\max} oraz I_{\max} oznaczają odpowiednio wartości maksymalne spadku napięcia na uziomie oraz prądu wymuszającego ten spadek i zostały pokazane na rysunku 1. W przypadku uziomu skupionego np. pionowego o niewielkiej długości można zaobserwować brak przesunięcia czasowego między ekstremami prądu i napięcia (rysunek 1a). Dla bardziej rozległego uziomu spadki indukcyjne powodują przesunięcie między wartościami maksymalnymi obu przebiegów, jak to można zobaczyć na rysunku 1b, a więc impedancja uziemienia jest definiowana umownie w dziedzinie czasu – iloraz wielkości występujących w różnych czasach.

Sprawdzenie ciągłości połączeń jest ważnym elementem okresowej kontroli zewnętrznych urządzeń piorunochronnych. Najczęściej ulegają korozji i tracą ciągłość połączenia przewodów uziemiających z uziomami, a zaciski probiercze umożliwiają sprawdzanie ciągłości. Takie prace kontrolne są uciążliwe, a często wręcz niemożliwe do realizacji ze względu na brak dostępu do takich zacisków lub po prostu na ich brak.

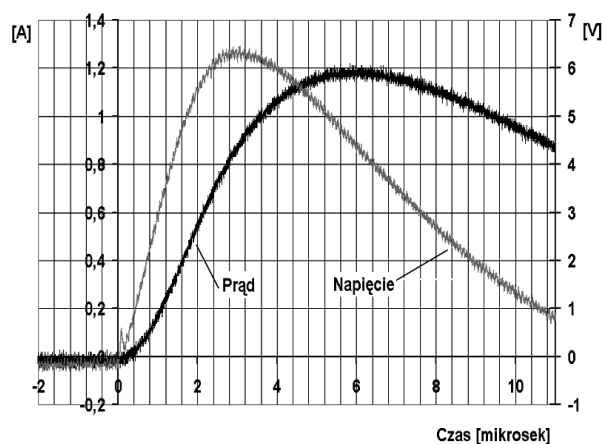
Rysunek 2 pokazuje rozplływ prądów podczas pomiarów uziemień. Miernik oznaczony numerem 1 jest dołączony do przewodu uziemiającego, który ma połączenie z uziomem. Praktycznie cały prąd i miernika wpływa do uziomu, jako i_1 , a tylko znikoma część tego prądu oznaczona, jako i_2 trafia do uziomu poprzez przewody odprowadzające oraz zwody urzą-

dzenia piorunochronnego. W przypadku oznaczonym numerem 2 miernik jest dołączony do przewodu uziemiającego, który nie ma bezpośredniego połączenia z uziomem. Całkowity prąd i miernika wpływa do uziomu poprzez system przewodów odprowadzających oraz zwodów obiektu. Spadek napięcia na tych elementach powiększa wynik pomiaru. Gdy pomiar odbywa się przy niskiej częstotliwości zbliżonej do sieciowej, ten dodatkowy spadek napięcia wynika wyłącznie z rezystancji przewodów i praktycznie nie wpływa na uzyskany wynik. Podczas pomiarów z wykorzystaniem prądów szybkowzmiennych lub udarowych spadek napięcia na tych przewodach jest znacznie większy, wynikający z ich indukcyjności własnej.

a)



b)

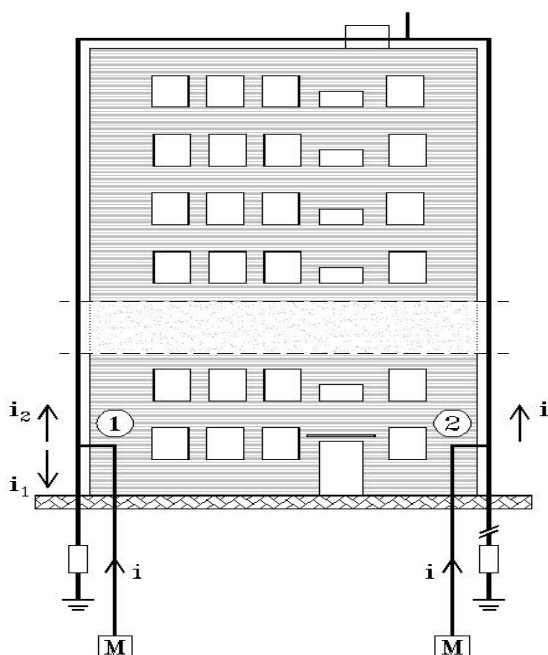


Rys. 1. Oscylogramy prądu i spadku napięcia na uziomie skupionym – a) i rozległym – b) generowane miernikiem udarowym uziemień

Jeżeli podczas pomiarów z dołączaniem miernika udarowego do kolejnych przewodów odprowadzających uzyskuje się zbliżone wyniki, wtedy można stwierdzić, że wszystkie przewody uziemiające mają bezpośrednie połączenie ze wspólnym systemem uziomów. W przypadku, gdy jeden (lub więcej) z uzyskanych wyników jest wyraźnie wyższy od pozostałych, można wnioskować, że te przewody uziemiające nie mają bezpośredniego połączenia z uziomem. Wzrost rejestrowanej impedancji wynika z wydłużenia drogi przepływu prądu pomiarowego i wynikających stąd dodatkowych spadków indukcyjnych, jak to zostało pokazane w przypadku oznaczonym numerem 2 na rysunku 2.

W pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie o minimalną długość przewodów odprowadzających wynikającą z wyso-

kości obiektu, która spowoduje zauważalny wzrost otrzymanych wartości impedancji uziomu, jeżeli dany przewód nie ma połączenia z uziomem.



Rys. 2. Rozpływ prądu miernika udarowego M podczas pomiaru impedancji urządzenia piorunochronnego bez rozłączania zacisku kontrolnego w przypadku prawidłowego połączenia przewodu uziemiającego z otokiem - przewód uziemiający oznaczony jako 1 i w sytuacji braku takiego połączenia - przewód 2

3. WYNIKI POMIARÓW I SYMULACJI KOMPUTEROWYCH IMPEDANCJI UZIOMÓW

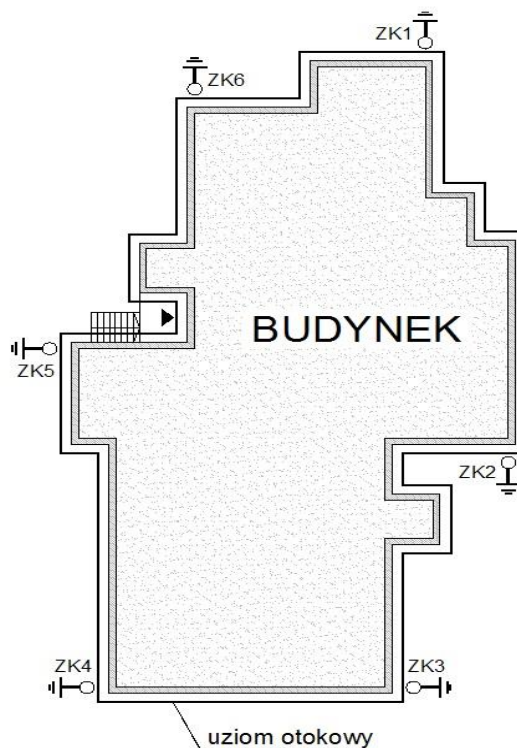
Na rysunku 3 przedstawiono rzut przyziemia 1-klatkowego budynku mieszkalnego o 8 kondygnacjach z zaznaczonym schematem urządzenia piorunochronnego zewnętrznego. Instalacja odgromowa budynku zawiera 6 przewodów odprowadzających, z których każdy na wysokości ok. 1 m nad ziemią był zaopatrzony w zacisk kontrolny. Przewody uziemiające były dołączone do uziomu otokowego budynku..

W przedstawionym obiekcie wykonano pomiary rezystancji udarowej uziemiaenia w trzech konfiguracjach połączeń, których ideę przedstawia rysunek 4. Podczas badań został użyty dostępny na rynku miernik o czasie czoła uderu pomiarowego równym 4 μ s. Wyniki zostały przedstawione na rysunku 5 w postaci histogramu oznaczonego jako „pomiar” z następującymi opisami:

1. Z_Z – zwarty zacisk kontrolny,
2. Z_D – miernik dołączony do przewodu poniżej rozwartego zacisku kontrolnego,
3. Z_G – miernik dołączony do przewodu powyżej rozwartego zacisku kontrolnego.

Zaprezentowane wyniki wskazują, że przy zwartym zacisku kontrolnym (Z_Z) otrzymuje się wartości obniżone o ok. 10% w stosunku do zacisku rozwartego (Z_D). Przy obiektach niższych różnice te mogą być nieco większe ze względu na mniejszą indukcyjność przewodów bocznikujących mierzone połączenie z uziomem. Wyniki umieszczone na histogramie oznaczonym, jako Z_G odpowiadają sytuacji, w której mierzony przewód uziemiający jest przerwany poniżej powierzchni gruntu. Analiza pomiarów wszystkich przewodów odprowadzających obiektu wykonanych bez ich rozłączania

pozwole na szybkie wykrycie przewodu, który nie ma galwanicznego połączenia z otokiem uziemiaenia, ponieważ używany w tym przypadku wynik będzie znacznie przewyższał (w przypadku analizowanego budynku około dwukrotnie) poziom wyników uzyskanych dla pozostałych przewodów. Wzrost wartości impedancji w przypadku oznaczonym, jako Z_G wynika z tego, że przepływ prądu odbywa się poprzez przewody odprowadzające i zwody na dachu budynku, a wynikające stąd indukcyjne spadki napięcia zwiększają otrzymany wynik impedancji przy takiej konfiguracji pomiaru. W takim przypadku można spodziewać się wzrostu potencjału w urządzeniu piorunochronnym pod wpływem ewentualnego wyładowania atmosferycznego.



Rys. 3. Rzut przyziemia budynku mieszkalnego z z zaznaczonymi przewodami odprowadzającymi i zaciskami kontrolnymi ZK oraz uziomem otokowym

W celu przeprowadzenia symulacji komputerowych i obliczeń impedancji uziemiaenia układ połączeń urządzenia piorunochronnego omawianego budynku mieszkalnego został zamodelowany w programie PSpice, a schemat zastępczy układu przedstawia rysunek 6. Parametry schematu zastępczego uziemiaenia w postaci czwórników zostały wyznaczone jako iloczyn długości danego elementu uziemiaenia i jego parametrów jednostkowych R' , L' , G' oraz C' obliczonych na podstawie następujących zależności zamieszczonych w literaturze [8]:

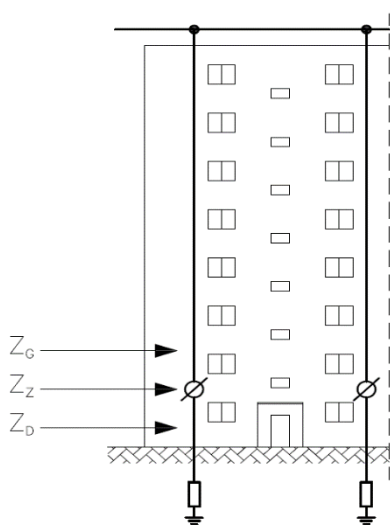
$$R' = \frac{\rho_c}{\pi \cdot a^2} \quad (2)$$

$$G' = \frac{2 \cdot \pi}{\rho \left(\ln \frac{2 \cdot l}{\sqrt{2 \cdot h \cdot a}} - 1 \right)} \quad (3)$$

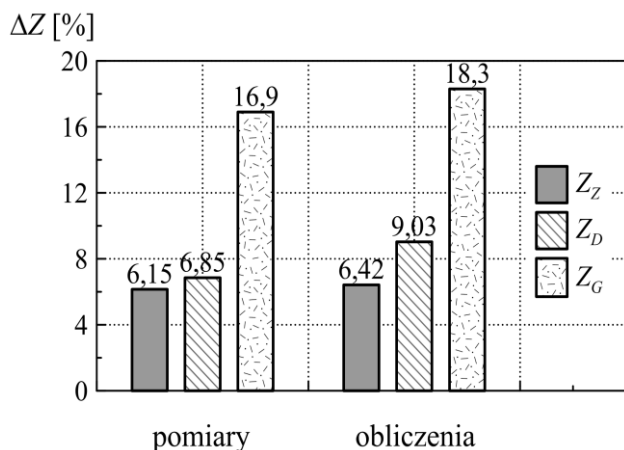
$$L' = \frac{\mu_o}{2 \cdot \pi} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{\sqrt{2 \cdot h \cdot a}} - 1 \right) \quad (4)$$

$$C' = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_r}{\ln \frac{2 \cdot l}{\sqrt{2 \cdot h \cdot a}} - 1} \quad (5)$$

gdzie: ρ_c oznacza rezystywność materiału przewodu, a – promień przewodu, ρ – rezystywność gruntu, h – głębokość pograżenia uziomu, l – długość przewodu, μ_o – przenikalność magnetyczną próżni, ϵ_o – przenikalność dielektryczną próżni, ϵ_r – przenikalność względną gruntu



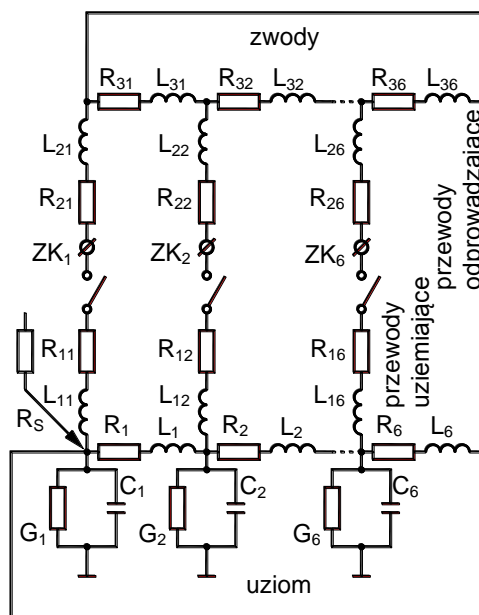
Rys. 4. Ilustracja sposobu podłączenia miernika udarowego podczas pomiaru uziemień 8 kondygnacyjnego budynku mieszkalnego, Z_z – zwarty zacisk kontrolny, Z_D – miernik podłączony poniżej otwartego zacisku kontrolnego, Z_G – miernik podłączony powyżej otwartego zacisku kontrolnego



Rys. 5. Średnia wartość impedancji udarowej systemu ochrony odgromowej budynku mieszkalnego uzyskane dla poszczególnych przewodów odprowadzających przy połączeniach miernika z uziomem według oznaczeń na rysunku 4 uzyskane z pomiarów oraz z obliczeń symulacyjnych w układzie z rysunku 6

W tak zestawionym schemacie zastępczym urządzenia piorunochronnego budynku przeprowadzono w programie PSpice symulację pomiarów impedancji udarowej według procedury połączeń realizowanej podczas badań

rzeczywistych przedstawionych na rysunku 4. Zamodelowany generator udarów prądowych zapewniał udary o czasie czoła 4 μ s, a więc analogiczne z udarami generowanymi przez miernik podczas badań obiektu rzeczywistego [10]. Wyniki uzyskane w oparciu o wyrażenie (1) z tak wykonanych badań symulacyjnych zostały przedstawione na rysunku 5 jako histogramy z opisem „obliczenia”. Otrzymane wartości impedancji z pomiarów i symulacji, zwłaszcza impedancji oznaczonych jako Z_z oraz Z_G , są zbliżone i różnice nie przekraczają 10%. Zaprezentowane wyniki obliczeń symulacyjnych wskazują, że przyjęty schemat zastępczy został zrealizowany przy poprawnych założeniach i może być wykorzystany przy badaniach wpływu wysokości budynku na otrzymywane wartości impedancji Z_z oraz Z_G .



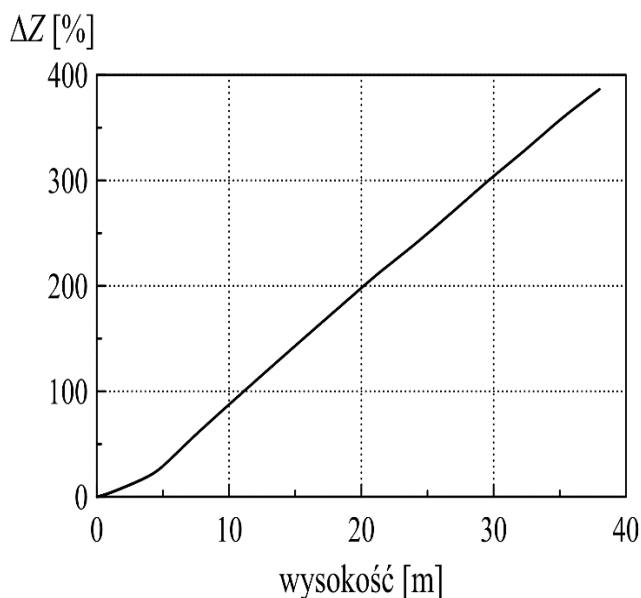
Rys. 6. Schemat zastępczy urządzenia piorunochronnego budynku, elementy z indeksami dwucyfrowymi reprezentują przewody odprowadzające i uziemiające oraz zwody, a z indeksami jednocyfrowymi – poszczególne fragmenty uziomu

Zmianę wysokości budynku realizowano na schemacie z rysunku 6 poprzez różnicowanie wartości L oraz R przewodów odprowadzających, a więc elementów L_{21} do L_{26} oraz R_{21} do R_{26} [11]. Wpływ wysokości budynku na wartość pomiaru przy braku połączenia przewodu uziemiającego z uziomem była wyznaczana jako przyrost impedancji ΔZ określanej wyrażeniem:

$$\Delta Z = \frac{Z_G - Z_z}{Z_z} \cdot 100\% \quad (6)$$

gdzie impedancje Z_G oraz Z_z zostały zdefiniowane na rysunku 4. Wyniki pokazane na rysunku 7 wskazują, że już przy obiekcie o 2 kondygnacjach uzyskuje się około 50% wzrost impedancji, a przy 4 kondygnacjach wartość impedancji wzrasta około 2-krotnie. Taka skala wzrostu impedancji mierzonej dla poszczególnych przewodów odprowadzających jest bardzo łatwa do zauważenia w praktyce pomiarowej. W posumowaniu można stwierdzić, że brak połączenia przewodu uziemiającego z uziomem może być łatwo wykryty na podstawie pomiarów metodą udarową bez rozłączania zacisków kontrolnych.

W praktyce eksploatacyjnej oprócz korozji powodującej całkowite przerwanie ciągłości przewodu uziemiającego można spotkać wzrost rezystancji połączenia tego przewodu z uziomem, zwłaszcza, gdy jest to połączenie skręcane. W celu oceny możliwości wykrycia zwiększonej rezystancji takiego połączenia poprzez pomiary impedancji uziomu metodą udarową przeprowadzono badania symulacyjne. Podczas tych badań schemat zastępczy przedstawiony na rysunku 6 był modyfikowany w ten sposób, że analizowany przewód uziemiający był połączony z uziomem poprzez rezystor R_S , jak to zostało pokazane na rysunku 6. Wartości R_S były zmieniane w przedziale od 0 do 150 Ω .

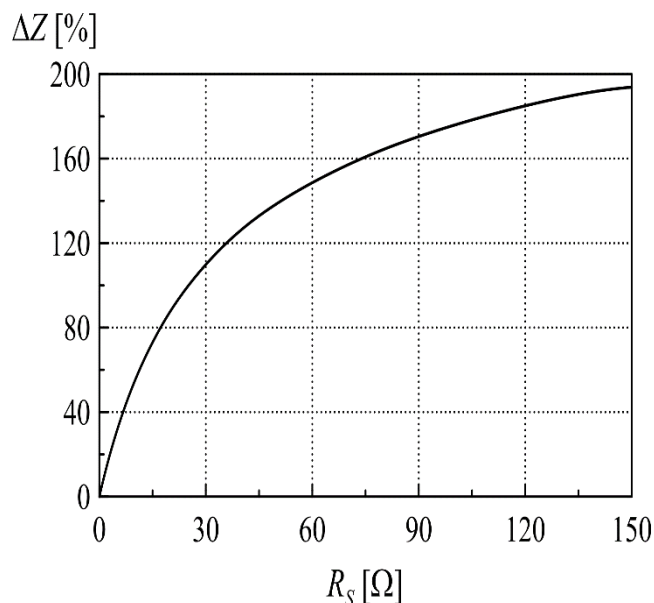


Rys. 7. Wyniki symulacji wpływu wysokości analizowanego budynku mieszkalnego na przyrost wzrost impedancji udarowej mierzonej przy braku bezpośredniego połączenia danego przewodu uziemiającego z uziomem

Wyniki symulacji zostały pokazane na rysunku 8 w postaci wykresu wzrostu rejestrowanej impedancji ΔZ w funkcji wtrącanej do obwodu rezystancji styku R_S . Analiza wykresu wskazuje, że pojawienie się dodatkowej rezystancji styku przewodu uziemiającego z uziomem wartości 10 Ω powoduje około 50% wzrost mierzonej impedancji udarowej. Rezystancja styku na poziomie około 30 Ω już skutkuje około 100% wzrostem mierzonej impedancji. W praktyce eksploatacyjnej wzrost rezystancji przejścia na styku przewód uziemiający oraz uziom może pojawiać się, gdy zamiast połączeń spawanych zostały zastosowane zaciskowe połączenia rozłączne. Wzrost rezystancji połączeń urządzenia piorunochronnego, nawet niedostępnych, umieszczonych w ziemi, może być wykrywany za pomocą pomiarów udarowych bez rozłączania zacisków kontrolnych. Możliwość taka jest tym bardziej cenna, że w niektórych urządzeniach piorunochronnych, montowanych zwłaszcza w strefach zagrożonych wybuchem, są stosowane połączenia spawane, których podczas badań kontrolnych nie można rozłączać [9].

W literaturze pojawiają się stwierdzenia o braku konieczności mierzenia rezystancji statycznej podczas sprawdzania stanu technicznego urządzenia piorunochronnego [7]. Mała wartość rezystancji uziemienia, a takich wyników najczęściej należy oczekiwać w przypadku rozległych uziemień, nie musi świadczyć o jego dobrym stanie, podobnie jak wysoki wynik rezystancji nie musi dyskwalifikować przydatności uziomu w systemie ochrony odgromowej. Dla wydania

ostatecznej oceny konieczna jest znajomość konfiguracji sieci uziemiającej i weryfikacja połączeń zapewniających ciągłość przewodu uziemiającego oraz połączeń przewodów odprowadzających z uziomem. W wielu przypadkach nieodzownym warunkiem oceny uziemień może być ich odkopanie, a to często okazuje się niewykonalne i wtedy metoda udarowa może stanowić rozsądną alternatywę.



Rys. 8. Wyniki symulacji wpływu rezystancji styku przewodu uziemiającego z uziomem na wyniki pomiarów impedancji udarowej realizowanych bez rozłączania zacisków kontrolnych urządzenia piorunochronnego budynku mieszkalnego o 8 kondygnacjach

5. WNIOSKI

Ocena stanu urządzeń piorunochronnych współczesnych obiektów kubaturowych podczas okresowych testów sprawdzających z zastosowaniem klasycznych mierników niskiej częstotliwości okazuje się często niemożliwa ze względu na utrudniony dostęp z powodu zewnętrznych warstw docieplających oraz złożonego systemu wzajemnych połączeń elementów uziemionych z wykorzystaniem szyn ekwipotencjalnych.

Pomiary z zastosowaniem mierników wykorzystujących przebiegi szybkozmiennne dołączanych kolejno do poszczególnych przewodów odprowadzających bez rozłączania zacisków kontrolnych pozwalają wykryć brak połączenia danego przewodu z uziomem lub wzrost rezystancji takiego połączenia.

Zaprezentowane wyniki pomiarów oraz obliczeń symulacyjnych wskazują, że wraz ze wzrostem długości przewodów odprowadzających, a więc wzrostem wysokości testowanego obiektu, rośnie wartość impedancji rejestrowanej dla wadliwego przewodu uziemiającego. Wzrost impedancji o około 100% uzyskuje się już dla wysokości obiektu powyżej 10 m przy braku połączenia lub przy rezystancji połączenia powyżej 20 Ω .

Metody udarowe i wysokoczęstotliwościowe pozwalają ocenić przydatność uziemień do celów ochrony odgromowej bez czasochłonnych zabiegów związanych odłączeniem dalej położonych mas metalowych oraz podnoszą bezpieczeństwo obiektów chronionych podczas wyładowań atmosferycznych ze względu na bardziej wiarygodną ocenę systemu uziemień.

BIBLIOGRAFIA

1. Łoboda M., Thern S., Marciniak R.: Central European Lightning Detection Network and Lightning Data in Poland, XIII International Conference on Electromagnetic Disturbances, 24-26 Sept. 2003, Białystok, Poland
2. Price C.: Thunderstorms, Lightning and Climate Change, 29 ICLP, Uppsala, 2008
3. Wojtas S.: Lightning impulse efficiency of horizontal earthing, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 10, 2012
4. Wojtas S., Wołoszyk M.: Ocena uziemień odgromowych według aktualnych przepisów normalizacyjnych, VI Krajowa Konferencja N-T "Urządzenia Piorunochronne w Projektowaniu i Budowie, SEP Kraków, 20.10.2011
5. PN-EN 62305-1:2008 - Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
6. PN-E 05003-1:1986 - Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.
7. Musiał E.: Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej, Biul. SEP INPE, 2008, Nr 100, s. 18-36
8. Velazquez R. Mukhedkar D.: Analytical modelling of grounding electrodes transient behavior, IEEE Trans. On PAS, vol. PAS 103, No 6, 1984
9. PN-E 05003-3:1989 – Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona obostrzona
10. Szuman M.: Badania ciągłości połączeń przewodów uziemiających z uziomami, Praca magisterska, Wydział EIA PG, 2014
11. Szpor S., Samuła J.: Ochrona Odgromowa, WN-T, Warszawa, 1983.

CONNECTION CONTINUITY ASSESSMENT OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEM ON THE GROUND OF IMPULSE TESTS

Due to connections of all earthing elements associated with a building structure to equipotential bonding a wide and complicated earthing system is created. Commonly used insulation systems often impede access control terminals of object lightning protection device. Parameters and the continuity assessment of such a device may be difficult to achieve using conventional methods that require disconnections of the individual elements of equipotential grounding as well as disconnecting control terminals. The results of tests on real objects supported by computer simulations that indicate that the measurements using impulse method can be very helpful in assessing such harsh lightning protection systems. The paper presents the geometric conditions of the object in which the measurements impact method lightning protection device without disconnecting the control terminals can be inferred about the continuity of the grounding wires from the earthing electrode.

Keywords: lightning protection, earthing test, effective length of earthing