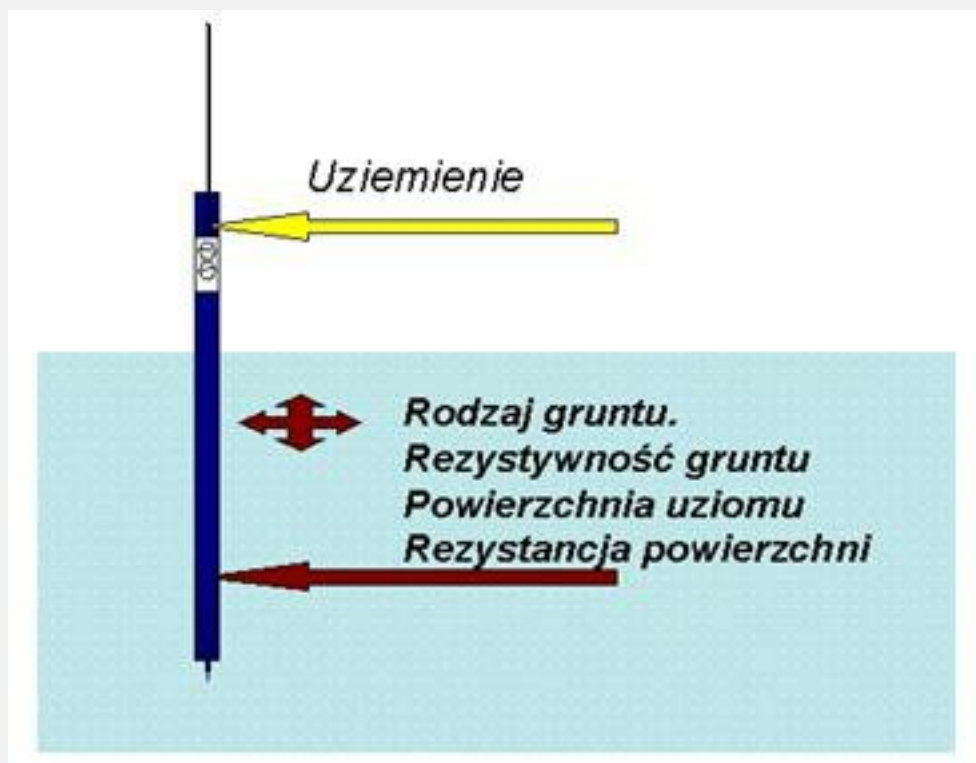


Pomiary uziemienia

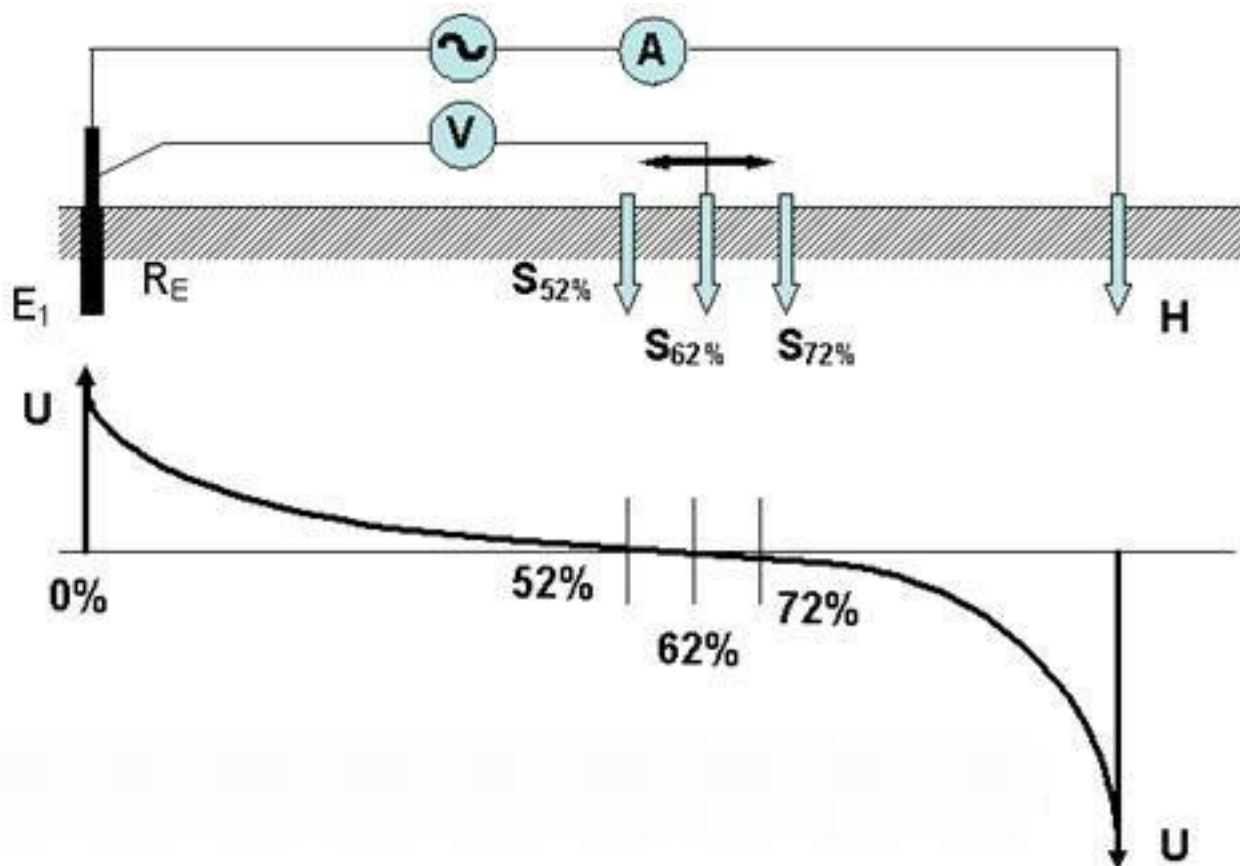
Jakość uziemień w istotny sposób wpływa na bezpieczeństwo użytkowania instalacji i urządzeń elektrycznych, a zwłaszcza na skuteczność ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym i ochrony odgromowej. Uziemienia pełnią też inne funkcje związane z bezpieczeństwem, np. służą do odprowadzania ładunków elektrycznych w obiektach zagrożonych wybuchem (np. na stacjach benzynowych). W celu sprawdzenia instalacji elektrycznych i spełnienia wymagań dotyczących ochrony przed porażeniem należy wykonać pomiary rezystancji uziemienia. Rezystancja ta pozwala określić wartość napięcia dotykowego, jakie może powstać między różnymi częściami przewodzącymi na przewodzie ochronnym. Konieczność pomiaru rezystywności gruntu i rezystancji uziemienia występuje już na etapie projektowania i wykonywania instalacji.



System uziemień musi również podlegać okresowym sprawdzeniom w trakcie eksploatacji w celu upewnienia się czy korozja lub zmiany w rezystywności gruntu znacząco nie wpłynęły na jego parametry. Sieć uziemień może nie ujawniać swojej niesprawności dopóty, dopóki nie wystąpi przebicie i w efekcie niebezpieczna sytuacja. Do pomiaru rezystancji uziemień najczęściej stosuje się metodę techniczną. Mierzone jest napięcie występujące na zaciskach przyrządu po wymuszeniu prądu pomiarowego, a następnie miernik wylicza wartość rezystancji.

Pomiar metodą techniczną

Przy pomiarach pojedynczych uziemień stosuje się najczęściej trzybiegunową metodę spadku potencjału. Polega ona na wbiciu elektrod pomiarowych w grunt w pobliżu mierzonego uziemienia i wymuszeniu przepływu prądu w obwodzie: miernik-badane uziemienie-ziemia-elektroda prądowa-miernik. Odległości pomiędzy elektrodami powinny być możliwie duże; elektroda prądowa powinna znajdować się przynajmniej w odległości 10-krotnie większej od fizycznej długości mierzonego uziemienia; w praktyce przyjmuje się odległość ok. 40 m pomiędzy badanym uziomem a elektrodą prądową. Elektrode napięciową umieszcza się pomiędzy mierzonym uziomem a elektrodą prądową w obszarze tzw. zerowego potencjału. Z praktyki wynika, iż rozmieszczenie elektrod pomiarowych powinno zawierać się w stosunku 62% (odległość od uziomu elektrody napięciowej w stosunku do elektrody prądowej, tzw. reguła 62%, która faktycznie stanowi szczególny przypadek metody spadku potencjału). Mierzy się wartość przepływającego prądu i napięcie pomiędzy mierzonym uziemieniem a elektrodą napięciową.

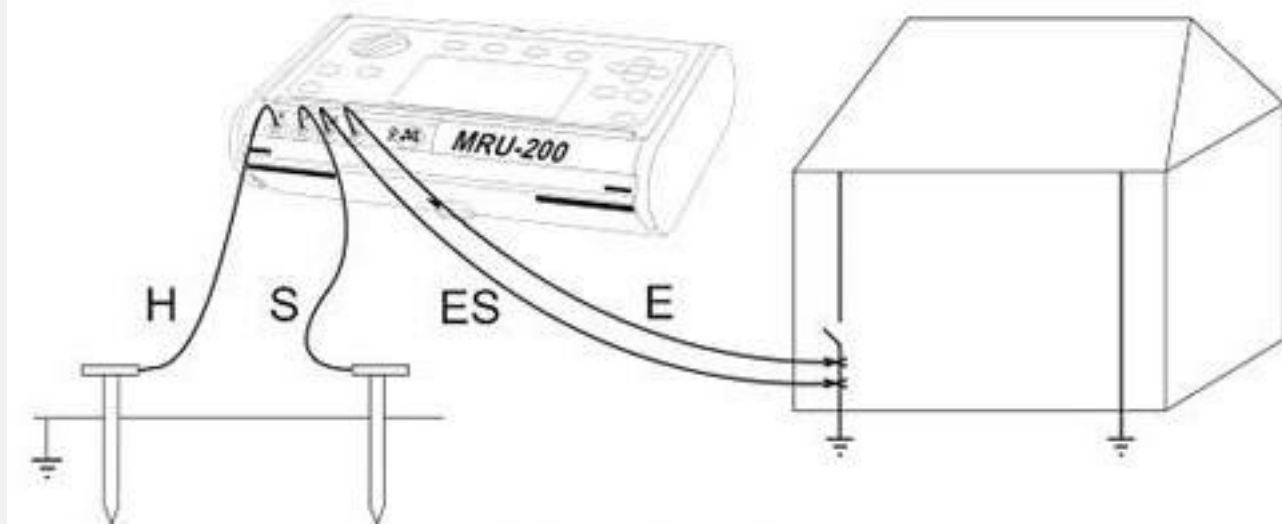


Rozkład napięcia podczas przepływu prądu pomiarowego

Wymuszany prąd powinien mieć częstotliwość, która pozwala uniknąć interferencji i zakłóceń od obecnych w gruncie prądów o częstotliwości 50 Hz i ich harmonicznym. Jednak zbyt wysoki poziom zakłóceń może wpłynąć negatywnie na dokładność pomiarów, dlatego też bardziej zaawansowane mierniki, jak np. wszystkie serie MRU produkcji Sonel S.A., przed rozpoczęciem pomiaru kontrolują i sygnalizują wielkość napięć zakłócających.

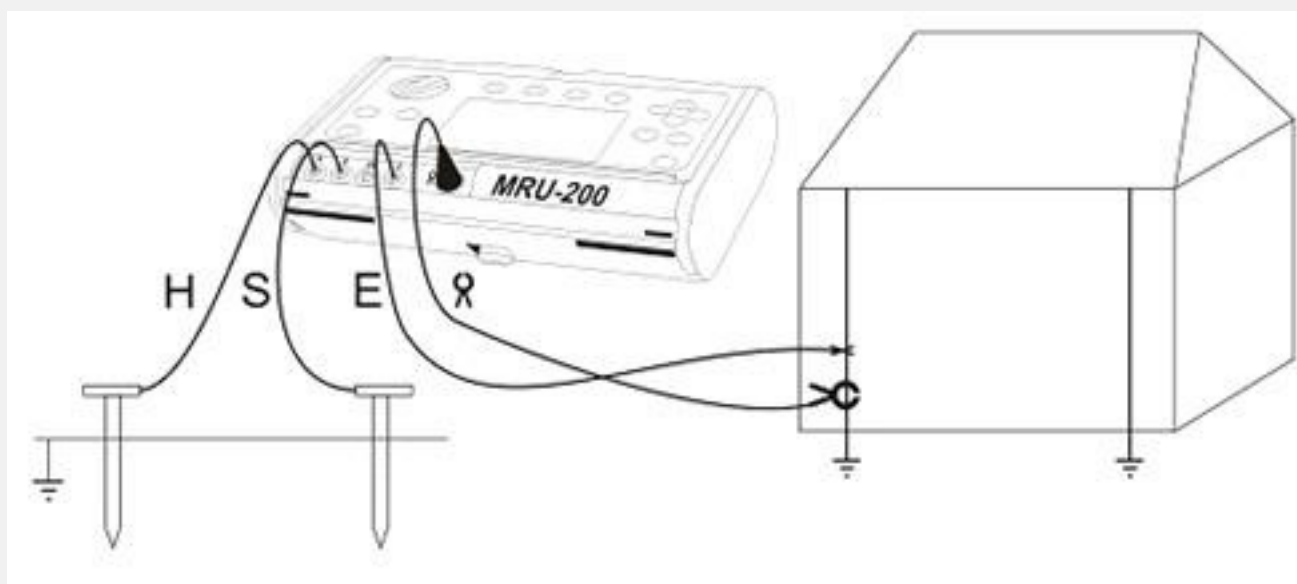
Inną przyczyną znacznych błędów pomiarowych jest zbyt duża rezystancja sond pomiarowych (prądowej lub napięciowej). Te wartości powinny być również mierzone (i mierniki serie MRU również to umożliwiają), gdyż mogą zostać wykorzystane do skorygowania sposobu wbicia elektrod lub oszacowania błędu wyniku pomiaru.

Mierniki MRU-200, MRU-120 oraz MRU-105 mają możliwość wykonywania pomiarów metodą 4-przewodową, co pozwala na wyeliminowanie wpływu rezystancji przewodu, którym dołączany jest miernik do badanego uziemienia.



Pomiar metodą 4p

Pomiary uziemień wielokrotnych można również wykonywać przy użyciu metody technicznej, odłączając kolejne uziomy na czas pomiaru. Ponieważ jest to bardzo uciążliwe, mierniki wyposażone w cęgi (MRU-105, MRU-200, MRU-120) mają możliwość wykonania pomiaru bez rozłączania mierzonego systemu uziemień. Przy tej metodzie elektrody prądowa i napięciowa są rozmieszczane podobnie jak przy metodzie trzybiegunowej, lecz prąd jest mierzony za pomocą cęgów zapiętych na badanym uziemieniu. Miernik wylicza rezystancję znając tę część prądu, która przepływa przez badany uziom, ignorując prąd przepływający przez sąsiednie uziomy. Metody pomiarowej z cęgami nie można jednak stosować w tych systemach wielokrotnych, w których poszczególne uziomy są połączone ze sobą pod ziemią.'

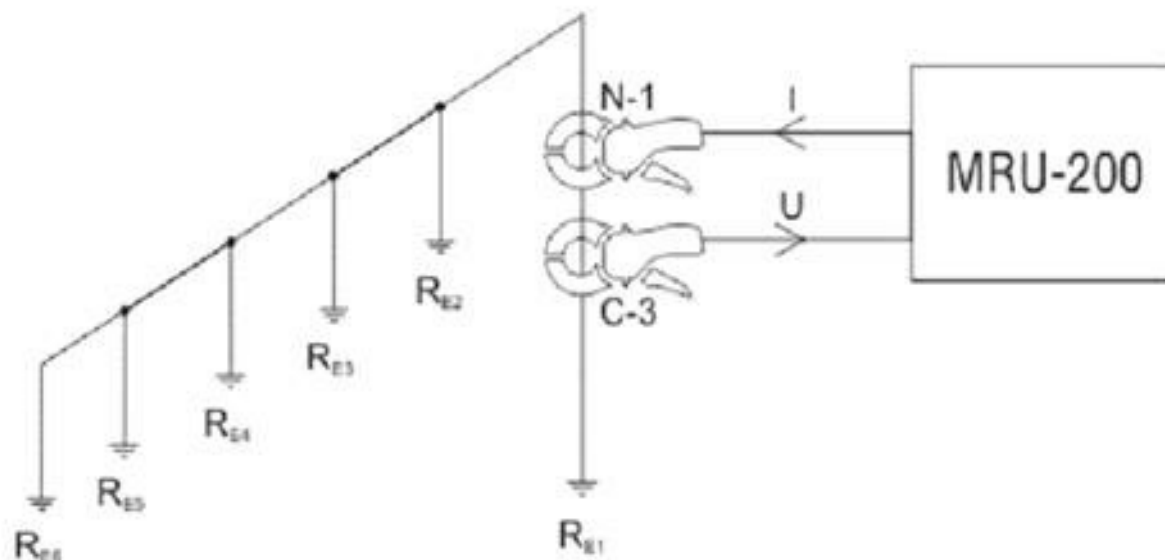


Pomiar rezystancji uziemienia - metoda 3p + cęgi

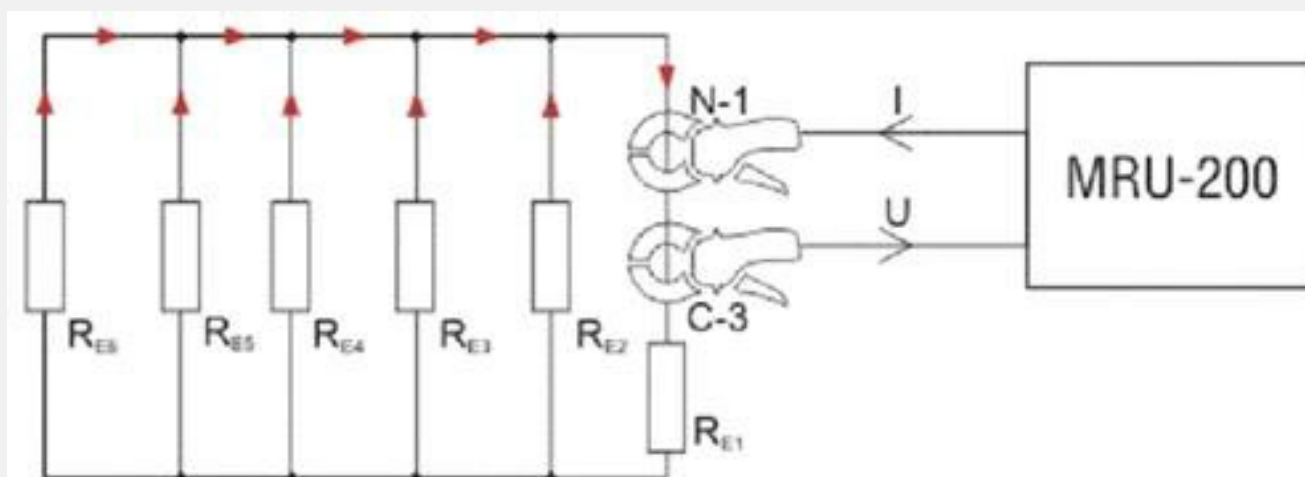


Pomiar metodą dwucęgową

Mierniki MRU-120 oraz MRU-200 umożliwiają również przeprowadzanie pomiarów rezystancji uziemień wielokrotnych metodą dwucęgową, bez konieczności umieszczania w gruncie sond pomocniczych. Podczas tego pomiaru, prąd generowany przez cęgi nadawcze zamyka się w obwodzie: badane uziemienie + równoległe połączenie pozostałych uziemień, i jest mierzony przez cęgi odbiorcze, a na podstawie zmierzonej wartości mierzona jest rezystancja obwodu. Mierzona rezystancja jest sumą rezystancji mierzonego uziomu oraz równoległego połączenia pozostałych uziomów, tworzących wypadkową rezystancję o dużo niższej wartości. Wynik pomiaru jest zawyżony o wypadkową rezystancję w stosunku do badanej rezystancji. Różnica jest tym mniejsza, im więcej uziemień składa się na mierzony obiekt.



Sposób podłączenia w metodzie dwucęgowej



$$R_E = R_{E1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}} + \frac{1}{R_{E5}} + \frac{1}{R_{E6}}}$$

Schemat zastępczy uziomu wielokrotnego w metodzie 2-cęgowej



Metoda dwucęgowa znajduje zastosowanie przy pomiarach uziemień wielokrotnych, niepołączonych pod ziemią. Jeśli uziemienia są połączone również pod ziemią, metoda ta pozwala zmierzyć tylko ciągłość w obwodzie.

Pomiar impedancji uziemienia- metoda udarowa

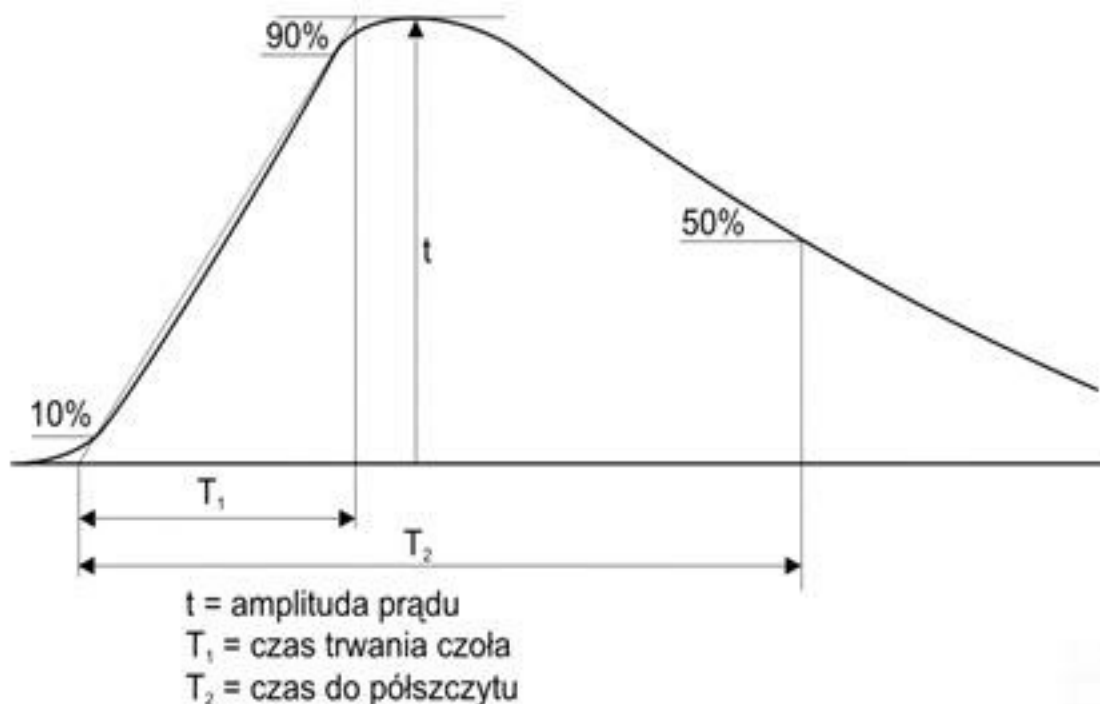
W układzie uziemień, rozpatrywanym pod kątem ochrony przeciwporażeniowej, istotne jest zachowanie prądów o niskiej częstotliwości (50, 60Hz). Zadaniem uziemień odgromowych jest odprowadzenie do ziemi uderzenia piorunowego. Nowa norma dotycząca uziemień odgromowych PN-EN 62305 wprowadza pomiar impedancji uziemienia. Pomiar impedancji uziemienia uwzględnia składowe reaktancyjne (indukcyjność i pojemność uziemienia), wpływające na rozptył prądu piorunowego. Impulsowy charakter tego wyładowania powoduje, że istotny staje się wpływ składowej indukcyjnej badanego uziomu, co sprawia, że efektywnie wykorzystana do odprowadzenia prądu piorunowego jest jedynie część

uziomu znajdująca się w bezpośredniej bliskości miejsca wyładowania. Dlatego uziom o małej rezystancji dla prądów o częstotliwości sieciowej, gwarantujący dobrą ochronę podstawową, nie musi zapewniać wystarczających parametrów ochrony odgromowej. Szczególnie dzieje się tak w przypadku rozległych systemów uziomowych, które posiadając niską rezystancję mogą charakteryzować się kilkukrotnie wyższą impedancją uziemienia.

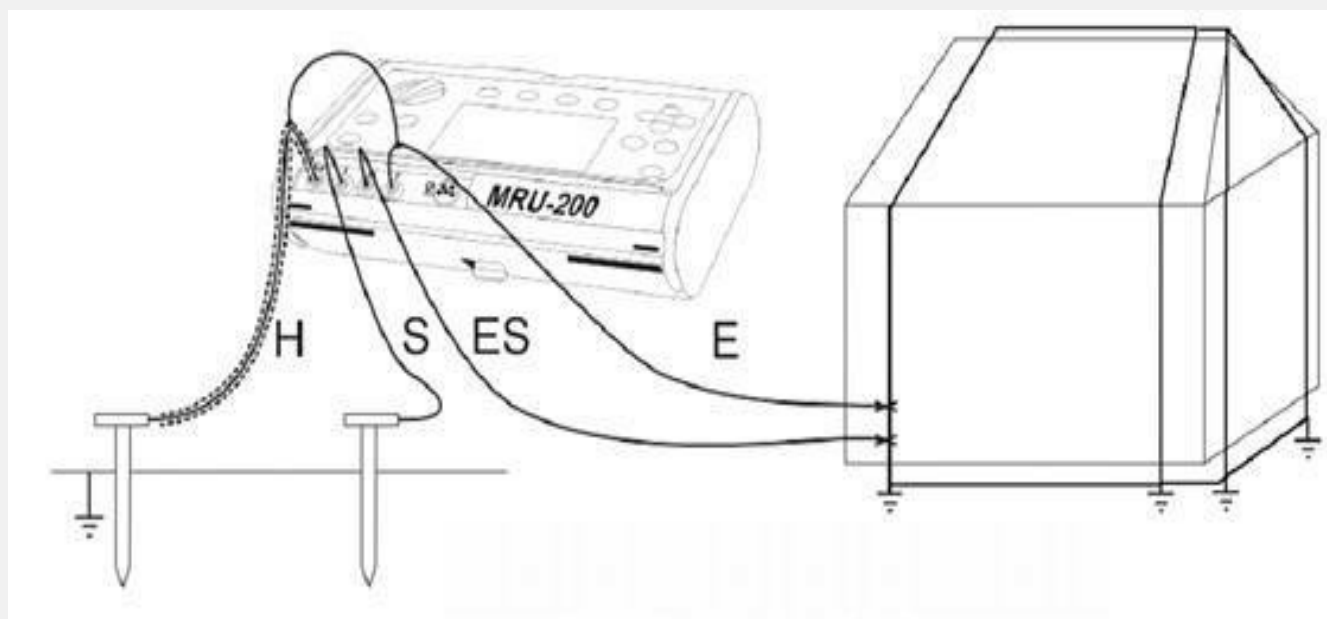
Pomiar metodą udarową jest zgodny z normą PN-EN 62305. Dodatkowo, charakter impulsowy pomiaru powoduje, że nie jest konieczne rozłączanie uziemienia w przypadku uziemień wielokrotnych lub obiektów będących pod napięciem, gdyż impuls prądu pomiarowego, podobnie jak uderzenie pioruna, operuje jedynie w ograniczonej odległości.

Określona przez normę impedancja uziemienia jest niejako wartością umowną, ponieważ na ogół szczyty napięciowy i prądowy nie występują równocześnie. Impedancja uziemienia jest uznawana za wskaźnik skuteczności uziemienia w warunkach ochrony obostrzonej lub specjalnej.

Pomiar wykonywany jest przy pobudzeniu, które odpowiada kształtem impulsowi piorunowemu. Parametry impulsu definiują dwie liczby: czas trwania czoła t_1 i czas trwania do półszczytu t_2 . Miernik MRU-200 umożliwia wybór pomiędzy trzema kształtami impulsów: $10/350\mu s$, $8/20\mu s$ lub $4/10\mu s$. Zgodnie z normą PN-EN 62305 impuls o kształcie $10/350\mu s$ jest typowy dla pierwszego udaru prądu piorunowego. Impuls $8/20\mu s$ wykorzystywany jest do badania wpływu wyładowań na urządzenia. Impuls $4/10\mu s$ o takim kształcie jest mocno zakorzeniony w polskiej praktyce pomiarowej i był przedmiotem licznych prac oraz publikacji naukowców z Politechniki Gdańskiej.

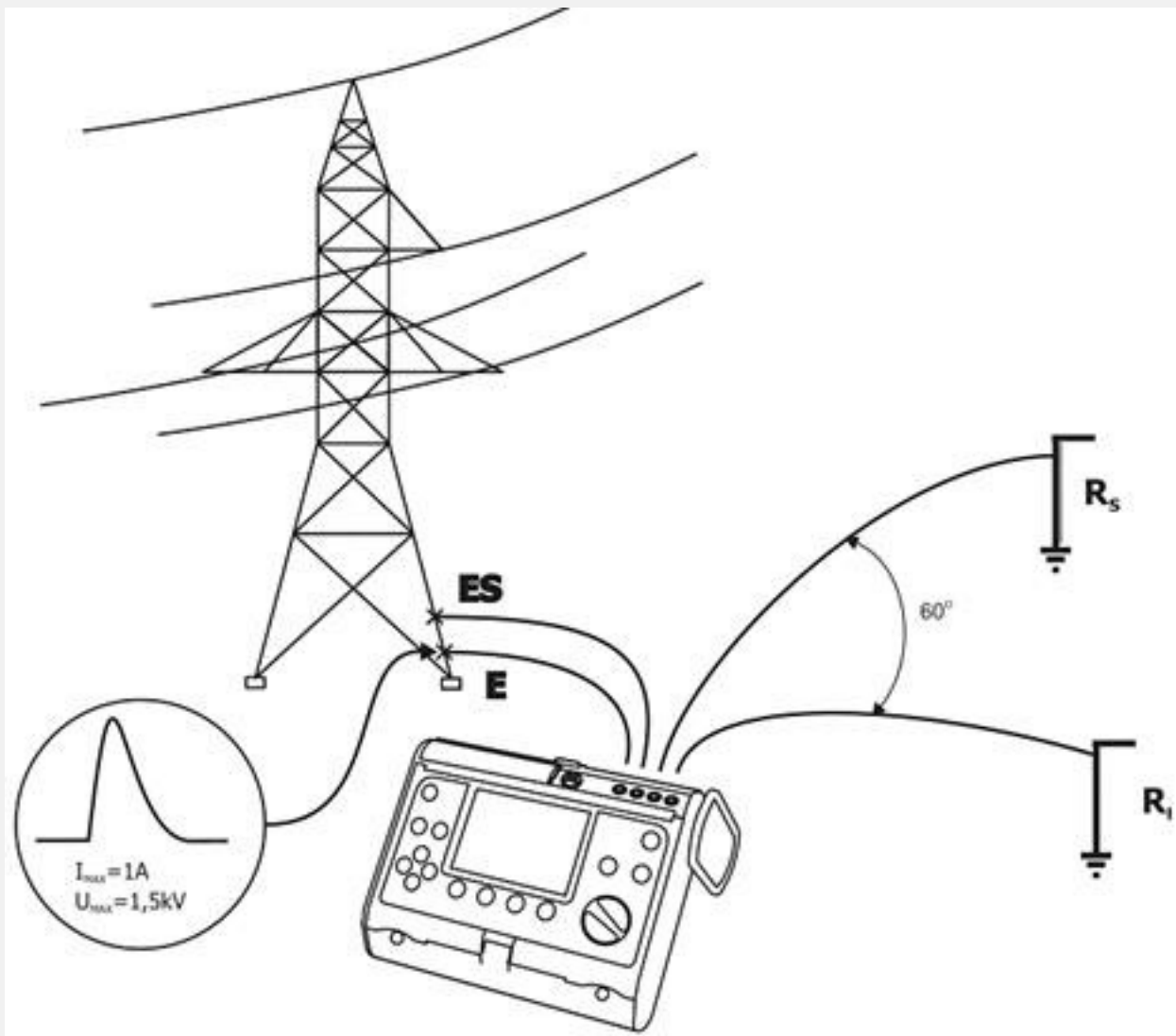


Podczas pomiaru metodą uderową uziemienia wielokrotnego, połączonego zarówno nad, jak i pod ziemią, impuls pomiarowy operuje jedynie w bliskiej odległości danego uziemienia. Dlatego też możliwe są pomiary takich uziemień bez konieczności rozpinania złącz kontrolnych, oraz odłączania połączeń wyrównawczych, a co za tym idzie, odpada konieczność odłączania zasilania obiektu.



Układ pomiaru rezystancji dynamicznej (metoda udarowa 4p)

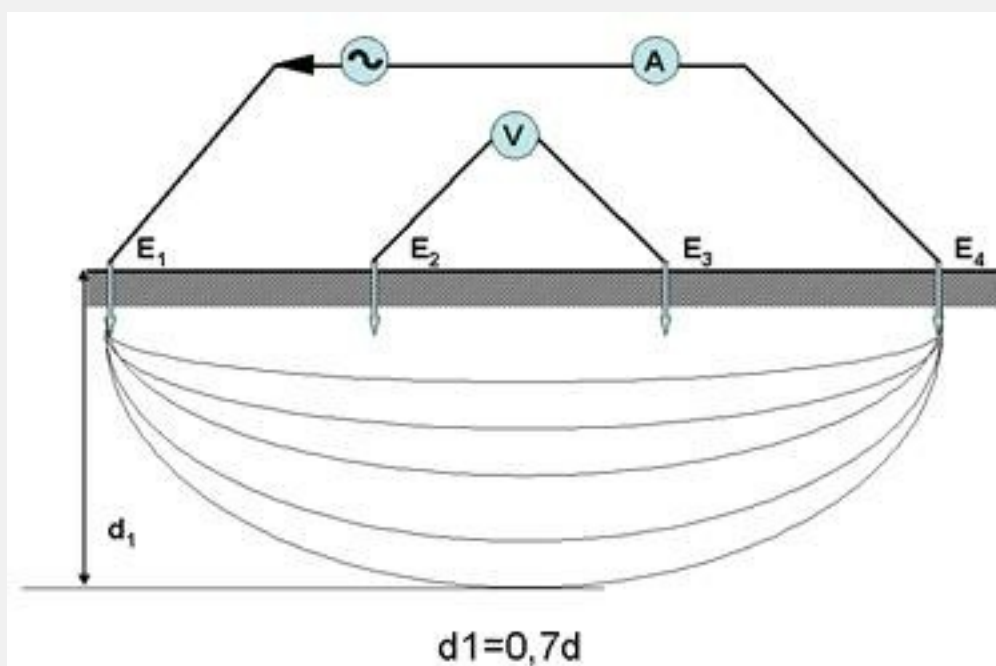
Metoda udarowa może być również wykorzystywana do pomiarów impedancji uziemienia słupów linii wysokiego napięcia. Zaletą tej metody jest umożliwienie wyznaczenia impedancji uziemienia całego słupa, obejmującej zarówno układy bednarek jak i rezystancję wnoszoną przez nogi słupa, a ponadto może być stosowana bez wyłączania badanej linii w.n.. oraz demontażu części uziemienia.



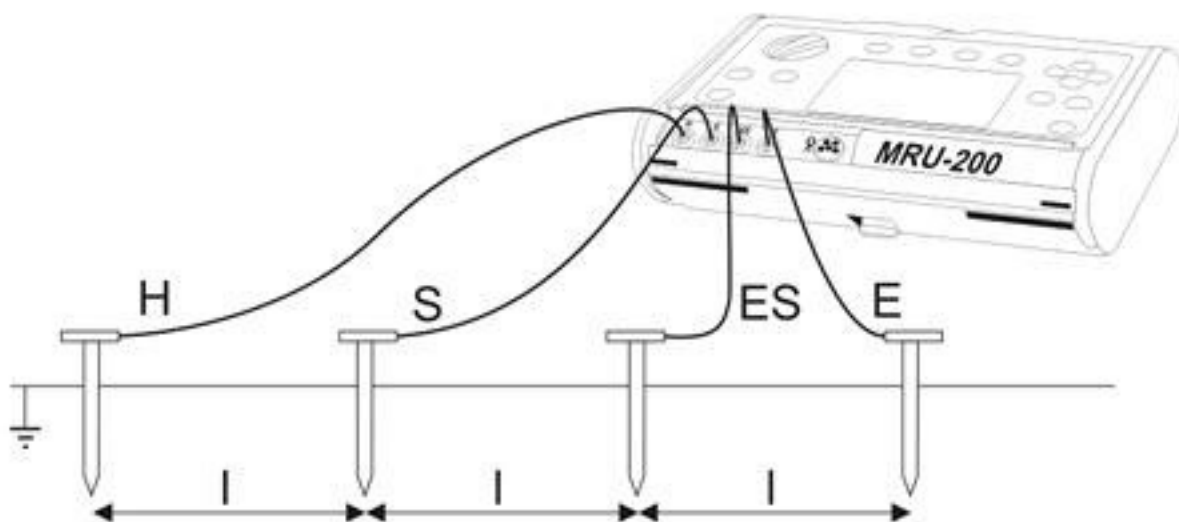
Pomiar udarowy został w MRU-200 zrealizowany jako pomiar czteroprzewodowy, gdyż impedancja przewodu długości 2,2m, którym podłącza się miernik do badanego uziemienia, wynosi ponad $0,5\Omega$, co mogłoby zafałszowywać pomiar.

Rezystywność gruntu

Znajomość wartości rezystywności gruntu jest istotna na etapie projektowania uziemienia. Znając przekrój gruntu możemy wybrać rodzaj stosowanego uziemienia – np. dla niskich wartości rezystywności występujących dopiero na pewnej głębokości zaprojektujemy pojedynczy uziom pionowy głęboko pograżony, zaś dla gruntu o niskiej rezystywności na płytszym obszarze, a skalistego na większej głębokości będzie to zespół uziemień składających się z krótszych uziomów pionowych połączonych bednarką.



Pomiar rezystywności gruntu odbywa się przy użyciu czterech elektrod, rozmieszczonych liniowo w równych odległościach (metoda Wennera). Wyznaczenie wartości rezystywności gruntu wymaga zmierzenia rezystancji i obliczeń z uwzględnieniem odległości pomiędzy elektrodami. Mierniki MRU-105, MRU-120, MRU-200 firmy Sonel umożliwiają wprowadzenie odległości pomiędzy elektrodami, zaś wszelkie obliczenia są wykonywane automatycznie. Miernik wyświetli zarówno wartość rezystancji sond pomiarowych (w Ω) jak i rezystywności gruntu (w Ωm).



Autor:
mgr inż. Eligiusz Skrzynecki