

Rezystywność gruntu – jak ją prawidłowo zmierzyć?

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

Ul. Gen. W. Andersa 40a

15-113 Białystok

NIP: 5423278389

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

e-mail: rst@rst.pl

Czym jest rezystywność gruntu?

Rezystywność gruntu to parametr, który określa właściwości gleby w zakresie przewodzenia prądu elektrycznego. Oznaczana jest symbolem ρ (ro) i wyrażana w omometrach (Ωm). Im mniejsza rezystywność tym lepiej grunt przewodzi prąd elektryczny, a zatem prądy zwarciove, prądy pioruna i inne zakłócenia. Wiedza o rezystywności gruntu przede wszystkim pozwala na oszacowanie rozmiarów układu uziemiającego (np.: liczba i długości uziomów pionowych), a to przekłada się na określenie kosztów inwestycji. Im wyższa rezystywność gruntu, tym bardziej rozbudowany musi być układ uziomów dla uzyskania określonej, najczęściej małej (np. 10 Ω), wartości rezystancji uziemienia.

Rezystywność a rezystancja

Rezystywność (ρ Ωm) charakteryzuje grunt, natomiast właściwości uziomu definiuje jego rezystancja uziemienia (R Ω). Te dwa, podobnie brzmiące parametry są ze sobą bezpośrednio powiązane. Wartość rezystancji uziemienia jest wprost proporcjonalna do rezystywności gruntu. Analizując dowolne wzory podane w literaturze łatwo zauważyć, że w każdym przypadku zależność na rezystancję uziemienia jest iloczynem ρ i funkcji zależnej od kształtu i konfiguracji uziomu lub układu uziomów:

$$R = \rho \times f(L, d, t, \dots)$$

A zatem to, jak dokładnie określimy rezystywność gruntu przekłada się na dokładność obliczeń teoretycznych. W praktyce należy patrzeć na to z innej strony: różnice między rzeczywistą wartością rezystywności gruntu a wartością założoną w obliczeniach, mogą powodować zawyżenie lub niedoszacowanie kosztów inwestycji. Właściwe określenie rezystywności gruntu pozwala zatem na dokładniejsze określenie zapotrzebowania materiałowego i czasu pracy.

Jakie mogą być skutki błędnego określenia wartości ρ ?

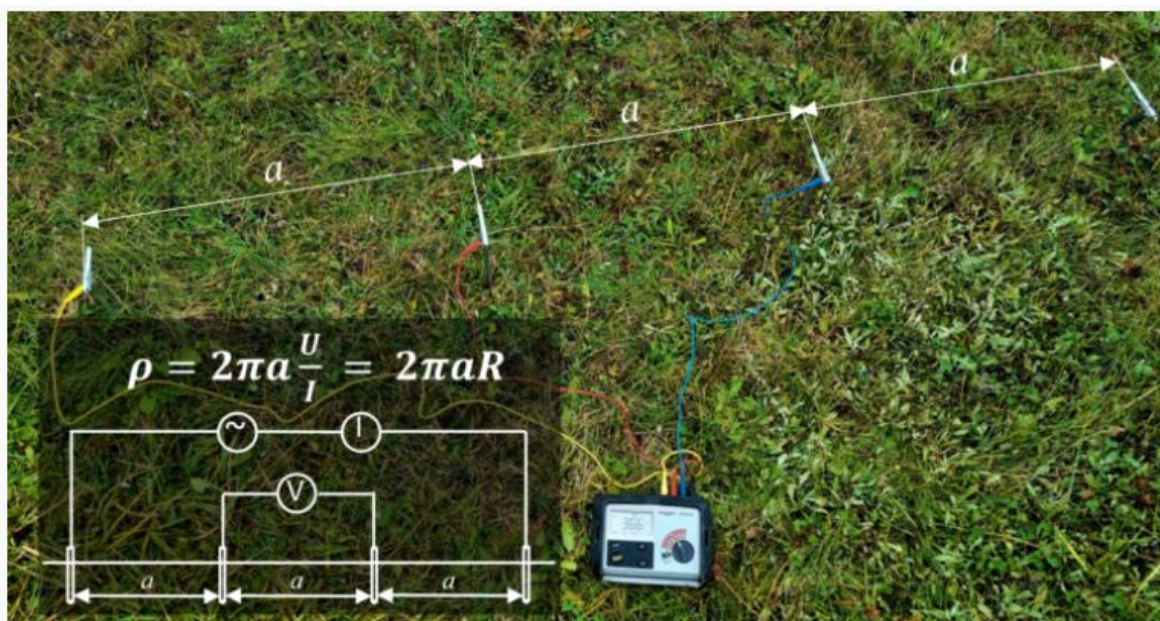
Założmy dla przykładu, że projektant odgórnie przyjął korzystną wartość $\rho = 100$ Ωm na podstawie typowych wartości podawanych w tabelach. Jeżeli w rzeczywistości rezystywność będzie wyższa, np. $\rho = 500$ Ωm , to obliczona przez projektanta wartość rezystancji uziemienia, dla założonej konfiguracji uziomów będzie 5-krotnie zaniżona. Na etapie wykonawstwa okaże się, że po wykonaniu układu uziomów zgodnie z projektem, zmierzona wartość R jest kilkakrotnie wyższa od zakładanej. W takiej sytuacji wykonawca jest zmuszony najczęściej do rozbudowy układu uziomów i poniesienia dodatkowych, nieuwzględnionych wcześniej kosztów. Oczywiście sytuacja może być także odwrotna: jeżeli założymy wyższą, niż w rzeczywistości wartość ρ to poniesiemy z kolei niepotrzebne koszty związane z przewymiarowaniem układu uziemiającego.

Jak określić wartość rezystywności gruntu?

Jedyną słuszną metodą określenia rezystywności gruntu jest pomiar. Przyjmowanie wartości na podstawie danych zawartych w tabelach, które przedstawiają zakresy ρ dla różnych rodzajów gleb, może prowadzić do poważnych błędów projektowych przekraczających nawet 1000 %. Po pierwsze, często trudno określić dokładny rodzaj gruntu występujący w danym terenie (np.: margiel, piasek gliniasty, piasek krzemionkowy). Po drugie w tabelach podawane są często przedziały typowych wartości rezystywności, w których wartość minimalna i maksymalna mogą się różnić nawet kilkunastokrotnie (np.: piasek gliniasty od 50 Ωm do 500 Ωm). A po trzecie, to co jest bardzo istotne, w rzeczywistych warunkach rezystywność może być zmienna wraz z głębokością, a to ma bardzo duże znaczenie jeżeli zakłada się wykonanie uziomów pionowych.

Metoda Wennera

Większość dostępnych mierników do badania uziemień pozwala zarówno na pomiar rezystancji uziemienia, jak i rezystywności gruntu. Badanie właściwości elektrycznych gleby przeprowadza się z zastosowaniem metody Wennera. Polega ona na wbiciu na powierzchni ziemi 4 jednakowych sond, rozmieszczonych w równych odstępach wzdłuż linii prostej (Rys. 1.). Do zewnętrznych sond podłączone jest źródło napięcia, które wymusza przepływ prądu w ziemi. Na podstawie wartości natężenia przepływającego prądu pomiarowego i zmierzonej różnicy potencjałów (napięcia) między środkowymi sondami obliczana jest wartość rezystancji, która po uwzględnieniu odstępów między sondami a pozwala na obliczenie rezystywności ρ . Obecnie coraz więcej mierników umożliwia wprowadzenie wartości a i wyświetlając dzięki temu wartość ρ bez konieczności dodatkowych przeliczeń. W starszych miernikach wynikiem może być wartość rezystancji R , którą dla uzyskania wartości ρ należy przemnożyć przez czynnik $2\pi a$.



Rys. 1. Idea pomiaru rezystywności gruntu metodą Wennera

Dobór odległości między sondami a ma w praktyce bardzo duże znaczenie na wynik pomiaru ponieważ najczęściej rezystywność różnych warstw gleby jest zmienna. Od rozstawu sond a zależy do jakiej głębokości h mierzona jest wypadkowa rezystywność gruntu. Należy tu przy tym podkreślić, że nie mierzymy rezystywności „na głębokości”, ale jej wypadkową wartość „do głębokości” zależnej od odstępów między sondami. Najczęściej podaje się, że głębokość do jakiej wykonywany jest pomiar to $h = a$ lub $h = 0,7a$. Trudno wskazać jednoznacznie, która z tych zależności jest bardziej właściwa i obie należy uznać za poprawne. Do jakich głębokości należy zatem mierzyć rezystywność gruntu? To zależy od zakładanej konfiguracji uziomu.

Sondowanie geoelektryczne

Sondowanie geoelektryczne, zwane także elektrooporowym, to metoda badania charakterystyki rezystywności gruntu w funkcji głębokości (Rys. 2a.). Dzięki tej metodzie uzyskuje się przede wszystkim wiedzę, do jakiej głębokości korzystnie jest pogrążyć uziomy pionowe aby w optymalny sposób uzyskać wymaganą wartość rezystancji uziemienia. Jeżeli przy pomiarach do większych głębokości ($h = a =$ kilka÷kilkanaście metrów) uzyskujemy mniejszą wartość rezystywności, to korzystne jest wykonywanie uziomów pionowych głębokich. Jeżeli mniejsze wartości rezystywności są z kolei na płytszych warstwach gruntu to układ uziemiający powinien składać się przede wszystkim z uziomów poziomych i krótkich uziomów pionowych. Przeprowadzając obliczenia projektowe należy pamiętać, że do wzorów należy zawsze podstawiać wartość rezystywności odpowiadającą głębokości pogrążenia rozpatrywanego elementu układu uziomów.

W przypadku uziomów pionowych rezystywność gruntu należy mierzyć do głębokości do jakiej pogrążane są pręty:

$$a = h = L+t$$

gdzie L to zakładana długość uziomu pionowego, a t to głębokość, na której znajduje się górny koniec pręta, stanowiąca w praktyce najczęściej głębokość ułożenia uziomów poziomych.

Przy uziomach poziomych najczęstsze i najbardziej praktyczne podejście to pomiar rezystywności przy założeniu $a = t$. W niektórych źródłach można spotkać zalecenia $a = 3$ m lub uzależnienie odstepu między sondami od powierzchni zajmowanej przez uziom.

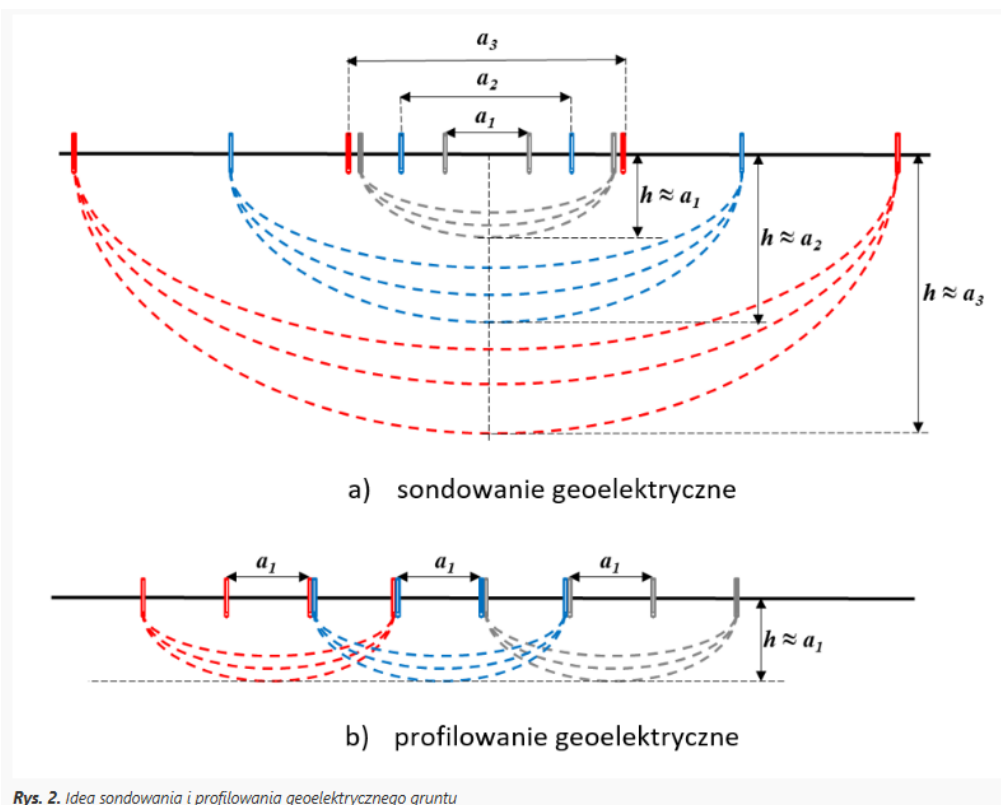
Najwięcej praktycznych informacji uzyskuje się wykonując serię pomiarów według zależności:

$$a_n = k(n-1)t \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

gdzie k to długość pojedynczego pręta uziemiającego lub jego wielokrotność (przy typowej długości pręta 1,5 m zaleca się przyjmowanie $k = 3$). Przy takim podejściu w pierwszym pomiarze ($n = 1$) uzyskujemy rezystywność odpowiadającą głębokości ułożenia uziomów poziomych (t), a w kolejnych pomiarach ($n \geq 2$) rezystywności odpowiadające uziomom pionowym o coraz większych długościach. Najdokładniejsze wyniki uzyskuje się gdy utrzymuje się stały punkt środkowy między sondami pomiarowymi.

Rozszerzone badania rezystywności gruntu

Sondowanie elektrooporowe pozwala na zbadanie poziomych zmian rezystywności, jakie mogą wynikać z występowania zróżnicowanych warstw gruntu. W miejscach uskoków mogą jednak występować także zmiany w kierunku pionowym. Wykrycie takich zmian możliwe jest na podstawie profilowania gruntu, polegającego na przemieszaniu sond pomiarowych wzdłuż jednego kierunku przy zachowaniu stałego rozstawu a między sondami (Rys. 2b). Proces ten jest zalecany jeżeli projektuje się rozległe układy uziemiające, lub gdy różne uziomy mają być wykonane na dużym obszarze.



Wyniki pomiarów rezystywności gruntu mogą być zaburzone jeżeli w gruncie znajdują się przewodzące elementy. Przykładowo istniejące uziomy poziome czy nieosłonięte metalowe pancerze kabli mogą przewodzić prądy pomiarowe – w takim przypadku wynik pomiaru rezystywności może być znacznie zaniżony. Zjawisko to jest najbardziej niekorzystne jeżeli metalowe elementy ułożone są w ziemi równoległe do rozstawionych sond pomiarowych. Aby wyeliminować ewentualne błędy i zwiększyć pewność wyników pomiarów zaleca się powtórzenie pomiarów przy sondach rozstawionych w kierunkach prostopadłych względem siebie (Rys. 3.). Proces ten jest zalecany przede wszystkim gdy uzyskuje się bardzo korzystne (małe) wartości rezystywności gruntu.



Rys. 3. Badanie rezystywności gruntu z pomiarami przy różnych kierunkach rozstawu sond

Ograniczenia przy pomiarach rezystywności gruntu

Pomiary rezystywności gruntu najlepiej wykonywać na obszarach niezabudowanych, gdzie dostępna jest przestrzeń zarówno na przeprowadzenie sondowania, jak i profilowania gruntu, a pomiary nie są niczym zakłócone. Doskonale się to sprawdza przede wszystkim przy projektowaniu i budowie obiektów energetycznych, takich jak stacje wysokich napięć, stacje transformatorowe SN/nn czy linie elektroenergetyczne. Opisane powyżej procedury pomiarowe sprawdzą się także zarówno przy obiektach przemysłowych, w przypadku których zazwyczaj przed etapem budowy dostępny jest rozległy obszar, ale także w przypadku budynków mieszkalnych – pod warunkiem, że są projektowane w obszarze niezabudowanym. W wielu przypadkach można spotkać się jednak z pewnymi przeszkodami uniemożliwiającymi prawidłowe wykonanie serii pomiarów lub ograniczenie ich zakresu.

Przede wszystkim, im głębiej chcemy zbadać grunt tym większy obszar potrzebny jest do rozmieszczenia sond pomiarowych. W niektórych przypadkach ograniczenie przestrzeni uniemożliwia wykonanie pomiarów do większych głębokości co jest związane z wymaganym odstępem między zewnętrznymi sondami. Pojedynczy uziom pionowy, o długości $L = 9$ m wymaga bardzo małej powierzchni do jego wykonania, ale do zbadania odpowiadającej mu rezystywności gruntu sondy pomiarowe należy rozmieścić na odcinku 27 m! W przypadku stacji SN/nn oraz linii elektroenergetycznych o ile zazwyczaj dostępny jest teren do wykonania sondowania geoelektrycznego (rozstawienie sond wzdłuż planowanej trasy linii elektroenergetycznej) to nie zawsze możliwe jest przeprowadzenie dodatkowych pomiarów w kierunku prostopadłym. Istniejące w pobliżu obiekty oraz ich układy uziemiające także mogą wpływać na uzyskiwane wyniki pomiarów. Największe trudności występują na obszarach zurbanizowanych, w których pomiary w praktyce są niemożliwe, ograniczone lub obarczone dużymi błędami. Warto także zwracać uwagę, że na etapie budowy wierzchnie warstwy gruntu mogą być usuwane lub wymieniane, co ma wpływ przede wszystkim na uziomy poziome.

Podsumowanie

Projektowanie układu uziomów o małej wartości rezystancji uziemienia nie jest możliwe bez znajomości rezystywności gruntu. Parametry gruntu powinny być określane wyłącznie na podstawie lokalnych pomiarów. Wartość rezystywności daje wstępną informację o tym, jak złożony będzie musiał być układ uziomów. Badanie charakterystyki gruntu metodą sondowania geoelektrycznego pozwala z kolei na wybór optymalnego rozwiązania do budowy układu uziemiającego oraz na jakie głębokości należy pogrążyć uziomy pionowe. Właściwe pomiary rezystywności gruntu nie tylko zwiększają jakość i dokładność projektu, ale przede wszystkim pozwalają na dokładniejsze oszacowanie zapotrzebowania materiałów i kosztów inwestycji.

Polecane produkty



Bednarka pomiedziana

[zobacz produkt](#)



Uziomy pionowe

[zobacz produkt](#)