

LABORATORIUM POMIARÓW W ELEKTROENERGETYCE

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH ZAKŁAD OBWODÓW I SYGNAŁÓW ELEKTRYCZNYCH

POMIAR REZYSTANCJI UZIOMU I REZYSTYWNOŚCI GRUNTU.

Wprowadzenie

Wartość rezystancji uziemienia określona na etapie projektu powinna być utrzymana przez cały okres eksploatacji danego obiektu. W zależności od typu instalacji mogą być wymagane wartości na poziomie od kilkudziesięciu Ω (np.: uziemienia linii SN i WN) do nawet pojedynczych Ω (stacje elektroenergetyczne). W typowych obiektach najczęściej wymagane kryterium stanowi wartość 10 Ω . Układ uziemiający w dłuższym okresie eksploatacji narażony jest na korozję, która może doprowadzić do przerwania ciągłości przewodów lub uszkodzenia połączeń. Skutkiem tego jest odłączenie części uziomów, co prowadzi do skokowego wzrostu wartości rezystancji uziemienia. Z tego względu dla utrzymania układu we właściwym stanie konieczne jest okresowe przeprowadzanie pomiarów wartości rezystancji uziemienia.

Metoda pomiaru wartości rezystancji uziemienia powinna być dobrana w zależności od konfiguracji układu uziomowego oraz środowiska w jakim znajduje się badany układ. Wśród metod pomiarowych można wyróżnić:

- a) metody techniczne 3P i 4P,
- b) metody cęgowe,

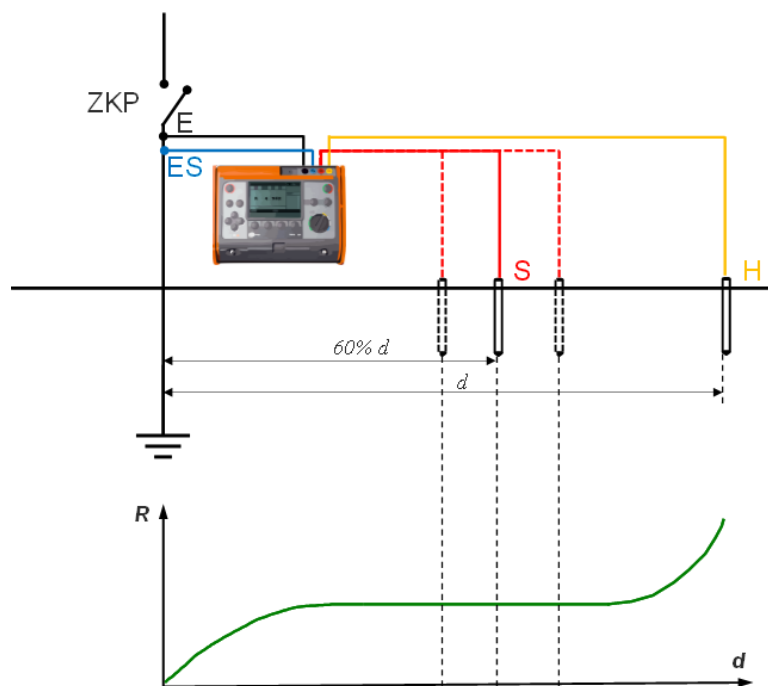
Metody techniczne przy pomiarach złożonych układów uziomowych lub układów, gdzie uziomy są wzajemnie połączone nad ziemią, np. przewodami urządzenia piorunochronnego, wymagają rozłączania złącz kontrolno-pomiarowych ZKP. Jest to konieczne, aby mieć pewność, że mierzona jest wartość rezystancji uziemienia w danym punkcie, a nie wartość wypadkowa całego układu. Jeżeli złącze ZKP nie zostanie rozłączone, a przewód uziemiający nie ma ciągłości, to taka sytuacja nie zostanie wykryta, ponieważ obwód pomiarowy zamknie się przez inne przewody uziemiające.

Metody techniczne pozwalają na pomiar wartości rezystancji uziemienia dowolnych układów uziemiających, zarówno indywidualnych, jak i uziomów otokowych, czy fundamentowych.

Metody techniczne

Metoda techniczna 3P polega na pomiarze spadku potencjału pomiędzy badanym uziomem (**E**), a sondami pomocniczymi (rys. 1): napięciową (**S**) do pomiaru potencjału i prądową (**H**), która wymusza przepływ prądu. Ze względu na konieczność stosowania sond S i H wadą wszystkich metod technicznych jest konieczność dostępności terenu.

Sondy pomocnicze powinny być rozmieszczone wzdłuż linii prostej od badanego uziomu. Ogólnie zaleca się, aby odległość d była co najmniej 5-krotnie większa od wymiaru uziomu (długości uziomu poziomego, głębokości pograżenia uziomów pionowych, przekątnej uziomu kratowego). A zatem im bardziej rozległy jest układ uziemiający, tym większa odległość rozmieszczenia sond pomocniczych. Sonda napięciowa powinna być umieszczona w odległości około $0,6d$. Aby mieć pewność, że uzyskany wynik jest prawidłowy należy powtórzyć pomiar przesuwając sondę S o kilka metrów w stronę uziomu oraz w stronę sondy prądowej. Jeżeli wyniki nie różnią się więcej niż 3% to pomiar uznaje się za poprawny, natomiast jeżeli różnica w wynikach jest większa to należy zwiększyć odległość sondy prądowej.

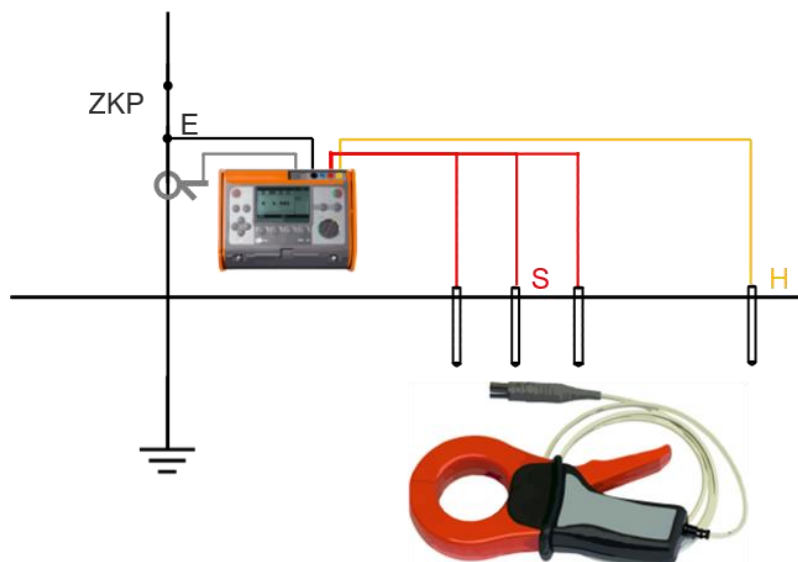


Rys. 1. Pomiar rezystancji uziemienia metodą 3P / 4P.

Metody cęgowe

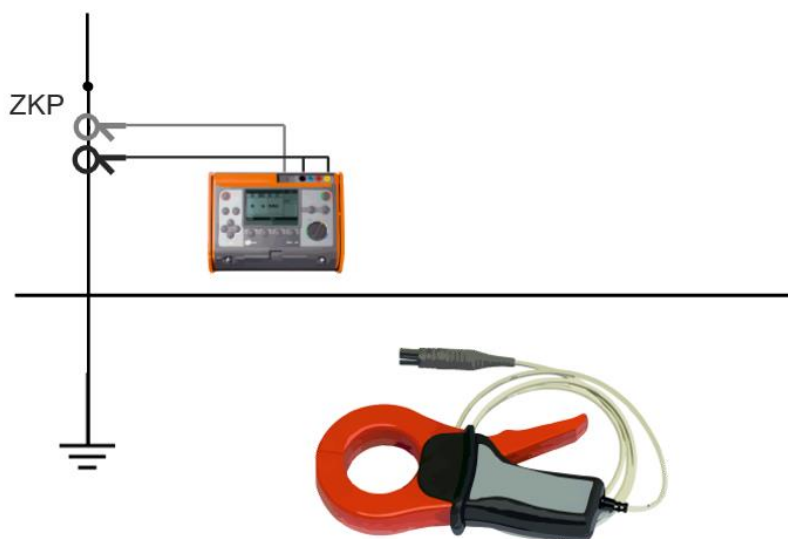
Wśród metod cęgowych można wyróżnić metodę 3P+cęgi oraz metodę dwucęgową.

Rozszerzona metoda techniczna 3P z cęgami pomiarowymi (rys. 2) pozwala na przeprowadzenie pomiarów bez konieczności rozłączania złącz kontrolnych. W dalszym ciągu występuje jednak konieczność rozmieszczenia w odpowiednich odległościach sond pomocniczych i dostępność pod tym względem terenu. Metoda 3P+cęgi ma zastosowanie przede wszystkim w układach, w których odłączenie uziomu nie jest możliwe ze względów funkcjonalnych lub bezpieczeństwa.



Rys. 2. Pomiar wartości rezystancji uziemienia metodą techniczną z cęgami (3P+cęgi)

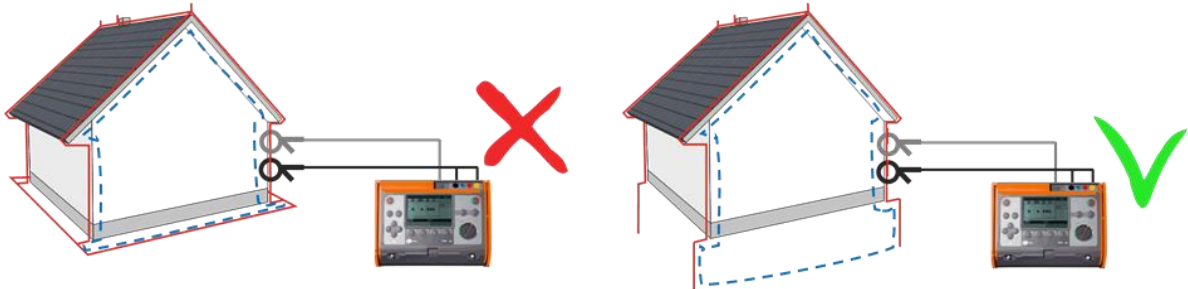
Najwygodniejszą metodą pomiaru wartości rezystancji uziemienia jest metoda dwucęgowa (rys. 3). Największą zaletą tej metody jest brak konieczności stosowania sond pomocniczych i bardzo krótki czas pomiaru. Na przewodzie uziemiającym, bez rozłączania złącza kontrolnego, zakładane są jedynie cęgi nadawcze i cęgi odbiorcze.



Rys. 3. Pomiar wartości rezystancji uziemienia metodą cęgową

Wadą tej metody jest jednak wąski zakres zastosowania. Metody cęgowe przeznaczone są do pomiaru indywidualnych uziemień wielokrotnych, które są wzajemnie połączone powyżej powierzchni ziemi. Może ona mieć zatem zastosowanie przy pomiarach uziomów typu A (np. indywidualne uziomy pionowe) urządzenia piorunochronnego (rys. 4). Innym przykładem zastosowania są pomiary uziemienia słupów trakcyjnych, które są ze sobą wzajemnie połączone przewodem uszynienia grupowego. Jeżeli metoda cęgowa zostanie zastosowana w przypadku uziomu otokowego lub fundamentowego to uzyskana zostanie bardzo mała wartość rezystancji, która w rzeczywistości będzie jedynie wynikiem pomiaru ciągłości badanego obwodu. Przykład ten najlepiej pokazuje, że do wyboru właściwej metody pomiarowej niezbędna jest

wiedza o konfiguracji badanego układu uziemiającego zarówno pod kątem jego wzajemnych połączeń w ziemi, jak i nad jej powierzchnią.



Rys. 4. Ograniczenia w stosowaniu metod cęgowych

Dokładność metody dwucęgowej zależy jest od właściwości badanego układu: im mniejsze wartości rezystancji uziemienia oraz im większa liczba wzajemnie połączonych uziomów, tym mniejszy błąd pomiaru.

Współczynniki korekcyjne

Przy pomiarach wartości rezystancji uziemienia można spotkać się z wymaganiami stosowania współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntu (współczynniki korekcyjne lub poprawkowe). Założeniem stosowania współczynników k_p było uniezależnienie wyniku pomiaru od warunków pogodowych, które mogą mieć wpływ na wartość rezystywności gruntu. Wartość rezystancji uziemienia jest wprost proporcjonalna od rezystywności gruntu, a więc zmiany wilgotności, czy temperatury mogą mieć wpływ na wynik pomiaru. Przykładowo wyniki uzyskiwane w warunkach wilgotnej gleby należy przemnożyć przez odpowiednią wartość współczynnika $k_p > 1$ (Tablica 1.). Dzięki temu uzyskuje się margines tolerancji dla wartości rezystancji uziemienia w warunkach suszy.

Współczynniki te są przywoływane na podstawie wartości podanych w książce K. Wołkowińskiego „Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych” opublikowanej w połowie XX. wieku. Warto jednak zwrócić uwagę, że żadne normy i standardy międzynarodowe nie wymagają stosowania takich współczynników.

W praktyce największy wpływ warunków środowiskowych może być zauważalny w przypadku układów uziomów poziomych, ułożonych na niewielkich głębokościach ($\sim 0,5$ m). W takim przypadku faktycznie może być zauważalny wpływ zmian wilgotności gleby, a wpływ temperatury ma znaczenie przed wszystkim przy temperaturach ujemnych. Z tego względu uziomy poziome należy układać poniżej głębokości przemarzania gruntu. Warto zauważyć, że dla uziomów poziomych wartości współczynników k_p zawierają się w zakresie między $1,4 \div 3,0$. W takim przypadku bezpośredni wynik pomiaru musi być znacznie niższy od wymaganej wartości, co może prowadzić w niektórych przypadkach do problemów na etapie wykonawczym.

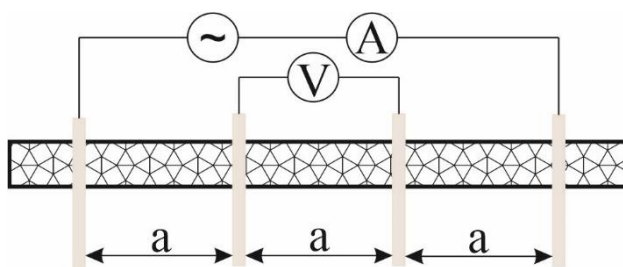
Przykładowo przy pomiarach w gruncie wilgotnym ($k_p = 3,0$) i wymaganej wartości rezystancji uziemienia 10Ω wynik pomiaru nie mógłby być wyższy niż $R = 3,3 \Omega$, co w zależności od warunków glebowych (rezystywności gruntu) może być trudne do uzyskania.

Tabela 1. Współczynniki sezonowych zmian zastępczej rezystywności gruntu.

Rodzaj uziomu	Wartość współczynnika k_p jeżeli grunt w czasie pomiarów był:		
	Suchy ^{a)}	Wilgotny ^{b)}	Mokry ^{c)}
Poziomy ułożony na głębokości 0,6 ÷ 1,0m	1,4	2,2	3,0
Pionowy o długości $L = 2,5 \div 5$ m	1,2	1,6	2,0
Pionowy o długości $L > 5$ m	1,1	1,2	1,3
Układ uziomów mieszanych $L > 5$ m	Należy ustalić odpowiednio do wpływu rezystancji uziomów poziomych i pionowych na rezystancję wypadkową uziemienia badanego układu uziomów.		

Rezystywność 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. 5.).



Rys. 5. Pomiar rezystywności gruntu metodą Wennera.

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot R_E$$

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 odległości między sondami a pozwala na obliczenie rezystywności ρ . Obecnie coraz więcej mierników umożliwia wprowadzenie wartości a wyświetlając dzięki temu wartość ρ bez konieczności dodatkowych przeliczeń. W starszych miernikach wynikiem może być wartość rezystancji R_E , którą dla uzyskania wartości ρ należy przemnożyć przez czynnik $2\pi a$.

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.

PROTOKÓŁ POMIAROWY

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

LABORATORIUM POMIARÓW W ELEKTROENERGETYCE			
Gr.		Numer ćwiczenia	
Lp.	Nazwisko i imię	Data wykonania ćwiczenia	
1.	Prowadzący ćwiczenie	
2.		
3.	Podpis	
4.	Data wykonania ćwiczenia	
5.		
Temat	Pomiar rezystancji uziomu i rezystywności gruntu.		

1. Przygotowanie uziomu do badań.

Pomiary wykonywane będą wykonywane miernikiem typu MPI-525 lub MRU-100 (prod. SONEL sp. z o.o.). W ćwiczeniu wykorzystane zostaną metody:

- a) 3P,
- b) 4P.

2. Pomiar rezystancji uziemienia miernikiem MPI-525

Przygotować miejsce pomiaru na uziemieniu w następującej kolejności:

- 1) rozkręcić złącze przelotowe uziemienia,
- 2) oczyścić uziom z rdzy oraz zabrudzeń,
- 3) wbić sondę prądową oraz napięciową w grunt,
- 4) podłączyć przewody sond do odpowiednich przyłączy pomiarowych miernika,
- 5) ustawić miernik w tryb pomiaru rezystancji uziemienia,
- 6) włączyć miernik.

Dalsze czynności należy wykonywać zgodnie instrukcją obsługi miernika.

METODA 3P.

Odległość $d = \dots\dots\dots$ [m] – długość przewodu sondy prądowej H.

Tabela pomiarowa dla uziomu nr

Napięcie pomiarowe [V]	Odległość elektrod od badanego uziomu [m]		R [Ω]											
	H (pr)	S (nap)	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E
25	d	0,7d												
	d	0,6d												
	d	0,5d												
50														

Tabela pomiarowa dla uziomu nr:

Napięcie pomiarowe [V]	Odległość elektrod od badanego uziomu [m]		R [Ω]											
	H (pr)	S (nap)	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E
25	d	0,7d												
	d	0,6d												
	d	0,5d												
50														

METODA 4P.

Tabela pomiarowa dla uziomu nr:

Napięcie pomiarowe [V]	Odległość elektrod od badanego uziomu [m]		R [Ω]											
	H (pr)	S (nap)	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E	R _H	R _S	R_E
25	d	0,7d												
	d	0,6d												
	d	0,5d												
50														

Tabela pomiarowa dla uziomu nr:

Napięcie pomiarowe [V]	Odległość elektrod od badanego uziomu [m]		R [Ω]											
	H (pr)	S (nap)	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E	R _H	R _S	R _E
25	d	0,7d												
	d	0,6d												
	d	0,5d												
50														

Pomiar rezystywności gruntu

Tabela pomiarowa pomiary rezystywności gruntu

Napięcie pomiarowe [V]	Odległość elektrod [m]	ρ [Ω m]			
	a				
25					
50					

Protokół z pomiarów

Pomiary powinny być zakończone sporządzeniem stosownego protokołu, który poza samymi wynikami powinien zawierać ocenę stanu układu uziemiającego. Taki protokół może być częścią kompletnego protokołu z badania układu uziemiającego lub urządzenia piorunochronnego obejmującego dodatkowo oględziny instalacji. W zakresie dotyczącym pomiarów w protokole mogą być ujęte następujące kwestie:

- 1) data,
- 2) dane osoby przeprowadzającej pomiary i stosowne uprawnienia,
- 3) warunki pogodowe,
- 4) informacja o przyrządach pomiarowych z dołączonym świadectwem kalibracji,
- 5) metoda pomiarowa,
- 6) jednoznaczne oznaczenia punktów pomiarowych lub szkic obiektu z zaznaczeniem tych punktów,
- 7) kierunek i odległości rozmieszczenia sond pomiarowych (jeżeli dotyczy),
- 8) wyniki pomiarów (z ewentualnym uwzględnieniem współczynników korekcyjnych, jeżeli wymagane),
- 9) informacja o ewentualnych zmianach w stosunku do wyników poprzednich,
- 10) stwierdzenie czy układ uziemiający spełnia wymagania.

Protokół należy wykonać w programie PE6 (prod. SONEL).

Literatura

- [1] Materiały ze strony firmy RST Sp. z o.o. ; www.rst.pl
- [2] Wołkowiński K.: Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych.