

FLUKE®

Rezystancja uziemienia



Zasady, metody testowania i zastosowania

DIAGNOZUJ
sporadycznie
występujące problemy
elektryczne

UNIKAJ
niepotrzebnych
przestojów

POZNAJ
zasady bezpieczeństwa
związane
z uziemieniem



Po co uziemienie, po co testy?

Po co uziemienie?

Słabe uziemienie przyczynia się do niepotrzebnych przestoju, ale brak dobrego uziemienia jest również niebezpieczny i zwiększa ryzyko awarii sprzętu.

Bez skutecznego systemu uziemienia możemy narazić się na ryzyko porażenia prądem, nie wspominając o błędach aparatury pomiarowej, problemach z harmonicznymi, współczynnikiem mocy i wieloma innymi, sporadycznie występującymi kwestiami. Jeśli prąd zwarcia nie ma ścieżki do uziemienia przez odpowiednio zaprojektowany i wykonany system uziemienia, znajdzie nieplanowane ścieżki, którymi mogą stać się również ludzie. Następujące organizacje opracowują rekomendacje i/lub normy dotyczące uziemienia w celu zapewnienia bezpieczeństwa:

- OSHA (Occupational Safety Health Administration)
- NFPA (National Fire Protection Association)
- ANSI/ISA (American National Standards Institute and Instrument Society of America)
- TIA (Telecommunications Industry Association)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

W dobrym uziemieniu nie chodzi jednak wyłącznie o bezpieczeństwo. Ma ono również na celu zapobieganie awariom w zakładach i wyposażeniu przemysłowym. Dobry system uziemienia umożliwi zwiększenie niezawodności wyposażenia oraz zmniejszenie prawdopodobieństwa awarii na skutek działania prądu piorunowego lub prądu zwarcia. Każdego roku pożary instalacji elektrycznych w miejscach pracy pochłaniają miliardy dolarów. Kwoty te nie obejmują powiązanych kosztów procesów sądowych oraz kosztów utraty produktywności przez poszczególnych pracowników i całą firmę.

Dlaczego należy testować systemy uziemienia?

Z upływem czasu gleby korozyjne o dużej zawartości wilgoci i soli oraz wysoka temperatura mogą niszczyć pręty uziemienia oraz ich połączenia. Wprawdzie system uziemienia od razu po zainstalowaniu cechuje się niskimi wartościami rezystancji uziemienia, może ona jednak wzrosnąć w przypadku uszkodzenia prętów uziemienia na skutek korozji.

Testery uziemienia, takie jak cęgi do uziemienia Fluke 1630-2 FC, są niezbędnymi przyrządami do wyszukiwania i usuwania awarii, które pomagają wydłużyć czas bezawaryjnej pracy. Frustrujące sporadyczne problemy elektryczne mogą wynikać ze słabego uziemienia lub niskiej jakości zasilania.

Dlatego właśnie zalecamy, by wszystkie uziemienia i połączenia były sprawdzane przynajmniej raz do roku w ramach normalnego planu konserwacji progностycznej. Jeśli podczas takich okresowych kontroli zmierzony zostanie wzrost rezystancji na poziomie powyżej 20%, technik powinien zbadać źródło problemu i dokonać poprawek w celu obniżenia rezystancji przez wymianę prętów uziemienia lub dodanie nowych prętów do systemu uziemienia.

Co to jest uziemienie i do czego służy?

Artykuł 100 amerykańskiego kodeksu NEC (National Electrical Code) definiuje uziemienie jako: „celowe lub przypadkowe połączenie przewodzące między obwodem lub urządzeniem elektrycznym a ziemią albo obiektem przewodzącym”. W kwestii uziemienia należy wspomnieć o dwóch różnych pojęciach: uziemieniem do ziemi i uziemieniem do obiektu. Uziemienie do ziemi jest celowym połączeniem od przewodnika, zwykle neutralnego, do elektrody masowej umieszczonej w ziemi. Uziemienie do obiektu zapewnia, że sprzęt w budynku jest prawidłowo uziemiony. Oba systemy uziemienia muszą być rozdzielone i powinny stykać się ze sobą tylko w jednym miejscu. Zapobiega to różnicom potencjału wynikającym z przeskoków będących skutkami uderzeń piorunów. Oprócz ochrony ludzi, instalacji i sprzętu celem uziemienia jest zapewnienie bezpiecznej ścieżki dla rozpraszania prądu zwarcia, uderzeń pioruna, wyładowań statycznych, zakłóceń elektromagnetycznych i radiowych oraz interferencji.

Ile wynosi dobra wartość rezystancji uziemienia?

Istnieje sporo rozbieżności w opiniach na temat dobrego uziemienia i dobrej wartości rezystancji uziemienia. W idealnych warunkach rezystancja uziemienia powinna wynosić zero omów.

Nie istnieje jeden standardowy próg rezystancji uznawany przez wszystkie instytucje. Organizacje NFPA i IEEE zaleciły jednak, by wartość rezystancji uziemienia wynosiła 5 omów lub mniej.

Kodeks NEC określa, że „należy sprawdzić, czy impedancja systemu do uziemienia jest niższa od wartości 25 omów określonej w standardzie NEC 250.56. W przypadku zakładów z wrażliwym wyposażeniem powinna ona wynosić 5 omów lub mniej”.

Branża telekomunikacyjna często przyjmuje za wartość wzorcową dla uziemienia i połączeń 5 omów lub mniej.

Dąży się do uzyskania najniższej możliwej wartości, która jest uzasadniona pod względem ekonomicznym i fizycznym.



Po co testować? Gleby korozyjne.



Po co uziemienie? Uderzenia piorunów.



Sprawdzaj stan systemów uziemienia za pomocą przyrządu Fluke 1625-2.

Spis treści

Po co uziemienie?
Po co testować?

2

Podstawy dotyczące uziemienia

4

Metody testowania uziemienia

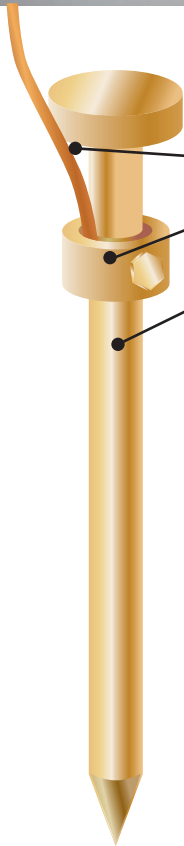
6

Mierzenie rezystancji uziemienia

12

Podstawy dotyczące uziemienia

Komponenty elektrody uziemiającej

- 
- Przewodnik uziemiający
 - Połączenie między przewodem uziemiającym a elektrodą uziemiającą
 - Elektroda uziemiająca

Umiejscowienia rezystancji

(a) Elektroda uziemiająca i jej połączenie

Rezystancja elektrody uziemiającej i jej połączenia jest zwykle bardzo niska. Pręty uziemienia są zwykle wykonywane z materiału o wysokiej przewodności/niskiej rezystancji, np. stali lub miedzi.

(b) Rezystancja styku elektrody z otaczającą ją glebą

Instytut NIC (agencja rządowa w amerykańskim departamencie handlu) wykazał, że rezystancja ta jest niemal pomijalna, jeśli elektroda uziemiająca ma dobry kontakt z glebą i nie jest pomalowana, zatłuszczona itp.

(c) Rezystancja otaczającej gleby

Elektroda uziemiająca jest otoczona przez glebę, która z natury składa się z koncentrycznych „skorup” o tej samej grubości. Skorupy położone najbliżej elektrody uziemiającej mają najmniejszą powierzchnię, co skutkuje największą rezystancją. Każda dalsza skorupa ma nieco większą powierzchnię, przez co rezystancja jest niższa. Prowadzi to ostatecznie do punktu, w którym dodatkowe „skorupy” nie powodują już istotnego zwiększenia rezystancji otaczającej je gleby.

W oparciu o te informacje powinniśmy zatem skupić się na zredukowaniu rezystancji gleby podczas instalacji systemów uziemienia.

Co wpływa na rezystancję uziemienia?

Po pierwsze kodeks NEC (1987, 250-83-3) wymaga, by minimalna długość elektrody uziemiającej będącej w kontakcie z glebą wynosiła 2,5 m. Istnieją jednak cztery zmienne, które wpływają na rezystancję systemu uziemienia:

1. Długość/głębokość elektrody uziemiającej
2. Średnica elektrody uziemiającej
3. Liczba elektrod uziemiających
4. Projekt systemu uziemienia

Długość/głębokość elektrody uziemiającej

Jednym z najskuteczniejszych sposobów obniżania rezystancji uziemienia jest głębsze wprowadzenie elektrody uziemiającej. Gleba nie ma jednolitej rezystywności i jej właściwości mogą być wysoce nieprzewidywalne. Jest to niezwykle istotne podczas instalowania elektrody uziemiającej poniżej głębokości zamarzania gruntu. Odbywa się to w taki sposób, by zamrażanie otaczającej gleby nie miało dużego wpływu na rezystancję do ziemi.

Generalnie rzecz biorąc, podwojenie długości elektrody uziemiającej pozwala na zmniejszenie poziomu rezystancji o dodatkowe 40%. Istnieją sytuacje, w których głębsze wprowadzenie prętów jest fizycznie niemożliwe, np. w obszarach złożonych ze skał, granitu itd. W takich przypadkach stosuje się metody alternatywne, włącznie z cementem uziemiającym.

Średnica elektrody uziemiającej

Zwiększenie średnicy elektrody uziemiającej wpływa w bardzo niewielkim stopniu na obniżenie rezystancji. Można na przykład podwoić średnicę elektrody uziemiającej, a uzyskany spadek rezystancji wyniesie tylko 10%.

Liczba elektrod uziemiających

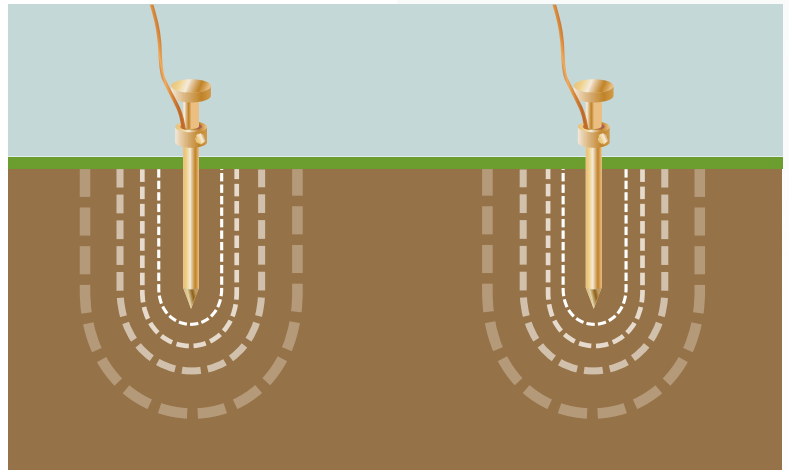
Innym sposobem obniżenia rezystancji uziemienia jest użycie wielu elektrod uziemiających. W takim przypadku do gruntu wprowadzanych jest wiele elektrod uziemiających, które następnie są łączone równoległe w celu obniżenia rezystancji. Aby dodatkowe elektrody uziemiające były skuteczne, odstęp między nimi powinny wynosić przynajmniej tyle, ile wynosi głębokość wprowadzonego pręta. Brak odpowiednich odstępów między elektrodami uziemiającymi może spowodować, że ich sfery oddziaływania będą się na siebie nakładać i rezystancja nie zostanie obniżona.

Pomocne przy instalowaniu pręta uziemienia, który spełni wymagania w zakresie rezystancji, można być zapoznanie się z poniższą tabelą rezystywności gleby. Należy pamiętać, że jest to tylko ogólna zasada, ponieważ gleba i jej warstwy rzadko są jednolite. Wartości rezystancji znacznie się różnią.

Projekt systemu uziemienia

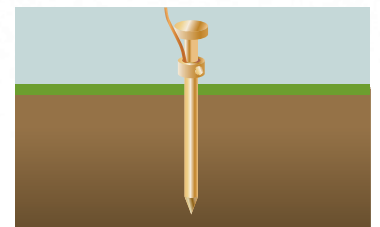
Prosty system uziemienia składa się z jednej elektrody uziemiającej wprowadzonej do ziemi. Użycie jednej elektrody uziemiającej jest najpopularniejszym sposobem uziemienia i wariant taki można często znaleźć na zewnątrz domów lub firm. Złożone systemy uziemienia składają się z kilku połączonych prętów uziemienia, siatek lub sieci oraz płyt uziemiających i pętli uziemienia. Systemy te są zwykle instalowane przy podstawach elektroenergetycznych, centralach i wieżach przekaźnikowych telefonii komórkowej.

Rozbudowane sieci mają dużą powierzchnię styku z glebą, co zapewnia niską rezystancję uziemienia.

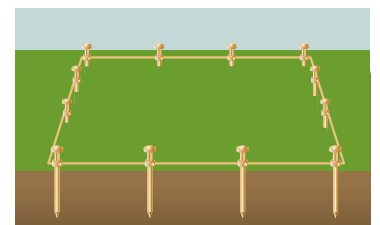


Każda elektroda uziemiająca ma swoją strefę oddziaływania.

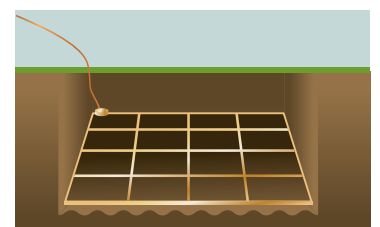
Systemy uziemienia



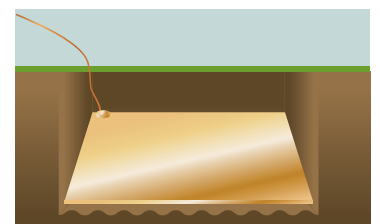
Pojedyncza elektroda uziemiająca



Wiele połączonych elektrod uziemiających



Siatka



Płyta uziemiająca

| Rodzaj gleby | Rezystywność gleby R_g | Rezystancja uziemienia | | | | | |
|--|--------------------------|---|-----|-----|---------------------------|-----|-----|
| | | Głębokość umieszczenia elektrody uziemiającej (w metrach) | | | Taśma uziemiająca (metry) | | |
| | | Ω | 3 | 6 | 10 | 5 | 10 |
| Gleba bardzo wilgotna, gleba podmokła | 30 | 10 | 5 | 3 | 12 | 6 | 3 |
| Gleba rolnicza, gleby ilaste i gliniaste | 100 | 33 | 17 | 10 | 40 | 20 | 10 |
| Piaszczysta gleba gliniasta | 150 | 50 | 25 | 15 | 60 | 30 | 15 |
| Wilgotna gleba piaszczysta | 300 | 66 | 33 | 20 | 80 | 40 | 20 |
| Beton 1:5 | 400 | - | - | - | 160 | 80 | 40 |
| Wilgotny żwir | 500 | 160 | 80 | 48 | 200 | 100 | 50 |
| Sucha gleba piaszczysta | 1000 | 330 | 165 | 100 | 400 | 200 | 100 |
| Suchy żwir | 1000 | 330 | 165 | 100 | 400 | 200 | 100 |
| Gleba kamienista | 30 000 | 1000 | 500 | 300 | 1200 | 600 | 300 |
| Skąła | 10^7 | - | - | - | - | - | - |

Jakie metody służą do testowania uziemienia?

Dostępne są cztery rodzaje metod testowania uziemienia:

- **Pomiar rezystywności gleby** (przy użyciu elektrod)
- **Pomiar spadku potencjału** (przy użyciu elektrod)
- **Pomiar selektywny** (przy użyciu 1 pary cęgów oraz elektrod)
- **Pomiar bezelektrodowy** (wyłącznie przy użyciu cęgów)

Mierzenie rezystywności gruntu

Po co określać rezystywność gruntu?

Rezystywność gruntu jest bardzo ważna w momencie określania projektu systemu uziemienia dla nowych instalacji (nowe zastosowania) w celu spełnienia wymagań w zakresie rezystywności gruntu. Idealnym miejscem jest lokalizacja o najniższej możliwej rezystywności. Jak wspomniano wcześniej, kiepskie warunki panujące w glebie można przezwyciężyć bardziej złożonymi systemami uziemienia.

Skład gleby, zawartości wilgoci i temperatura – wszystko to ma wpływ na rezystywność gleby. Gleba rzadko gdzie jest jednolita, a jej rezystywność różni się w zależności od położenia geograficznego i głębokości. Zawartość wilgoci zmienia się sezonowo i różni się w zależności od charakteru dolnych warstw ziemi oraz głębokości stałego zwierciadła wód gruntowych. W związku z tym, że gleba i woda są ogólnie bardziej stabilne w głębszych warstwach, zaleca się, by pręty uziemienia były umieszczane jak najgłębiej w ziemi, w miarę możliwości przy zwierciadle wód gruntowych. Pręty uziemienia powinny być również zamontowane w miejscu o stabilnej temperaturze, tj. poniżej głębokości zamarzania gruntu.

Aby system uziemienia był skuteczny, powinno się go zaprojektować tak, by sprostał najgorszym możliwym warunkom.

W jaki sposób obliczyć rezystywność gleby?

Procedura pomiaru opisana poniżej opiera się na powszechnie przyjętej metodzie Wennera, opracowanej przez doktora Franka Wennera z US Bureau of Standards w 1915 r. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, str. 478-496; 1915/16.)

Stosowany jest w niej następujący wzór:

$$\rho = 2 \pi A R$$

(ρ = średnia rezystywność gleby do głębokości A wyrażona w Ω -cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = odległość między elektrodami wyrażona w cm

R = zmierzona wartość rezystancji wyrażona w omach (odczytana z przyrządu pomiarowego)

Uwaga: Wartość wyrażoną w Ω -cm należy podzielić przez 100 w celu przeliczenia na Ω -m. Należy zwracać uwagę na jednostki.

Przykład: W ramach swojego systemu uziemienia zdecydowałeś się zainstalować trzymetrowe pręty uziemienia. Przy pomiarze rezystywności gleby na głębokości trzech metrów należy zachować dziewięciometrowe odstępy między elektrodami.

Aby zmierzyć rezystywność gleby, uruchom przyrząd Fluke 1625-2 i odczytaj wartość rezystancji w omach. Założymy, że odczyt rezystancji to 100 omów. W tym przypadku wiemy więc, że

$$A = 9 \text{ metrów}$$

$$R = 100 \text{ omów}$$

Rezystywność gleby wynosi zatem:

$$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$$

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 9 \text{ metrów} \times 100 \text{ omów}$$

$$\rho = 5655 \Omega\text{m}$$

W jaki sposób zmierzyć rezystywność gleby?

Aby zmierzyć rezystywność gleby, podłącz tester uziemienia w przedstawiony poniżej sposób.

Jak widać, cztery elektrody uziemiające zostały umieszczone w glebie w linii prostej, w równej odległości od siebie. Odległość oddzielająca elektrody uziemiające powinna być trzykrotnie większa od głębokości, na jakiej się one znajdują. Jeśli więc każda elektroda uziemiająca znajduje się na głębokości 30 cm, należy dopilnować, by odległość między nimi przekraczała 90 cm. Przyrząd Fluke 1625-2 generuje prąd o znanej wartości natężenia przechodzący przez dwie zewnętrzne elektrody uziemiające, a spadek potencjału napięcia jest mierzony między dwoma wewnętrznymi elektrodami uziemiającymi. Tester Fluke automatycznie oblicza rezystancję gleby, korzystając z prawa Ohma ($U=IR$).

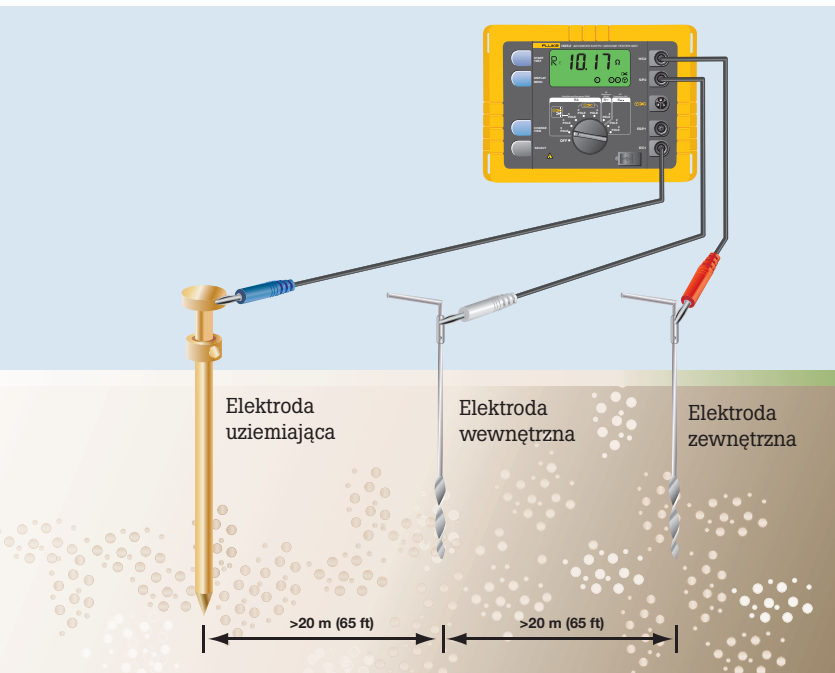
Ponieważ wyniki pomiarów są często zniekształcone i przekłamane przez znajdujące się pod ziemią kawałki metalu, formacje wodonośne itd., zawsze zalecany jest dodatkowy pomiar w miejscu, w którym oś elektrody uziemiającej jest obrócona o 90 stopni. Kilkakrotna zmiana głębokości i odległości powoduje utworzenie profilu, który pozwala określić odpowiedni system rezystancji uziemienia.

Pomiary rezystywności gleby są często przekłamane przez obecność prądów doziemnych i ich harmonicznych. Aby temu zapobiec, przyrząd Fluke 1625-2 używa systemu AFC (automatyczna kontrola częstotliwości). System ten automatycznie wybiera częstotliwość testowania z najmniejszym poziomem zakłóceń w celu uzyskania wyraźnego odczytu.



Konfiguracja do testowania rezystywności gleby za pomocą przyrządu Fluke 1623-2 lub 1625-2.

Jakie metody służą do testowania uziemienia?



Pomiar spadku potencjału

Test spadku potencjału jest używany do pomiaru zdolności systemu uziemienia lub poszczególnych elektrod do rozpraszania energii pochodzącej z danego obiektu.

W jaki sposób przebiega test spadku potencjału?

Najpierw należy odłączyć od obiektu elektrodę uziemiającą, która ma być testowana. Następnie należy podłączyć tester do elektrody uziemiającej. Kolejnym krokiem przy przeprowadzaniu 3-biegunowego testu spadku potencjału jest umieszczenie dwóch elektrod uziemiających w glebie – w jednej linii z testowaną elektrodą uziemiającą, ale z dala od niej. Zwykle wystarczające są odstępy 20-metrowe. Bardziej szczegółowe informacje na temat umieszczania elektrod podano w następnym podrozdziale.

Tester Fluke 1625-2 generuje prąd o znanej wartości natężenia między elektrodą zewnętrzną (elektrodą uziemienia pomocniczego) i testowaną elektrodą uziemiającą, a spadek potencjału jest mierzony między elektrodą wewnętrzną i testowaną elektrodą uziemiającą. Tester automatycznie oblicza rezystancję elektrody uziemiającej, korzystając z prawa Ohma ($U=IR$).

Podłącz tester uziemienia w sposób pokazany na rysunku. Naciśnij przycisk START i odczytaj rezystancję R_E . Jest to rzeczywista wartość rezystancji testowanej elektrody uziemiającej. Jeśli elektroda uziemiająca jest połączona równolegle lub szeregowo z innymi elektrodami uziemiającymi, wartość R_E stanowi wartość wypadkową rezystancji wszystkich elektrod.

Jak umieszczać elektrody?

Aby uzyskać najwyższy stopień dokładności podczas przeprowadzania 3-biegunowego testu spadku napięcia, bardzo ważne jest, by sonda została umieszczona poza sferą oddziaływania testowanej elektrody uziemiającej oraz uziemienia pomocniczego.

Jeśli zostanie ona umieszczona w sferze oddziaływania, efektywne obszary pomiaru rezystancji będą się na siebie nakładać, co spowoduje przekłamanie wszystkich pomiarów. Zamieszczona tu tabela zawiera wytyczne umożliwiające odpowiednie ustawienie sondy (elektrody wewnętrznej) oraz uziemienia pomocniczego (elektrody zewnętrznej).

Aby sprawdzić dokładność wyników i upewnić się, że elektrody uziemiające znajdują się poza sferą oddziaływania, należy przestawić elektrodę wewnętrzną (sondę) o 1 metr w dowolnym kierunku i przeprowadzić nowy pomiar. Jeśli występuje istotna zmiana w odczycie (ponad 30%), należy zwiększać odległość między testowanym prętem uziemienia, elektrodą wewnętrzną (sondą) oraz elektrodą zewnętrzną (uziemieniem pomocniczym), aż mierzone wartości będą utrzymywać się na w miarę stałym poziomie podczas zmieniania położenia elektrody wewnętrznej (sondy).

| Głębokość umieszczenia elektrody uziemiającej | Odległość do elektrody wewnętrznej | Odległość do elektrody zewnętrznej |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| 2 m | 15 m | 25 m |
| 3 m | 20 m | 30 m |
| 6 m | 25 m | 40 m |
| 10 m | 30 m | 50 m |

Pomiar selektywny

Test selektywny jest bardzo podobny do testu spadku potencjału i umożliwia pomiar tych samych parametrów, ale w znacznie bezpieczniejszy i łatwiejszy sposób. Wynika to z tego, że w przypadku testu selektywnego testowana elektroda uziemiająca nie musi zostać odłączona od obiektu. Technik nie musi wystawiać się na ryzyko przy odłączaniu uziemienia, a ponadto nie ma zagrożenia dla personelu i sprzętu elektrycznego znajdującego się wewnątrz obiektu pozbawionego uziemienia.

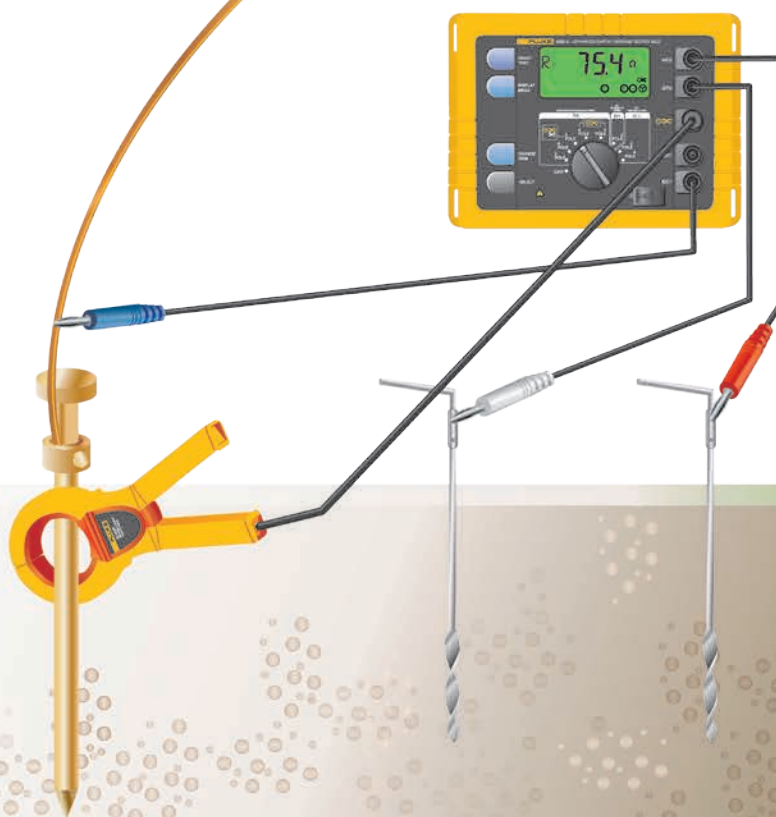
Tak samo jak w przypadku testu spadku potencjału, konieczne jest umieszczenie dwóch elektrod uziemiających w glebie – w jednej linii z testowaną elektrodą uziemiającą, ale z dala od niej. Zwykle wystarczające są odstępki 20-metrowe. Następnie należy podłączyć tester do testowanej elektrody uziemiającej, ale elektrody tej nie trzeba odłączać od obiektu, co stanowi zaletę tego testu. Zamiast odłączania elektrody, umieszcza się wokół niej specjalne cęgi, które eliminują efekt rezystancji równoległych w systemie uziemienia, dzięki czemu mierzone są tylko wartości dotyczące testowanej elektrody uziemiającej.

Tak samo jak w przypadku poprzedniej metody, tester Fluke 1625-2 generuje prąd o znanej wartości natężenia między elektrodą zewnętrzną (elektrodą uziemienia pomocniczego) i testowaną elektrodą uziemiającą, a spadek potencjału napięcia jest mierzony między elektrodą wewnętrzną i testowaną elektrodą uziemiającą. Przy użyciu cęgów mierzony jest tylko prąd przepływający przez testowaną elektrodę uziemiającą. Generowany prąd przepływa także przez inne równoległe rezystancje, ale tylko prąd przepływający przez cęgi (tzn. przez testowaną elektrodę uziemiającą) jest wykorzystywany do obliczania rezystancji ($U = IR$).

Jeśli zachodzi potrzeba pomiaru całkowitej rezystancji systemu uziemienia, należy zmierzyć rezystancję każdej elektrody uziemienia, umieszczając cęgi wokół poszczególnych elektrod uziemiających. Następnie można określić całkowitą rezystancję systemu uziemienia w drodze obliczeń.

W przypadku testowania rezystancji elektrod, które uziemiają słupy linii przesyłowych wysokiego napięcia z napowietrznym przewodem uziemienia lub przewodem odgromowym, należy odłączyć ten przewód. Jeśli u podstawy słupa znajduje się więcej niż jedno uziemienie, należy również po kolei odłączyć i przetestować wszystkie inne uziemienia. Do testera Fluke 1625-2 dostępne jest opcjonalne akcesorium: cęgowy transformator prądowy o średnicy 320 mm. Można go użyć do pomiaru poszczególnych rezystancji w każdej odnodze bez odłączania przewodów uziemienia ani napowietrznych przewodów uziemienia/przewodów odgromowych.

Podłącz tester uziemienia w sposób pokazany na rysunku. Naciśnij przycisk START i odczytaj wartość R_E . Jest to rzeczywista wartość rezystancji testowanej elektrody uziemiającej.



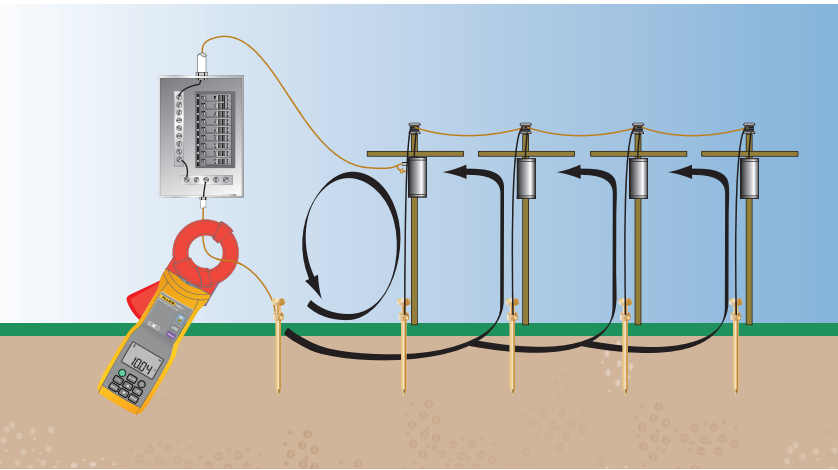
Jakie metody służą do testowania uziemienia?

Pomiar bezelektrodowy

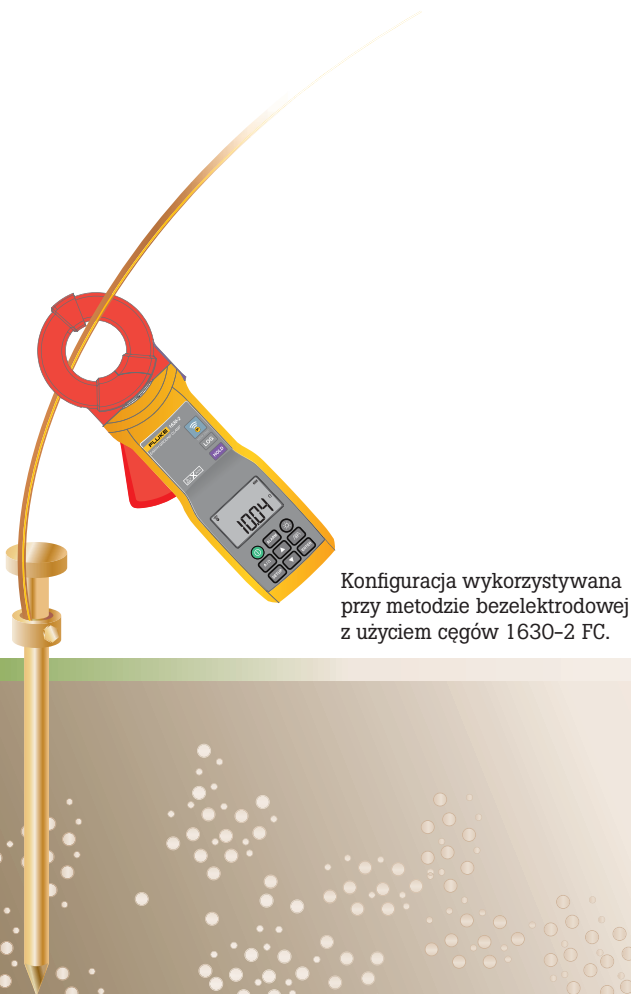
Cęgi do uziemienia Fluke 1630-2 FC umożliwiają pomiar rezystancji pętli uziemiającej systemów z wieloma uziemieniami przy użyciu metody bezelektrodowej. Taka technika testowania eliminuje niebezpieczne i czasochłonne czynności związane z odłączaniem równoległych uziemień, a także proces znajdowania odpowiedniego miejsca na elektrody uziemienia pomocniczego. Testy uziemienia można również przeprowadzać w miejscach, które wcześniej nie były brane pod uwagę: wewnątrz budynków, na słupach wysokiego napięcia oraz wszędzie tam, gdzie nie ma dostępu do gruntu.

W tej metodzie testowania cęgi do uziemienia umieszcza się wokół pręta uziemienia lub kabla połączeniowego. Elektrody uziemiające nie są stosowane. Napięcie o znanej wartości jest indukowane przez jedną stronę szczęki cęgów, a druga strona dokonuje pomiaru prądu. Cęgi automatycznie określają rezystancję pętli uziemienia przy tym pręcie uziemienia. Technika ta jest szczególnie przydatna w przypadku systemów z wieloma uziemieniami, które są zwykle stosowane przy obiektach komercyjnych i przemysłowych. Jeśli występuje tylko jedna ścieżka uziemienia, tak jak w przypadku wielu zastosowań w obszarach mieszkalnych, metoda bezelektrodowa nie zapewni uzyskania zadowalających wyników. Należy wówczas użyć metody spadku potencjału.

Przyrząd Fluke 1630-2 FC wykorzystuje zasadę, że wypadkowa rezystancja wszystkich ścieżek uziemienia w systemach uziemienia równoległego / systemach z wieloma uziemieniami jest bardzo niska w porównaniu z rezystancją dowolnej pojedynczej ścieżki poddawanej testowi. Można więc przyjąć, że wypadkowa rezystancja wszystkich równoległych ścieżek powrotnych jest w praktyce równa zero. Metoda bezelektrodowa umożliwia wyłącznie pomiar rezystancji poszczególnych prętów uziemienia połączonych równoległe z systemami uziemienia. W przypadku połączenia innego niż równoległe konieczne jest otwarcie obwodu lub przeprowadzenie pomiaru rezystancji pętli uziemiającej.



Testowanie ścieżek prądu metodą bezelektrodową przy użyciu cęgów do uziemienia 1630-2 FC.



Konfiguracja wykorzystywana przy metodzie bezelektrodowej z użyciem cęgów 1630-2 FC.

Pomiary impedancji uziemienia

Podczas obliczania prądów zwarcia, jakie mogą pojawić się w elektrowniach oraz w innych sytuacjach, w których występują wysokie wartości napięcia/natężenia, istotne jest określenie zespolonej impedancji uziemienia, ponieważ będzie ona obejmować składowe indukcyjne i pojemnościowe. Ponieważ indukcyjność i rezystywność są w większości przypadków znane, rzeczywistą impedancję można wyznaczyć przy użyciu złożonych obliczeń.

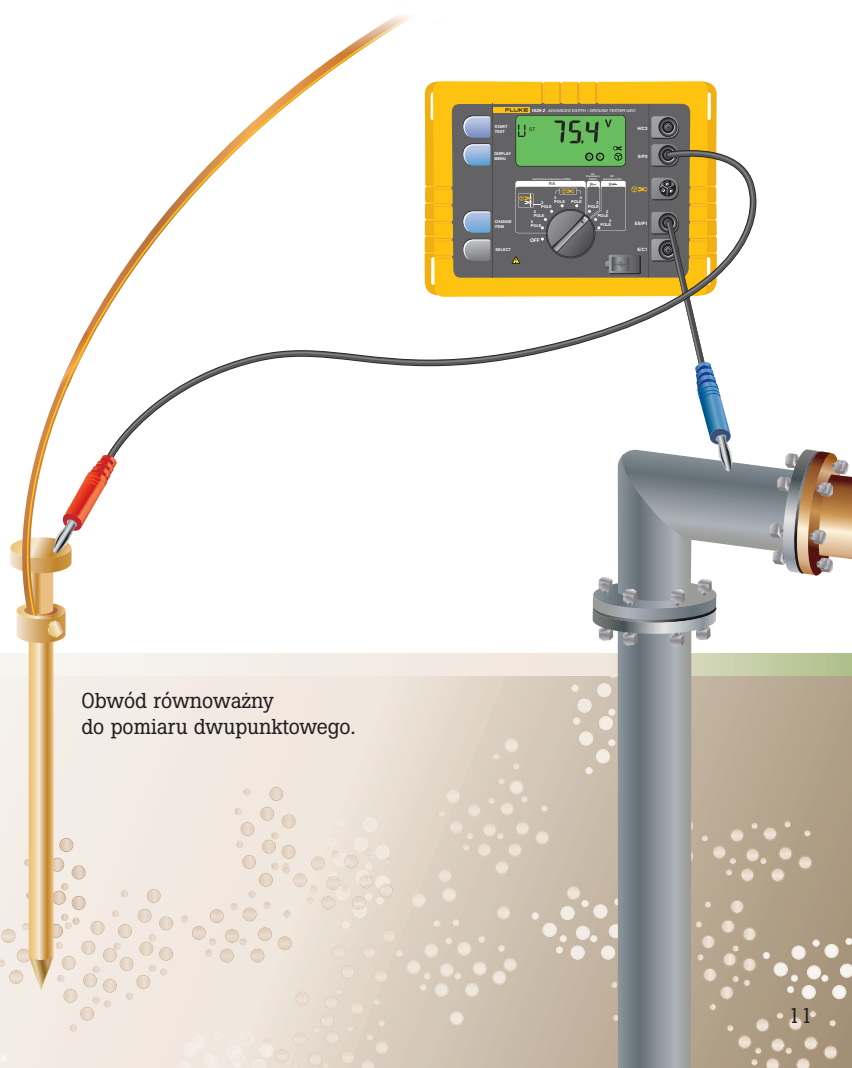
Z uwagi na fakt, że impedancja zależy od częstotliwości, przyrząd Fluke 1625-2 wykorzystuje do tych obliczeń sygnał 55 Hz, który jest bardzo zbliżony do częstotliwości roboczej napięcia. Gwarantuje to, że wynik pomiaru będzie zbliżony do rzeczywistej częstotliwości roboczej. Przy użyciu tej funkcji przyrządu Fluke 1625-2 można przeprowadzać dokładne pomiary bezpośrednie impedancji uziemienia.

Techników elektroenergetycznych, którzy testują linie przesyłowe wysokiego napięcia, interesują dwie kwestie: rezystancja uziemienia w przypadku uderzenia pioruna oraz impedancja całego systemu w przypadku wystąpienia zwarcia w danym punkcie linii. Zwarcie oznacza tu zerwanie przewodu pod napięciem i jego zetknięcie z metalową konstrukcją słupa.

Dwubiegunowa rezystancja uziemienia

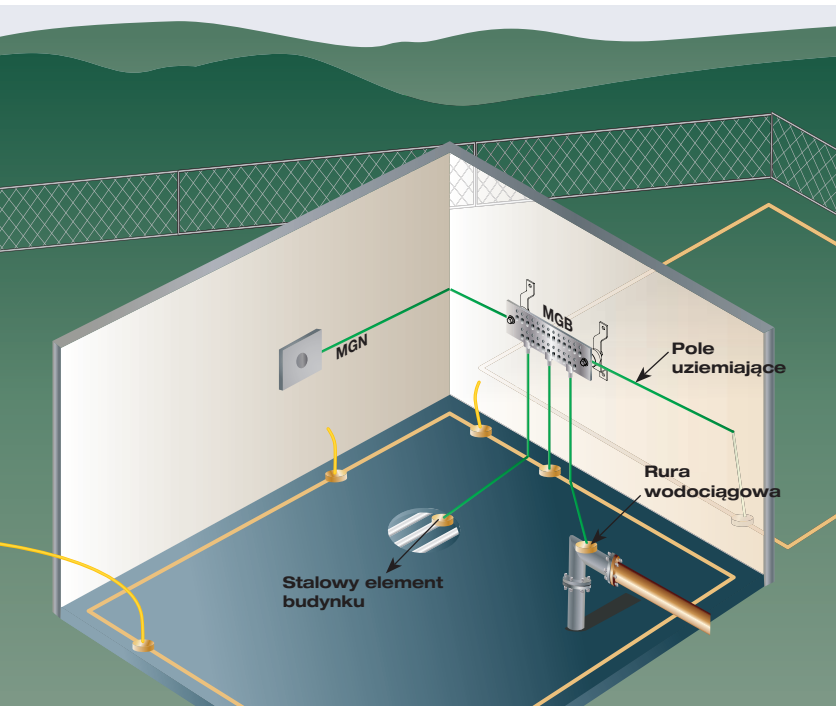
W sytuacjach, w których wbicie elektrod uziemiających jest niemożliwe lub trudne do wykonania w praktyce, testery Fluke 1623-2 i 1625-2 oferują możliwość przeprowadzania dwubiegunowych pomiarów rezystancji uziemienia / ciągłości, jak pokazano poniżej.

W celu przeprowadzenia tego testu technik musi mieć dostęp do uziemienia, którego wartość jest znana – np. rury wodociągowej wykonanej w całości z metalu. Rura wodociągowa powinna być wystarczająco duża i wykonana w całości z metalu, bez izolujących złączek lub kołnierzy. W przeciwieństwie do wielu innych testerów przyrządy Fluke 1623-2 i 1625-2 mogą być używane do przeprowadzania testów przy relatywnie wysokim natężeniu prądu (prąd zwarcia > 250 mA), co gwarantuje otrzymywanie stabilnych wyników.



Obwód równoważny do pomiaru dwupunktowego.

Mierzenie rezystancji uziemienia



Plan typowej centrali.

Centrale

W przypadku przeprowadzania kontroli uziemienia w centrali wymagane są trzy różne pomiary.

Przed testem należy zlokalizować główną szynę uziemiającą (MGB) w centrali w celu określenia typu istniejącego systemu uziemienia. Jak pokazano na tej stronie, MGB ma przewody uziemienia podłączone do:

- MGN (Multi-Grounded Neutral) lub przyłącza wejściowego,
- pola uziemiającego,
- rury wodociągowej oraz
- stalowych elementów konstrukcji lub budynku.

Najpierw należy przeprowadzić test bezelektrodowy na wszystkich indywidualnych uziemieniach odchodzących od MGB. Celem tego jest zagwarantowanie, by wszystkie uziemienia były podłączone, a w szczególności MGN. Należy pamiętać, że pomiarowi nie podlega indywidualna rezystancja, ale rezystancja pętli, wokół której zaciśnięto cęgi. Zgodnie z tym, co pokazano na rysunku 1, podłącz przyrząd Fluke 1625-2 lub 1623-2 z cęgami indukującymi i pomiarowymi, które zostały umieszczone wokół każdego połączenia, aby zmierzyć rezystancję pętli pola uziemiającego, MGN, rury wodociągowej oraz stalowych elementów konstrukcji lub budynku.

Następnie przeprowadź 3-biegunowy test spadku potencjału całego systemu uziemienia, podłączając przyrząd do MGB – jak pokazano na rysunku 2. Aby dotrzeć do znajdującego się daleko uziomu, wiele firm telekomunikacyjnych wykorzystuje nieużywane pary kabli, które mogą mieć długość nawet do jednej mili. Należy zanotować pomiar i powtarzać ten test przynajmniej raz do roku.

W kolejnym kroku należy zmierzyć indywidualne rezystancje systemu uziemienia za pomocą testu selektywnego i przyrządu Fluke 1625-2 lub 1623-2. Podłącz tester Fluke, jak pokazano na rysunku 3. Zmierz rezystancję MGN; wartość ta jest rezystancją określonej odnogi MGB. Następnie zmierz pole uziemiające. Odczyt ten jest faktyczną wartością rezystancji dla pola uziemiającego centrali. Teraz przejdź do rury wodociągowej i powtórz procedurę pomiaru rezystancji – tym razem w odniesieniu do stalowych elementów budynku. Możesz w prosty sposób zweryfikować dokładność tych pomiarów, korzystając z prawa Ohma. Rezystancja indywidualnych odnóg po obliczeniu powinna równać się rezystancji całego systemu (należy pozostawić pewien margines błędów, gdyż nie wszystkie elementy uziemienia można zmierzyć).

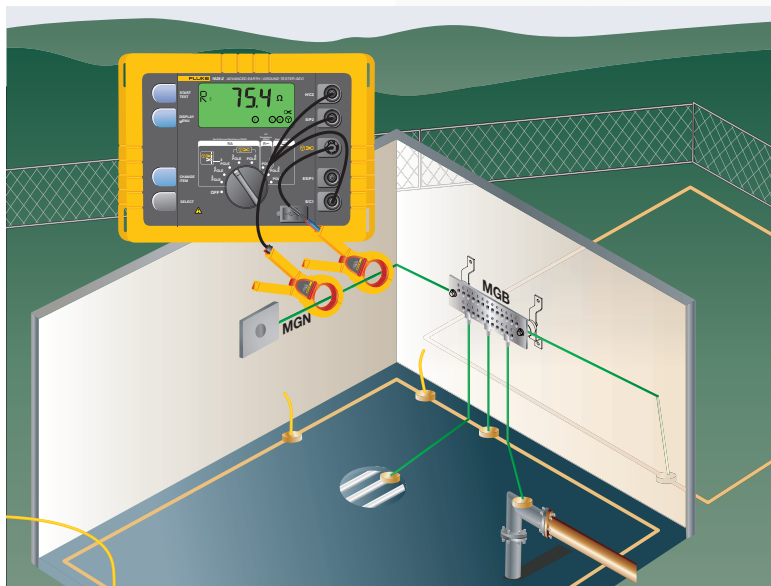
Te metody testowe zapewniają najdokładniejsze pomiary w przypadku centrali, ponieważ informują o indywidualnych rezystancjach i ich faktycznym zachowaniu w systemie uziemienia. Choć pomiary te są dokładne, nie pokazują jednak, w jaki sposób system zachowuje się jako sieć, ponieważ w przypadku uderzenia pioruna lub wystąpienia prądu zwarcia wszystko jest połączone.

Aby to udowodnić, konieczne jest przeprowadzenie kilku dodatkowych testów na poszczególnych rezystancjach.

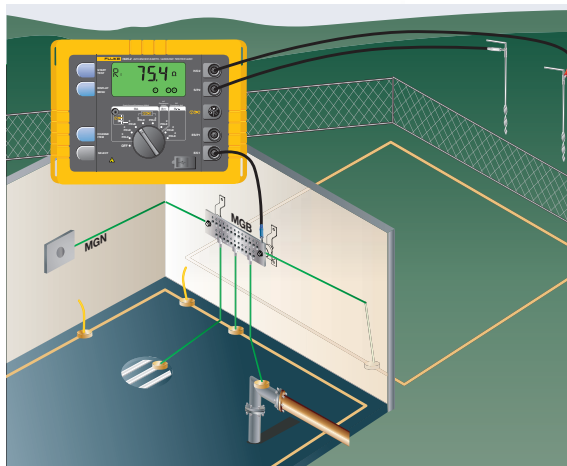
Najpierw należy przeprowadzić 3-biegunowy test spadku potencjału na każdej odnodze MGB i zanotować wyniki każdego pomiaru. Wykorzystując ponownie prawo Ohma, powinno się uzyskać wyniki równe rezystancji całego systemu. Obliczenia prawdopodobnie wykażą, że odchylenie od całkowitej wartości R_p wynosi od 20% do 30%.

Na koniec należy zmierzyć rezystancje różnych odnóg MGB za pomocą selektywnej metody bezelektrodowej. Jest ona przeprowadzana tak samo jak metoda bezelektrodowa, ale różni się sposobem użycia dwóch oddzielnych par cęgów. Indukujące cęgi napięciowe umieszczamy wokół kabla prowadzącego do MGB, a ponieważ MGB jest połączone z głównym przyłączem zasilającym, które jest równoległe do systemu uziemienia, wymóg ten został spełniony. Podnieś cęgi pomiarowe i umieść je wokół przewodu uziemiającego prowadzącego do pola uziemiającego. Podczas pomiaru rezystancji uzyskuje się faktyczną rezystancję pola uziemiającego plus równoległej ścieżki MGB. Ponieważ jej wartość wyrażona w omach powinna być bardzo niska, nie powinna mieć faktycznego wpływu na pomiar. Proces ten można powtórzyć dla innych odnóg MGB – rury wodociągowej i stalowych elementów konstrukcji.

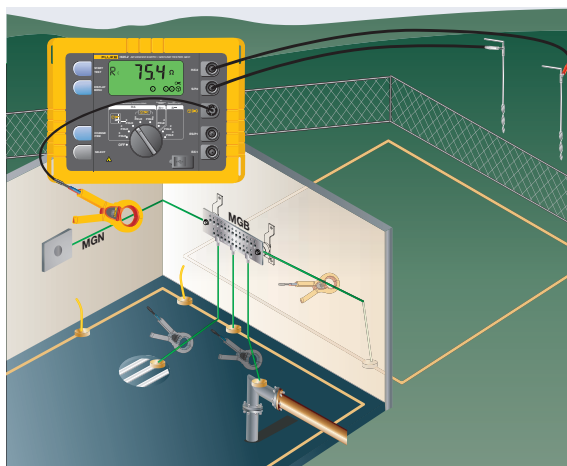
Aby zmierzyć rezystancję MGB przy użyciu selektywnej metody bezelektrodowej, należy umieścić indukujące cęgi napięciowe wokół przewodu doprowadzonego do rury wodociągowej (miedziana rura wodociągowa powinna mieć bowiem bardzo niską rezystancję), a odczyt będzie wartością rezystancji tylko dla MGN.



Rysunek 1: Test bezelektrodowy w centrali

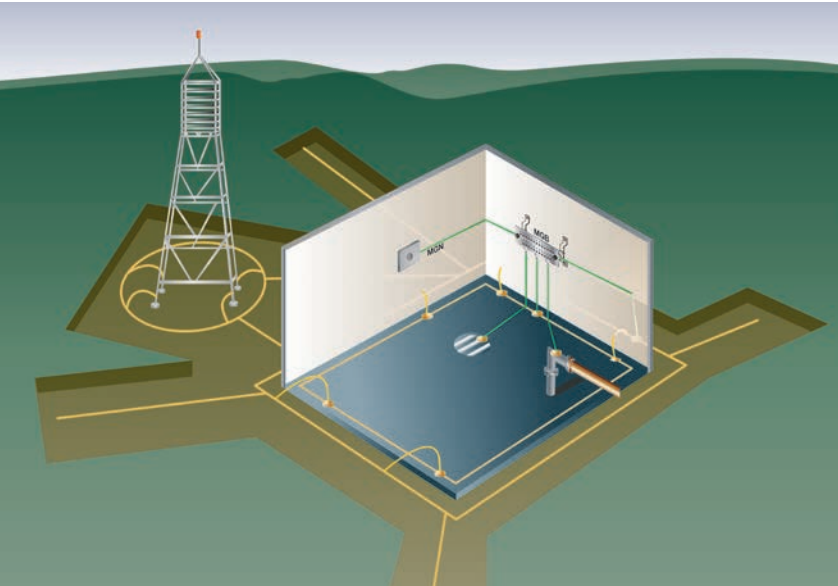


Rysunek 2: Przeprowadzanie 3-biegunowego testu spadku potencjału w całym systemie uziemienia.



Rysunek 3: Pomiar indywidualnych rezystancji systemu uziemienia metodą testu selektywnego.

Więcej zastosowań w zakresie rezystancji uziemienia



Typowa konfiguracja przy instalacji wieży komórkowej.

Miejsca zastosowań

Istnieją cztery inne szczególne zastosowania, w których można używać przyrządu Fluke 1625-2 do mierzenia parametrów systemu uziemienia.

Instalacje komórkowe/wieże mikrofalowe i radiowe

W większości lokalizacji znajduje się 4-podporowa wieża, a każda z podpór jest indywidualnie uziemiona. Uziemienia te są następnie łączone przy użyciu kabla miedzianego. Obok wieży znajduje się budynek instalacji komórkowej, w którym mieści się całe wyposażenie do transmisji. Wewnątrz budynku znajduje się uziemienie typu halo i MGB, przy czym uziemienie typu halo jest podłączone do MGB. Budynek instalacji komórkowej jest uziemiony we wszystkich czterech narożnikach podłączonych do MGB kablem miedzianym, a cztery narożniki są również połączone drutem miedzianym. Istnieje również połączenie między pierścieniem uziemiającym budynku a pierścieniem uziemiającym wieżę.

Podstacje elektroenergetyczne

Podstacja to dodatkowa stacja w systemie przesyłu i dystrybucji, w której napięcie jest zwykle przekształcane z wysokiego na niskie. Typowa podstacja zawiera elementy zakończenia linii, rozdzielnicę wysokiego napięcia, jeden lub kilka transformatorów dużej mocy, rozdzielnicę niskiego napięcia, ochronę przeciwprzepięciową oraz elementy sterujące i pomiarowe.

Zdalne centralki

Zdalne centralki to instalacje, w których działają koncentratory linii cyfrowych i inne wyposażenie telekomunikacyjne. Taka instalacja zdalna jest zwykle uziemiona na każdym końcu szafy sterowniczej oraz ma serię elektrod rozmieszczonych wokół szafy, które są połączone ze sobą drutem miedzianym.

Zabezpieczenie odgromowe w obiektach komercyjnych/przemysłowych

Większość systemów zabezpieczeń odgromowych chroniących przed prądem zwarcia opiera się na projekcie zakładającym uziemienie wszystkich czterech narożników budynku, zwykle za pomocą kabla miedzianego. W zależności od wielkości budynku i zakładanej wartości rezystancji, liczba prętów uziemienia może być różna.

Zalecane testy

Użytkownicy końcowi są zobowiązani do przeprowadzenia tych samych trzech testów w odniesieniu do każdego zastosowania: pomiaru bezelektrodowego, 3-biegunowego pomiaru spadku potencjału oraz POMIARU selektywnego.

Pomiar bezelektrodowy

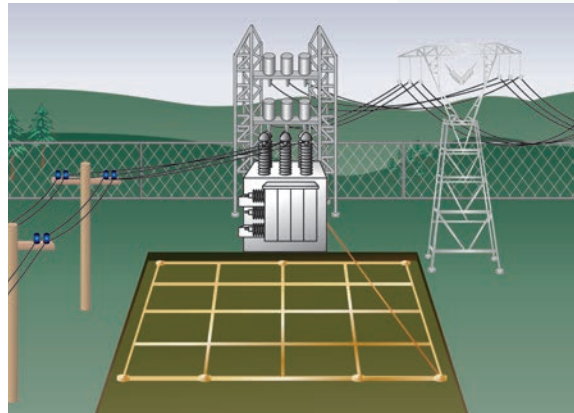
Najpierw należy przeprowadzić pomiary bezelektrodowe :

- przy poszczególnych podporach wieży i czterech narożnikach budynku **(instalacje/wieże komórkowe)**,
- przy wszystkich połączeniach uziemienia **(podstacje elektroenergetyczne)**,
- przy liniach przebiegających do zdalnej centralki **(przełączanie zdalne)**,
- przy elektrodach budynku **(zabezpieczenie odgromowe)**.

W przypadku wszystkich zastosowań nie jest to prawdziwy pomiar rezystancji uziemienia z powodu istnienia sieci uziemienia. Jest to głównie test ciągłości, którego celem jest zweryfikowanie faktu uziemienia danego miejsca, funkcjonowania połączenia elektrycznego oraz możliwości przewodzenia prądu przez system.

3-biegunowy pomiar spadku potencjału

Następnie należy zmierzyć rezystancję całego systemu za pomocą metody 3-biegunowego pomiaru spadku potencjału. Należy pamiętać o zasadach ustawiania elektrod. Pomiar ten powinien zostać zapisany i powtarzany przynajmniej dwa razy do roku. Wskazuje on wartość rezystancji dla całej lokalizacji.

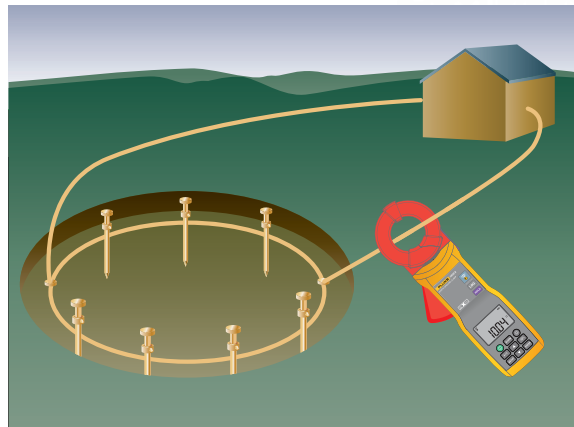


Typowa konfiguracja przy podstacji elektroenergetycznej.

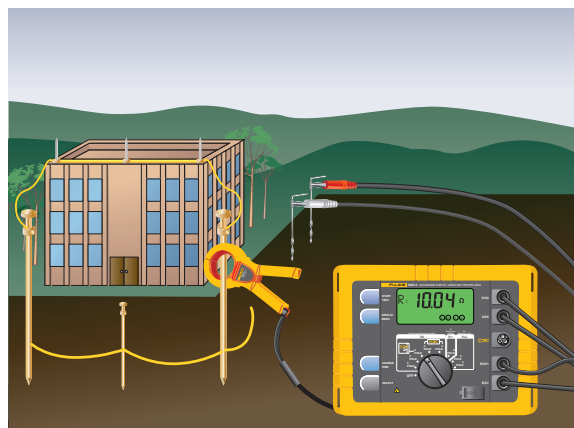
Pomiar selektywny

Na końcu należy przeprowadzić pomiary indywidualnych uziemień za pomocą testu selektywnego. Umożliwia to zweryfikowanie integralności poszczególnych uziemień i ich połączeń oraz określenie, czy potencjał uziemienia jest wystarczająco jednolity. Jeśli którykolwiek z pomiarów wykaże większy stopień zróżnicowania niż pozostałe, należy określić przyczynę takiej sytuacji. Rezystancje powinny być mierzone:

- przy poszczególnych podporach wieży i czterech narożnikach budynku (instalacje/wieże komórkowe),
- przy poszczególnych prętach uziemienia i ich połączeniach (podstacje elektroenergetyczne),
- na obu końcach zdalnej centrali (przełączanie zdalne),
- Przy wszystkich czterech narożnikach budynku (zabezpieczenie odgromowe).



Przeprowadzanie testu bezelektrycznego przy zdalnej centralce.



Przeprowadzanie testu selektywnego przy zabezpieczeniu odgromowym.

Przyrządy do testowania uziemienia



Fluke 1625-2: zaawansowany tester uziemienia GEO



Fluke 1623-2 : Podstawowy tester uziemienia GEO



Cęgi do uziemienia Fluke 1630-2 FC

Pełna gama testerów

Fluke 1623-2 i 1625-2 to wiodące testery uziemienia, za pomocą których można przeprowadzić wszystkie cztery rodzaje pomiarów uziemienia.

Przyrząd Fluke 1625-2 oferuje zaawansowane funkcje takie jak:

- Automatyczna regulacja częstotliwości (AFC) – identyfikuje istniejące zakłócenia i dobiera częstotliwość pomiarową, przy której ich wpływ jest najmniejszy, zapewniając dokładniejsze wartości pomiaru uziemienia.
- Pomiar R* – oblicza impedancję uziemienia przy 55 Hz, aby odzwierciedlić rezystancję uziemienia dokładniej, niż byłoby to możliwe w przypadku pomiaru zwarcia do uziemienia.
- Regulowane limity – umożliwiające szybsze testowanie.

Przyrząd Fluke 1630-2 FC oferuje zaawansowane funkcje takie jak:

- Testowanie metodą bezelektrodową przy użyciu jednej pary cęgów.
- Rejestrowanie pomiarów – możliwość zapisania w pamięci 32 760 pomiarów w ustawionych odstępach czasu rejestracji.
- Próg alarmu – definiowane przez użytkownika limity alarmowe maks./min. zapewniają szybką ocenę pomiaru.
- Filtr środkowoprzepustowy – funkcję tę można wybrać w celu wyeliminowania niepożądanych zakłóceń podczas pomiaru prądu upływu AC.
- Model 1630-2 FC stanowi część nieustannie rozwijanego systemu połączonych przyrządów pomiarowych i oprogramowania do konserwacji urządzeń. Odwiedź witrynę flukeconnect.com, aby dowiedzieć się więcej o systemie Fluke Connect.



Kompletny zestaw 1625-2



Przyrząd Fluke 1630-2 FC z wzorcem rezystancji pętli oraz walizką

Opcjonalne akcesoria

Transformator z dzielonym rdzeniem o średnicy 320 mm – do przeprowadzania testów selektywnych przy poszczególnych podporach wieży.

Porównanie testerów uziemienia

| Produkt | Spadek potencjału | | Selektywna | Bezelektrodowa | Metoda 2-biegunowa |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----------------|--------------------|
| | 3 bieguny | 4 bieguny / gleba | | | |
| Fluke 1621 | | | | | |
| Fluke 1623-2 | | | | | |
| Fluke 1625-2 | | | | | |
| Fluke 1630-2 FC | | | | | |

Fluke. Keeping your world up and running.®

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
The Netherlands
Tel: +31 4 0267 5406
E-mail cs.pl@fluke.com
Web: www.fluke.pl

©2013, 2014, 2017 Fluke Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone. Dane mogą ulec zmianie bez uprzedzenia.
3/2017 4346628c-pol

Modyfikacja niniejszego dokumentu bez pisemnej zgody Fluke Corporation jest zabroniona.