



mgr inż. Elgiusz Skrzynecki

PRZEWODNIK PO NORMIE PN-EN 62305

MIERNIKI REZYSTANCJI UZIEMIENIŃ

POMIARY Z WYKORZYSTANIEM MIERNIKÓW REZYSTANCJI UZIEMIENIŃ MRU-200, MRU-120, MRU-105, MRU-21, MRU-20



Spis treści:

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Wstęp..... | 3 |
| 2. | Pomiary uziemień..... | 3 |
| 2.1 | Rodzaje uziemień..... | 3 |
| 2.2 | Czynniki wpływające na jakość uziomu..... | 4 |
| 2.3 | Czynniki wpływające na dokładność pomiarów..... | 5 |
| 2.3.1 | Wpływ prądów błądzących..... | 5 |
| 2.3.2 | Wpływ elektrod pomocniczych..... | 5 |
| 2.3.3 | Wpływ nawilgocenia gruntu..... | 5 |
| 2.4 | Dokładność pomiarów a zakres pomiarowy miernika..... | 6 |
| 3. | Wykonywanie pomiarów ochrony odgromowej zgodnie z normą PN-EN 62305 | 7 |
| 3.1 | Źródła i typy uszkodzeń obiektu i strat..... | 7 |
| 3.2 | Środki ochrony..... | 7 |
| 3.3 | Poziom ochrony odgromowej (LPL)..... | 8 |
| 3.4 | Strefy ochrony odgromowej (LPZ)..... | 8 |
| 3.5 | Ochrona obiektów..... | 9 |
| 3.5.1 | Ochrona w celu ograniczenia możliwości wystąpienia szkody fizycznej i zagrożenia życia..... | 9 |
| 3.5.2 | Ochrona w celu redukcji możliwości wystąpienia awarii urządzeń wewnętrznych..... | 10 |
| 3.6 | Udary piorunowe w różnych punktach instalacji..... | 10 |
| 3.6.1 | Udary powodowane wyładowaniami w obiekt..... | 10 |
| 3.6.2 | Udary wskutek oddziaływań indukcyjnych..... | 11 |
| 3.7 | Konserwacja wskutek oddziaływań indukcyjnych..... | 11 |
| 3.7.1 | Przeglądy urządzeń piorunochronnych LPS (lighting protection system)..... | 11 |
| 3.7.2 | Kolejność przeglądów..... | 11 |
| 3.7.3 | Okres między przeglądami LPS..... | 11 |
| 3.8 | Procedura sprawdzenia urządzeń piorunochronnych (LPS)..... | 12 |
| 3.8.1 | Sprawdzanie i badania LPS..... | 12 |
| 3.9 | Dokumentacja badań..... | 13 |
| 4. | Metody pomiarowe stosowane w miernikach rezystancji uziemień..... | 14 |
| 4.1 | Metoda 2p - pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych..... | 15 |
| 4.2 | Metoda 2p – pomiar rezystancji uziemień..... | 15 |
| 4.3 | Metoda 3p (spadku potencjału)..... | 15 |
| 4.4 | Metoda czteroprzewodowa (4p)..... | 18 |
| 4.5 | Metoda 3p z wykorzystaniem cęgów..... | 19 |
| 4.6 | Metoda dwucęgowa..... | 19 |
| 4.7 | Pomiary uziemień odgromowych..... | 21 |
| 4.8 | Metoda udarowa..... | 22 |
| 5. | Pomiary rezystywności gruntu..... | 23 |
| 6. | Wykonywanie protokołów z pomiarów..... | 25 |
| 7. | Usługi laboratoryjne..... | 27 |

1. Wstęp

Pomiary rezystancji uziemienia w istotny sposób różnią się od pozostałych pomiarów wykonywanych w celu oceny ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. Wymagają one gruntownej wiedzy o budowie instalacji uziemiającej, zjawiskach zachodzących podczas wykonywania pomiarów oraz umiejętności radzenia sobie w niesprzyjających warunkach terenowych. Podejmując się badań układów uziemiających należy dysponować odpowiednią wiedzą oraz sprzętem pomiarowym, który będzie potrafił w maksymalny sposób pomóc w wykonaniu tych, skądinąd, nieprostych badań.

W 2008 r. zostały wprowadzone normy PN-EN 62305-1 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne oraz PN-EN 62305-2 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem. W normach tych zawarto opis uszkodzeń i strat powodowanych przez piorun, klasyfikację poziomów ochrony odgromowej oraz parametry pioruna. Zdefiniowane zostało również pojęcie impedancji uziemienia.

W 2009 roku wprowadzono kolejne dalsze arkusze tej normy - PN-EN 62305-3 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia oraz PN-EN 62305-4 Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.

W normach tych zawarto wymagania i sposoby praktycznych realizacji, które dotyczą projektowanych systemów ochrony odgromowej, metody konserwacji i weryfikacji poprawności montażu.

Opisane w ww. normach wymagania wskazujące na konieczność pomiarów impedancji uziemienia odpowiadają funkcjonalności nowego miernika firmy SONEL S.A. - MRU-200. Przyrząd ten umożliwi wykonanie pomiarów rezystancji uziemienia nie tylko metodą techniczną (niskoczęstotliwościową), ale również udarową, zgodną z definicją w normie PN-EN 62305. W ofercie SONEL S.A. znajduje się cały szereg przyrządów do badania uziemień i rezystywności gruntu, od prostych dla mniej wymagających klientów przez coraz bardziej zaawansowane modele do w pełni profesjonalnych zastosowań w każdych warunkach technicznych.

Najbardziej zaawansowanym konstrukcyjnie jest miernik MRU-200, obecnie jedyny na świecie, który pozwala na wykonywanie pomiarów rezystancji uziemień w zasadzie wszystkimi znanymi metodami łącznie z metodą udarową, która pozwala użytkownikowi na wybór jednego z trzech dostępnych rodzajów zbrocza impulsu pomiarowego. W ofercie firmy znajdują się również mierniki MRU-120, MRU-105 (następca dobrze znanego miernika MRU-101), oraz MRU-20 i MRU-21.

2. Pomiary uziemień

2.1 Rodzaje uziemień

Uziemieniem nazywa się celowo wykonane połączenie części urządzenia lub instalacji elektrycznej z przedmiotem metalowym znajdującym się w ziemi, zwanym uziomem.

W zależności od zadania spełnianego przez uziemienie, rozróżnia się uziemienia ochronne, robocze oraz odgromowe (funkcjonalne).

W zależności od elementów wykorzystywanych do budowy uziomów dzieli się je na naturalne i sztuczne.

Jako uziomy naturalne mogą być wykorzystywane: metalowe rury wodociągowe, elementy metalowe osadzone w fundamentach, zbrojenia betonu znajdującego się w ziemi oraz inne elementy metalowe mające dobrą styczność z ziemią.

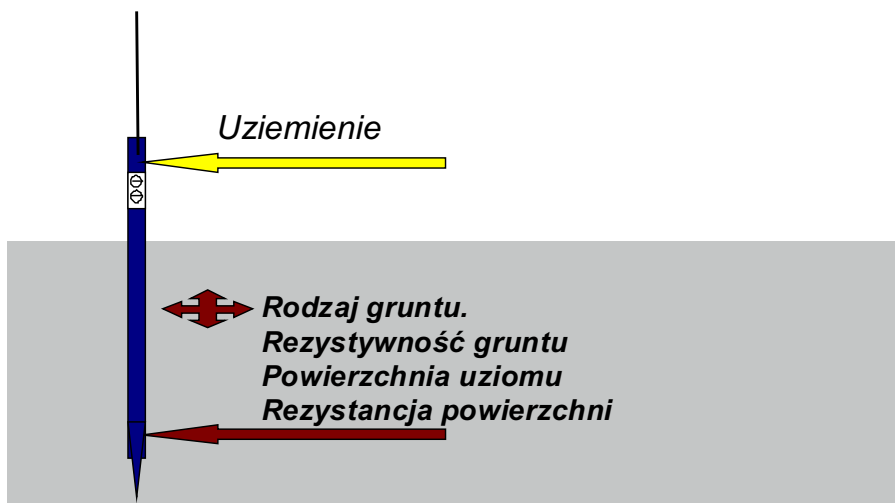
Jako uziomy sztuczne mogą być wykorzystywane kształtowniki, pręty, druty, linki, płyty lub taśmy stalowe, pokryte przewodzącymi powłokami ochronnymi (antykorozyjnymi) pograżone w gruncie poziomo (uziomy poziome) lub pionowo (uziomy pionowe).

Uziomy mogą być realizowane w postaci pojedynczych elementów poziomych lub pionowych (uziomy skupione) lub w postaci układu złożonego, składającego się z układu uziomów o zróżnicowanej konfiguracji (uziomy otokowe, kratowe, promieniowe). Uziomy w postaci układu złożonego są wykonywane w celu zapewnienia małej rezystancji uziemienia.

Przy wykonywaniu uziomów należy zwrócić uwagę na potencjały elektrochemiczne poszczególnych elementów systemu. Gdy system będzie się składał z połączenia uziomu fundamentowego naturalnego (stal w betonie) z uziomem sztucznym, znajdującym się na zewnątrz fundamentu, wykonanym ze stali ocynkowanej, to różnica potencjałów elektrochemicznych między tymi elementami będzie wynosiła około 1V. W wyniku tej różnicy będzie przepływał prąd powodujący korozję stali w gruncie. Uziomy o takiej konstrukcji nie mogą być stosowane a powinny być one wykonane ze stali pomiedziowanej, z miedzi lub ze stali nierdzewnej.

2.2 Czynniki wpływające na jakość uziomu

Rezystancja uziemienia w zasadzie zależy od rezystywności gruntu. Oczywiście więc jest, że wykonanie dobrego uziemienia na terenach o dużej rezystywności (np. grunty piaszczyste, tereny leśne) jest trudne i wymaga zdecydowanie większych nakładów niż na terenach podmokłych o niskiej rezystywności gruntu.



Rys. 1 Czynniki mające wpływ na wartość rezystancji uziemienia

Pomiary rezystywności gruntu, w fazie projektowania uziemienia, są niezbędne dla optymalnego dobru elementów układu uziemiającego i głębokości ich pograżenia w taki sposób, aby uzyskać zakładaną rezystancję uziemienia. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu realizacji inwestycji oraz jej optymalizację pod kątem kosztów. W większości przypadków głębokość pograżenia elementów uziomu wpływa na zmniejszenie jego rezystancji. Jednocześnie im głębiej pograżony jest uziom tym większa jest stabilność rezystancji uziemienia w czasie jego eksploatacji ze względu na ograniczony wpływ czynników zewnętrznych (zmiany pór roku, deszcze). Prawdłowo wykonane uziemienie powinno zapewnić:

- niską zakładaną wartość jego rezystancji (impedancji),

- jak najmniejszą zmienność rezystancji (impedancji) w czasie,
- maksymalną odporność elementów uziomu na korozję.

2.3 Czynniki wpływające na dokładność pomiarów

W czasie wykonywania pomiarów rezystancji uziemień dokonywany jest pomiar prądu płynącego przez mierzone uziemienie oraz spadek napięcia na tym uziemieniu. Z prawa Ohma obliczana jest wartość rezystancji uziemienia. Rezystancję uziomu mierzy się prądem przemiennym, ze względu na elektrolityczny charakter przewodności gruntu.

2.3.1 Wpływ prądów błędnych

Dokładność pomiaru rezystancji uziemień jest uzależniona od wielu czynników. Głównymi czynnikami powodującymi błędy pomiarów są prądy błędne (o częstotliwości sieciowej oraz jej harmoniczne). W czasie pomiarów uziemień roboczych wskazane jest zastosowanie częstotliwości prądu pomiarowego możliwie bliskiej częstotliwości sieciowej ale różnej od częstotliwości 50 Hz i jej harmonicznych. Spełnienie tego warunku jest bardzo trudne w praktyce i powoduje to bardzo wysokie wymagania konstrukcyjne miernika. Jedynie najlepsi producenci potrafią spełnić ten warunek i oczywiście jest on spełniony we wszystkich miernikach SONEL S.A. Układy pomiarowe w tych przyrządach doskonale radzą sobie z prądami zakłócającymi w gruncie, o częstotliwości sieciowej jak i częstotliwościach harmonicznych. Miernik MRU-200 posiada funkcję analizy napięć zakłócających oraz automatyczny dobór właściwej częstotliwości pomiarowej dla zmierzonych prądów zakłócających. Prąd pomiarowy generowany w miernikach SONEL S.A. ma wartość powyżej 200mA (oprócz MRU-21), co w powiązaniu z rozbudowanym układem filtrującym zakłócenia daje najwyższą odporność na napięcia zakłócające o amplitudzie do 24V AC (czyli 68V_{pp}).

2.3.2 Wpływ elektrod pomocniczych

Rezystancja elektrod pomocniczych wpływa na błąd dodatkowy pomiaru. Im jest ona większa, tym większy jest wpływ na wynik pomiaru. Osoba wykonująca pomiary, znając wartość rezystancji elektrod pomocniczych, może interweniować w przypadku, kiedy wspomniana rezystancja jest zbyt wysoka i próbować ją zmniejszyć przez wbicie dłuższych elektrod, zwilżenie gruntu bądź wbicie ich w innym miejscu. Można też wykorzystać uziemienia już istniejące, jeśli takie występują np. metalowe słupy latarni itp. Fakt, iż przyrządy oferowane przez SONEL S.A. wskazują wartość rezystancji sond pomocniczych, wyliczają automatycznie ich wpływ na błąd dodatkowy oraz pozwalają na przeprowadzenie pomiarów nawet przy znacznych ich rezystancjach, stanowi o ich unikalności pośród wszystkich mierników do badania rezystancji uziemienia.

2.3.3 Wpływ nawilgocenia gruntu

Bardzo duży wpływ na wynik pomiaru rezystancji uziemienia ma stopień nawilgocenia gruntu. Pomiary wykonane po deszczu wskażą znacznie niższą wartość rezystancji uziemienia. Jeśli nie ma możliwości wykonania pomiarów w okresie w warunkach normalnego nawilgocenia, należy zastosować współczynniki korekcyjne.

W zależności od aktualnego nawilgocenia gruntu oraz sposób wykonania uziomu, wyniki pomiaru należy pomnożyć przez podany w tabeli 1 współczynnik $K_p = 1,1$ do 3. Współczynniki podane w tablicy umożliwiają korygowanie sezonowych zmian rezystancji uziemień.

Tabela 1. Wartości współczynnika korekcyjnego poprawkowego Kp

| Rodzaj uziomu | Współczynnik korekcyjny poprawkowy Kp w zależności od nawilgocenia gruntu | | |
|---|---|----------|-------------|
| | suchy | wilgotny | b. wilgotny |
| Uziom głęboki pionowy pod powierzchnią ziemi ponad 5m | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| j.w. lecz pod powierzchnią ziemi 2,5 - 5m | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| Uziom poziomy w ziemi na głębokości ok. 1m | 1,4 | 2,2 | 3,0 |

Można przyjąć zasadę, że:

- dla pomiarów wykonywanych w okresie 2 do 3 dni po opadach,
- dla pomiarów wykonywanych od września do października (największe rezystancje uziomów w ciągu roku),

nie trzeba stosować współczynników korekcyjnych.

2.4 Dokładność pomiarów a zakres pomiarowy miernika

Przyrządy, w zależności od mierzonych instalacji uziemiających, ich charakteru i właściwości, powinny być tak dobrane aby umożliwiały wykonanie pomiarów zgodnie z odpowiednimi częściami normy PN-EN 61557:

- PN-EN 61557- część 4 „Rezystancja przewodów uziemiających i wyrównawczych”
- PN-EN 61557- część 5 „Rezystancja uziemień”

Wymaga się aby pomiary nie były obciążone błędem całkowitym większym niż 30%. Najczęściej popełnianym błędem przez użytkowników jest posługiwanie się przyrządem poza jego zakresem pomiarowym. Prowadzi to do niedopuszczalnego uwzględniania wyników spoza zakresu do dokonywania oceny przydatności danego obiektu do eksploatacji. Zakres pomiarowy miernika podaje przedział pomiarowy, w którym błąd pomiarowy jest mniejszy od dopuszczalnego.

Bardzo często użytkownicy przyrządów nie zwracają uwagi na zakres pomiarowy, najczęściej patrząc na zakresy wyświetlane i rozdzielczość miernika. Często nie potrafią obliczyć błędu pomiaru na podstawie danych podanych przez producenta. Może się zdarzyć, że wykonane pomiary będą miały błąd większy od dopuszczalnego. Zakres pomiarowy miernika determinuje możliwości jego zastosowania.

Obecnie producenci przyrządów pomiarowych mają obowiązek umieszczania na miernikach zakresów pomiarowych, przy uwzględnieniu dopuszczalnych wartości błędów podanych w normie PN-EN 61557. Dzięki nim można szybko dokonać porównania mierników i ocenić ich przydatność do różnych zastosowań.

Przykładowo dla pomiaru ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych miernikiem MRU-200 wartość wyświetlana jest z rozdzielnością 0,001Ω z dokładnością dla zakresu 0,000 ...3,999Ω ± (2%+4 cyfry), co daje zakres pomiarowy wg PN-EN 61557-4: 0,045Ω...19,9kΩ. Dla pomiaru rezystancji uziemień metodą 3- i 4-przewodową zakres pomiarowy wg PN-EN 61557-5: 0,100Ω...19,9kΩ. Oznacza to, że wyniki pomiarów mieszczące się w tych zakresach mają dokładność lepszą niż 30% i mogą być umieszczone w protokole. Możliwości pomiarowe mierników SONEL S.A należą do najlepszych na świecie.

3. Wykonywanie pomiarów ochrony odgromowej zgodnie z normą PN-EN 62305

3.1 Źródła i typy uszkodzeń obiektu i strat

Prąd pioruna jest źródłem uszkodzeń. W zależności od miejsca uderzenia pioruna rozpatrywane są następujące sytuacje:

- S1: wyładowania w obiekt,
- S2: wyładowania w pobliżu obiektu,
- S3: wyładowania w urządzenia usługowe przyłączone do obiektu,
- S4: wyładowania w pobliżu urządzeń usługowych przyłączonych do obiektu.

W wyniku uderzenia rozróżnia się trzy podstawowe typy uszkodzeń:

- D1: porażenie istot żywych wskutek napięć krokowych i dotykowych,
- D2: uszkodzenie fizyczne pod wpływem prądu piorunowego, łącznie z iskrzeniem (pożar, wybuch, uszkodzenie mechaniczne, uwolnienie chemikaliów),
- D3: awarie urządzeń wewnętrznych wskutek impulsu elektromagnetycznego.

Norma uwzględnia następujące typy strat:

- L1: utrata życia ludzkiego,
- L2: utrata usług publicznych,
- L3: utrata dziedzictwa kulturowego,
- L4: straty materialne (obiektu i jego zawartości, urządzenia usługowego i jego aktywności).

3.2 Środki ochrony

W celu zmniejszenia ryzyka porażenia istot żywych wskutek napięć dotykowych i krokowych stosuje się:

- odpowiednią izolację dostępnych części przewodzących,
- ekwipotencjalizację za pomocą uziomu kratowego,
- fizyczne ograniczenia i napisy ostrzegawcze.

Ekwipotencjalizacja nie jest skuteczna w przypadku napięć dotykowych. Zwiększenie rezystywności powierzchniowej warstwy gruntu wewnątrz i na zewnątrz obiektu może zmniejszyć zagrożenie życia.

W celu redukcji szkód fizycznych stosuje się:

- a) w odniesieniu do obiektów
 - urządzenie piorunochronne LPS (lightning protection system), gdy instalowane są urządzenia do ograniczania przepięć (SPD- surge protective device), to bardzo ważnym środkiem redukcji niebezpieczeństwa pożarowego i wybuchowego oraz zagrożenia życia jest ekwipotencjalizacja.
- b) w odniesieniu do urządzeń usługowych
 - przewód osłonowy (bardzo skuteczną osłonę kabli układanych w ziemi stanowią metalowe kanały).

W celu redukcji możliwości awarii urządzeń elektrycznych i elektronicznych stosuje się:

- a) w odniesieniu do obiektów
 - system środków ochrony przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym, składający się z następujących środków do indywidualnego lub wspólnego użycia:
 - środki uziemiające i wyrównawcze,
 - ekranowanie magnetyczne,

- trasowanie linii,
 - ochrona z wykorzystaniem urządzeń do ograniczania przepięć
- b) w odniesieniu do urządzeń usługowych
- urządzenia do ograniczania przepięć stosowane w różnych miejscach wzdłuż linii i na jej krańcu,
 - ekrany magnetyczne kabli.

3.3 Poziom ochrony odgromowej (LPL)

Norma PN-EN 62305-1 wprowadza cztery poziomy (I do IV) ochrony odgromowej. Dla każdego poziomu (LPL lightning protection level) ustalone są zestawy maksymalnych i minimalnych parametrów pioruna przedstawione w Tabeli 2.

Tabela 2. Maksymalne wartości parametrów pioruna powiązanych z LPL

| Pierwszy uder krótkotrwały | | | LPL | | | |
|------------------------------|-------------|-----------|----------|------|-----|----|
| Parametry prądu | Symbol | Jednostka | I | II | III | IV |
| Wartość szczytowa | I | kA | 200 | 150 | 100 | |
| Ładunek uderu krótkotrwałego | Q_{short} | C | 100 | 75 | 50 | |
| Energia właściwa | W/R | MJ/Ω | 10 | 5,6 | 2,5 | |
| Parametry czasu | T_1/T_2 | μs/μs | 10/350 | | | |
| Następny uder krótkotrwały | | | LPL | | | |
| Parametry prądu | Symbol | Jednostka | I | II | III | IV |
| Wartość szczytowa | I | kA | 50 | 37,5 | 25 | |
| Średnia stromość | di/dt | kA/μs | 200 | 150 | 100 | |
| Parametry czasu | T_1/T_2 | μs/μs | 0,25/100 | | | |
| Uder długotrwały | | | LPL | | | |
| Parametry prądu | Symbol | Jednostka | I | II | III | IV |
| Ładunek uderu długotrwałego | Q_{long} | C | 200 | 150 | 100 | |
| Parametry czasu | T_{long} | s | 0,5 | | | |
| Wyładowanie piorunowe | | | LPL | | | |
| Parametry prądu | Symbol | Jednostka | I | II | III | IV |
| Ładunek wyładowania | Q_{flash} | C | 300 | 225 | 150 | |

Tabela 3. Minimalne wartości parametrów pioruna i odpowiadający im promień toczonej się kuli w powiązaniu z LPL

| Kryteria przechwytywania | | | LPL | | | |
|---------------------------|--------|-----------|-----|----|-----|----|
| | Symbol | Jednostka | I | II | III | IV |
| Minimalny prąd szczytowy | I | kA | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Promień toczonej się kuli | r | m | 20 | 30 | 45 | 60 |

3.4 Strefy ochrony odgromowej (LPZ)

Zastosowane środki w postaci LPS, przewody osłonowe, ekrany magnetyczne i SPD określają strefy ochrony odgromowej (LPZ lightning protection zone).

LPZ zlokalizowane są ku wnętrzu od środka ochrony i charakteryzują się znacznym ograniczeniem

piorunowego impulsu elektromagnetycznego (LEMP) w stosunku do LEMP na zewnątrz LPZ.

Z uwagi na zagrożenie piorunowe określono następujące LPZ:

- LPZ 0A strefa, w której zagrożenie spowodowane jest bezpośrednim wyładowaniem piorunowym i całkowitym jego polem elektromagnetycznym. Na wewnątrz urządzenia mogą działać całkowite lub częściowe piorunowe prądy udarowe,
- LPZ 0B strefa chroniona przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi, ale zagrożona oddziaływaniem całkowitego pola elektromagnetycznego. Na wewnątrz urządzenia mogą oddziaływać częściowe piorunowe prądy udarowe.
- LPZ 1 strefa, w której prąd udarowy jest ograniczony przez jego podział i przez SPD na jej granicy. Ekranowanie przestrzenne może osłabiać piorunowe pole elektromagnetyczne,
- LPZ 2,...,n strefa, w której prąd udarowy może być dalej ograniczony przez jego podział i dodatkowe SPD na granicy. Dodatkowe ekranowanie przestrzenne może być zastosowane w celu dalszego osłabienia piorunowego pola elektromagnetycznego.

Na ogół im wyższy numer strefy, tym bardziej obniżone parametry środowiska elektromagnetycznego. W normie podano szczegółowe zasady projektowania systemów ochrony odgromowej w poszczególnych strefach.

3.5 Ochrona obiektów

3.5.1 Ochrona w celu ograniczenia możliwości wystąpienia szkody fizycznej i zagrożenia życia

Obiekt poddawany ochronie powinien znajdować się wewnątrz LPZ 0B lub strefie wyższej. Realizuje się to przez zastosowanie urządzenia piorunochronnego (LPS).

LPS składa się z urządzenia zewnętrznego urządzenia wewnętrznego.

Zewnętrzne urządzenie LPS ma za zadanie:

- przejąć wyładowanie piorunowe skierowane w obiekt (za pomocą układu zwodów),
- odprowadzić prąd pioruna bezpiecznie do ziemi (za pomocą przewodów odprowadzających),
- rozproszyć go w ziemi (za pomocą układu uziomowego).

Wewnętrzne urządzenie LPS zapobiega niebezpiecznemu iskrzeniu w obiekcie, z zastosowaniem połączeń wyrównawczych, albo odstępów izolacyjnych między elementami LPS a innymi przewodzącymi elementami wewnątrz obiektu.

Dla poziomów ochrony odgromowej (LPL) określono odpowiadające im cztery klasy LPS (I, II, III, IV).

Jeśli rezystywność powierzchniowa gruntu na zewnątrz i podłogi wewnątrz obiektu nie jest dostatecznie wysoka, zagrożenie życia napięciem krokowym i dotykowym redukowane jest przez:

- izolowanie dostępnych części przewodzących na zewnątrz obiektu, wyrównywanie potencjału gruntu za pomocą uziomu kratowego, stosowanie napisów ostrzegawczych i fizycznych ograniczeń,
- wewnątrz obiektu przez połączenia wyrównawcze urządzeń usługowych na wejściu do obiektu.

3.5.2 Ochrona w celu redukcji możliwości wystąpienia awarii urządzeń wewnętrznych

Piorunowy impuls elektromagnetyczny może powodować awarie urządzeń wewnętrznych. Ochrona powinna zapewniać ograniczenie:

- przepięć powodowanych wyładowaniami piorunowymi w obiekt w wyniku rezystancyjnych i indukcyjnych sprzężeń,
- przepięć powodowanych przez wyładowania piorunowe w pobliżu obiektu w wyniku sprzężeń indukcyjnych,
- przepięć przenoszonych przez linie przyłączone do obiektu,
- bezpośrednie sprzężenia pola magnetycznego z wewnętrznymi urządzeniami.

3.6 Udry piorunowe w różnych punktach instalacji

3.6.1 Udry powodowane wyładowaniami w obiekt

Określenie zagrożenia udarowego w różnych punktach instalacji pozwala na dobór przewodów oraz aparatury do ograniczenia przepięć. Udry napięciowe mogą być spowodowane przepływem prądów piorunowych jak również w wyniku indukcji w pętlach instalacji. Stosownie do tego zagrożenia należy dobrać stosowane urządzenia.

Prąd piorunowy przepływający do ziemi dzieli się pomiędzy uziom, zewnętrzne części przewodzące i linie połączone bezpośrednio lub za pośrednictwem urządzeń do ograniczenia przepięć.

Podział prądu piorunowego zależy od liczby równoległych dróg dla prądu, impedancji uziemienia dla części podziemnych lub rezystancji uziemienia w przypadku połączenia części napowietrznych z podziemnymi oraz impedancji uziemienia układu zwodów.

Impedancja uziemienia jest zdefiniowana w normie jako stosunek wartości szczytowych napięcia uziomu i prądu uziomu, które na ogół nie występują jednocześnie.

Impedancja uziemienia odpowiada rezystancji udarowej uziemienia, mierzonej miernikiem MRU-200.

W Tabeli 4 przedstawiono wartości rezystancji udarowej uziemienia Z i Z_1 , w zależności od klasy LPS, przyjmując za:

Z - umowną impedancję uziemienia układu uziomów,

Z_1 - umowną impedancję uziemienia części zewnętrznej lub linii podziemnych.

Tabela 4. Wartości Z i Z_1 impedancji umownych uziemienia w zależności od rezystywności gruntu

| ρ Ωm | Z_1 Ω | Umowna impedancja uziemienia związana z klasą LPS $Z \Omega$ | | |
|----------------------------|-------------------|---|----|----------|
| | | I | II | III - IV |
| ≤ 100 | 8 | 4 | 4 | 4 |
| 200 | 11 | 6 | 6 | 6 |
| 500 | 16 | 10 | 10 | 10 |
| 1000 | 22 | 10 | 15 | 20 |
| 2000 | 28 | 10 | 15 | 40 |
| 3000 | 38 | 10 | 15 | 60 |

UWAGA! Wartości podane w tablicy odnoszą się do umownej impedancji uziemienia zakopanego przewodu w warunkach udarowych (10/350 μs).

3.6.2 Udary wskutek oddziaływań indukcyjnych

Udary powodowane przez efekty indukcyjne pól magnetycznych, generowanych przez prąd pioruna płynący w zewnętrznym LPS albo przez pobliskie wyładowanie piorunowe, mają typowy kształt 8/20 μ .

3.7 Konserwacja wskutek oddziaływań indukcyjnych

3.7.1 Przeglądy urządzeń piorunochronnych LPS (lightning protection system)

Celem przeglądu jest upewnienie się, że:

- urządzenie piorunochronne jest zgodne z projektem opartym na normie PN-EN 62305,
- wszystkie elementy LPS są w dobrym stanie, są w stanie spełnić zadania projektowe i nie są skorodowane,
- wszystkie dodane później urządzenia usługowe lub konstrukcje są uwzględnione w LPS.

3.7.2 Kolejność przeglądów

Przeglądy powinny być wykonywane zgodnie z punktem 7.1 normy PN-EN 62305-3:

- w czasie budowy obiektu, aby sprawdzić wbudowane części,
- po zainstalowaniu LPS,
- okresowo z uwzględnieniem charakteru chronionego obiektu tj. ze względu na zagrożenie korozją i klasę LPS,
- po zmianach lub naprawach, lub kiedy wiadomo, że obiekt został uderzony przez piorun.

Podczas przeglądu okresowego szczególnie ważne jest sprawdzenie:

- pogorszenia się stanu elementów: zwodów, przewodów i połączeń oraz ich korozji,
- korozji uziomów,
- wartości rezystancji uziemienia układu uziomów,
- stanu połączeń, w tym wyrównawczych i mocowań.

3.7.3 Okres między przeglądami LPS

Oględziny LPS należy przeprowadzać przynajmniej raz w roku. W przypadku obszarów, gdzie występują znaczne zmiany pogody i wyjątkowe warunki pogodowe, zaleca się dokonywanie oględzin znacznie częściej niż podane w Tabeli 5.

Tabela 5. Maksymalny okres pomiędzy przeglądami LPS

| Poziom ochrony | Oględziny (lata) | Pełne sprawdzenie (lata) | Pełne sprawdzenie urządzeń krytycznych (lata) |
|----------------|------------------|--------------------------|---|
| I i II | 1 | 2 | 1 |
| III i IV | 2 | 4 | 1 |

UWAGA! LPS stosowane w przypadku obejmującym obiekty zagrożone wybuchem powinny być poddawane oględzinom co 6 miesięcy. Próby elektryczne instalacji powinny być wykonywane raz na rok. Dopuszczalnym wyjątkiem od rocznego planu badań byłoby wykonywanie ich w cyklu 14-15 miesięcznym, tam gdzie uznaje się za korzystne przeprowadzanie badań rezystancji uziemienia w różnych okresach roku tak, aby uchwycić zmiany sezonowe.

Okres pomiędzy kolejnymi badaniami LPS powinien być określony w zależności od następujących czynników:

- klasyfikacji chronionego obiektu, szczególnie z uwagi na powodowane uszkodzeniami skutki,
- klasy LPS,
- lokalnego środowiska, np. w środowisku o atmosferze korozyjnej powinny być krótkie okresy między badaniami,
- materiałów poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego,
- rodzaju powierzchni, do której przymocowane są elementy LPS,
- właściwości gruntu i związanego z nimi tempa korozji.
- narażeń mechanicznych.

W przypadku krytycznych warunków środowiskowych, naprężeń mechanicznych, pełne badania powinny być wykonywane co roku.

W przypadku występowania zmian rezystancji większych, niż w projekcie, gdy rezystancja między sprawdzeniami wzrasta, należy rozważyć poprawę układu uziemienia.

3.8 Procedura sprawdzenia urządzeń piorunochronnych (LPS)

Celem sprawdzenia jest upewnienie się, że LPS spełnia pod każdym względem wymogi normy PN-EN 62305.

Sprawdzanie obejmuje:

- kontrolę dokumentacji technicznej,
- oględziny,
- sprawdzanie i badania LPS, - sporządzenie protokołu z badań.

Sprawdzenie dokumentacji technicznej polega na kontroli jej kompletności, zgodności z normą i zgodności powykonawczej.

Oględziny są wykonywane, by sprawdzić czy:

- projekt jest zgodny z normą PN-EN 62305,
- LPS jest w dobrym stanie,
- nie ma obluźwionych połączeń i przypadkowych przerw w przewodach i złączach LPS,
- żadna z części nie uległa osłabieniu z powodu korozji, zwłaszcza przy ziemi,
- wszystkie połączenia z uziomem są nienaruszone,
- wszystkie widoczne przewody i elementy LPS są przytwierdzone do powierzchni montażowych,
- nie było zmian w chronionym obiekcie, wymagających dodatkowej ochrony,
- nie było żadnych oznak uszkodzenia LPS i SPD (ograniczników przepięć)
- prawidłowo wykonano połączenia wyrównawcze i wykonano próbę ciągłości,
- utrzymane są wymagane odstępy izolacyjne.

3.8.1 Sprawdzanie i badania LPS

Sprawdzanie i badania LPS obejmują oględziny i powinny być uzupełnione następującymi działaniami:

- sprawdzeniem ciągłości, szczególnie tych, które nie były widoczne podczas instalacji i nie są dostępne dla oględzin obecnie,

- przeprowadzaniem pomiaru rezystancji uziemienia zarówno układu uziołów jak i wyodrębnionych uziołów ze sporządzeniem raportu z badań.

Pomiary przy wielkiej częstotliwości (rezystancji udarowej) są możliwe zarówno w czasie instalacji jak i remontu układu uziemień w celu porównania zaprojektowanego układu uziołów z wymaganiami.

Należy dokonać pomiaru rezystancji uziemienia każdego lokalnego uziołu i gdzie jest to zasadne rezystancji uziemienia całego układu uziołów. Każdy lokalny uzioł powinien być poddany pomiarom oddzielnie z punktem probierczym pomiędzy przewodem odprowadzającym a każdym uziołem w stanie rozłączonym. Rezystancja względem ziemi układu uziołów, jako całości nie powinna przekraczać 10Ω . Jeżeli ma miejsce znaczny wzrost wartości rezystancji uziemienia, to należy znaleźć przyczynę tego wzrostu i podjąć działania w celu poprawy tej sytuacji.

W przypadku wykonywania uziołów w gruncie skalistym, uzioł fundamentowy powinien być umieszczony w fundamencie betonowym, mimo jego zmniejszonej skuteczności, działa wówczas jako przewód wyrównawczy. Do przewodów odprowadzających i do uziołów fundamentowych powinny być podłączone, poprzez zaciski probiercze, dodatkowe uzioły. Jeśli nie został wykonany uzioł fundamentowy, zamiast niego powinien być wykonany uzioł otokowy. Jeżeli ten uzioł nie może być zainstalowany w gruncie a musi być ułożony na jego powierzchni, to powinien być zabezpieczony przed uszkodzeniami mechanicznymi. Uzioły promieniowe, leżące na lub blisko powierzchni ziemi, powinny być - w celu ich mechanicznej ochrony - przykryte kamieniami lub osadzone w betonie. Wymaganie dla gruntów skalistych dotyczące 10Ω nie ma w tym przypadku zastosowania.

Należy dokonać oględzin wszystkich przewodów, połączeń i złączy lub dokonać pomiaru ich ciągłości galwanicznej. Jeżeli układ uziołów nie odpowiada wymaganiom lub kontrola nie jest możliwa z braku informacji, to układ uziołów powinien być poprawiony przez zainstalowanie dodatkowych uziołów lub zainstalowanie nowego układu uziołów.

3.9 Dokumentacja badań

Zgodnie w wymogami normy PN-EN 62305 z badań LPS powinien być sporządzony raport. Raport powinien być przechowywany razem z raportem projektowym LPS i z poprzednio sporządzonymi raportami z konserwacji i badań LPS.

Raport z badań LPS powinien zawierać informacje dotyczące:

- ogólnego stanu zwodów w postaci przewodów i innych ich elementów,
- ogólnego poziomu korozji i stanu ochrony przed korozją,
- pewności mocowania przewodów i elementów LPS,
- pomiarów rezystancji uziemienia układu uziołów,
- jakiegokolwiek odstępstwa od normy PN-EN 62305,
- dokumentacji wszystkich zmian i rozbudowy LPS i jakichkolwiek zmian obiektu. Dodatkowo powinny być sprawdzone rysunki konstrukcyjne LPS i opis jego projektu,
- wyniki przeprowadzonych prób.

4. Metody pomiarowe stosowane w miernikach rezystancji uziemień

Pomiary rezystancji uziemień są wykonywane:

- metodą techniczną,
- metodą techniczną z wykorzystaniem cęgów dla pomiaru uziemień wielokrotnych,
- metodą dwucęgową dla pomiarów bez elektrod pomocniczych,
- metodą udarową.

W zależności od charakteru mierzonego uziemienia wykonuje się pomiary rezystancji uziemienia lub pomiaru rezystancji udarowej, odpowiadającej impedancji uziemienia wg normy PN-EN 62305.

Pomiary rezystancji uziemienia dokonywane są prądem pomiarowym o częstotliwości bliskiej częstotliwości sieciowej (np. dla uziemień roboczych). Pomiary rezystancji udarowej dokonywane są prądem o kształcie odpowiadającym kształtowi pioruna (dla uziemień odgromowych).

SONEL S.A. oferuje mierniki pozwalające na wykonywanie pomiarów różnymi metodami.

Wśród oferty SONEL S.A. do pomiarów uziemień wyróżniają się mierniki MRU-200 i MRU-120, które pozwalają na wykonywanie pomiarów większością znanych metod:

- metodą 2-przewodową (2p) - pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych,
- metodą 3-przewodową (3p) - pomiar rezystancji uziemień metodą techniczną,
- metodą 4-przewodową (4p) - pozwalającą na eliminację wpływu na wynik pomiaru rezystancji przewodu łączącego miernik z uziemieniem,
- metodą 3p z cęgami – pozwalającą na pomiar rezystancji uziemień wielokrotnych bez rozłączania złącza kontrolnego,
- metodą dwucęgową – pozwalającą na pomiar rezystancji uziemień bez elektrod pomocniczych.

Mierniki posiadają funkcję pomiaru rezystywności gruntu. Dodatkowo miernik MRU-200 pozwala również na pomiary metodą udarową – impedancji uziemienia wg wymagań normy PN-EN 62305 dla pomiarów uziemień odgromowych oraz pomiaru prądów upływowych (uszkodzeniowych) z wykorzystaniem cęgów.

Mierniki MRU-200 i MRU-120 pozwalają na wykonywanie pomiarów w sieciach o częstotliwości nominalnej 50 Hz lub 60Hz. Dodatkowo MRU-200 pozwala na pomiary dla częstotliwości 16 2/3Hz i 400Hz. Wybór częstotliwości sygnału pomiarowego (125Hz lub 150Hz) może być dokonywany ręcznie przez osobę wykonującą pomiary (dla mierników MRU-200 i MRU-120) lub automatycznie przez miernik na podstawie analizy napięć zakłócających (dla MRU-200). Miernik MRU-200 ma najlepsze parametry metrologiczne (zakres pomiarowy od 0,100Ω, rozdzielczość pomiaru od 0,001Ω).

Miernik MRU-105 pozwala na wykonanie pomiarów poniższymi metodami:

- metodą 2p,
- metodą 3p,
- metodą 4p,
- metodą 3p z cęgami,

Dodatkowo możliwe są pomiary rezystywności gruntu. Miernik umożliwia pomiary w sieci o częstotliwości 50Hz.

Miernik MRU-20 i MRU-21 umożliwia pomiary rezystancji uziemień:

- metodą 2p,

- metodą 3p przy rezystancji elektrod pomocniczych do 50 k Ω .

Dodatkowo możliwy jest pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych prądem 200mA z możliwością autozerowania rezystancji przewodów pomiarowych.

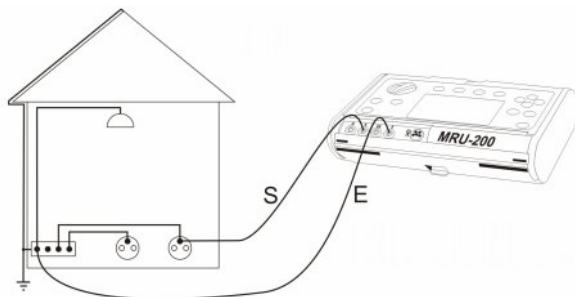
Wszystkie mierniki podczas pomiaru rezystancji uziemienia mierzą również rezystancje elektrod pomocniczych oraz analizują ich wpływ na wartość dodatkowego błędu. Mierzone jest również napięcie zakłócające. Mierniki pozwalają na pomiar rezystancji uziemienia dla napięć zakłócających do 24V.

4.1 Metoda 2p - pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych

Norma PN-EN 62305 wymaga sprawdzenia połączeń przewodów odprowadzających z uziomami. Sprawdzenia te są szczególnie ważne gdy nie są widoczne przewody uziemiające. Takie sprawdzenia wykonywane są zgodnie z normą PN-EN 61557- część 4 „Rezystancja przewodów uziemiających i przewodów wyrównawczych”. Zgodnie z tą normą minimalny prąd pomiarowy wynosi nie mniej niż 200mA, a napięcie na rozwarzonych zaciskach ma być w zakresie 4...24V. Warunki te są spełnione przy pomiarach wykonywanych miernikami MRU-200, MRU-120, MRU-105, MRU-20 i MRU-21.

Sposób pomiaru ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych przedstawiony jest na Rys.2.

Miernik pozwala na zastosowanie przewodów o różnej długości. Aby ich rezystancja nie wpływała na wynik pomiaru można dokonać ich autokalibracji. W czasie autokalibracji mierzona jest rezystancja przewodów pomiarowych, w efekcie czego nie sumuje się ona z rezystancją mierzoną i wynik jest obciążony dodatkowym błędem.



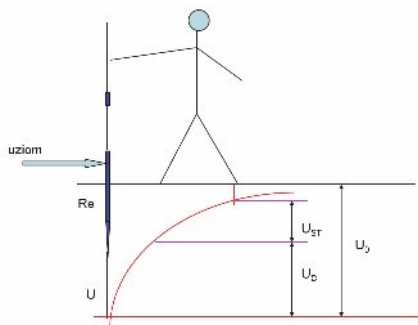
Rys. 2 Pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych - metoda 2p

4.2 Metoda 2p – pomiar rezystancji uziemień

Metoda 2p może być również stosowana do pomiaru rezystancji uziemień. W sytuacji, gdy znany jest układ uziomów oraz dostępne jest uziemienie o znanej wartości rezystancji, wynik pomiaru będzie sumą rezystancji uziemień: mierzonego uziemienia i tego o znanej wartości.

4.3 Metoda 3p (spadku potencjału)

Do pomiarów rezystancji uziemień najczęściej wykorzystywana jest metoda techniczna nazywana często metodą spadku potencjału. Podczas pomiaru mierzy się spadek napięcia na uziemieniu i przepływający przez nie prąd, z prawa Ohma wyliczana jest rezystancja.

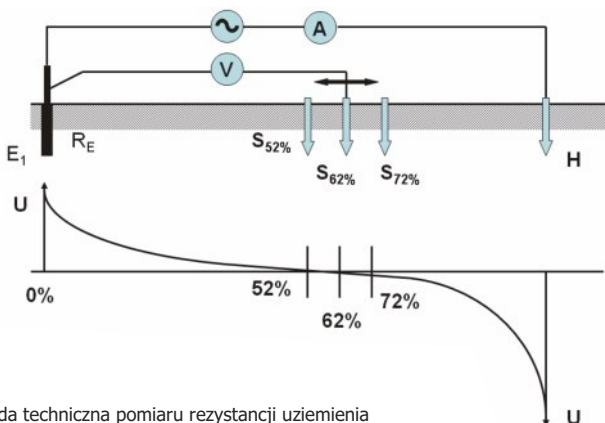


Rys. 3 Rozkład napięcia wokół uziemienia (U_c -napięcie dotykowe, U_{st} -napięcie krokowe)

Na rys. 3 przedstawiono rozkład potencjału wokół uziemienia w przypadku przepływu prądu uszkodzeniowego.

Na Rys. 4 przedstawiono zasadę pomiaru rezystancji uziemień metodą techniczną. Mierzona jest rezystancja uziemienia R_E . Aby dokonać pomiaru należy umieścić dwie dodatkowe elektrody pomocnicze:

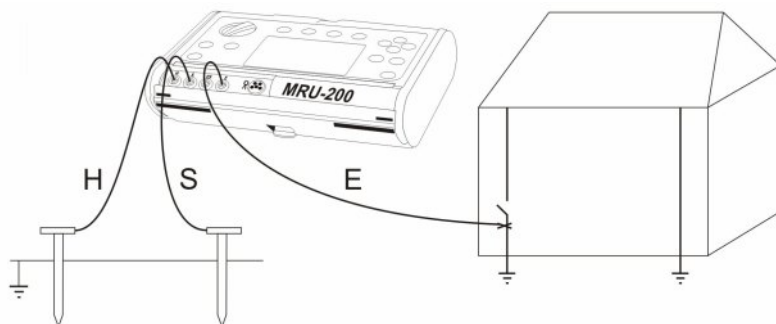
- elektrodę H, w celu umożliwienia wymuszenia przepływu prądu w obwodzie:
 - uziom mierzony R_E → miernik → elektroda prądowa H → ziemia,
- elektrodę S, do pomiaru spadku napięcia na rezystancji mierzonego uziemienia w wyniku przepływającego prądu.



Rys. 4 Metoda techniczna pomiaru rezystancji uziemienia

Elektrody umieszcza się w jednej linii. Elektrode napięciową umieszcza się w połowie odległości między elektrodami. W tej metodzie ważnym jest rozmieszczenie elektrod pomocniczych tak, by występowało miejsce potencjału zerowego - wówczas będzie poprawnie mierzony spadek napięcia na uziemieniu. Im większy rozstaw między mierzonym uziemieniem a elektrodą prądową H, tym szerszy jest obszar występowania potencjału zerowego. Aby sprawdzić, czy miejsce wbicia elektrody napięciowej zostało wybrane poprawnie, należy

wykonać dodatkowe dwa pomiary. Jeżeli po przestawieniu elektrody napięciowej w kierunku mierzonego uziemienia i w kierunku elektrody prądowej (najczęściej o kilka metrów) różnica między wynikami będzie nieznaczna, należy uznać, że właściwie wybrano miejsca rozstawienia elektrod. Średnia arytmetyczna trzech wyników jest zmierzoną wartością rezystancji uziemienia.



Rys. 5 Pomiar rezystancji uziemienia metodą 3p

Gdy po przestawieniu elektrod wyniki będą znacznie różniły się od siebie, należy przesunąć miejsce elektrod (najczęściej w kierunku elektrody prądowej H) lub zwiększyć odległość między elektrodami. Jeśli to również nie pomoże, należy rozmieścić elektrody w innym kierunku. Powodem problemów z pomiarami uziemień mogą być np. rury wodociągowe w ziemi (przepływ prądu przez metaliczne połączenia).

W praktyce najczęściej wykorzystuje się całą długość przewodów pomiarowych (w przypadku miernika MRU-200 będzie to 50m dla elektrody prądowej i 25m dla elektrody napięciowej). Sposób pomiaru rezystancji uziemienia metodą 3p przedstawia Rys.5.

Dla pomiaru uziomów rozległych wymagane są znaczne długości przewodów pomiarowych. W takich przypadkach stosowane jest łączenie przewodów pomiarowych na szpulach (szpule są przystosowane do łączenia).

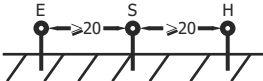
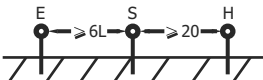
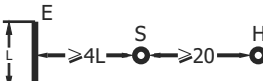
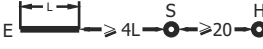
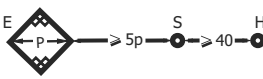
W przypadku pomiarów uziemień wielokrotnych należy rozłączyć złącze kontrolne. W przeciwnym wypadku pomiar będzie rezystancją wypadkową całego systemu.

W czasie wykonywania pomiarów, mierniki MRU-200, MRU-120, MRU-105, MRU20 i MRU-21 mierzą również wartość napięć zakłócających. Dodatkowo miernik MRU-200 ma funkcję automatycznego wyboru częstotliwości pomiarowej w zależności od częstotliwości prądów błądzących.

Najwyższe parametry tego miernika pozwalają na wykonywanie pomiarów rezystancji uziemień z wykorzystaniem MRU-200 w najbardziej wymagających warunkach, dla bardzo małych wartości uziemień.

Zalecane odległości między elektrodami pomocniczymi przy pomiarach rezystancji uziemienia

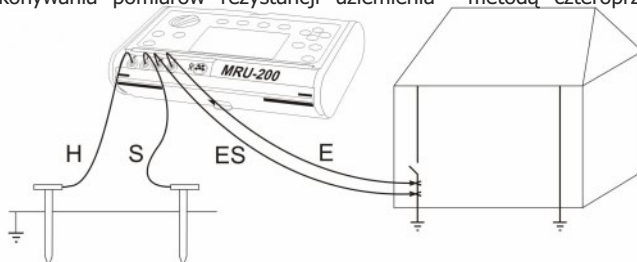
Tabela 5. Zalecane odległości między elektrodami pomocniczymi

| Budowa uziomu badanego pomocniczego | Najmniejsze odległości w m lub odległości względne przy położeniu sondy w jednej linii z uziomem badanym E |
|--|--|
| Uziom badany E pojedynczy pionowy o długości $L \leq 3$ |  |
| Uziom badany E pionowy o długości $L \geq 3$ |  |
| Uziom badany E poziomy o długości $L \leq 3m$ |  |
| Uziom badany E poziomy o długości $L \geq 10m$ |  |
| Uziom badany E wielokrotny poziomy w kształcie kwadratu o przekątnej p |  |

zawiera Tabela 5.

4.4 Metoda czteroprzewodowa (4p)

Metoda czteroprzewodowa (4p) stosowana jest do pomiaru uziemień, gdy wymagana jest wysoka dokładność pomiarów. W metodzie 3p wyświetlana wartość jest sumą mierzonej rezystancji uziemienia oraz przewodu pomiarowego, między zaciskiem E miernika i mierzonym uziomem. W metodzie 4p zastosowanie kolejnego, czwartego przewodu, podłączonego między zaciskiem ES miernika a mierzonym uziomem, eliminuje wpływ rezystancji przewodu pomiarowego. Podobnie jak w metodzie 3p, konieczne jest rozłączenie złącza kontrolnego (w przeciwnym wypadku zmierzona zostanie rezystancja uziemienia całego systemu uziemień). Sposób wykonywania pomiarów rezystancji uziemienia metodą czteroprzewodową (4p)

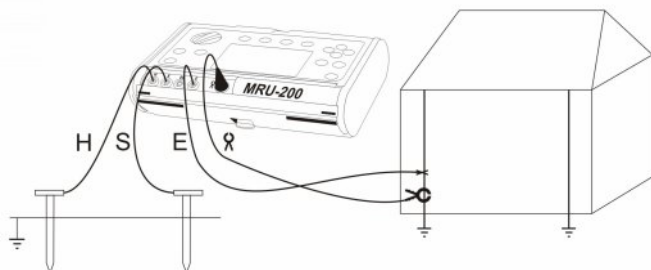


Rys. 6 Pomiar rezystancji uziemienia metodą czteroprzewodową.

przedstawia Rys. 6.

4.5 Metoda 3p z wykorzystaniem cęgów

Często w praktyce pomiarowej konieczne jest wykonanie pomiaru rezystancji uziemień wielokrotnych, gdy nie ma możliwości rozłączenia złącza kontrolnego. Jedyną możliwością wykonania pomiaru jest zastosowanie metody 3p z cęgami. W tej metodzie stosuje się dwie elektrody pomocnicze, identycznie jak w metodzie 3p. Ponieważ złącze kontrolne nie jest rozwarte, prąd pomiarowy z zacisku E miernika płynie zarówno przez mierzone uziemienie jak i przez pozostałe uziemienia. Aby określić prąd płynący przez mierzone uziemienie, wykorzystywane są cęgi pomiarowe. Na podstawie zmierzonego spadku napięcia na mierzonym uziemiu i wartości zmierzonego prądu, wyliczana jest wartość rezystancji uziemienia. Podczas wykonywania pomiaru należy zwrócić uwagę na miejsce podłączenia cęgów. Powinny one być założone poniżej podłączenia przewodu E. W czasie pomiaru tylko część generowanego prądu przepływa przez mierzony uziom. Pozostała część prądu pomiarowego płynie przez resztę układu uziomów. Aby zapewnić najwyższą dokładność pomiaru, stosowane cęgi muszą być najwyższej klasy. Osiągnięty zakres pomiarowy dla miernika MRU-200 to $0,120\Omega \dots 1,99k\Omega$.



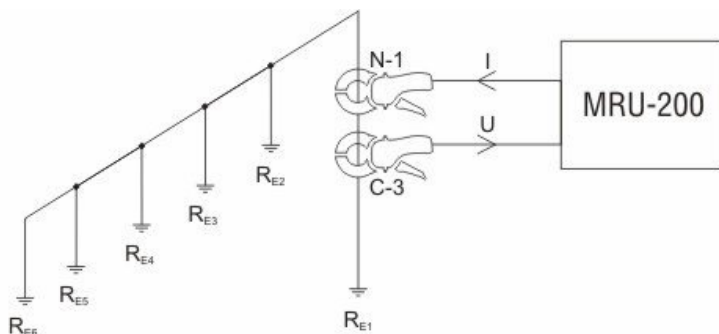
Rys. 7 Pomiar rezystancji uziemienia metodą 3p cęgami.

Sposób wykonania pomiarów metodą 3p z wykorzystaniem cęgów przedstawiono na Rys.7.

4.6 Metoda dwucęgową

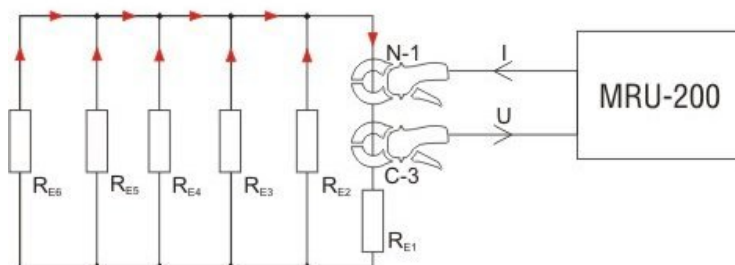
Od długiego czasu pomiary rezystancji uziemień w terenach zurbanizowanych sprawiały ogromne problemy. Aby wykonać pomiar rezystancji uziemień należy wygenerować prąd a potem na podstawie spadku napięcia obliczyć wartość rezystancji. W centrum miasta, gdzie zabudowa jest bardzo zwarta, często nie ma żadnej możliwości wbicia elektrod pomocniczych. W takich warunkach można zastosować metodę dwucęgową. Zasadę pomiaru metodą dwucęgową przedstawiono na Rys.8.

Celem pomiaru jest zmierzenie rezystancji uziemienia R_{E1} . Do tego uziemienia są dołączone inne uziemienia o rezystancjach $R_{E2}, R_{E3} \dots R_{En}$. W tej metodzie wykorzystuje się cęgi nadawcze (N-1) oraz cęgi odbiorcze (C-3). Cęgi nadawcze służą do wygenerowania napięcia w obwodzie. Prąd płynący w obwodzie jest uzależniony od wartości rezystancji obwodu - im mniejsza wartość rezystancji, tym większy będzie prąd. Cęgi odbiorcze mierzą płynący w obwodzie prąd. Na tej podstawie wyliczana jest wartość rezystancji uziemienia. Aby pomiar metodą dwucęgową był możliwy, musi być zamknięty obwód dla przepływu prądu. Z tego wynika, że nie jest możliwy pomiar pojedynczego uziemienia- rozwartego obwodu. Żeby dokonać pomiaru, należy pojedynczy



Rys. 8 Zasada pomiaru rezystancji uziemienia metoda dwucęgową.

uziom podłączyć do innego.



Rys. 9 Metoda dwucęgową - schemat zastępczy obwodu z Rys. 8.

System uziomów z Rys. 8 zastąpiono schematem zastępczym, przedstawionym na Rys. 9. Na schemacie zastępczym jest widoczna wyświetlona wartość rezystancji uziemienia R_E . Jak wynika z poniższego wzoru, wyświetlana wartość składa się z mierzzonego uziemienia R_{E1} oraz

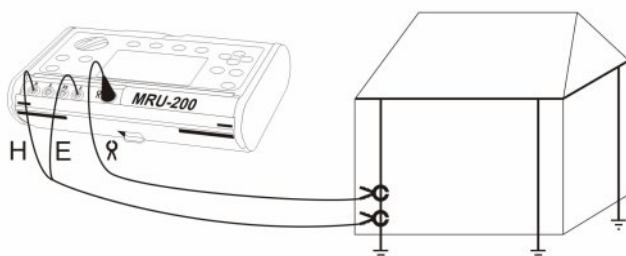
$$R_E = R_{E1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}} + \frac{1}{R_{E5}} + \frac{1}{R_{E6}}}$$

wypadkowej równoległego połączenia pozostałych uziomów.

Z tego wynika, że otrzymana wartość rezystancji uziemienia będzie zawyżona (dodatni błąd pomiaru). Jest to błąd metody. Ponieważ rezystancja wypadkowa dla równoległego połączenia pozostałych uziomów (czyli błąd pomiaru) będzie tym mniejsza, im więcej będzie tych dodatkowych uziomów, dlatego zaleca się wykonywanie pomiarów tą metodą w systemach o wielu uziemieniach.

Przykład

Mierząc rezystancję uziomu jak na Rys. 9 o wartości $R_{E1}=10\Omega$, wraz z uziomami $R_{E2}=R_{E3}=R_{E4}=R_{E5}=R_{E6}=10\Omega$, wyświetlona wartość przez miernik będzie wynosiła $R_E=10\Omega + 2\Omega=$



Rys. 10 Pomiar rezystancji uziemienia metodą dwucęgową

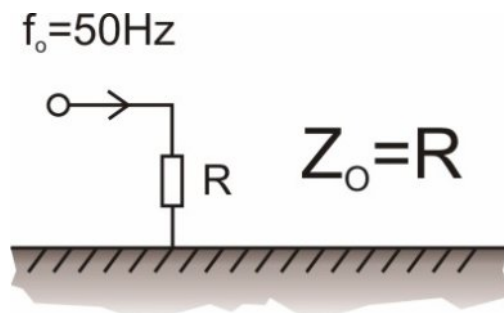
12Ω. Z tego wynika, że pomiar jest obciążony dodatnim błędem metody o wartości 2Ω.

Ponieważ uziemienia robocze pracują przy częstotliwości sieciowej 50Hz, wskazane jest wykonanie pomiarów sygnałem o częstotliwości możliwie bliskiej 50Hz. Tak to jest realizowane w miernikach SONEL S.A. (MRU-200, MRU-120) - dla częstotliwości sieciowej 50Hz pomiar wykonywany jest prądem o częstotliwości 125Hz. Wiąże się to z rozbudowanym układem elektronicznym miernika, ale pomiary te najlepiej odpowiadają wynikom dla częstotliwości 50Hz. Dodatkowo ważna jest średnica wewnętrzna cęgów, by można było wykonywać pomiary rezystancji uziemień np. na bednarce. Dla cęgów N-1 i C-3 średnica wewnętrzna wynosi 52mm (2 cale). Sposób wykonywania pomiarów metodą dwucęgową przedstawiono na Rys. 10. Przy pomiarach metodą dwucęgową nie jest istotne, czy cęgi nadawcze znajdują się na górze czy na dole. Ważna jest natomiast odległość między cęgami, aby nie było wpływu cęgów nadawczych na cęgi odbiorcze. Zalecana odległość to minimum 30cm.

4.7 Pomiary uziemień odgromowych

Projektowanie i wykonawstwo uziemień dla ochrony odgromowej różni się od uziemień roboczych, stosowanych np. dla ochrony przeciwporażeniowej. Szczegółowe informacje zawiera norma PN-EN 62305 – dotycząca ochrony odgromowej. Norma ta wprowadza pojęcie impedancji uziemienia. Impedancja uziemienia jest definiowana jako stosunek wartości szczytowej napięcia na uziemiu do szczytowej wartości przepływającego w nim prądu, które na ogół nie występują jednocześnie. Tak zdefiniowana w normie impedancja, mierzona przez miernik MRU-200 – nazwana jest rezystancją udarową R_u .

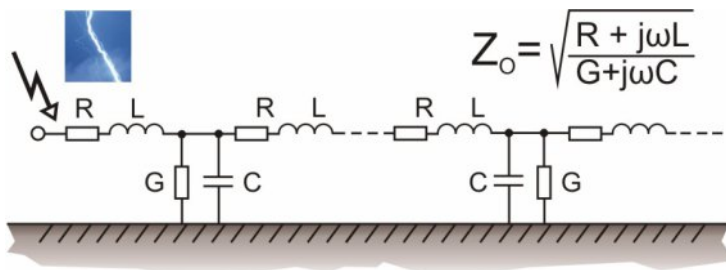
Uziemienie (np. bednaraka zakopana w ziemi) dla częstotliwości sieciowej (50Hz) może być



Rys. 11 Model elektryczny przewodnika umieszczonego w ziemi dla częstotliwości sieciowej

zamodelowana jako rezystancja. Impedancja w tym przypadku równa jest rezystancji (Rys.11).

Zupełnie inaczej wygląda model tego samego przewodnika w ziemi, dla uderzenia piorunowego. Dla wysokich częstotliwości, odpowiadających wyładowaniu piorunowemu, przewodnik powinien być rozpatrywany jako linia długa. Wówczas indukcyjność przewodnika i pojemności do ziemi zaczynają odgrywać znaczącą rolę. Rozpatrywanie przewodnika jako czystej rezystancji jest w tym przypadku błędem. Taki układ charakteryzuje się impedancją, uzależnioną nie tylko od rezystancji przewodnika, ale również od jego ułożenia w ziemi. Model elektryczny dla uderzenia



Rys. 12 Model elektryczny przewodnika umieszczonego w ziemi dla wyładowania piorunowego

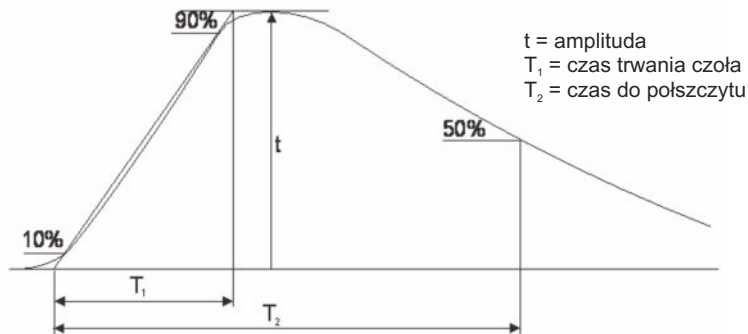
piorunowego przedstawiono na Rys. 12.

Jak wynika z modelu, największy udział w odprowadzaniu prądu piorunowego bierze początkowa część uziomu. Reakcja indukcyjna przewodu powoduje, że dalsze części uziemienia mają mniejszy wpływ na odprowadzanie prądu pioruna.

Sposób umieszczenia zwodów, prowadzenia przewodów odprowadzających i wykonania uziomu jest bardzo ważny dla skutecznej ochrony odgromowej i dlatego powinien być wykonany zgodnie z wymogami normy PN-EN 62305.

4.8 Metoda udarowa

Pomiary uziemień odgromowych powinny być wykonywane w sposób maksymalnie zbliżony do warunków w chwili uderzenia pioruna. Aby ten warunek był spełniony, prąd pomiarowy powinien mieć taki kształt, jaki powstaje na skutek wyładowania atmosferycznego. Kształt



Rys. 13 Określenie parametrów udaru krótkotrwałego (kształt impulsu pomiarowego dla metody udarowej mienikiem MRU-200)

impulsu pomiarowego przedstawiono na Rys. 13.

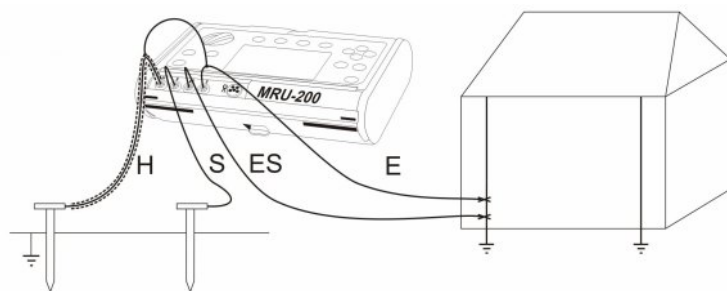
Miernik podczas pomiaru generuje szereg impulsów o podanym kształcie, amplitudzie 1,5kV i prądzie do 1A. Przyrząd umożliwia wykonanie pomiarów jednym z trzech kształtów impulsu:

- 4 μ s/10 μ s,
- 8 μ s/20 μ s,
- 10 μ s/350 μ s.

Impuls 10 μ s/350 μ s odpowiada pierwszemu udarowi krótkotrwałemu wg normy PN-EN 62305 (wg Tabeli 2). Impuls o kształcie 8 μ s/20 μ s odpowiada udarowi powodowanemu przez efekty indukcyjne pól magnetycznych, generowanych przez prąd pioruna w zewnętrznym LPS albo przez pobliskie wyładowanie piorunowe. Im krótszy jest wybrany impuls do pomiaru, tym większy jest wpływ reakcji.

Metoda wykonywania pomiarów uziemień odgromowych z wykorzystaniem metody udarowej różni się od pomiarów metodą techniczną 4p, wykorzystującej częstotliwości pomiarowe zbliżone do częstotliwości sieci energetycznych.

Zastosowanie metody 4- przewodowej eliminuje wpływ impedancji przewodu pomiarowego, łączącego mierzone uziwienie z miernikiem. Do pomiaru stosowany jest ekranowany przewód, eliminujący wpływ zakłóceń na wynik pomiaru. Ważnym jest podłączenie ekranu tego przewodu do zacisku E. Podczas pomiaru przewody pomiarowe muszą być całe rozwinięte i nie mogą być na szpulach, by nie powodować dodatkowej indukcyjności. Zupełnie inaczej niż w metodzie 4p należy rozmieścić elektrody pomocnicze. Aby nie było możliwości indukowania się napięcia w przewodzie S, spowodowanego przepływem prądu w przewodzie H, przewód S powinien być



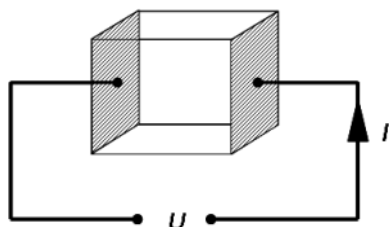
Rys. 14 Sposób podłączenia przewodów podczas wykonywania pomiarów metodą udarową

oddalony od przewodu H. Zaleca się ułożenie przewodów pod kątem większym od 60°.

5. Pomiar rezystywności gruntu

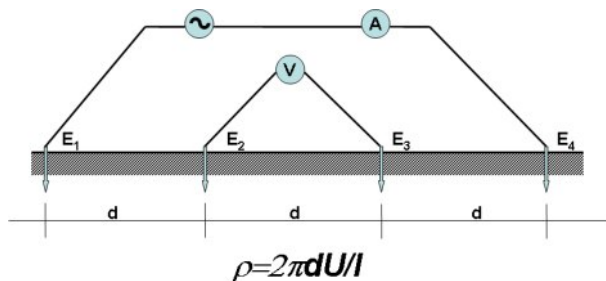
Projektowanie nowych systemów uziemień powinno uwzględniać warunki lokalne, związane z rodzajem gruntu. Najważniejszym jego parametrem jest rezystywność gruntu. Mniejsza rezystywność gruntu oznacza łatwiejszy sposób wykonania uziemienia, spełniającego zakładane wymagania. Grunty skaliste, piaszczyste wymagają rozbudowanych systemów uziemiających i znacznie większych nakładów aby osiągnąć odpowiednią wartość rezystancji.

Model rezystywności przedstawia się jako sześcian o wymiarach 1m x 1m x 1m, wypełniony gruntem, z przeciwległych stron umieszczone są elektrody. Do takiego sześcianu podłączone jest



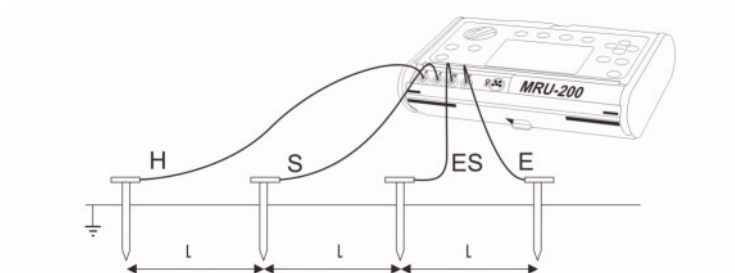
Rys. 15 Model rezystywności gruntu (sześcian i wymiarach 1m x 1m x1m)

napięcie. Stosunek napięcia do płynącego prądu określa rezystywność. Pomiar rezystywności gruntu miernikami MRU-200, MRU-120, MRU-105 realizowany jest



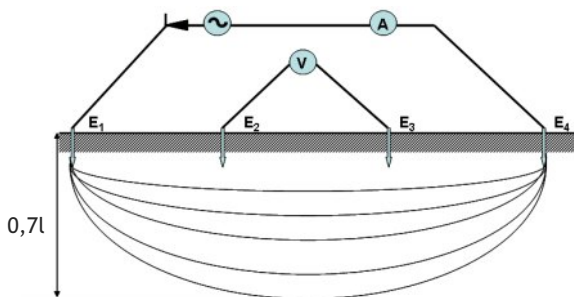
Rys. 16 Metoda pomiaru rezystywności gruntu (metoda Wennera)

metodą Wennera (Rys.16).



Rys. 17 Sposób pomiaru rezystywności gruntu

Cechą charakterystyczną dla metody Wennera jest proporcjonalna zależność pomiędzy odległością na jaką rozstawione są sondy, a głębokością na którą wnika płynący prąd. Tak więc zależność ta pozwala na określenie przedziału głębokości, na której występuje mierzona rezystywność i wynosi ona około 0,7 odległości pomiędzy sondami. Wykonując serię pomiarów rezystywności, przy jednoczesnej zmianie odległości pomiędzy sondami, możemy określić w przybliżeniu, na jakiej głębokości występuje najmniejsza rezystywność. Wiedza ta ma kapitalne znaczenie dla oszczędności materiału przy budowie uziołów.



Rys. 18 Zależności pomiędzy odległością na jaką są rozstawione elektrody a głębokością na jakiej jest mierzona rezystywność gruntu.

Przykład:

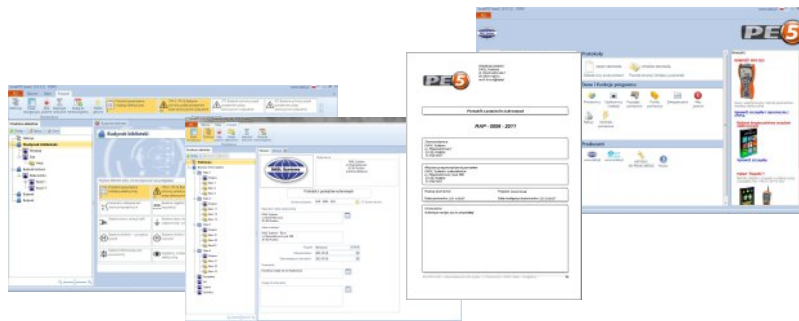
W celu określenia rezystywności gruntu w okolicach strefy jego przemarzania, ok. 0,7m, należy rozmieścić sondy co 1m. Po wykonaniu pomiaru można obrócić elektrody o kąt 90° w stosunku do pierwszego pomiaru. Zbliżone wyniki pomiarów będą świadczyły o jednorodności gruntu i poprawności przeprowadzenia badania. Rury wodociągowe czy też inne metalowe elementy pograżone w gruncie mogą utrudnić wykonanie rzetelnych badań rezystywności gruntu. Będzie się to objawiać znacznymi rozbieżnościami przy wykonywaniu serii pomiarów rezystywności w różnych kierunkach rozstawienia sond pomocniczych. W takim przypadku należy zmienić miejsce przeprowadzenia badania przez odstawienie sond o kilka metrów od miejsca, w którym pomiar jest utrudniony.

Pomiary rezystywności gruntu pozwalają na optymalne określenie głębokości na jaką powinno się pograć pionowe elementy uziomu. Pozwala to na oszczędność zarówno czasu jak i materiałów z których budowane są systemy uziemiające.

6. Wykonywanie protokołów z pomiarów

Równie pracochłonnym, co przeprowadzenie badań instalacji, jest sporządzenie dokumentacji potwierdzającej przeprowadzenie tych badań oraz ich ocenę. SONEL S.A oferuje oprogramowanie PE5 pozwalające na sporządzenie protokołów z następujących badań:

- badanie skuteczności samoczynnego wyłączenia (TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT),
- badanie parametrów wyłączników RCD,
- badanie stanu izolacji obwodów (TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT),
- badanie stanu izolacji kabli elektrycznych,
- kompleksowe badanie punktów pomiarowych,
- badanie stanu instalacji odgromowej i uziemień,
- badanie ciągłości przewodów,
- badanie rezystancji izolacji silników zwartych i rozwartych,
- badanie rezystancji styczników,
- badanie rezystancji wyłączników,
- badanie urządzeń transformatorowych.



Rys. 19 Widok okien programu Sonel PE5

Automatyczne wykonywanie obliczeń, oraz ocena wprowadzanych wyników. Praca na plikach (nie ma konieczności archiwizacji i dearchiwizacji protokołów).

Dodatkowe cechy programu:

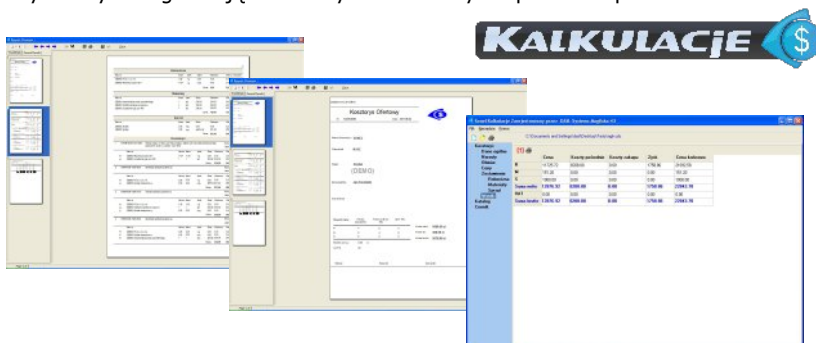
- nowoczesny interfejs programu,
- możliwość wydruku skróconych protokołów,
- wstawianie rysunków i zdjęć pod tabelami protokołów,
- tworzenie własnych widoków tabel protokołów,
- współpraca z miernikami firmy Sonel S.A.
- importowanie danych z rysunków utworzonych programem Sonel Schematic i automatyczne wstawianie do protokołów,
- dodatkowe możliwości związane z edycją tabel,
- zapisywanie protokołów w formacie PDF, możliwość wstawiania obrazu z pieczętką i podpisem,
- wpisywanie zespolonych punktów pomiarowych - zespół powtarzających się punktów pomiarowych, zgrupowanych przez użytkownika, wpisywany jednorazowo do tabeli,
- seryjne wypełnianie kolumn wartościami - użytkownik może zaznaczyć fragment lub całą kolumnę i wypełnić ją serią danych,
- analiza danych - program poddaje analizie dane wprowadzane przez użytkownika oceniając ich zgodność z wymaganiami,
- możliwość zmiany opisów w nagłówkach tabel, ustalenie dokładności i zaokrąglania, ukrywanie kolumn, tworzenie własnej legendy do nagłówka,
- dodatkowe funkcje upraszczające sporządzanie protokołów oraz skracające czas wykonywania - obniżenie kosztów związanych z wykonywaniem dokumentacji,
- funkcja terminarza - cykliczne przypominanie o konieczności przeprowadzenia pomiarów dla obiektu,
- bieżąca aktualizacja przez internet (ręczna lub automatyczna),
- pomoc techniczna (telefoniczna lub przez internet).



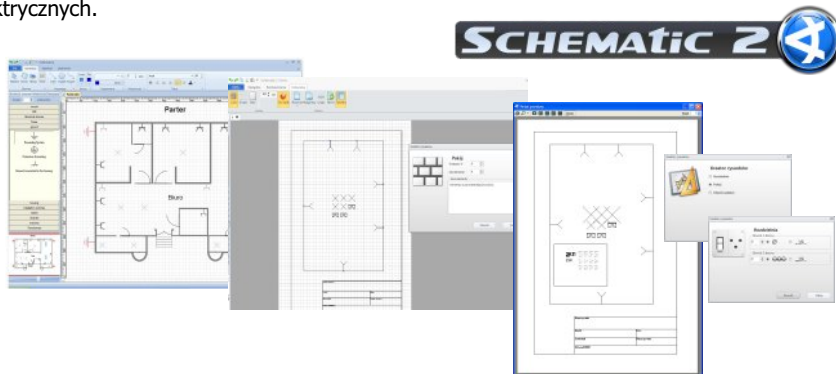
Wymagania sprzętowe:

- system operacyjny: Windows 2000, Windows XP, Windows Vista (32 i 64-bit), Windows 7 (32 i 64-bit).

Sonel Kalkulacje to program do wykonywania kalkulacji pomiarów. Dzięki swojej prostocie nie wymaga specjalnej znajomości zasad kosztorysowania. Współpracuje z programem Sonel Pomiary Elektryczne generując automatycznie kosztorys na podstawie protokołu.



Sonel Schematic to program do tworzenia szkiców, planów i schematów instalacji elektrycznych.



7. Usługi laboratoryjne

Laboratorium pomiarowe firmy SONEL S.A. oferuje następujące usługi związane z pomiarami wielkości elektrycznych:

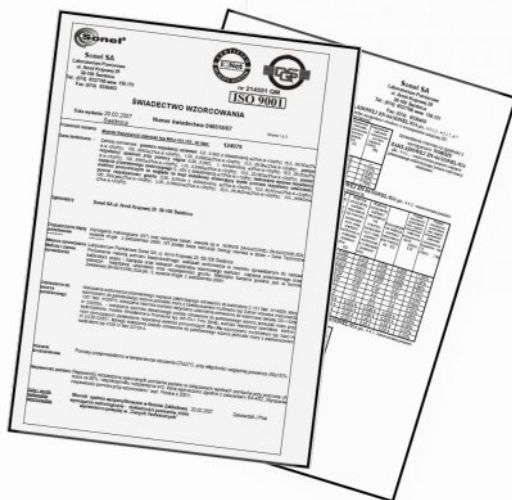
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników do pomiaru rezystancji izolacji,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników do pomiaru rezystancji uziemień,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników do pomiaru pętli zwarcia,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników do pomiaru parametrów wyłączników różnicowoprądowych,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników do pomiaru małych rezystancji,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla mierników wielofunkcyjnych obejmujących funkcjonalnie w/w przyrządy,
- wydanie świadectwa wzorcowania mierników natężenia oświetlenia,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla pirometrów (bezkontaktowego pomiaru temperatury),
- wydanie świadectwa wzorcowania dla analizatorów jakości energii elektrycznej
- wydanie świadectwa wzorcowania dla kamer termowizyjnych,
- wydanie świadectwa wzorcowania dla woltomierzy i amperomierzy itp.

Świadectwo wzorcowania jest dokumentem potwierdzającym zgodność parametrów zadeklarowanych przez producenta badanego przyrządu odniesione do wzorca państwowego, z określeniem niepewności pomiaru.

Zgodnie z normą PN-ISO 10012-1, zał. A – „Wymagania dotyczące zapewnienia jakości wyposażenia pomiarowego. System potwierdzania metrologicznego wyposażenia pomiarowego” – firma SONEL S.A. zaleca dla produkowanych przez siebie przyrządów stosowanie okresowej kontroli metrologicznej, z terminem co 13 miesięcy.

Uwaga:

W przypadku przyrządów wykorzystywanych do badań związanych z ochroną przeciwporażeniową, osoba wykonująca pomiary powinna posiadać całkowitą pewność, co do sprawności używanego przyrządu. Pomiary wykonane niesprawnym miernikiem mogą przyczynić się do błędnej oceny skuteczności ochrony zdrowia, a nawet życia ludzkiego.



SONEL S. A.
ul. Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
tel. 74 858 38 78 (Dział Handlowy)
tel. 74 858 38 79 (Serwis)
fax 74 858 38 08
e-mail: dh@sonel.pl
www.sonel.pl

MRU-200



MRU-105



! NOWOŚĆ!



MRU-21



nr 214551 QM/UM

ISO 9001

ISO 14001

nr 214551 OH PL

ISO 18001

SONEL S.A.

ul. Wokulskiego 11, 58-100 Świdnica

Dział handlowy:

tel. 74 / 85 83 878

fax 74 / 85 83 808

e-mail: dh@sonel.pl

Sekretariat:

tel. 74 / 85 83 800

fax 74 / 85 83 809

e-mail: sonel@sonel.pl

www.sonel.pl