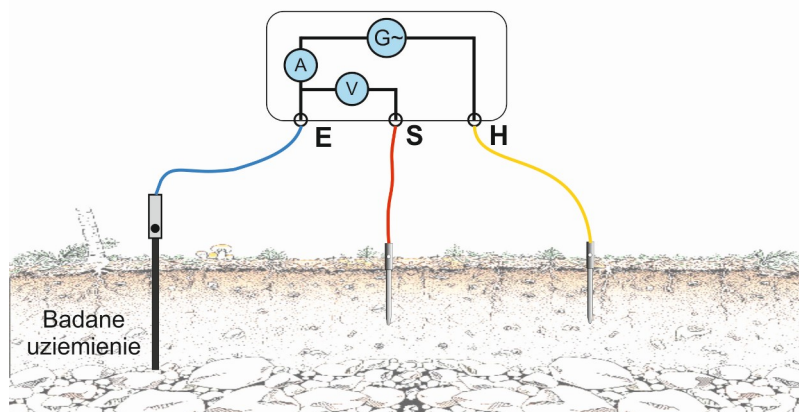


Metoda techniczna 3p

Podstawowym i najprostszym sposobem przeprowadzenia pomiaru rezystancji uziemienia metodą techniczną jest metoda 3-przewodowa (3p), gdzie obwód prądowy i napięciowy przyłączany jest do uziemienia pojedynczym przewodem. Konieczne jest zastosowanie dwóch sond pomocniczych. Sonda prądowa (H) służy do zbudowania obwodu, w którym będzie wymuszony prąd pomiarowy, a sonda napięciowa (S) stanowi element obwodu mierzącego napięcie (rys.1).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego metody 3p. A – amperomierz, V – woltomierz, G – źródło napięcia, przetwornica (prąd przemienny)

Zgodnie z prawem Ohma, rezystancja uziemienia wynika z przepływającego prądu w obwodzie i napięcia zmierzonego na badanym uziemieniu.

Zatem pojawia się tu pierwsza i właściwie najbardziej zasadnicza cecha miernika do takich badań: moc przetwornicy. Bardzo istotna jest tutaj wiedza, jaki prąd i napięcie mogą zostać wytworzone przez przyrząd. Napięcie pomiarowe jest uregulowane normą PN-EN 61557-5 i ze względów bezpieczeństwa może wynosić 50 V RMS. Jeśli jednak pomiary prowadzone są na terenach rolnych bądź tam, gdzie przebywają zwierzęta gospodarcze, to wówczas miernik musi posiadać możliwość wyboru napięcia o wartości 25 V RMS. Rzecz jasna miernikiem, który ma tylko napięcie 25 V, możemy wykonywać pomiary wszędzie, jednak w większości przypadków poza wspomnianymi obszarami agrarnymi łatwiej jest wykonywać pomiary przyrządem, który ma większą moc.

Zatem najlepszym rozwiązaniem jest posiadanie możliwości wyboru napięcia pomiarowego.

Kolejny kluczowy element zagadnienia wyboru właściwego urządzenia pomiarowego to maksymalny prąd przetwornicy. W urządzeniach firmy SONEL S.A. są do wyboru mierniki z prądem 20 mA lub 200 mA. W związku z tym decyzja zakupowa powinna zostać podjęta świadomie, z myślą o skutkach, jakie może spowodować w przyszłości. Otóż podczas pomiaru uziemienia metodą techniczną największy spadek napięcia powstaje na sondzie prądowej. W związku z tym żeby wykonać pomiar skutecznie - zwłaszcza miernikiem o mniejszym prądzie pomiarowym - należy zadbać o to, aby rezystancja sondy prądowej była możliwie jak najmniejsza. Jest to ważne zwłaszcza w gruntach o wysokiej rezystywności. Przyjmując, że dysponuje się miernikiem o prądzie pomiarowym wielkości 20 mA i uwzględniając zakłócenia i trudności w miejscu pomiarowym, można spotkać się z sytuacją, że prąd pomiarowy w obwodzie będzie miał zbyt niską wartość, aby zmierzyć napięcie uziomowe. W związku z tym do trudnych warunków

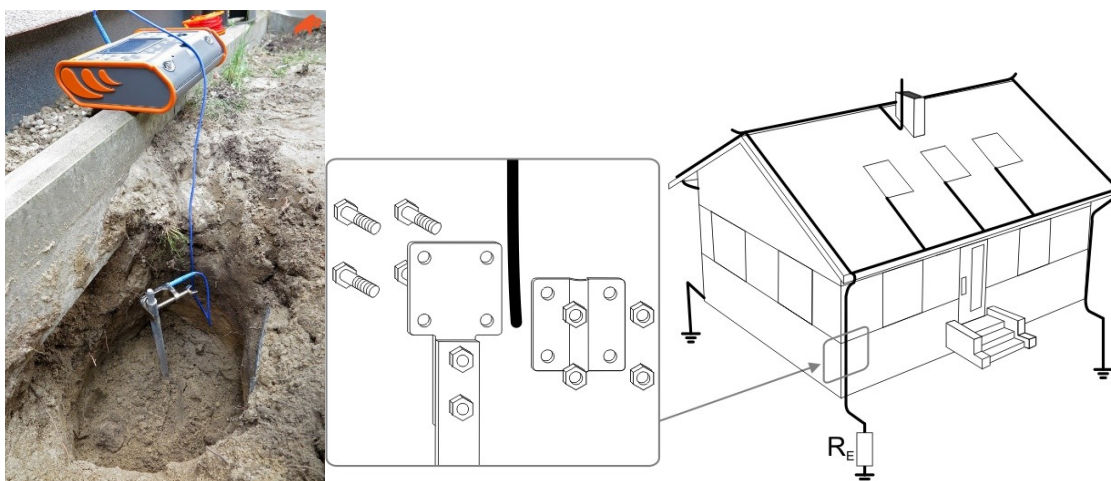
pomiarowych zalecane są mierniki z tzw. „dużym prądem pomiarowym”, w przyrządach firmy Sonel wynoszącym powyżej 200 mA.

Pierwszym sposobem zmniejszenia rezystancji sond jest zmienienie ich na dłuższe. Standardowe sondy do wbijania w grunt oferowane w zestawie razem z przyrządami mają długość ok. 30 cm; ponadto istnieją ich dłuższe warianty (rys. 2). Dodatkowo - w skrajnych przypadkach! - obszar pograżenia sondy można próbować nasączyć elektrolitem (np. wodą z solą).



Rys. 2. Sondy do wbijania w grunt o długości 30 cm (wyposażenie standardowe) i 80 cm (wyposażenie opcjonalne)

Zastosowanie mierników posiadających tylko metodę 3p i prąd 20 mA ogranicza się do uziomów skupionych (pojedyncze uziomy pionowe, złącza kablowe) i niewielkich układów uziemiających takich jak małe obiekty budowlane, np. domy jednorodzinne (rys. 3).



Rys. 3. Pojedynczy uziom pionowy i mały układ uziemiający

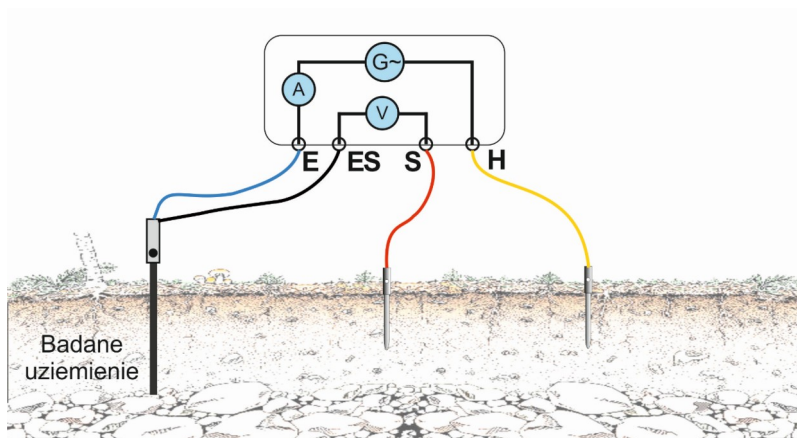
W układach złożonych konieczne jest rozłączenie wszystkich zacisków kontrolnych. Tylko wtedy pomiary będą wykonane selektywnie dla poszczególnych uziomów pionowych. W układach uziomów fundamentowych i otokowych pomiar jest wykonywany dla wybranego pojedynczego uziomu, a pozostałe kontroluje się pomiędzy sobą pod kątem zachowania ciągłości. Opisana metoda jest zaimplementowana w zasadzie we wszystkich miernikach do pomiaru uziemień.

Najczęściej popełniane błędy w metodzie 3p:

1. sonda H pograżona zbyt blisko badanego uziemienia,
2. sondy pomocnicze umieszczone nad zalegającymi w gruncie elementami przewodzącymi,
3. sonda napięciowa pograżona poza obszarem potencjału zerowego,
4. przy badaniach uziemień rozległych (zwłaszcza przy wysokiej rezystywności gruntu) zbyt mały prąd pomiarowy.

Metoda techniczna 4p

Metoda 4-przewodowa (4p) w zasadzie nie różni się niczym od metody 3p za wyjątkiem dodatkowego przewodu w obwodzie napięciowym (rys. 4).



Rys. 4. Metoda techniczna 4p

W ten sposób uzyskuje się możliwość osobnego przyłączenia obwodu, w którym następuje pomiar napięcia na badanym uziemieniu. W rzeczywistości wynik takiego badania nie jest obarczony błędem wynikającym z rezystancji przewodu, którym miernik jest przyłączony do badanego uziemienia (przewód o długości do 2,2 m, co przekłada się na ułamki oma).

Pomiary tą metodą mają uzasadnienie w sytuacji, kiedy wskazania miernika będą mniejsze niż 1Ω . Koniecznie należy pamiętać o zapewnieniu solidnego połączenia miernika z badanym uziemieniem. Zagwarantuje to specjalnie skonstruowany zacisk imadelkowy pokazany na rysunku 5. Pozostałe zasady i ewentualne błędy stosowania tej metody pomiaru są takie same jak opisane wcześniej w metodzie 3p.

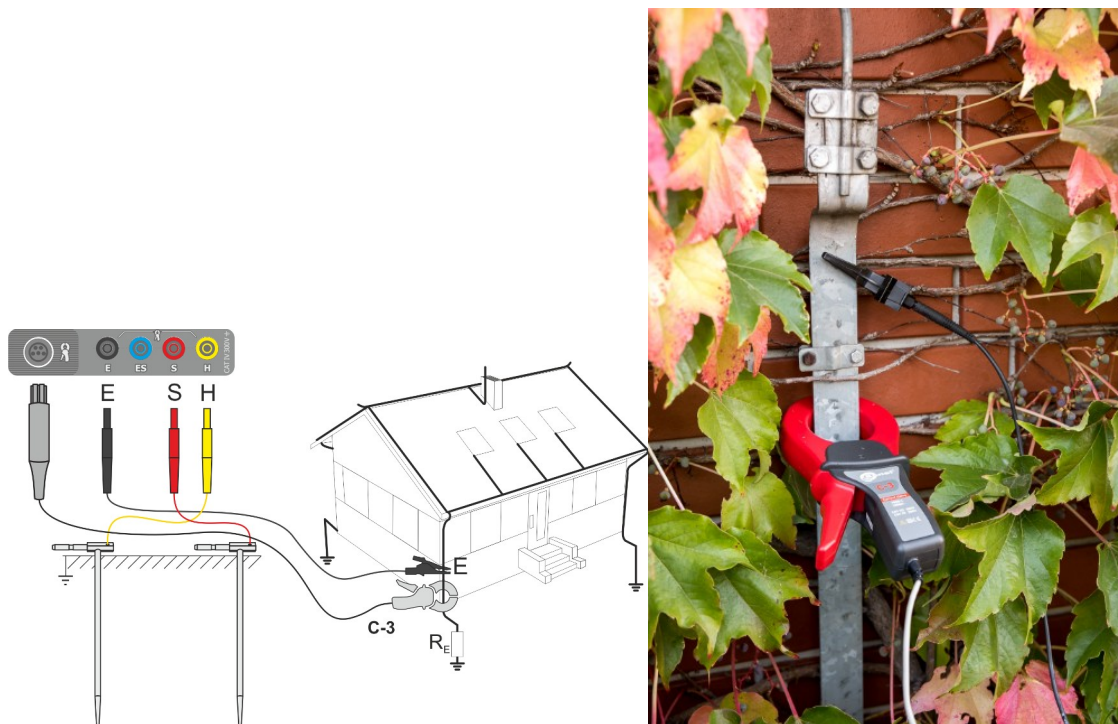


Rys. 5. Zacisk imadelkowy

Metoda 3-przewodowa z dodatkowymi cęgami

Zasady pomiarów metodą 3p z wykorzystaniem dodatkowych cęgów są w większości takie jak dla metody 3p. Różnica polega na tym, że prąd jest mierzony nie jako całkowity prąd w układzie

uziemiającym, a jedynie w interesującej nas gałęzi przy użyciu cęgów (rys. 6). Jest to bardzo wygodne, ponieważ nie trzeba rozłączać złącz kontrolnych, aby selektywnie zmierzyć pojedynczy uziom układu. Warunkiem koniecznym do wykonania takiego pomiaru jest brak połączenia metalicznego badanego uziemienia z resztą układu uziemiającego poniżej miejsca założonych cęgów. Zatem nie wykona się poprawnie pomiarów tam, gdzie występują uziemienia otokowe czy też fundamentowe.



Rys. 6. Pomiar z użyciem cęgów C-3

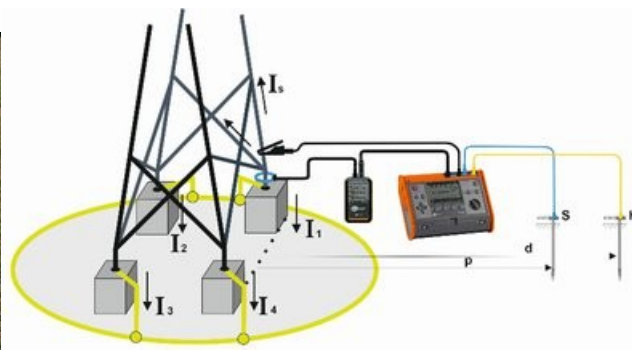
Kolejną sprawą jest złożoność układu. Im więcej uziomów w układzie, tym mniejszą wartość prądu będziemy mierzyli na elemencie, na którym założone są cęgi. Dlatego dla układów złożonych i rozległych (np. uziemienia słupów niskiego napięcia) wymagane jest, aby używać mierników z dużym prądem pomiarowym (200 mA) i zadbać o jak najniższą rezystancję sondy prądowej. Jeśli pomiary wykonywane są w terenie, jako sondę pomocniczą można wykorzystać np. słup wysokiego napięcia. Rezystancja sondy powinna być niska zwłaszcza tam, gdzie występuje duża rezystywność gruntu. Jeśli mierzony prąd będzie zbyt mały, miernik będzie wskazywał wyniki obciążone dodatkową niepewnością. Trudno jest wówczas zidentyfikować przyczynę takiego stanu rzeczy. Zatem zawsze należy pamiętać o zapewnieniu optymalnych warunków pomiarowych i obniżeniu rezystancji sond pomocniczych. Dopiero po tym zabiegu można zastanawiać się nad ewentualnymi przyczynami powstających problemów.

Różnorodność budowanych uziemień jest duża i w terenie występują obiekty, gdzie z powodów mechanicznych nie ma możliwości użycia cęgów z twardym rdzeniem C-3. Rozwiązaniem może być tu zastosowanie adaptera ERP-1 z cęgami elastycznymi (rys 7).



Rys. 7. Adapter ERP-1 z cęgami elastycznymi

Produkt ten jest adresowany do zakładów energetycznych oraz firm świadczących usługi dla energetyki zawodowej. Adapter ERP-1 wraz z miernikami MRU-120, MRU-120HD, MRU-200 i MRU-200-GPS pozwala na wykonanie pomiarów cęgowych w miejscach, gdzie do tej pory nie było to możliwe. Zastosowanie adaptera pozwala na mierzenie uziemienia słupów kratowych bez rozpinania złącz kontrolnych i wyłączania linii.



Rys. 8. ERP-1 na słupie wirowym i przy pomiarze słupa kratowego

Mając do dyspozycji taki zestaw, można obejmować cęgami duże obiekty jak np. dwa słupy wirowane, na których jest umieszczony transformator SN/nN. Dodatkowy atut stanowi autorski algorytm firmy SONEL S.A. w miernikach MRU-200 i MRU-200-GPS. Polega on na sprawdzeniu kierunku prądu dla poszczególnych pomiarów. Ta cecha sprawia, że miernik potrafi rozpoznać uszkodzenie polegające na oberwaniu (lub całkowitym przekorodowaniu) bednarki przyłączonej do otoku takiego słupa. Jest to cecha unikalna, niewystępująca w żadnym innym mierniku do uziemień dostępnym na rynku. Ponadto w tych dwóch miernikach zaimplementowano automatyczną procedurę wyliczania rezystancji uziemienia słupa kratowego, co wyklucza potrzebę ręcznego przeliczania wyników cząstkowych w celu otrzymania wyniku rezystancji wypadkowej.

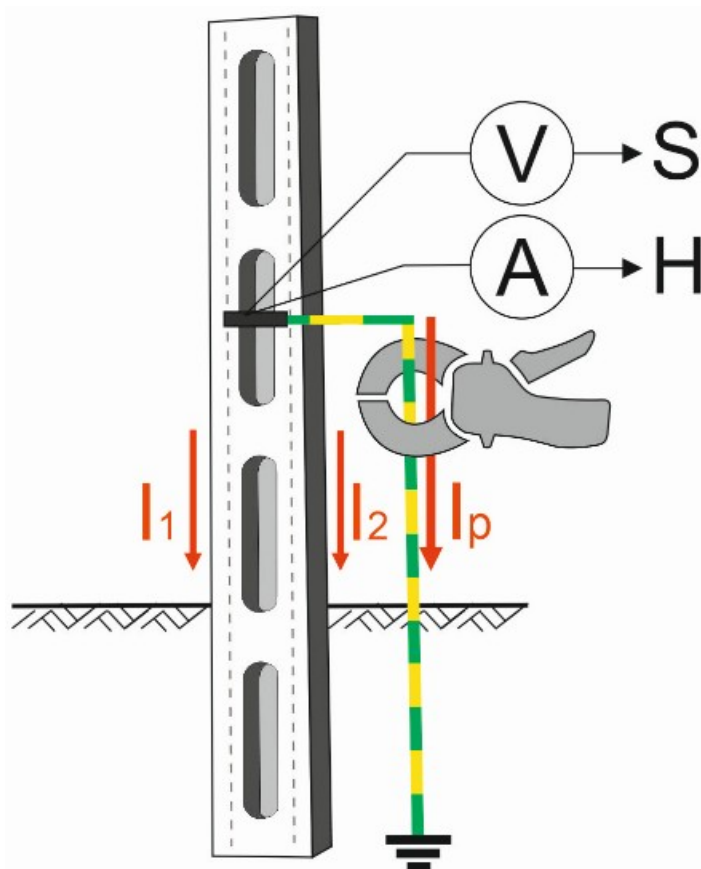
Najczęściej popełniane błędy w metodzie 3p z dodatkowymi cęgami

Najczęstszym błędem przy stosowaniu cęgów jest przeświadczenie, że przy ich użyciu można mierzyć każde uziemienie. Otóż ta metoda nadaje się wyłącznie do uziemień wielokrotnych bez otoku! Zatem nie wykona się poprawnie pomiaru cęgami tam, gdzie będzie znajdować się uziom pojedynczy, fundamentowy czy otokowy. Dla układów rozległych (złożonych) należy stosować

mierniki o możliwie największym prądzie pomiarowym, a ponadto osprzęt pozwalający na prawidłową budowę układu pomiarowego (odpowiedniej długości przewody i sondy). Kolejnym problemem może być zakładanie cęgów na uziemienie sztuczne, gdzie w miejscu przyłączenia miernika poza cęgami znajdują się inne elementy przewodzące - np. betonowe, zbrojone słupy nN.

Przykład z rysunku 9 pokazuje taką właśnie sytuację. Cęgi założone na uziemienie wykrywają tylko część prądu powodującego mierzony spadek napięcia. Efektem będzie wskazanie rezystancji wyższej niż rzeczywista. Pod kątem ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym jest to nieszkodliwe, jednak jeśli na tej podstawie podejmuje się decyzję o modernizacji uziemienia, to może to za sobą pociągnąć poniesienie nieuzasadnionych kosztów.

Rozwiązaniem, które nie będzie wrażliwe na to zjawisko, jest oczywiście zastosowanie cęgów elastycznych i objęcie nimi całego słupa razem z uziemieniem.



Rys. 9. Słup niskiego napięcia. Pomiar z cęgami C-3

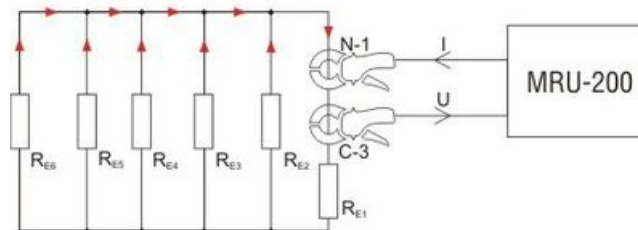
Metoda dwucęgowa

Zasady stosowania metody dwucęgowej odnośnie rodzaju uziemień, które można mierzyć, są w zasadzie takie jak dla metody 3p z wykorzystaniem dodatkowych cęgów. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę z pewnej cechy tej metody: w wyniku pomiaru otrzymuje się wartość mierzonego uziemienia powiększoną o wypadkową rezystancję układu uziemiającego.

$$\text{Dla } R_{E1} = 10 \Omega \text{ oraz } R_{E2} = R_{E3} = R_{E4} = R_{E5} = R_{E6} = 20 \Omega$$

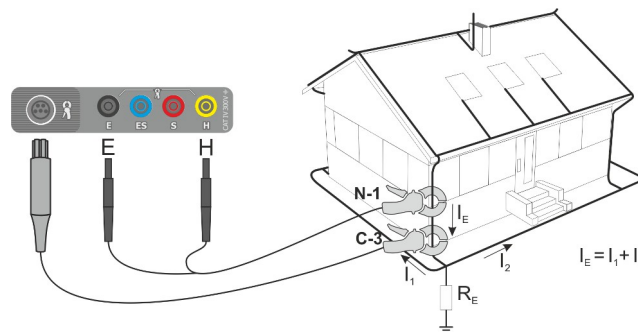
$$\text{Zmierzona wartość } R_E = 10 \Omega + 4 \Omega = 14 \Omega$$

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



Rys. 10. Metoda dwucęgowa – przykład

W przypadku pomiarów w układach z otokiem czy też uziemieniem fundamentowym nie można zbadać rezystancji uziemienia tą metodą. Jest ona jednak bardzo wygodna, gdy należy określić ciągłość połączeń metalicznych w całym układzie uziemiającym (zwoły – przewody odprowadzające – przewody uziemiające – przewody odprowadzające – uziomy).

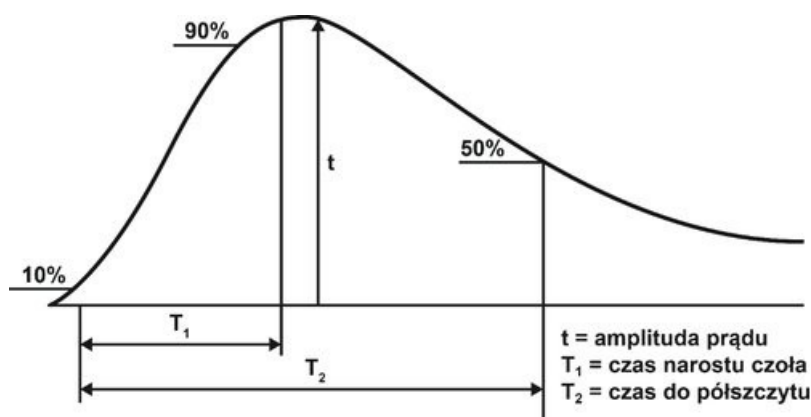


Rys 11. Pomiar dwucęgowy. Badanie ciągłości połączeń w układzie uziemiającym

Metoda udarowa

Kolejnym aspektem przy doborze urządzenia pomiarowego jest wszechstronność tegoż. Jeżeli w obszarze prac wykonywanych pod kątem pomiarów uziemień znajdują się również pomiary uziemień odgromowych, to istotnym staje się, aby urządzenie posiadało możliwość ich poprawnego przeprowadzenia. De facto przy tego typu pomiarach mówimy o impedancji uziemienia lub rezystancji dynamicznej.

Zadaniem uziemień odgromowych jest odprowadzenie ładunku elektrycznego pochodzącego z wyładowania atmosferycznego w postaci pioruna. Wyładowanie te ma charakter dynamiczny, zatem i sposób weryfikacji stanu uziemienia odgromowego powinien być adekwatny. Mierniki rezystancji uziemień Sonel MRU-200 i MRU-200-GPS pozwalają na to w stu procentach. Metoda udarowa, zwana inaczej metodą impulsową, cechuje się zupełnie innymi parametrami w stosunku do metody technicznej. Impuls generowany przez miernik ma ściśle określony kształt, odpowiadający kształtowi impulsu piorunowego.

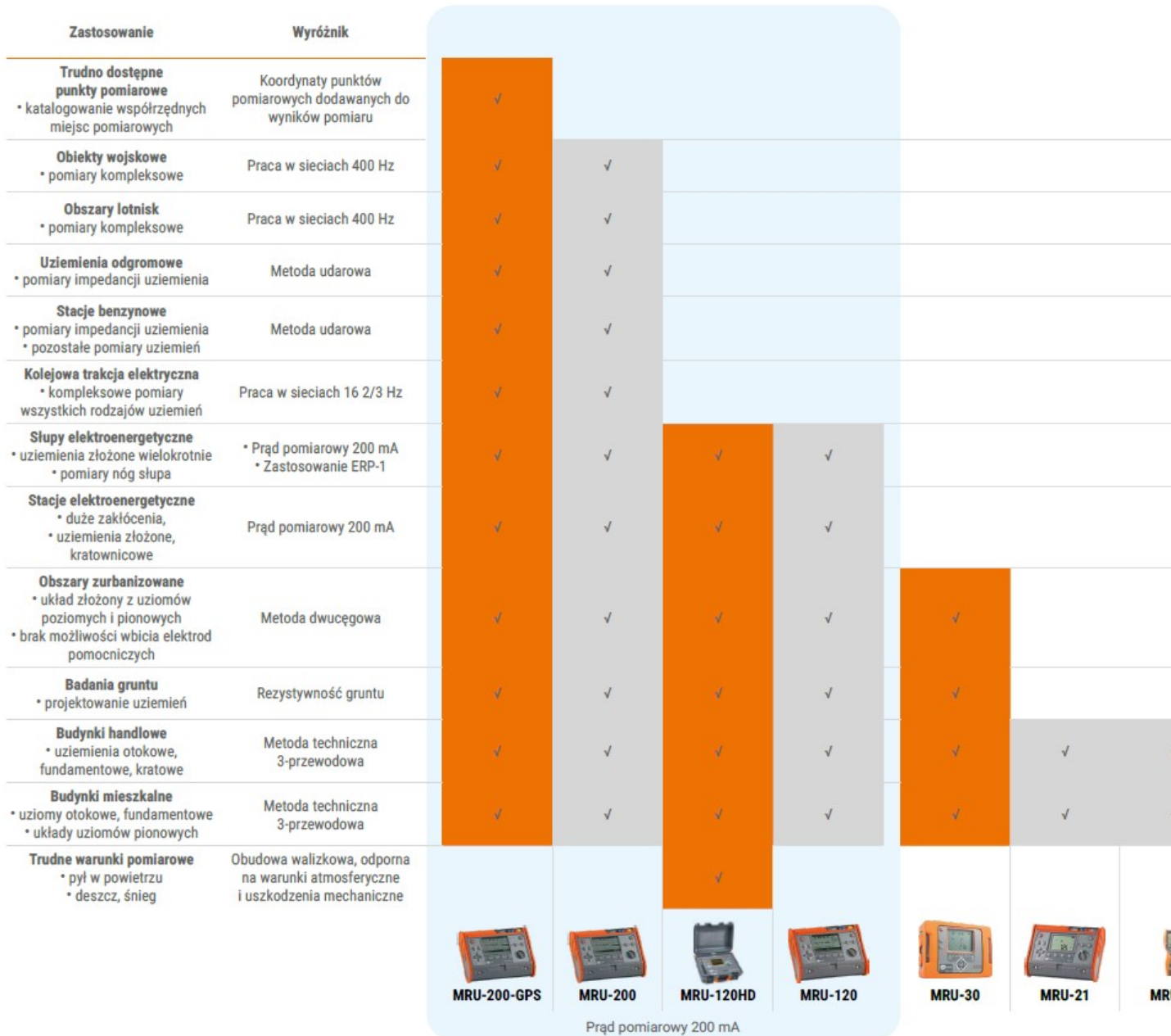


Rys 12. Kształt impulsu pomiarowego w metodzie udarowej

Parametry impulsu definiują dwie liczby: czas narostu czoła T_1 i czas do półszczytu T_2 . Wcześniej wspomniane mierniki Sonel umożliwiają wybór pomiędzy trzema kształtami impulsów: 10/350 μs , 8/20 μs oraz 4/10 μs . Zgodnie z normą PN-EN 62305 impuls o kształcie 10/350 μs jest typowy dla pierwszego udaru prądu piorunowego. Impuls 8/20 μs wykorzystywany jest do badania wpływu wyładowań na urządzenia. Impuls 4/10 μs o takim kształcie jest mocno zakorzeniony w polskiej praktyce pomiarowej. Sposoby wykonywania pomiarów tą metodą są przedstawione w licznych publikacjach firmy SONEL S.A. oraz dodatkowo na filmie w [serwisie YouTube](#).

Podsumowanie

Wybór miernika do badania uziemień powinno poprzedzić głębokie zastanowienie i określenie swoich potrzeb. Miernik, jak każde narzędzie, będzie służył zgodnie z oczekiwaniami tylko wtedy, jeśli dokona się wyboru właściwego, zgodnego z rzeczywistymi pracami pomiarowymi, jakie realizuje się w terenie. Oczywistym elementem decydującym będzie funkcjonalność miernika, jednak jak już wcześniej to opisano, kluczowe może się okazać wyposażenie i moc przetwornicy przyrządu. Niewątpliwie energetyka zawodowa oraz firmy świadczące dla niej usługi zdecydowanie powinny wybierać mierniki o dużej mocy. To warunek kluczowy, ponieważ w tych obszarach jest pewne, że pomiarowiec znajdzie się w najtrudniejszych warunkach terenowych. Równie istotne jest wyposażenie się w długie przewody pomiarowe (np. 100 m lub 200 m), co pozwala na wykonywanie pomiarów uziemień rozległych, np. uziemienia stacji elektroenergetycznej. Przedstawione tu informacje mają na celu zwrócenie uwagi na te aspekty dotyczące pomiarów rezystancji uziemienia, które niestety często są pomijane, a elementem decydującym o zakupie przyrządu jest wyłącznie jego cena. W konsekwencji może to prowadzić do podjęcia decyzji, której skutki dostrzegane są dopiero po zakupie. Tymczasem właściwie dobrany przyrząd jest gwarancją komfortu pracy, oszczędności czasu i ogólnej satysfakcji po wykonaniu skutecznych pomiarów rezystancji uziemienia.



Rys 13. Zestawienie mierników rezystancji uziemień MRU firmy SONEL S.A.

Jak wykonać protokół z badań rezystancji uziemienia?

Po wykonanych badaniach rezystancji uziemienia, należy opracować protokół pomiarowy. Program Sonel PE6 został stworzony z myślą o osobach zajmujących się wykonywaniem pomiarów elektrycznych. Jego zadaniem jest uproszczenie tworzenia dokumentacji z pomiarów poprzez korzystanie ze specjalnie przygotowanych w programie narzędzi i funkcji.

[Zobacz film](#), na którym pokazujemy jak przygotować raport z pomiarów rezystancji uziemienia używając oprogramowania Sonel PE6.