

Pomiary rezystancji uziemienia

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

Ul. Gen. W. Andersa 40a

15-113 Białystok

NIP: 5423278389

www.rst.pl | www.sklep.rst.pl

e-mail: rst@rst.pl

Wprowadzenie

Wartość rezystancji uziemienia określona na etapie projektu powinna być utrzymana przez cały okres eksploatacji danego obiektu. W zależności od typu instalacji mogą być wymagane wartości na poziomie od kilkudziesięciu Ω (np.: uziemienia linii SN i WN) do nawet pojedynczych Ω (stacje elektroenergetyczne). W typowych obiektach najczęściej wymagane kryterium stanowi wartość 10 Ω . Układ uziemiający w dłuższym okresie eksploatacji narażony jest na korozję, która może doprowadzić do przzerwiania ciągłości przewodów lub uszkodzenia połączeń. Skutkiem tego jest odłączenie części uziomów, co prowadzi do skokowego wzrostu wartości rezystancji uziemienia. Z tego względu dla utrzymania układu we właściwym stanie konieczne jest okresowe przeprowadzanie pomiarów wartości rezystancji uziemienia.

Metoda pomiaru wartości rezystancji uziemienia powinna być dobrana w zależności od konfiguracji układu uziomowego oraz środowiska w jakim znajduje się badany układ. Wśród metod pomiarowych można wyróżnić:

- metody techniczne 3P i 4P,
- metody cęgowe,
- metodę udarową,
- metodę pętli zwarcia.

Metody techniczne

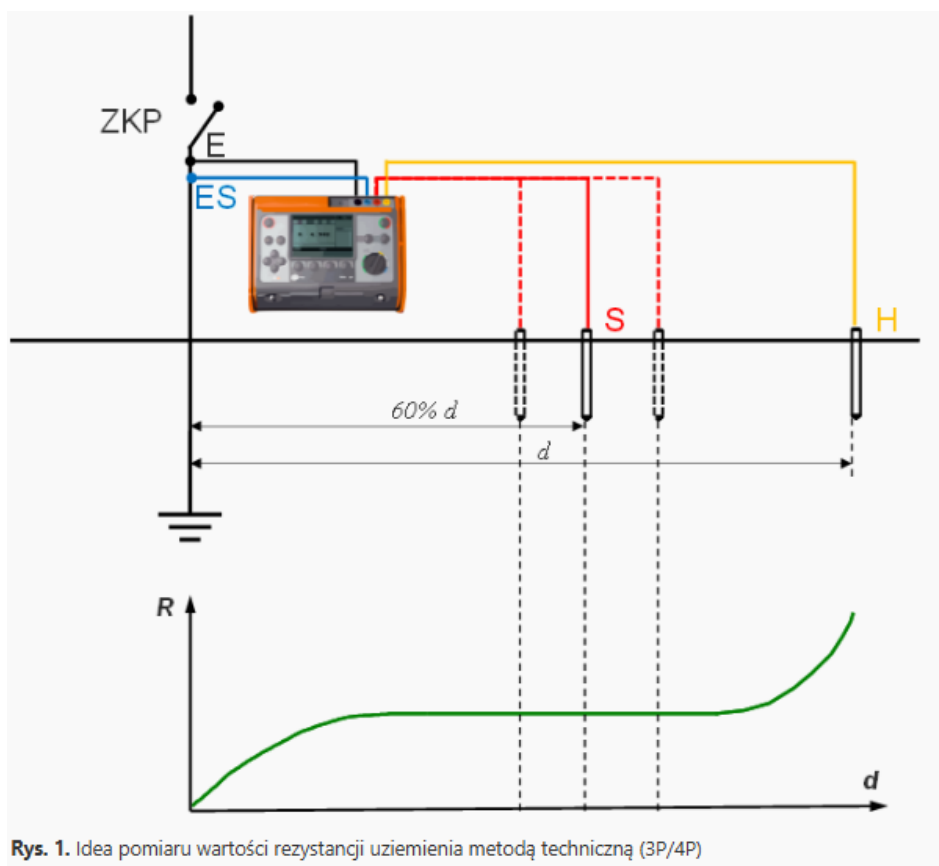
Metoda techniczna 3P polega na pomiarze spadku potencjału pomiędzy badanym uziomem (E), a sondami pomocniczymi (rys. 1): napięciową (S) do pomiaru potencjału i prądową (H), która wymusza przepływ prądu. Ze względu na konieczność stosowania sond S i H wadą wszystkich metod technicznych jest konieczność dostępności terenu. Sondy pomocnicze powinny być rozmieszczone wzdłuż linii prostej od badanego uziomu. Ogólnie zaleca się, aby odległość d była co najmniej 5-krotnie większa od wymiaru uziomu (długości uziomu poziomego, głębokości pograżenia uziomów pionowych, przekątnej uziomu kratowego). A zatem im bardziej rozległy jest układ uziemiający, tym większa odległość rozmieszczenia sond pomocniczych. Sonda napięciowa powinna być umieszczona w odległości około $0,6d$. Aby mieć pewność, że uzyskany wynik jest prawidłowy należy powtórzyć pomiar przesuając sondę S o kilka metrów w stronę uziomu oraz w stronę sondy prądowej. Jeżeli wyniki nie różnią się więcej niż 3% to pomiar uznaje się za poprawny, natomiast jeżeli różnica w wynikach jest większa to należy zwiększyć odległość sondy prądowej.

Rozszerzeniem metody trzybiegunowej (3P) jest metoda techniczna 4P. Metoda czterobiegunowa zalecana jest do pomiaru uziomów o małych wartościach rezystancji. Dodatkowy przewód (ES) pozwala na kompensację wpływu rezystancji przewodów pomiarowych.

Aby wynik pomiaru był właściwy, należy zawsze zapewnić dobry kontakt zarówno elektrod pomiarowych (E/ES), jak i sond pomocniczych (S, H). W razie potrzeby należy oczyścić przewód uziemiający z rdzy lub farby. W niektórych przypadkach, w zależności od charakterystyki gruntu, dla zapewnienia odpowiedniego kontaktu z gruntem konieczne może być stosowanie większych sond niż dostarczone z miernikiem.

Metody techniczne przy pomiarach złożonych układów uziomowych lub układów, gdzie uziomy są wzajemnie połączone nad ziemią, np. przewodami urządzenia piorunochronnego, wymagają rozłączenia złącz kontrolno-pomiarowych ZKP. Jest to konieczne, aby mieć pewność, że mierzona jest wartość rezystancji uziemienia w danym punkcie, a nie wartość wypadkowa całego układu. Jeżeli złącze ZKP nie zostanie rozłączone, a przewód uziemiający nie ma ciągłości, to taka sytuacja nie zostanie wykryta, ponieważ obwód pomiarowy zamknie się przez inne przewody uziemiające.

Metody techniczne pozwalają na pomiar wartości rezystancji uziemienia dowolnych układów uziemiających, zarówno indywidualnych, jak i uziomów otokowych, czy fundamentowych.

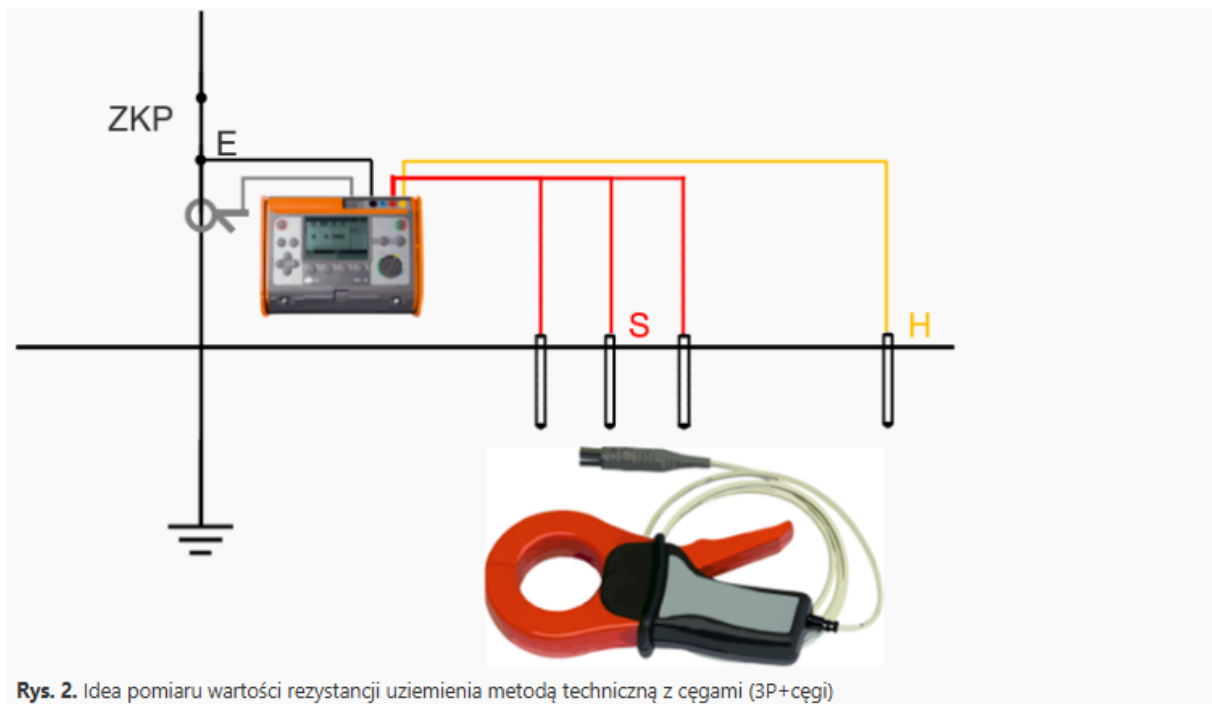


Rys. 1. Idea pomiaru wartości rezystancji uziemienia metodą techniczną (3P/4P)

Metody cęgowe

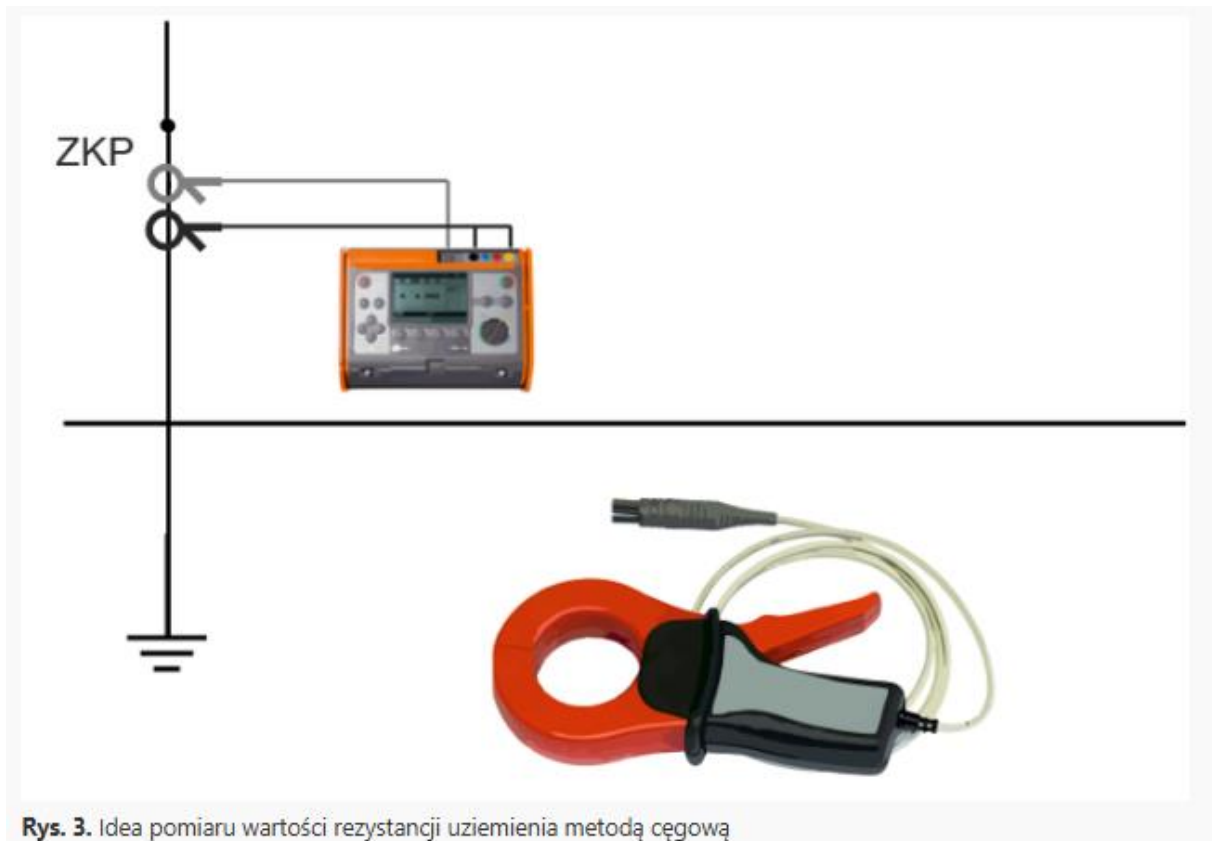
Wśród metod cęgowych można wyróżnić metodę 3P+cęgi oraz metodę dwucęgową.

Rozszerzona metoda techniczna 3P z cęgami pomiarowymi (rys. 2) pozwala na przeprowadzenie pomiarów bez konieczności rozłączania złącz kontrolnych. W dalszym ciągu występuje jednak konieczność rozmieszczenia w odpowiednich odległościach sond pomocniczych i dostępność pod tym względem terenu. Metoda 3P+cęgi ma zastosowanie przede wszystkim w układach, w których odłączenie uziomu nie jest możliwe ze względów funkcjonalnych lub bezpieczeństwa.



Rys. 2. Idea pomiaru wartości rezystancji uziemienia metodą techniczną z cęgami (3P+cęgi)

Najwygodniejszą metodą pomiaru wartości rezystancji uziemienia jest metoda dwucęgowa (rys. 3). Największą zaletą tej metody jest brak konieczności stosowania sond pomocniczych i bardzo krótki czas pomiaru. Na przewodzie uziemiającym, bez rozłączania złącza kontrolnego, zakładane są jedynie cęgi nadawcze i cęgi odbiorcze.



Rys. 3. Idea pomiaru wartości rezystancji uziemienia metodą cęgową

Wadą tej metody jest jednak wąski zakres zastosowania. Metody cęgowe przeznaczone są do pomiaru indywidualnych uziemień wielokrotnych, które są wzajemnie połączone powyżej powierzchni ziemi. Może ona mieć zatem zastosowanie przy pomiarach uziomów typu A (np. indywidualne uziomy pionowe) urządzenia piorunochronnego (rys. 4). Innym przykładem zastosowania są pomiary uziemienia słupów trakcyjnych, które są ze sobą wzajemnie połączone przewodem uszynienia grupowego. Jeżeli metoda cęgowa zostanie zastosowana w przypadku uziomu otokowego lub fundamentowego to uzyskana zostanie bardzo mała wartość rezystancji, która w rzeczywistości będzie jedynie wynikiem pomiaru ciągłości badanego obwodu. Przykład ten najlepiej pokazuje, że do wyboru właściwej metody pomiarowej niezbędna jest wiedza o konfiguracji badanego układu uziemiającego zarówno pod kątem jego wzajemnych połączeń w ziemi, jak i nad jej powierzchnią.

Dokładność metody dwucęgowej zależy jest od właściwości badanego układu: im mniejsze wartości rezystancji uziemienia oraz im większa liczba wzajemnie połączonych uziomów, tym mniejszy błąd pomiaru.



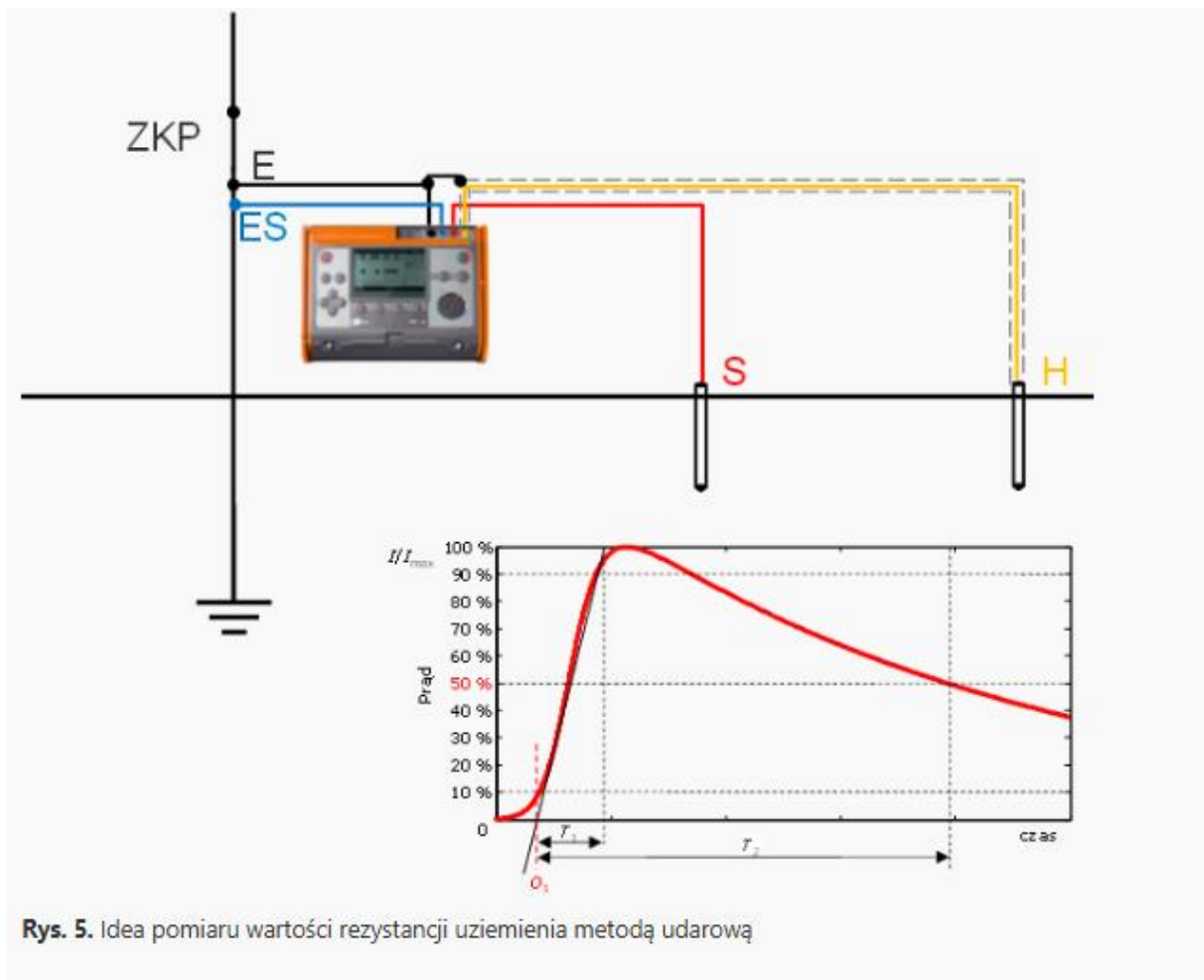
Metoda udarowa

Metody techniczne bazują na pomiarach przy małych częstotliwościach, dzięki czemu wynikiem pomiaru jest wartość rezystancji uziemienia. Metody udarowe pozwalają z kolei na zbadanie odpowiedzi układu uziemiającego na przebiegi impulsowe. Do pomiarów stosowane są impulsy o różnych parametrach czasowych, przyjętych jako znormalizowane kształty udarów związanych z oddziaływaniem wyładowań atmosferycznych:

- 10/350 μ s,
- 8/20 μ s,
- 4/10 μ s.

Wynikiem pomiaru w metodzie udarowej jest wartość impedancji układu uziemiającego, która najczęściej jest wyższa od wartości rezystancji, jaka byłaby uzyskana z zastosowaniem tradycyjnych metod pomiarowych przy małych częstotliwościach. Metoda udarowa nie wymaga rozłączania złącz kontrolnych, ale podobnie jak w metodach technicznych konieczne jest zastosowanie sond pomocniczych.

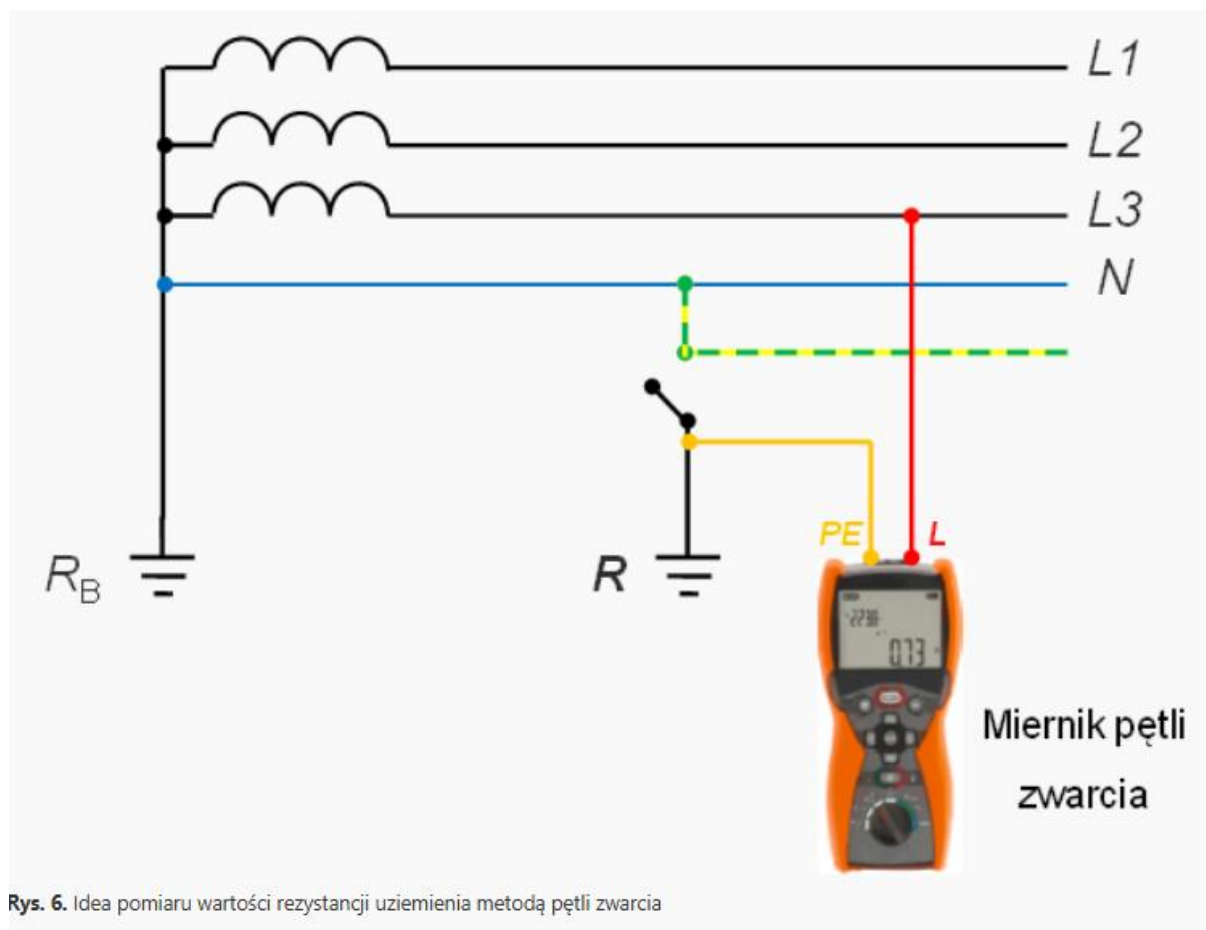
Chociaż w normach odgromowych PN-EN 62305-3 uwzględniono, że „pomiar przy wielkiej częstotliwości lub przy udarach są możliwe i użyteczne do określenia wysokoczęstotliwościowego lub udarowego zachowania się układu uziomów” to brakuje podstawowych wytycznych jaki powinien być kształt impulsu oraz jakie wartości impedancji uznaje się za odpowiednie. Metody udarowe mogą mieć zatem zastosowanie do ogólnej oceny stanu uziomu i jego kontroli na podstawie wyników pomiarów powykonawczych i okresowych.



Rys. 5. Idea pomiaru wartości rezystancji uziemienia metodą uderową

Metoda pętli zwarcia

Największe wyzwanie stanowią pomiary wartości rezystancji uziemienia w terenach zurbanizowanych. W takim środowisku najczęściej nie ma możliwości do rozstawu sond pomiarowych. Nie każdy układ ponadto jest odpowiedni do zastosowania metody dwucęgowej. W takich sytuacjach jako ostateczność pozostaje pomiar rezystancji uziemienia z zastosowaniem metody pętli zwarcia. Zgodnie z normą dotyczącą sprawdzania instalacji elektrycznych PN-HD 60364-6 uzyskany tą metodą wynik pomiaru „z wystarczającą dokładnością odzwierciedla rezystancję uziomu” oraz „daje przybliżoną akceptowalną wartość”. Można zatem przyjąć, że metoda pętli zwarcia jest dopuszczalna gdy inne metody nie mają zastosowania.



Współczynniki korekcyjne

Przy pomiarach wartości rezystancji uziemienia można spotkać się z wymaganiami stosowania współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntu (współczynniki korekcyjne lub poprawkowe). Założeniem stosowania współczynników k_p było uniezależnienie wyniku pomiaru od warunków pogodowych, które mogą mieć wpływ na wartość rezystywności gruntu. Wartość rezystancji uziemienia jest wprost proporcjonalna od rezystywności gruntu, a więc zmiany wilgotności, czy temperatury mogą mieć wpływ na wynik pomiaru. Przykładowo wyniki uzyskiwane w warunkach wilgotnej gleby należy przemnożyć przez odpowiednią wartość współczynnika $k_p > 1$ (Tablica 1.). Dzięki temu uzyskuje się margines tolerancji dla wartości rezystancji uziemienia w warunkach suszy.

Współczynniki te są przywoływane na podstawie wartości podanych w książce K. Wołkowińskiego „Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych” opublikowanej w połowie XX. wieku. Warto jednak zwrócić uwagę, że żadne normy i standardy międzynarodowe nie wymagają stosowania takich współczynników. W praktyce największy wpływ warunków środowiskowych może być zauważalny w przypadku układów uziomów poziomych, ułożonych na niewielkich głębokościach (~0,5 m). W takim przypadku faktycznie może być zauważalny wpływ zmian wilgotności gleby, a wpływ temperatury ma znaczenie przede wszystkim przy temperaturach ujemnych. Z tego względu uziomy poziome należy układać poniżej głębokości przemarzania gruntu. Warto zauważyć, że dla uziomów poziomych wartości współczynników

kp zawierają się w zakresie między 1,4, a 3,0. W takim przypadku bezpośredni wynik pomiaru musi być znacznie niższy od wymaganej wartości, co może prowadzić w niektórych przypadkach do problemów na etapie wykonawczym. Przykładowo przy pomiarach w gruncie wilgotnym ($k_p = 3,0$) i wymaganej wartości rezystancji uziemienia 10Ω wynik pomiaru nie mógłby być wyższy niż $R = 3,3 \Omega$, co w zależności od warunków glebowych (rezystywności gruntu) może być trudne do uzyskania.

Tablica 1. Współczynniki sezonowych zmian zastępczej rezystywności gruntu

Rodzaj uziomu	Wartości współczynnika k_p , jeżeli grunt w czasie pomiarów był		
	suchy ^{a)}	wilgotny ^{b)}	mokry ^{c)}
Poziomy ułożony na głębokości 0,6 , 1,0 m	1,4	2,2	3,0
Pionowy o długości $L = 2,5 , 5$ m	1,2	1,6	2,0
Pionowy o długości $L > 5$ m	1,1	1,2	1,3
Układ uziomów mieszany	należy ustalić odpowiednio do wpływu rezystancji uziomów poziomych i pionowych na rezystancję wypadkową uziemienia badanego układu uziomów		
UWAGI: można przyjmować w okresie od czerwca do września (włącznie) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych obfitych opadach można przyjmować, że taki stan występuje poza okresem scharakteryzowanym w a) wartości tej kolumny można stosować, jeśli warunki nie dadzą się zakwalifikować ani do przypadku a) ani do b)			

Aby uniknąć wpływu warunków środowiskowych i zminimalizować wpływ współczynników kp układy uziemiające należy rozbudowywać o uziomy pionowe pograżane na głębokości co najmniej 6 m. W takim przypadku nawet w warunkach wilgotnego gruntu współczynnik kp przyjmuje maksymalnie wartość 1,3. Przy wymaganej wartości rezystancji uziemienia 10Ω wynik pomiaru w takim przypadku powinien wynosić $7,7 \Omega$. Jest to związane z faktem, że na większych głębokościach warunki środowiskowe (wilgotność, temperatura) są w przybliżeniu stałe. Uziomy pionowe (o długości $L \geq 6$ m) pozwalają zatem na uzyskanie stabilnej wartości rezystancji uziemienia w ciągu całego roku. Dodatkową korzyścią z pograżania prętów jest często docieranie do warstw gruntu o mniejszej rezystywności, dzięki czemu możliwe jest szybsze uzyskanie wymaganej wartości rezystancji uziemienia.

Protokół z pomiarów

Pomiary powinny być zakończone sporządzeniem stosownego protokołu, który poza samymi wynikami powinien zawierać ocenę stanu układu uziemiającego. Taki protokół może być częścią kompletnego protokołu z badania układu uziemiającego lub urządzenia piorunochronnego obejmującego dodatkowo oględziny instalacji. W zakresie dotyczącym pomiarów w protokole mogą być ujęte następujące kwestie:

- data,
- dane osoby przeprowadzającej pomiary i stosowne uprawnienia,

- warunki pogodowe,
- informacja o przyrządach pomiarowych z dołączonym świadectwem kalibracji,
- metoda pomiarowa,
- jednoznaczne oznaczenia punktów pomiarowych lub szkic obiektu z zaznaczeniem tych punktów,
- kierunek i odległości rozmieszczenia sond pomiarowych (jeżeli dotyczy),
- wyniki pomiarów (z ewentualnym uwzględnieniem współczynników korekcyjnych, jeżeli wymagane),
- informacja o ewentualnych zmianach w stosunku do wyników poprzednich,
- stwierdzenie, czy układ uziemiający spełnia wymagania.

Niestety w protokołach nie zawsze podaje się informacje o zastosowanej metodzie pomiarowej, nie wspominając o szkicu kierunków i odległości rozmieszczenia sond pomiarowych. A takie informacje mogą okazać się istotne dla pomiarów okresowych, których celem jest wychwycenie potencjalnych zmian wartości rezystancji uziemienia w stosunku do wyników pomiarów powykonawczych. Pomiary okresowe powinny być zatem wykonywane w zbliżonej konfiguracji. Nawet zmiana kierunku, czy odległości rozmieszczenia sond pomocniczych mogą mieć wpływ na wynik pomiaru.

Podsumowanie

Właściwe wykonanie pomiarów wartości rezystancji uziemienia jest kluczowe dla poprawnej interpretacji wyników i oceny stanu układu uziemiającego. Stosowane metody powinny być dobrane odpowiednio do konfiguracji układu i lokalnych warunków. Należy jednak zawsze brać pod uwagę, że wyniki pomiarów nie dają informacji o stanie korozji układu uziemiającego i pozwalają jedynie na wykrycie zaistniałego już uszkodzenia, które objawia się wzrostem wartości rezystancji uziemienia. Nawet skorodowany układ uziemiający może być sprawny z punktu widzenia pomiarów jeżeli zachowana jest ciągłość jego elementów, pomimo znacznej redukcji przekroju przewodów. Pomiary rezystancji powinny zawsze być przeprowadzane wraz z oględzinami, a w niektórych przypadkach także rozszerzone o częściowe prace odkrywkowe.