

Stanisław WOJTAS<sup>1</sup>

## OCENA PRZYDATNOŚCI ROZLEGŁYCH SYSTEMÓW UZIEMIENI DO CELÓW OCHRONY ODGROMOWEJ

W wyniku połączenia wszystkich elementów uziemionych w obiekcie budowlanym do szyny ekwipotencjalnej powstaje często bardzo rozległy system uziemień, który obejmuje nie tylko uziom obiektu, ale także połączone uziomy nawet bardzo oddalonych obiektów, do których można zaliczyć system uziemień stacji transformatorowej zasilającej obiekt. Ocena tak rozległego systemu za pomocą metod wykorzystujących przebiegi wolnozmiennne prowadzi do zbyt optymistycznych wniosków odnośnie ich właściwości podczas odprowadzania prądów wylądowań atmosferycznych. Pomiary z zastosowaniem metody wykorzystującej przebiegi impulsowe pomiaru umożliwia uwzględnienie tylko tej części nawet bardzo rozległego systemu uziemień, która bierze udział w rozpraszaniu prądu piorunowego w ziemi. Tak określona część uziomu jest nazywana jego długością efektywną i jej rozmiary zależą przede wszystkim od rezystywności gruntu otaczającego uziom. Przeprowadzone symulacje komputerowe wskazują, że zwiększanie rozmiarów uziomu poza jego długość efektywną nie wpływa na ograniczanie spadku napięcia na uziomie podczas odprowadzania prądu piorunowego i z punktu widzenia ograniczania przepięć w ochronionym obiekcie jest bezcelowe. Wnioski z symulacji komputerowych zostały potwierdzone przez pomiary na rzeczywistych obiektach o znacznej rozległości zastosowanych uziomów.

**Słowa kluczowe:** pomiary uziemień, długość efektywna uziemień, ochrona odgromowa,

### 1. Wstęp

Przedmiotem pracy jest analiza obiektów wyposażonych w główną szynę wyrównania potencjałów, która utrudnia lub uniemożliwia rozłączanie systemów uziemiających poszczególnych mediów w celu przeprowadzenia indywidualnych testów. W takim przypadku bardzo niskie wartości rezystancji uzyskiwane metodą niskoczęstotliwościową uwzględniają uziemienia odległych obiektów

---

<sup>1</sup> Stanisław Wojtas, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki,, 80 – 234 Gdańsk, ul. Własna Strzecha 18A, 583471611, s.wojtas@ely.pg.gda.pl

tów, które nie biorą udziału w odprowadzaniu do ziemi prądów wyładowań atmosferycznych.

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, bądź też 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 [4,5].

Celem pracy jest analiza możliwości oceny oraz procedur pomiarowych i wymagań stawianych układom uziemiającym przez aktualne przepisy normalizacyjne z uwzględnieniem długości efektywnej uziomu. Ponieważ normy generalnie sugerują ocenę parametrów uziemień zarówno w oparciu o klasyczną metodę niskoczęstotliwościową, ale również dopuszczają korzystanie podczas pomiarów z przebiegów szybkozmiennych, w pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, którą z nich wybrać do oceny uziemień o różnej konfiguracji i przeznaczeniu.

## **2. Ocena uziemień w przepisach normalizacyjnych**

W tematyce wymagań stawianych systemom uziemień, jak również zakresu ich kontroli, dominuje przekonanie, że procedura kontrolna powinna odbywać się w oparciu o wskazania aktualnej edycji normy. Jednak w przypadku kiedy 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 jako usterki. Zasada ochrony zastanej nie powinna być stosowana, jeżeli w

obiekcie budowlanym nastąpiła zmiana polegająca na przykład na:

- przebudowie dachu, albo na umieszczeniu na nim nowych konstrukcji budowlanych lub elementów dołączonych do instalacji elektrycznych obiektu,
- doprowadzeniu do obiektu nowej linii elektroenergetycznej lub telekomunikacyjnej,
- zmianach w obrębie funkcjonujących w obiekcie stref zagrożenia wybuchem.

Do dobrych zwyczajów w przypadku stosowania przez kontrolującego zasady ochrony zastanej powinno należeć wskazanie w protokole odchyień od aktualnych przepisów. Uwagi takie oczywiście nie dyskredytują analizowanego systemu ochrony odgromowej, ale dają administratorowi obiektu informacje o tym, jak bardzo ochrona odgromowa obiektu odbiega od poziomu wiedzy inżynierskiej prezentowanego w obowiązujących aktualnie normach [1,2].

Przyjęta w 2009 roku norma PN-EN 62305-1:2008 dotycząca ochrony odgromowej wprowadza pojęcie „umownej impedancji uziemienia” określonej jako „stosunek wartości szczytowej napięcia na uziemiu do wartości przepływającego w nim prądu, które na ogół nie występują jednocześnie” [7].

Impedancję udarową wyznacza się zgodnie z definicją zawartą w normach [7,8,9] według zależności:

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

gdzie  $U_{\max}$  oraz  $I_{\max}$  oznaczają odpowiednio wartości maksymalne spadku napięcia na uziemiu oraz prądu wymuszającego ten spadek. W przypadku uziomu skupionego, np. pionowego o niewielkiej długości, można zaobserwować brak przesunięcia czasowego między ekstremami prądu i napięcia. Dla bardziej rozległego uziomu spadki indukcyjne powodują przesunięcie między wartościami maksymalnymi obu przebiegów, a więc impedancja uziemienia jest definiowana umownie w dziedzinie czasu.

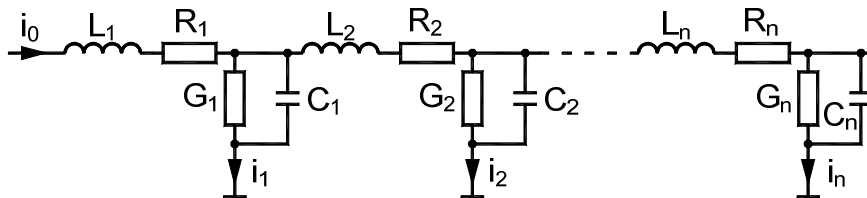
W normach dotyczących instalacji powyżej 1 kV [10] oraz koordynacji izolacji [11] zostały wprowadzone w załącznikach uwagi, że w przypadku bardziej rozległych uziemień, zwłaszcza linii przesyłowych, do pomiarów impedancji uziemień należy używać testera pracującego przy wysokiej częstotliwości. Celem wprowadzenia pomiaru przy przebiegach szybkozmiennych jest przede wszystkim uwzględnienie spadków napięcia o charakterze indukcyjnym, jak również faktu, że w odprowadzaniu prądów szybkozmiennych do ziemi biorą udział tylko części uziomu znajdujące się bliżej niż długość efektywna uziomu [5].

### 3. Długość efektywna uziomów

Na rys. 1 przedstawiono schemat zastępczy uziomu poziomego złożonego z  $n$  szeregowo połączonych czwórników, z których każdy odpowiada długości podstawowego elementu uziomu. Pomiar impedancji uziomu przy wymuszeniu  $i_0(t)$  o częstotliwości zbliżonej do sieciowej sprowadza się praktycznie do określenia wypadkowej wartości przewodności  $G$  wynikającej z równoległego połączenia elementów  $G_1$  do  $G_n$ . W praktyce pomiarowej miernik wskazuje wtedy rezystancję wypadkową uziomu jako rezystancję przejścia z uziomu do otaczającego gruntu, która zależy od rezystywności gruntu oraz wymiarów uziomu i zmierza do wartości  $1/G$ . Pozostałe elementy schematu zastępczego mają niewielki wpływ na rezystancję wypadkową uziomu przy wymuszeniu wolnozmennym, ponieważ:

- rezystancja podłużna uziomu (suma elementów  $R_1$  do  $R_n$ ) jest pomijalna ze względu na znaczny przekrój (nie mniej niż  $90 \text{ mm}^2$ ) uziomu,
- indukcyjność własna poszczególnych elementów ( $L_1$  do  $L_n$ ) jest zawarta w granicach  $1\text{-}2 \text{ }\mu\text{H/m}$  i nie odgrywa większej roli przy przebiegach o częstotliwości sieciowej,
- podobnie pomijane są prądy pojemnościowe związane z pojemnością własną uziomu  $C$ .

Wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału wymuszającego  $i_0(t)$  lub zastąpieniem tego sygnału przebiegiem udarowym rośnie reaktancja indukcyjna  $\omega L_n$  każdego z elementów uziomu. Wzrost spadku napięcia na indukcyjności zwiększa całkowitą impedancję uziomu mierzoną na jego wejściu. Potwierdzeniem wzrostu znaczenia indukcyjnych spadków napięcia na coraz dłuższym uziemiu jest wzrastające przesunięcie czasowe między wartościami maksymalnymi prądu i napięcia.



Rys. 1. Schemat zastępczy uziomu poziomego złożonego z  $n$  elementów jednostkowych,  $R$  – rezystancja podłużna elementu,  $L$  – indukcyjność elementu,  $G$  – przewodność między uziemem a otaczającym gruntem,  $C$  – pojemność elementu

Fig. 1. Equivalent circuit of  $n$ -unit element horizontal earthing,  $R$  - elongated resistance of an element,  $L$  - element induction,  $G$  - conductance of earthing to surrounding ground,  $C$  - element capacity

Rozważania na temat stałej czasowej linii modelującej uziom długi pokazują, że zwiększanie długości uziomu poziomego jest skuteczne tylko do pewnej wartości nazywanej długością efektywną  $l_{ef}$ , którą można obliczyć jako [3]:

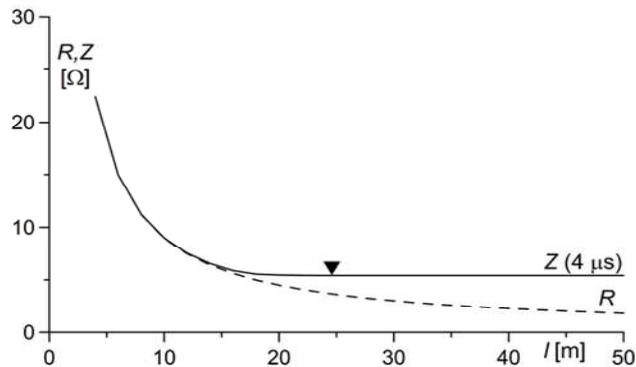
$$l_{ef} \leq \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{T}{GL}} \quad (2)$$

gdzie:  $T$  - czas trwania czoła udaru prądowego,

$L$  - indukcyjność jednostkowa

$G$  - konduktancja jednostkowa uziomu.

Potwierdzeniem powyższych rozważań są przedstawione na rysunku 2 wyniki symulacji komputerowych impedancji uziomu poziomego pograżonego w gruncie o rezystywności  $100 \Omega\text{m}$  w funkcji jego długości.



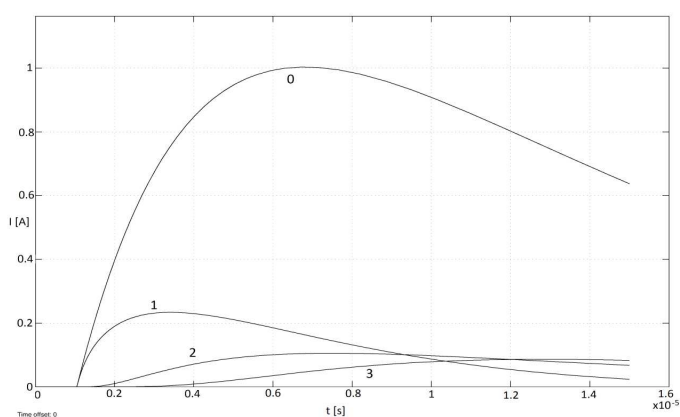
Rys. 2. Impedancja uziomu poziomego w funkcji jego długości przy wymuszeniu sinusoidalnym wolnozmiennym (R) oraz przy wymuszeniu udarami o czasie czoła  $4 \mu\text{s}$  (Z); na krzywej zaznaczono długość efektywną uziomu obliczoną ze wzoru (2)

Fig. 2. Horizontal earthing impedance versus its length at low frequency AC measurements (R) and at  $4 \mu\text{s}$  impulse measurements (Z); an effective length according to formula (2) has been marked

Przy pomiarach statycznych (częstotliwość zbliżona do sieciowej) rezystancja maleje wraz z wydłużaniem uziomu bez względu na przedział tego wzrostu długości. Otrzymana wartość rezystancji uziomu R wynika z równoległego połączenia coraz większej liczby  $n$  elementów o przewodności  $G$  każdego z nich jak to przedstawiono na rysunku 1. Przy wymuszeniu prądem udarowym (tutaj udar o czasie czoła  $4 \mu\text{s}$  [13])

spadek impedancji uziomu przez dodawanie liczby elementów jest obserwowany tylko do pewnej długości uziomu zbliżonej do długości efektywnej. Dla analizowanego uziomu jego długość efektywna obliczona za wzoru (2) wynosi 24 m i została zaznaczona trójkątem na rysunku 2. Z przebiegów zamieszczonych na rysunku 2 wynika, że wydłużanie uziomu powyżej jego długości efektywnej nie powoduje obniżania spadku napięcia na uziomie podczas rozpraszania prądu piorunowego w gruncie. W celu weryfikacji tej tezy podczas symulacji zarejestrowano kształty prądów  $i_1$  do  $i_n$  odprowadzanych do gruntu przez poszczególne odcinki uziomu pokazane na schemacie zastępczym z rysunku 1.

Na rysunku 3 przedstawiono prąd o czasie czoła 4  $\mu\text{s}$  wpływający do uziomu i oznaczony jako 0 oraz prądy odprowadzane przez odcinki: pierwszy, piąty oraz siódmy oznaczone odpowiednio jako przebiegi 1, 2 oraz 3.



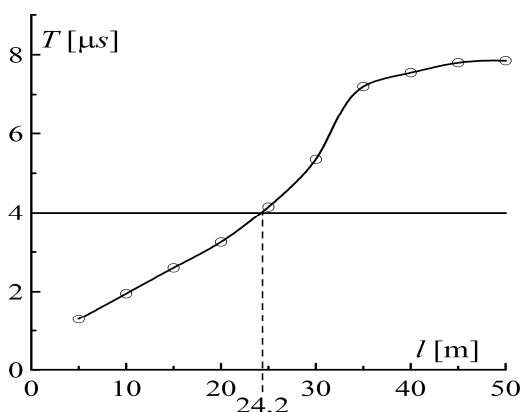
Rys. 3. Prądy udarowe w uziomie o długości 50 m: prąd wpływający do uziomu (0) oraz prądy odpływające do gruntu w poszczególnych odcinkach uziomu: 1- odcinek 0-5 m; 2-odcinek 20-25 m; 3-odcinek 30-35 m

Fig. 3. Impulse currents in 50 m long earthing: current at feed point (0) and currents dissipated to ground by particular elements of earthing: 1 - 0 to 5 m element, 2 – 20 to 25 m element, 3 – 30 to 35 m element

Porównanie czasów czoła poszczególnych prądów odprowadzanych do gruntu wskazuje na stopniowy ich wzrost jak to pokazano na rysunku 4. Czoło prądu odpływającego w pierwszym odcinku (0 - 5 m) jest znacznie krótsze niż czoło prądu zasilającego uziom. Czas czoła prądu odcinka znajdującego się w pobliżu długości efektywnej uziomu osiąga wartość czasu czoła prądu wpływającego, czyli w analizowanym przypadku 4  $\mu\text{s}$ . Czasy czoła prądów odprowadzanych przez odcinki znajdujące się dalej niż długość efektywna rosną i przewyższają czas czoła prądu zasilającego uziom. Otrzymane czasy czoła prądów w poszczególnych odcinkach uziomu zamieszczono na wykresie

przedstawionym na rys. 4 i wyznaczona w ten sposób długość efektywna wynosi 24,2 m, co jest wartością zbliżoną do obliczonej ze wzoru (2), która wynosi 24 m.

Potwierdzeniem tezy o braku wpływu elementów uziomu poza jego długością efektywną na napięcie na początku uziomu są wyniki badań przeprowadzone na uziomie rzeczywistym. Badany uziom poziomy o długości 50 m był zagłębiony w gruncie o rezystywności  $85 \Omega\text{m}$  i podzielony na 10 odcinków po 5 m, które mogły być łączone szeregowo. W ten sposób powstał uziom poziomy o regulowanej długości z 5-metrowym skokiem w zakresie od 5 do 50 m. Jego długość efektywna obliczona ze wzoru (2) dla impulsów o czasie czoła  $4 \mu\text{s}$  wynosiła ok. 20 m. Ze względu na fakt, że impulsy prądowe miały stałą amplitudę (ok. 0,9 A), wartość maksymalna napięcia może być także wskaźnikiem impedancji udarowej uziomu.



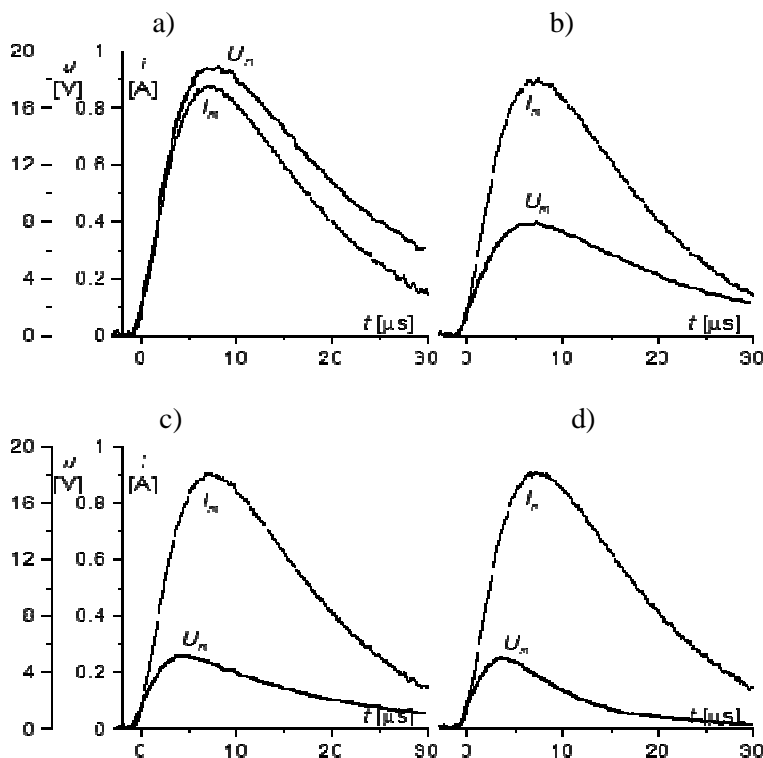
Rys. 4. Długość czasu czoła prądów odprowadzanych do gruntu przez poszczególne 5-metrowe odcinki uziomu w funkcji odległości odcinka od początku uziomu, czas czoła prądu wpływającego wynosi  $4 \mu\text{s}$

Fig. 4. Front time of currents entering ground in particular 5 m long elements of earthing versus distance of element from feed point, front time of current entering the earthing equals  $4 \mu\text{s}$

Na rysunku 5 przedstawiono przebiegi prądu wpływającego do uziomu i napięcia na jego początku. Porównując wartości maksymalne napięcia na oscylogramach a) i b) można zauważyć, że przyrost długości uziomu o 10 m (z 5 do 15 m) w zakresie poniżej długości efektywnej wywołuje zdecydowany (w tym przypadku ok. 2-krotny) spadek napięcia, a więc także impedancji uziomu. Taki sam 10-metrowy przyrost długości uziomu poza jego długością efektywną (z 20 do 30 m) nie wpływa na jego impedancję udarową - identyczne amplitudy napięć na oscylogramach c) i d) z rysunku 5.

Element uziomu znajdujący się poza jego długością efektywną odprowadza do gruntu prąd o czasie czoła dłuższym w porównaniu z czasem czoła prądu

zasilającego uziom, jak to pokazano na rysunku 3. Efekt odprowadzania pewnej wartości ładunku przez dodaną długość uziomu można zauważyć dopiero na grzbiecie przebiegu napięciowego, co nie ma wpływu na impedancję udarową uziomu.



Rys. 5. Wpływ przyrostu długości uziomu poziomego o 10 m w zakresie poniżej długości efektywnej (a - 5 m, b - 15 m) oraz powyżej tej długości (c - 20 m, d - 30 m) na przebiegi napięcia na początku uziomu przy zasilaniu stałą wartością impulsu prądowego o czasie czoła 4  $\mu s$

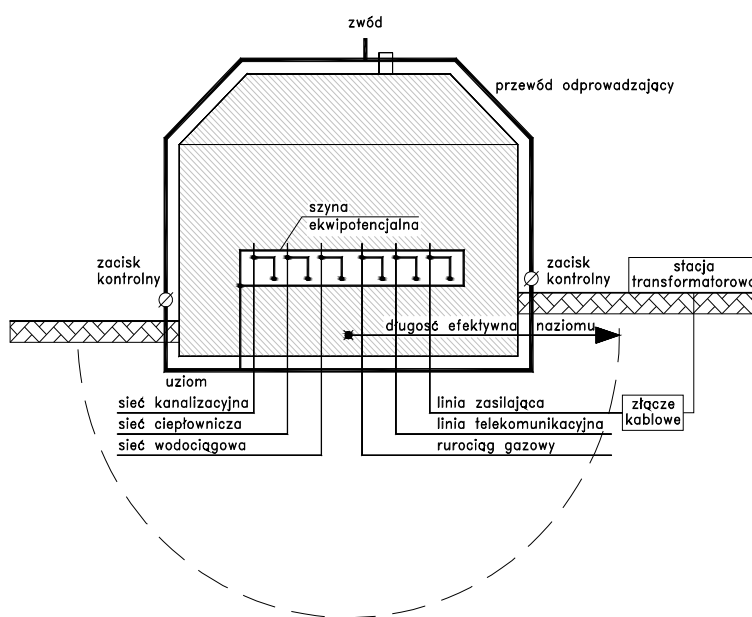
Fig. 5. Influence of horizontal earthing elongation by 10 m in range below effective length of earthing (a - 5 m, b - 15 m) and in range above effective length (c - 20 m, d - 30 m) on voltage diagrams at earthing feed point at constant value of 4  $\mu s$  impulse current

#### 4. Rozległe uziemienia obiektów budowlanych

Współczesne obiekty podlegające ochronie odgromowej są zwykle wyposażone w główną szynę wyrównania potencjałów, do której są dołączone elementy uziemiające poszczególnych mediów zasilających dany obiekt jak to zostało przedstawione na rysunku 6. W przypadku zastosowania do pomiaru rezystancji uziemienia miernika niskiej częstotliwości, na uzyskaną wartość rezystancji



mają wpływ uziomy położone nawet w znacznej odległości od badanego obiektu, np. system uziemień transformatora zasilającego. Pomierzona w ten sposób rezystancja wypadkowa uziemienia osiąga zwykle bardzo małe wartości, często znacznie poniżej  $1 \Omega$ . Taka ocena systemu uziemień może być miarodajna dla prądów zwarciovych, ale w przypadku wyładowań atmosferycznych należy oczekiwać znacznie wyższej impedancji. W rozpraszaniu prądu o czasie czoła na poziomie mikrosekund, czyli zbliżonym do prądów piorunowych, biorą udział elementy uziomu oddalone od miejsca wyładowania poniżej długości efektywnej uziomu, jak to zostało zaznaczone na rysunku 6. Pojęcie długości efektywnej uziomu i sposoby jej wyznaczania zostały omówione w poprzednich rozdziałach.



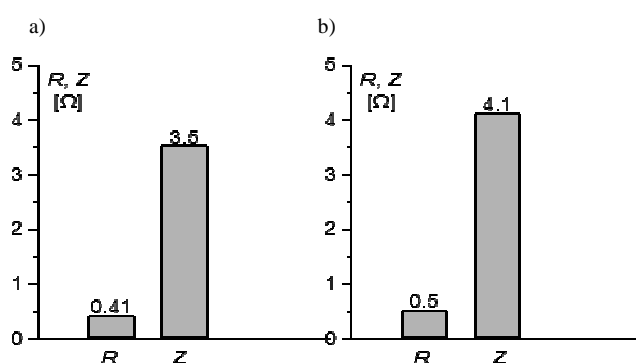
Rys.6. Obiekt kubaturowy z rozległym systemem uziemień utworzonym przez media dołączone do szyny wyrównania potencjału, zaznaczono okrąg o promieniu równym długości efektywnej uziomu

Fig. 6. Extensive earthing system of typical contemporary building structure equipped with equipotential bar, circle radius equal to earthing effective length has been marked

Rozważania o braku wpływu dalej położonych elementów uziemień na ich przydatność ogromną została potwierdzona pomiarami porównawczymi rezystancji przy niskiej częstotliwości oraz za pomocą mierników udarowych przeprowadzonymi na gdańskim stadionie PGE ARENA. Nadziemna część

urządzenia piorunochronnego zewnętrznego stadionu składa się ze zwodów poziomych w postaci przewodów zamykających pozbawiony zadaszania fragment stadionu oraz z łukowatych dźwigarów zadaszania trybun. Dźwigary zadaszania pełniące jednocześnie rolę zwodów i przewodów odprowadzających są osadzone na fundamentach stadionu za pomocą ruchomych przegubów, które są bocznikowane przewodami zapewniającymi przepływ prądów piorunowych. Zbrojenie fundamentu stadionu jest połączone z elementami uziemionymi poszczególnych mediów i w ten sposób powstaje bardzo rozległy system.

Na rysunku 7a przedstawiono rezultaty pomiarów rezystancji (metodą niskoczęstotliwościową) oraz impedancji udarowej systemu uziemień stadionu. Pokazany histogram wskazuje, że tak rozbudowany system charakteryzuje się bardzo małą rezystancją statyczną -  $0,41 \Omega$ , a impedancja udarowa jest ponad 8 razy wyższa i wynosi  $3,5 \Omega$ .



Rys. 7. Wartości rezystancji R oraz impedancji udarowej Z systemu ochrony odgromowej stadionu - a) i budynku mieszkalnego o 3 kondygnacjach z mediami dołączonymi do szyny ekwipotencjalnej - b)

Fig. 7. Results of earthing resistance R and impulse impedance Z of stadium – a) and residential structure with equipotential bar – b)

Podobne wyniki zaprezentowane na rysunku 7b uzyskano dla budynku mieszkalnego o 3 kondygnacjach i długości 30 m oraz szerokości 12 m. System uziemień budynku jest zaopatrzone w szynę wyrównania potencjałów i zbliżony do zaprezentowanego na rysunku 6. Taki przypadek charakteryzuje się również bardzo małą rezystancją o wartości  $0,5 \Omega$ , a impedancja w warunkach udarowych jest ponad 8 razy wyższa i wynosi  $4,1 \Omega$ . Różnica ta wynika przede wszystkim z faktu, że na rezystancję statyczną wpływa cały system uziemień, a miernik udarowy uwzględnia wyłącznie elementy uziemiające znajdujące się w odległości mniejszej niż długość efektywna określona czasem czoła udaru i rezystywnością gruntu, jak wynika ze wzoru (2).

Coraz większy odsetek współczesnych obiektów budowlanych jest wyposażonych w szynę wyrównywania potencjałów, co zwykle zdecydowanie powiększa rozległość systemu uziemień. Pomiarów metodą statyczną rezystancji uziemień takiego systemu dają zwykle bardzo małe wartości – często poniżej  $1 \Omega$ . W tej sytuacji nie powinien dziwić fakt, że w literaturze pojawiają się stwierdzenia o braku konieczności mierzenia rezystancji statycznej podczas sprawdzania stanu technicznego urządzenia piorunochronnego [2]. Mała wartość rezystancji uziemienia 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 stanowi rozsądną alternatywę.

## 5. Wnioski

Metoda pomiaru z wykorzystaniem przebiegów udarowych pozwala na określenie impedancji uziemienia, która jest miarą jego przydatności do celów ochrony odgromowej. Przydatność takiej metody jest ważna przede wszystkim w przypadku rozległych systemów uziemień, a zwłaszcza przy połączeniu elementów uziemiających mediów z szyną wyrównania potencjału.

Podczas pomiarów miernikami udarowymi są uwzględniane tylko te części systemu instalacyjnego, które biorą udział w odprowadzaniu prądu piorunowego do ziemi.

Wpływ na ograniczanie spadku napięcia na uziomie mają tylko te jego części, które znajdują się bliżej miejsca wprowadzenia prądu wyładowczego, niż wynosi długość efektywna uziomu.

Metody udarowe i wysokoczęstotliwościowe pozwalają oceniać przydatność nawet bardzo rozległych systemów uziemień do celów ochrony odgromowej bez konieczności rozłączania nie tylko ich elementów składowych, ale także zacisków kontrolnych.

## Literatura

- [1] Markowska R., Sowa A.: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych, Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa, 2009.
- [2] Musiał E.: Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej, Biul. SEP INPE, 2008, Nr 100, s. 18-36.
- [3] Szpor S., Samuła J.: Ochrona Odgromowa, WN-T, Warszawa, 1983.

- [4] Wojtas S., Wołoszyk M.: Ocena uzemień odgromowych według aktualnych przepisów normalizacyjnych, VI Krajowa Konferencja N-T "Urządzenia Piorunochronne w Projektowaniu i Budowie, SEP Kraków, 20.10.2012.
- [5] Wołoszyk M., „Pomiary impedancji (rezystancji) udarowej uzemień odgromowych”, Rozdział w publikacji: Gryżewski Z.: Prace pomiarowo – kontrolne przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV, COSiW SEP, Warszawa, 2002.
- [6] ANSI/IEEE Std 81-1983 - IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System.
- [7] PN-EN 62305-1:2008 - Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
- [8] PN-E 05003-3:1989 – Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona obostrzona.
- [9] PN-IEC 61024-1-1:2001 - Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Wybór poziomów ochrony dla urządzeń piorunochronnych.
- [10] PN-E 05115:2002 - Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.
- [11] PN-EN 60071-2:2000 - Koordynacja izolacji. Przewodnik stosowania.
- [12] PN-EN 62475:2010E - Wielkopądowa technika pro-biercza. Definicje i wymagania dotyczące prądów pro-bierczych i układów pomiarowych.
- [13] PN-E 04060:1992 - Wysokonapięciowa technika probiercza. Ogólne określenia i wymagania probiercze.

## USEFULNESS EVALUATION OF WIDESPREAD EARTHING SYSTEMS FOR LIGHTNING PROTECTION PURPOSES

### Summary

Widespread earthing systems can be created in buildings due to connection of all earthed objects to a common equipotential bar. Such a system consists of not only earthings around the object to be protected, but as well wide earthings of very far objects for example earthing systems of transformer stations supplying the protected object. Measurements of such wide system by usage of low frequency methods give usually both low resistance results and too optimistic evaluation of its properties for lightning protection purposes. Earthing tests using impulse method seem to be especially useful for extensive earthings, because only a part of the tested system is taken into account at such evaluation. This part of an earthing system taking part in lightning current dissipation to a surrounding soil is called effective length of earthing. The effective length depends first of all on resistivity of soil surrounding the evaluated earthing. Computer simulations show, that an earthing elongation above its effective length has no influence on a voltage of earthing feed point during lightning current stroke. Results of computer simulations have been confirmed by tests carried out on real wide objects.

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

DOI: 10.7862/re.2013.23

*Tekst złożono w redakcji:* sierpień 2013

*Przyjęto do druku:* grudzień 2013