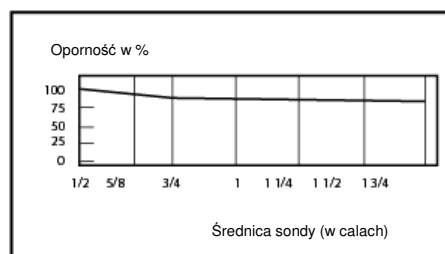
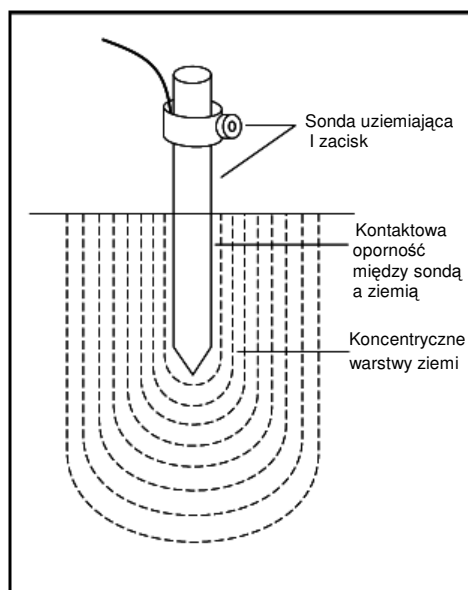
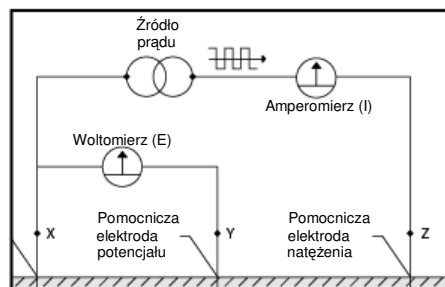
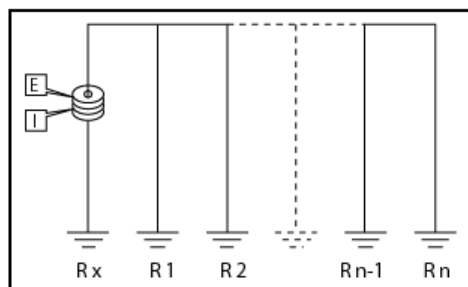


ZASADY BADANIA OPORNOŚCI UZIEMIENIA



- **Opór właściwy**
- **Oporność uziemienia**
- **Pomiary 3-punktowe**
- **Pomiary 4-punktowe**
- **Pomiary z próbnikiem zaciskowym**

Opracowanie tekstu na podstawie materiałów koncernu Chauvin Arnoux

mgr inż. Jan Królikowski

Copyright SIBILLE ENERGIE Sp. z o.o.



SIBILLE ENERGIE Sp. z o.o.

ul. Dunajecka 5A, 02-369 Warszawa, tel. 22 635 84 16; fax 22 425 92 81
e-mail: info@sibille-energie.pl

www.sibille-energie.pl

SPIS TREŚCI

Opór właściwy gleby.....	2
Pomiary oporu właściwego gleby (pomiar 4-punktowy).....	4
Elektrody uziemiające.....	6
Wartości oporności uziemienia.....	9
Zasada badania oporności elektrycznej uziemienia (Spadek potencjału – pomiar 3-punktowy).....	11
Układ wielu elektrod.....	16
Pomiar dwupunktowy (Metoda uproszczona).....	17
Pomiar ciągłości.....	17
Wskazówki techniczne	18
Pomiary potencjału dotykowego.....	21
Pomiar oporności uziemienia próbnikiem zaciskowym (model CA 6412 i CA 6415).....	23
Telekomunikacja.....	28
Test podsumowujący.....	32
Literatura.....	34
Nomogram uziemienia.....	35
Wykres spadku potencjału.....	36

Modele CA 6412 / CA 6415 zastąpiły modele CA 6411 / CA 6413

OPÓR WŁAŚCIWY GLEBY

Po co wykonywane są pomiary oporu właściwego gleby ?

Pomiary oporu właściwego gleby wykonywane są z trzech powodów. Po pierwsze, uzyskiwane dane są użyteczne przy podpowierzchniowych badaniach geofizycznych jako pomoc w lokalizacji złóż rudy, ustalaniu głębokości położenia skały macierzystej oraz innych zjawisk geologicznych. Po drugie, opór właściwy ma bezpośredni związek z korozją rurociągów podziemnych. Zmniejszenie oporności związane jest ze zwiększeniem potencjalnego zagrożenia korozją, a więc wskazuje na konieczność zabiegów profilaktycznych. Po trzecie, opór właściwy gleby ma bezpośredni wpływ na budowę instalacji uziemiającej i tej dziedzinie poświęcone jest niniejsze opracowanie. Przy projektowaniu dużych instalacji uziemiających zalecane jest lokalizowanie obszarów, gdzie gleba ma najniższy opór właściwy, aby budowa instalacji uziemiającej była jak najbardziej ekonomiczna.

Wpływ oporu właściwego gleby na oporność elektrody uziemiającej.

Opór właściwy gleby jest kluczowym czynnikiem decydującym o oporności elektrody uziemiającej oraz głębokości, na jaką musi być ona wprowadzona w grunt, aby oporność uziemienia była jak najniższa. Opór właściwy gleby różni się w bardzo szerokim zakresie na obszarze ziemi oraz zmienia się w zależności od pory roku.

Opór właściwy gleby jest w znacznym stopniu funkcją zawartości elektrolitów, które składają się z wody, składników mineralnych oraz rozpuszczalnych soli. Sucha gleba ma wysoki opór właściwy, jeżeli nie zawiera rozpuszczalnych soli (lustr. 1).

Gleba	Opór właściwy (przybliżony), Ω - cm		
	min	śr.	max.
Popioły, żużle, woda morską, odpady	590	2,370	7,000
Gлина, łupki, gumbo, piasek GL	340	4,060	16,300
Jak wyżej, ale z różnym udziałem żwirku i piasku	1,020	15,800	135,000
Żwir, piasek z niewielką ilością gliny lub piasku gliniastego	59,000	94,000	458,000

Czynniki wpływające na opór właściwy gleby

Dwie próbki gleby, dobrze wysuszone, mogą być bardzo dobrymi izolatorami o oporze właściwym powyżej $10^9 \Omega$ -cm. Opór właściwy próbki gleby zmienia się bardzo szybko do osiągnięcia wilgotności na poziomie około 20% zawartości wody lub więcej (lustr. 2).

Zawartość wilgoci % wagowy	Opór właściwy, Ω - cm	
	gleba uprawna	piasek gliniasty
0	> 109	> 109
2,5	250,000	150,000
5	165,000	43,000
10	53,000	18,500
15	19,000	10,500
20	12,000	6,300
30	6,400	4,200

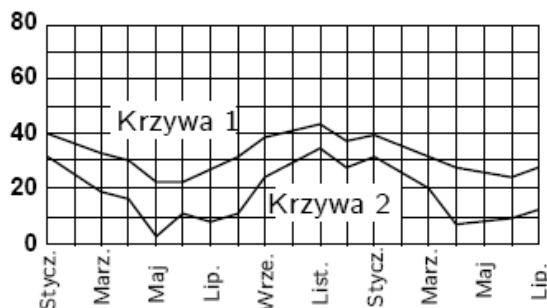
Ilustracja 2

Opór właściwy gleby zależny jest również od temperatury. Ilustracja 3 pokazuje zmiany oporu właściwego piasku gliniastego zawierającego 15,2 % wilgotności wraz ze zmianą temperatury od 20° do -15°C. W tym zakresie temperatur zaobserwowano zmianę oporu właściwego od 7,200 do 330,000 Ω -cm.

Temperatura		Opór właściwy Ohm - cm
C	F	
20	68	7,200
10	50	9,900
0	32 (woda)	13,800
0	32 (lód)	30,000
-5	23	79,000
-15	14	330,000

Ilustracja 3

Ze względu na bezpośrednią zależność oporu właściwego od wilgotności i temperatury, uzasadnione jest przypuszczenie, że oporność dowolnej instalacji uziemiającej będzie się zmieniała wraz ze zmianami pór roku. Zmiany takie przedstawiono na lustr. 4. temperatura i zawartość wilgotności są mniej zmienne na większych głębokościach. W związku z tym, dla zapewnienia optymalnej sprawności przez cały rok, instalacja uziemiająca powinna być zbudowana w taki sposób, aby pręt uziemiający był wbity w ziemię na stosunkowo dużą głębokość. Najlepsze wyniki daje wprowadzenie pręta uziemiającego do poziomu wód gruntowych.



Ilustracja 4

Ilustr. 4 Sezonowe wahania oporności uziemienia w formie elektrody z rury $\frac{3}{4}$ cala w kamienistej i gliniastej glebie. Głębokość elektrody w ziemi dla krzywej 1 (Krzywa 1) wynosiła 3 stopy, a dla krzywej 2 (Krzywa 2) wynosiła 10 stóp.

Na niektórych obszarach opór właściwy gruntu jest tak duży, że uziemienie o niskiej oporności możliwe jest jedynie stosunkowo wysokim kosztem i przy zastosowaniu skomplikowanej instalacji uziemiającej. W takich sytuacjach ekonomiczne może być zastosowanie systemu prętów uziemiających o ograniczonej wielkości i zmniejszenie oporu właściwego gleby przez okresowe zwiększanie w niej zawartości rozpuszczalnych soli.

Ilustracja 5 pokazuje znaczne zmniejszenie oporu właściwego piasku gliniastego przez zwiększanie zawartości rozpuszczalnych soli

Wpływ zawartości soli* na opór właściwy gleby (Piasek gliniasty, zawartość wilgoci 15% wagowych, temperatura 17°C)	
Dodana sól (% wag. wzgl. wilgoci)	Opór właściwy ••• Ω - cm
0	10,700
0,1	1,800
1,0	460
5	190
10	130
20	100

Ilustracja 5

Gleba poddana działaniu środków chemicznych jest również w znacznym stopniu zależna pod względem oporu właściwego od zmian temperatury, co przedstawiono na ilustracji 6. Jeżeli gleba poddawana jest działaniu soli, to stosowane pręty uziemiające muszą być odporne na korozję chemiczną.

Wpływ temperatury na opór właściwy gleby zawierającej sól*	
(Piasek gliniasty, wilgoci 20%, soli 5% wag. wzgl. wilgoci)	
Temperatura (stopnie C)	Opór właściwy (Ω - cm)
0	10,700
0,1	1,800
1,0	460
5	190
10	130
20	100

Ilustracja 6

* Np. siarczan miedziowy, węglan sodu i inne. Sól musi być przed użyciem dopuszczona przez EPA (rządowa agencja ochrony środowiska, USA) lub przepisy miejscowych władz.

POMIARY OPORU WŁAŚCIWEGO GLEBY (pomiar 4-punktowy)

Stosowane są dwa rodzaje pomiarów oporu właściwego: 2-punktowy i 4-punktowy. Metoda 2-punktowa polega po prostu na pomiarze oporności pomiędzy dwoma punktami. Dla większości zastosowań najdokładniejszą metodą jest metoda 4-punktowa użyta w modelu CA 6425 i modelu TERCA 2 próbnik uziemienia. Metoda 4-punktowa (Ilustracja 7 i 8), jak sama nazwa wskazuje, wymaga wstawienia w grunt na obszarze badań czterech jednakowo oddalonych elektrod ustawionych w jednej linii. Znany prąd ze źródła prądu stałego przechodzi między zewnętrznymi elektrodami. Spadek potencjału (funkcja oporności) mierzony jest na dwóch wewnętrznych elektrodach. Modele CA 6425 i TERCA 2 są skalibrowane do odczytu bezpośrednio w omach.

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} - \frac{2A}{\sqrt{4A^2 + 4B^2}}}$$

Gdzie: A = odległość między elektrodami w centymetrach
B = głębokość elektrody w centymetrach

Jeżeli $A > 20B$, to wzór otrzymuje postać:

$$\begin{aligned} \rho &= 2\pi AR \text{ (dla A w cm)} \\ \rho &= 191,5 AR \text{ (dla A w stopach)} \\ \rho &= \text{Opór właściwy gleby (omocentymetry)} \end{aligned}$$

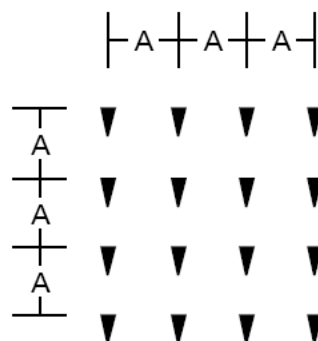
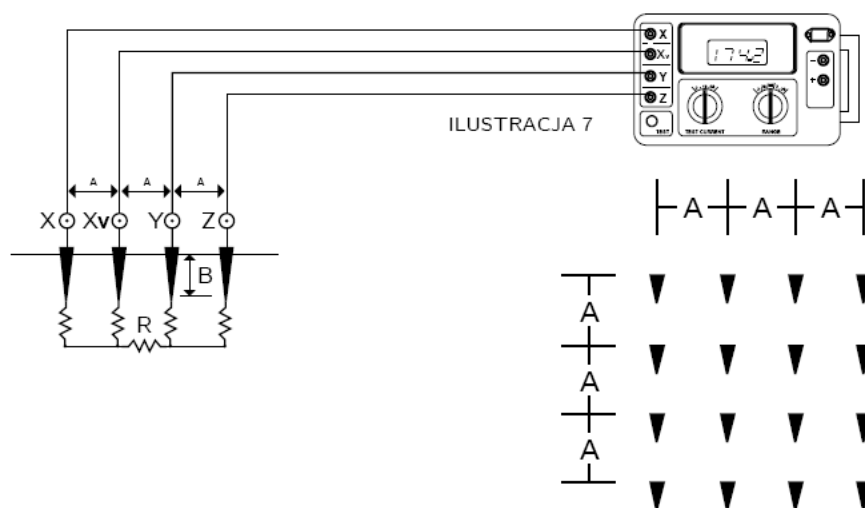
Wartość ta jest średnim oporem właściwym gruntu na głębokości równej odległości „A” pomiędzy dwoma elektrodami.

Pomiary oporu właściwego gleby przy pomocy modelu TERCA 2

Znalezienie miejsca o optymalnym oporze właściwym gleby na znacznym obszarze wymaga pewnego wycucia. Zakładając, że celem jest niski opór właściwy należy wybierać raczej obszary wilgotnej gliny niż suchego piasku. Należy też wziąć pod uwagę głębokość na jakiej wymagany jest kreślony opór właściwy.

Przykład

Po kontroli badany teren ograniczono do działki o wielkości około 70 stóp kwadratowych (7 m²). Zakładamy, że należy oznaczyć opór właściwy na głębokości 15 stóp (450 cm). Odległość „A” między elektrodami musi być zatem równa głębokości, na której oznaczany jest średni opór właściwy (15 stóp czyli 450 cm). Przy zastosowaniu uproszczonego wzoru Wennera ($r = 2p AR$) głębokość rozmieszczenia elektrod musi wynosić 1/20 odstępów między elektrodami czyli 8-7/8” (22,5 cm).



Ilustracja 8

Elektrody należy rozmieścić tworząc układ kraty i przyłączyć do modelu TERCA 2 zgodnie z ilustracją 8. Następnie należy wykonać następujące czynności:

- Usunąć złączkę znajdującą się pomiędzy X i Xv (C1, P1)
- Przyłączyć wszystkie cztery pręty pomocnicze (ilustracja 7).

Jeżeli odczyt wynosi np. $R = 15$, to

$$\begin{aligned}\rho \text{ (opór właściwy)} &= 2p \times A \times R \\ A \text{ (odległość między elektrodami)} &= 450 \text{ mm} \\ \rho &= 6,28 \times 15 \times 450 = 42,390 \text{ } \Omega\text{-cm}\end{aligned}$$

ELEKTRODY UZIEMIAJĄCE

Termin „uziemienie” określany jest jako połączenie przewodzące, przy pomocy którego obwód lub urządzenie jest połączone z ziemią. Połączenie to jest stosowane w celu ustanowienia lub zachowania jak największego zbliżenia między potencjałem ziemi i obwodem lub urządzeniem z nim połączonym. „Uziemienie” składa się z przewodu uziemiającego, złącza pośredniego, jednej lub kilku elektrod uziemiających oraz gleby stykającej się z elektrodą.

Uziemienia mają szereg zastosowań ochronnych. W przypadku zjawisk naturalnych, np. wyładowań atmosferycznych. Uziemienie stanowi instalacja odgromowa, która odprowadza ładunki do ziemi i chroni ludzi oraz urządzenia elektryczne. W przypadku obcego potencjału z powodu awarii w sieci i powrotu prądu przez ziemię uziemienie pomaga zapewnić natychmiastowe zadziałanie przełączników zabezpieczających, udostępniając ścieżki o niskim oporze elektrycznym dla prądu zwarciovego. Dzięki temu obcy potencjał może zostać odprowadzony jak najszybciej. Uziemienie powinno stanowić ujście dla obcego potencjału zanim personel dozna uszczerbku na zdrowiu oraz zanim powstaną szkody w instalacji elektrycznej lub komunikacyjnej.

Idealny w celu utrzymania potencjału odniesienia dla bezpieczeństwa przyrządów, ochrony przed elektrycznością statyczną, ograniczenia napięcia w systemie dla bezpieczeństwa operatora, jest opór uziemienia równy 0 omów. W rzeczywistości, jak opisujemy dalej, wartość ta jest nieosiągalna.

Wreszcie niska oporność uziemienia jest warunkiem wymaganym przez przepisy NEC (elektryczne), OSHA (BHP) i inne normy bezpieczeństwa dla instalacji elektrycznych.

Ilustracja 9 przedstawia pręt uziemiający. Oporność elektrody składa się z następujących komponentów:

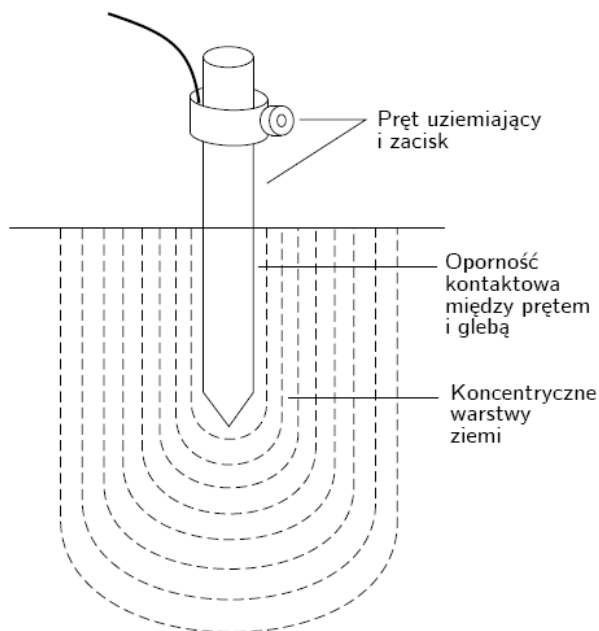
- (A) oporności metalu oraz oporności przyłącza,
- (B) oporności kontaktowej otaczającej ziemi względem elektrody,
- (C) oporności otaczającej ziemi względem przepływu prądu lub oporu właściwego, który jest często najbardziej znaczącym czynnikiem.

Mówiąc dokładniej:

- (A) Elektrody uziemiające są zazwyczaj produkowane z metalu o dobrej przewodności (z miedzi lub metalu miedziowanego) o odpowiednim przekroju, aby oporność ogólna była pomijalnie mała.

(B) Państwowy *instytut Norm i Technologii przedstawił dowodnie, że oporność między elektroda i otaczająca ją ziemia jest pomijalna, jeżeli elektroda jest wolna od farby, smarów lub innych powłok, a ziemia jest dobrze ubita.

(C) Powstaje jedyny komponent, którym jest oporność otaczającej ziemi. Można uznać, że elektroda jest otoczona koncentrycznymi warstwami ziemi lub gleby, które mają jednakową grubość. Im bliższa jest dana warstwa elektrodzie, tym mniejsza jest jej powierzchnia, a zatem większa jej oporność. Im dalej od elektrody leży dana warstwa, tym większą ma powierzchnię, a zatem mniejszą oporność. Dodawanie dalszych warstw gleby coraz dalej od elektrody nie ma zauważalnego wpływu na całkowitą oporność ziemi otaczającej elektrodę uziemiającą. Odległość, na której zachodzi to zjawisko, nazywana jest strefą oporności skutecznej i zależy bezpośrednio od głębokości, na której umieszczona jest elektroda uziemiająca.



Ilustracja 9

Teoretycznie oporność uziemienia można wyprowadzić ze wzoru ogólnego :

$$R = \frac{\rho L}{A} \text{ Oporność} = \text{Opór właściwy} \times \frac{\text{Długość}}{\text{Pole}}$$

Wzór ten ilustruje, dlaczego współśrodkowe warstwy ziemi mają coraz mniejszą oporność w miarę oddalania się od pręta uziemiającego:

$$R = \text{Opór właściwy gleby} \times \frac{\text{Grubość warstwy}}{\text{Pole}}$$

W przypadku oporności uziemienia zakładamy jednakowy opór właściwy ziemi (lub gleby) na całej jej objętości, chociaż w rzeczywistości jest to rzadki przypadek. Równania dla systemów elektrod są bardzo skomplikowane i często wyrażone jedynie jako przybliżenia. Najbardziej popularny wzór dla instalacji z pojedynczą elektrodą uziemiającą opracowany został przez profesora H.R.Dwight'a z Massachusetts Institute of Technology i przedstawia się następująco:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left(\frac{4L}{r} - 1 \right)$$

R = oporność w omach pręta uziemiającego względem ziemi (lub gleby)

L = długość elektrody uziemiającej

r = promień elektrody uziemiającej

ρ = średni opór właściwy w omocentrymetrach

Wpływ wielkości elektrody uziemiającej i głębokości na oporność

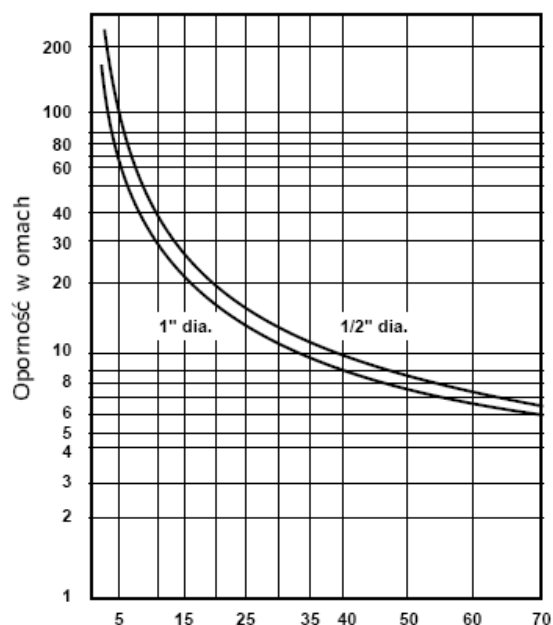
Wielkość : Zwiększanie średnicy pręta nie ma poważniejszego wpływu na zmniejszenie jego oporności. Podwojenie średnicy zmniejsza oporność o mniej niż 10% (Ilustracja 10).



Ilustracja 10

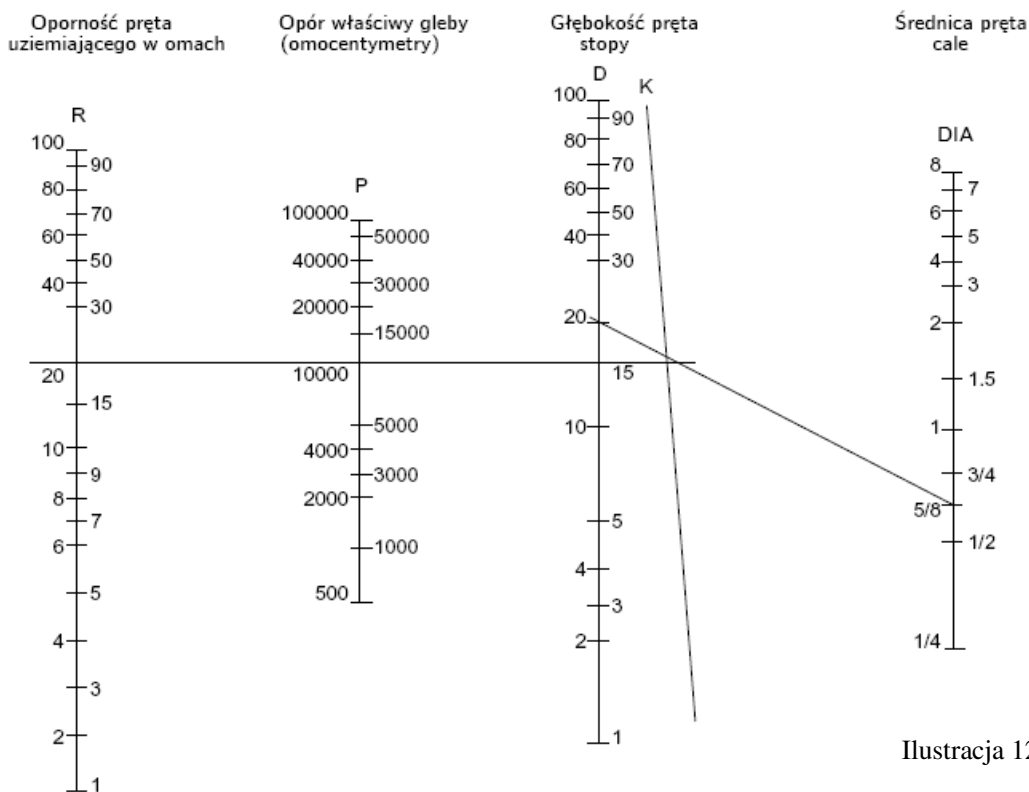
Głębokość : Wraz z wbijaniem pręta coraz głębiej, jego oporność zmniejsza się. Zasadniczo podwojenie długości pręta zmniejsza oporność o około 40% (Ilustracja 11). Przepisy NEC (1987, 250-83-2) wymagają, aby w kontakcie z glebą było minimum 8 stóp (2,4 m) pręta. Najczęściej stosowany jest pręt okrągły długości 10 stóp (3 m), który spełnia wymagania NEC. Minimalna średnica dla prętów stalowych wynosi 5/8 cala (1,59 cm), a dla prętów miedzianych i stalowych prętów miedziowych 1/2 cala (1,25 cm) (NEC 1987, 250-83-2). Minimalne praktyczne średnice ze względu na możliwość wybicia na 10 stóp (3 m) wynoszą :

- 1/2 cala (1,27 cm) w normalnej glebie
- 5/8 cala (1,59 cm) w wilgotnej glebie
- 3/4 cala (1,91 cm) w twardej glebie lub przy wbijaniu głębiej niż na 10 stóp



Głębokość wbijania w stopach
Oporność uziemienia w stosunku do głębokości pręta uziemiającego

Ilustracja 11



Ilustracja 12

Normogram uziemienia

1. Wybrać odpowiednią oporność na skali R.
2. Wybrać opór właściwy na skali P.
3. Poprowadzić prostą przez skalę R i P do przecięcia ze skalą K.
4. Zaznaczyć punkt na skali K.
5. Poprowadzić prostą łączącą punkt na skali K z przekrojem na skali DIA do przecięcia ze skalą D.
6. Punkt na skali D będzie głębokością pręta wymaganą dla uzyskania oporności wybranej na skali R.

WARTOŚCI OPORNOŚCI UZIEMIENIA

NEC[®] 250-84 (1987) : Oporność elektrod :

„Pojedynczą elektrodę wykonaną z pręta, rury lub płyty o oporności względem ziemi nie większej niż 25 Ω należy uzupełnić dodatkowym prętem jednego z typów podanych w części 250-81 lub 250-83. Jeżeli zainstalowanych jest kilka elektrod prętowych, rurowych lub płytowych, to przepisy wymagają, aby były one oddalone od siebie nawzajem o nie mniej niż 6 stóp (1,83 m).”

Przepisy elektryczne NEC stwierdzają, że oporność względem ziemi nie może przekraczać 25 Ω . Jest to górna granica i wytyczna, chociaż w wielu przypadkach wymagana jest znacznie mniejsza oporność.

Ile powinna wynosić oporność uziemienia? Udzielenie arbitralnej odpowiedzi w omach jest trudne. Im mniejsza oporność uziemienia, tym bezpieczniejsza. A w celu zabezpieczenia personelu i urządzeń warto dążyć do celu, jakim jest wartość poniżej jednego oma. Z zasady niepraktyczne jest osiągnięcie tak niskiej oporności w instalacji rozdzielczej, w linii transmisyjnej lub w małej podstacji.

W niektórych regionach osiągnięcie 5 Ω lub mniej nie jest problemem. W innych regionach mogą występować trudności z doprowadzeniem wbitego pręta do wartości poniżej 100 Ω .

Uznane standardy przemysłowe stanowią, że podstacje transmisyjne powinny być zaprojektowane na nie więcej niż 1 Ω . W podstacjach rozdzielczych maksymalna zalecana oporność wynosi 5 Ω lub nawet 1 Ω . W większości przypadków układ podziemnej kraty dowolnej podstacji powinien zapewniać wymaganą oporność.

W lekkich budynkach przemysłowych oraz w centralach telekomunikacyjnych dopuszczalną wartością jest często 5 Ω . Dla ochrony przed piorunami odgromniki powinny być połączone z uziemieniem o maksymalnej oporności 1 Ω .

Wymaganie te mogą być z reguły spełnione przy prawidłowym zastosowaniu podstawowej wiedzy na temat uziemienia. Zawsze będą istniały okoliczności, które utrudnią uzyskanie oporności uziemienia wymaganej przez przepisy NEC[®] lub inne normy bezpieczeństwa. W razie zaistnienia takich okoliczności można posłużyć się szeregiem metod obniżenia oporności uziemienia. Metody te obejmują systemy prętów równoległych, systemy prętów głębokich, wieloczęściowych oraz chemiczną obróbkę gleby. Innymi sposobami spotykanymi w publikacjach są płyty podziemne, przewodniki podziemne (równoważące), przyłączona elektrycznie stal konstrukcyjna oraz przyłączona elektrycznie stal do zbrojenia betonu.

Z myślą o uzyskaniu jak najmniejszej oporności uziemienia rozważano często przyłączenie elektryczne do istniejącej dystrybucyjnej sieci wodociągowej i gazowej. Najnowsze zmiany w projektowaniu instalacji z wykorzystaniem niemetalicznych rur i złączek izolacyjnych stawiają powyższy sposób uzyskania niskiej oporności uziemienia pod znakiem zapytania i uznają go za zawodny.

Pomiar oporności uziemienia może być wykonywany jedynie przy użyciu specjalnie opracowanego sprzętu badawczego. Większość przyrządów korzysta z zasady spadku potencjału prądu zmiennego (AC) krążącego pomiędzy elektrodą pomocniczą i badaną elektrodą uziemiającą. Wynik podawany jest w omach i oznacza opór elektrody uziemiającej względem otaczającej ziemi. Firma AEMC wprowadziła ostatnio na rynek przypinane próbki oporności uziemienia.

Uwaga: National Electric Code[®] oraz NEC[®] są zarejestrowanymi znakami towarowymi Krajowego Stowarzyszenia Ochrony Przeciwpożarowej (National Fire Protection Association).

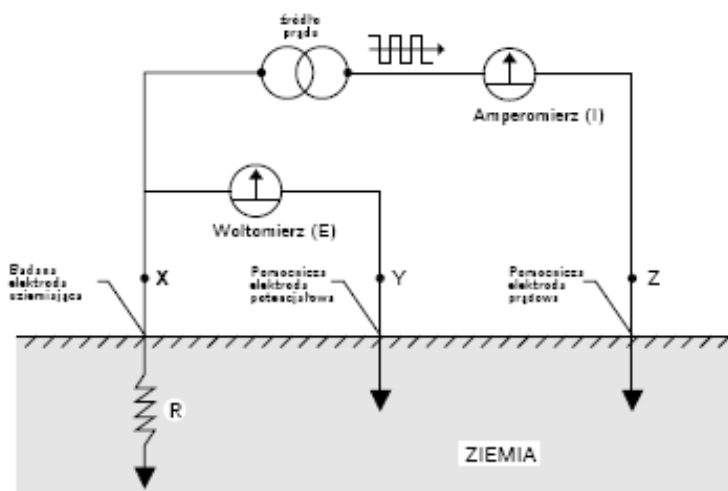
ZASADA BADANIA OPORNOŚCI UZIEMIENIA (spadek potencjału - pomiary 3-punktowe)

Różnica potencjałów między prętem X i Y jest mierzona woltmierzem, zaś przepływ prądu między prętem X i Z jest mierzony amperomierzem. (Uwaga : symbole X, Y i Z mogą być określane jako X, P i C w próbniku trzypunktowym lub jako C1, P2 i C2 w próbniku czteropunktowym.) (Patrz ilustracja 13.).

Zgodnie z prawem Ohma $E = RI$ lub $R = E/I$, co pozwala na obliczenie oporności elektrody uziemiającej. Jeżeli $E = 20 \text{ V}$, a $I = 1 \text{ A}$, to

$$R = \frac{E}{I} = \frac{20}{1} = 20$$

Nie ma potrzeby wykonywania wszystkich pomiarów przy pomocy próbnika uziemia. Próbник uziemia wykonuje pomiar bezpośredni przez generowanie własnego prądu i wyświetla oporność elektrody uziemiającej.

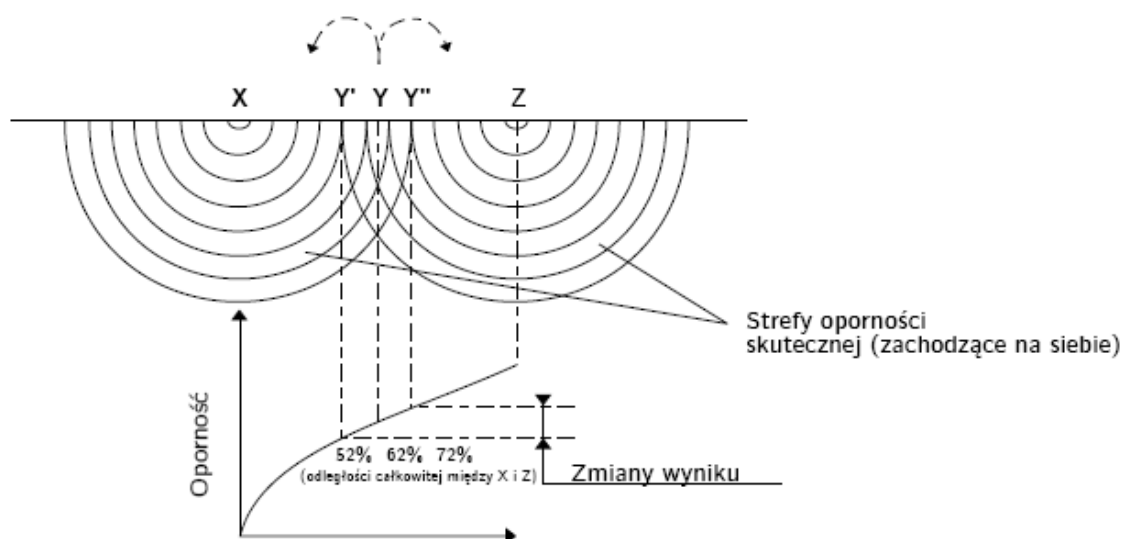


Ilustracja 13

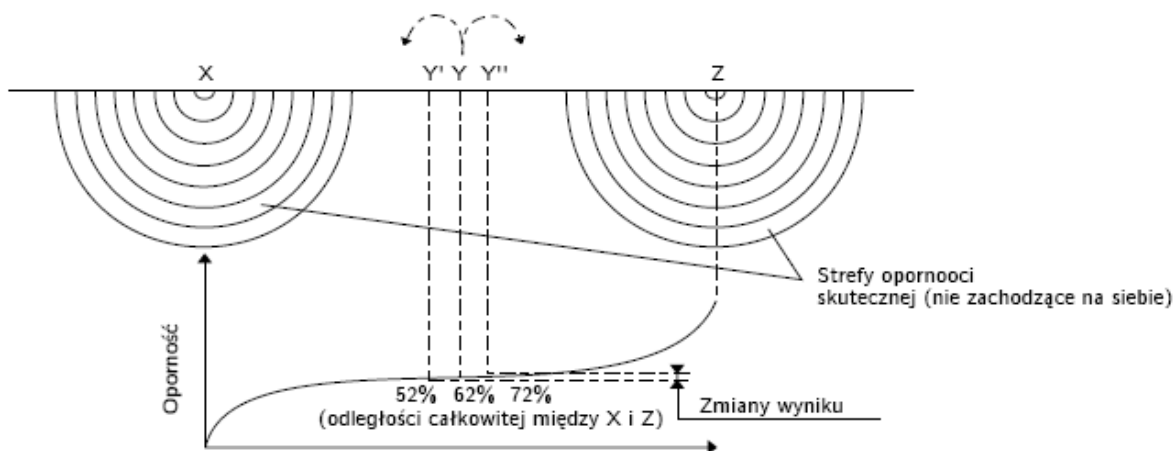
Rola elektrod pomocniczych w pomiarach

Celem dokładnych pomiarów oporu elektrycznego względem ziemi jest umieszczenie pomocniczej elektrody prądowej Z w odpowiedniej odległości od badanej elektrody uziemiającej, aby pomocnicza elektroda potencjałowa Y znalazła się poza strefą oporności skutecznej zarówno badanej elektrody uziemiającej, jak i pomocniczej elektrody prądowej. Najlepszym sposobem ustalenia, czy pomocnicza elektroda potencjałowa Y jest poza strefą oporności skutecznej, jest przesuwanie jej między X i Z i odczytywanie wyników w każdym położeniu (patrz ilustracja 16). Jeżeli pomocnicza elektroda potencjałowa Y znajdzie się w strefie oporności skutecznej (lub w dwóch strefach, jeżeli na siebie zachodzą, jak np. na ilustracji 14), to przesuwanie jej będzie powodowało znaczne zmiany odczytywanych wartości. W takich warunkach nie da się ustalić dokładnej wartości oporności uziemia.

Z drugiej strony, jeżeli pomocnicza elektroda potencjałowa Y jest umieszczona poza strefami oporności skutecznej (ilustracja 15), to przesuwanie jej w przód i w tył spowoduje minimalne zmiany odczytu. Wyniki powinny być stosunkowo bliskie jeden drugiemu. Stanowią najlepsze wartości oporności względem ziemi dla elektrody uziemiającej X. Wyniki powinny zostać wykreślone w celu sprawdzenia, czy leżą w rejonie „równiny”, jak widać na ilustracji 15. Rejon ten jest często określany jako „strefa 62%”. Patrz objaśnienie na stronie 13).



ILUSTRACJA 14

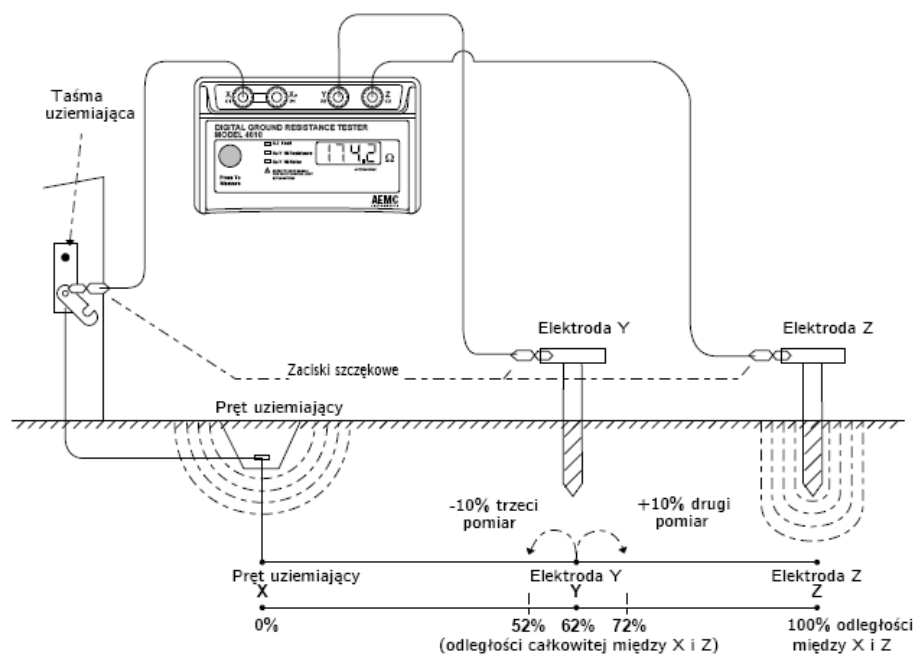


ILUSTRACJA 15

Pomiar oporności elektrod uziemiających (metoda 62%)

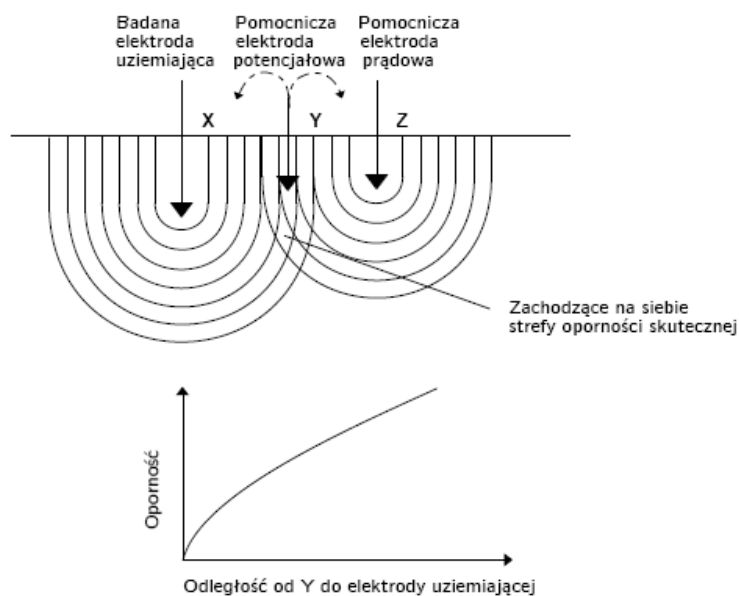
Metoda 62% została przyjęta po rozważaniach graficznych i po rzeczywistym badaniu. Jest to najdokładniejsza metoda, ale ograniczona faktem, że **badane uziemienie stanowi pojedynczy zespół**.

Metoda ta ma zastosowanie tylko wtedy, gdy wszystkie trzy elektrody są w linii prostej, uziemienie jest pojedynczą elektrodą, rurą, płytą itp., jak widać na ilustracji 16.



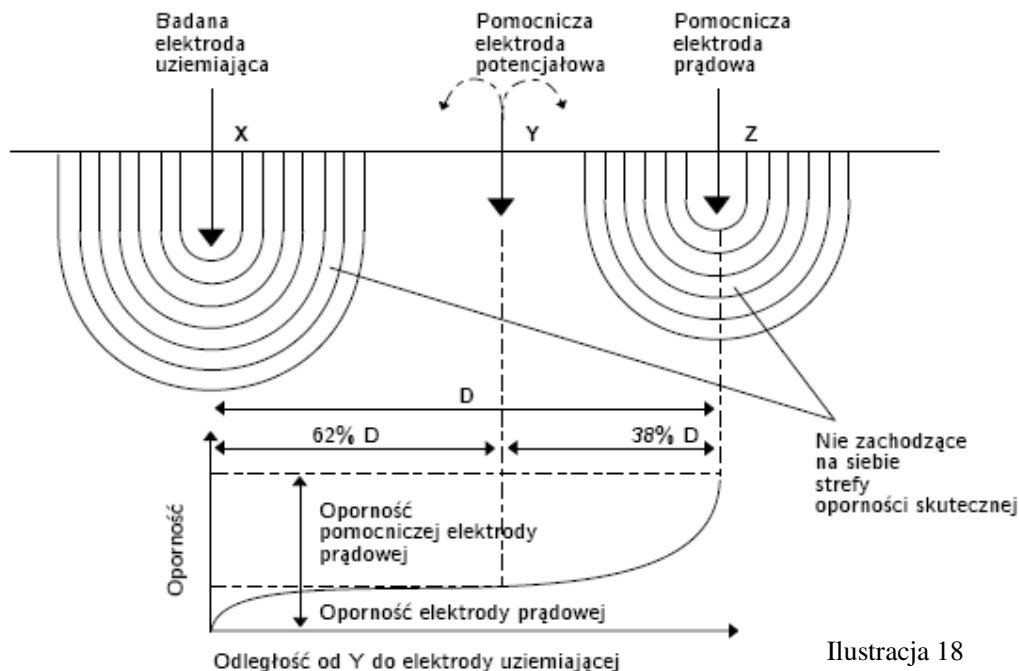
Ilustracja 16

Należy wziąć pod uwagę ilustrację 14, która pokazuje strefy oporności skutecznej (współśrodkowe warstwy) elektrody uziemiającej X oraz pomocniczej elektrody prądowej Z. Strefy oporności zachodzą na siebie. Jeżeli odczyt prowadzono przy przesuwaniu pomocniczej elektrody potencjałowej Y w kierunku X lub Z, to różnice w odczycie mogą być znaczne i trudno uzyskać wynik w racjonalnym pasmie tolerancji. Strefy czułości zachodzą na siebie i stale oddziałują zwiększając oporność w miarę przesuwania Y coraz dalej od X.



Ilustracja 17

Należy teraz wziąć pod uwagę ilustrację 18, gdzie elektrody X i Z są w wystarczającej odległości od siebie, dzięki czemu strefy oporności skutecznej nie zachodzą na siebie. Wykreślając zmierzoną oporność stwierdzimy, że pomiary osiągną linię poziomą, gdy Y znajdzie się w 62% odległości między X i Z, oraz że odczyty po obu stronach początkowej nastawy Y najprawdopodobniej zmieszczą się w granicach ustanowionego pasma tolerancji. Pasma tolerancji jest ustalane przez użytkownika i wyrażone w procentach początkowego wyniku : $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ itd.



Ilustracja 18

Odległości elektrod pomocniczych

Nie można podać dokładnej odległości między X i Z, ponieważ zależy ona od średnicy badanej elektrody, jej długości, jednolitości badanej gleby, a w szczególności stref oporności skutecznej. Można jednak określić orientacyjne odległości na podstawie poniższej tabeli opracowanej dla jednolitej gleby i elektrody o średnicy 1". (Dla średnicy 1,2" należy zmniejszyć odległość o 10%, a dla średnicy 2" - zwiększyć odległość o 10%.)

Przybliżona odległość od elektrod pomocniczych przy zastosowaniu metody 62% [stopy/m]		
Głębokość uziemiaenia	Odległość od Y	Odległość od Z
6 / 1,8	45 / 13,5	72 / 21,6
8 / 2,4	50 / 15	80 / 24
10 / 3	55 / 16,5	88 / 26,4
12 / 3,6	60 / 18	96 / 28,8
18 / 5,4	71 / 21,3	115 / 34,5
20 / 6	74 / 22,2	120 / 36
30 / 9	86 / 25,8	140 / 42

Odległości kilku elektrod

Kilka równoległych elektrod daje mniejszą oporność względem ziemi niż pojedyncza elektroda uziemiająca. Instalacje o dużej wydajności wymagają jak najniższej oporności uziemienia. Układ wielu prętów zapewnia taką oporność.

Drugi pręt nie zapewnia zmniejszenia oporności całkowitej do połowy wartości osiąganey przy pręcie pojedynczym, chyba że pręty są oddalone od siebie o kilka długości. Aby uzyskać wymaganą oporność uziemienia należy umieścić kilka prętów, jeden od drugiego w odległości równej długości pręta, w linii prostej, okręgu, trójkącie lub kwadracie. Ekwiwalentną oporność można obliczyć przez podzielenie przez liczbę prętów i pomnożenie przez współczynnik X (patrz poniżej). Dodatkowe rozważania odnośnie potencjałów stopniowych i dotykowych powinny być podyktowane geometrią.

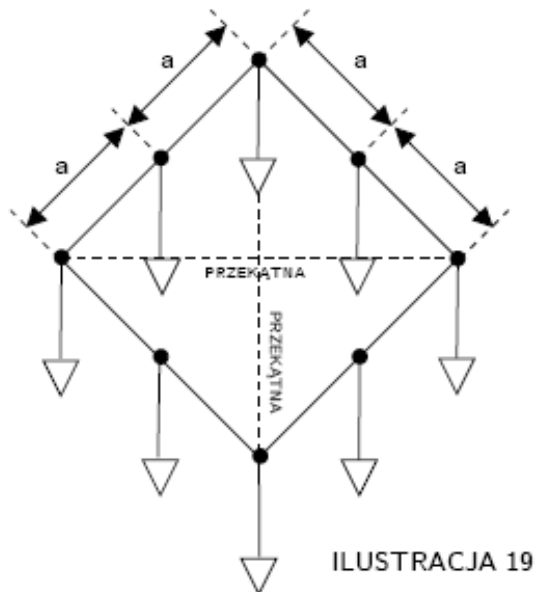
Współczynniki do mnożenia w przypadku kilku prętów	
Liczba prętów	X
2	1,16
3	1,29
4	1,36
8	1,68
12	1,80
16	1,92
20	2,00
24	2,16

Umieszczenie dodatkowych prętów wewnątrz obwodu nie zmniejszy oporności uziemienia bardziej niż to uczynią to same pręty na obwodzie.

UKŁAD WIELU ELEKTROD

Pojedyncza elektroda wbita w ziemię jest ekonomicznym i prostym sposobem budowy instalacji uziemiającej. Niekiedy jednak pojedynczy pręt nie jest w stanie zapewnić odpowiednio niskiej oporności i

wtedy w ziemię wbijanych jest kilka elektrod uziemiających, które łączone są równoległe kablem. Bardzo często używane są dwie, trzy lub cztery elektrody. Ustawione są w linii prostej. Jeżeli stosowane są cztery elektrody lub więcej, to ustawiane są w kwadrat, gdzie elektrody są przyłączone równoległe i jednakowo oddalone od siebie (Ilustracja 19).



W układzie wielu elektrod nie można zastosować bezpośrednio metody 62% odległości między elektrodami. Odległość elektrod pomocniczych oparta jest na maksymalnej odległości w układzie (np. przekątnej w kwadracie, całkowitej długości odcinka prostego. Kwadrat o boku 20 stóp będzie miał na przykład przekątną długości około 28 stóp.)

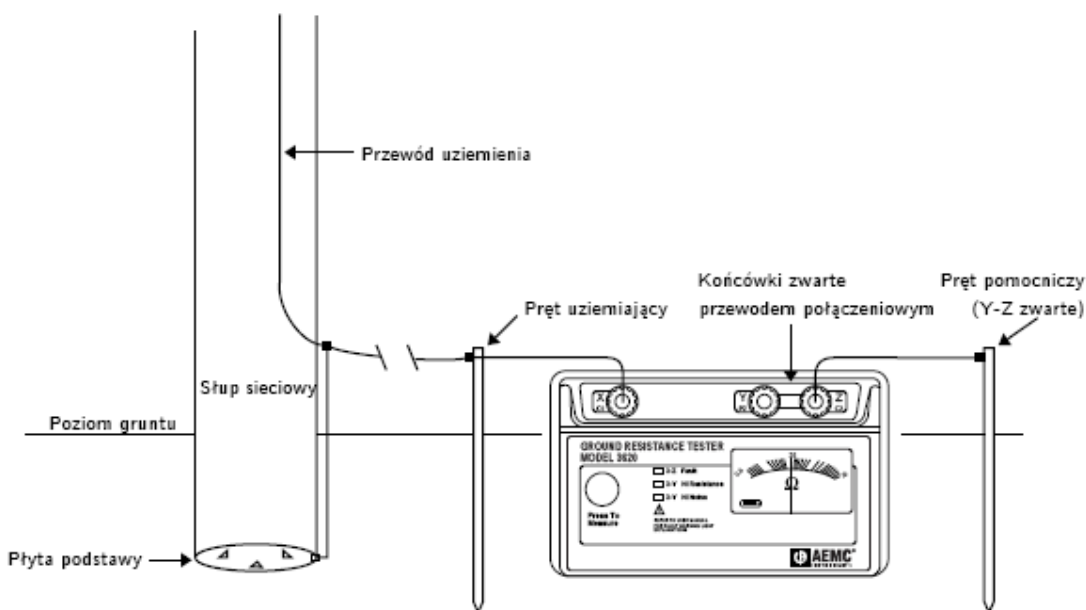
Układ wielu elektrod (odległości w stopach) 1 stopa = 30 cm		
Maks. odległość w układzie	Odległość od Y	Odległość od Z
6	78	125
8	87	140
10	100	160
12	105	170
14	118	190
16	124	200
18	130	210
20	136	220
30	161	260
40	186	300
50	211	340
60	2320	370
80	273	440
100	310	500
120	341	550
140	372	600
160	390	630
180	434	700
200	453	730

POMIAR DWUPUNKTOWY (METODA UPROSZCZONA)

Jest to alternatywna metoda, gdy istnieje już znakomite uziemienie.

W terenach o dużym zagęszczeniu, gdzie wbicie dwóch elektrod pomocniczych może być utrudnione, można zastosować metodę pomiaru dwupunktowego. Uzyskiwany wynik będzie dotyczył dwóch elektrod. Rura wodociągowa lub inne uziemienie musi mieć bardzo niską oporność, aby w ostatecznym wyniku pomiaru można ją było pominąć. Oporności przewodów są również mierzone i należy je odjąć od ostatecznego wyniku pomiaru.

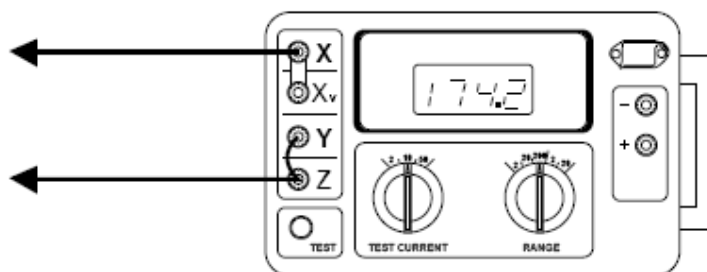
Metoda ta nie jest tak dokładna jak metoda trzypunktowa (metoda 62%), ponieważ jest zależna w szczególności od odległości między elektrodą badaną oraz uziemieniem biernym lub rurą wodociągową. Metody tej nie należy stosować jako standardowej, a jedynie jako sposób rezerwowy w rejonach dużego zagęszczenia. Patrz ilustracja 20.



Ilustracja 20

POMIAR CIĄGŁOŚCI

Pomiary ciągłości przewodu uziemienia możliwe są z zastosowaniem dwóch końcówek (Ilustracja 21).

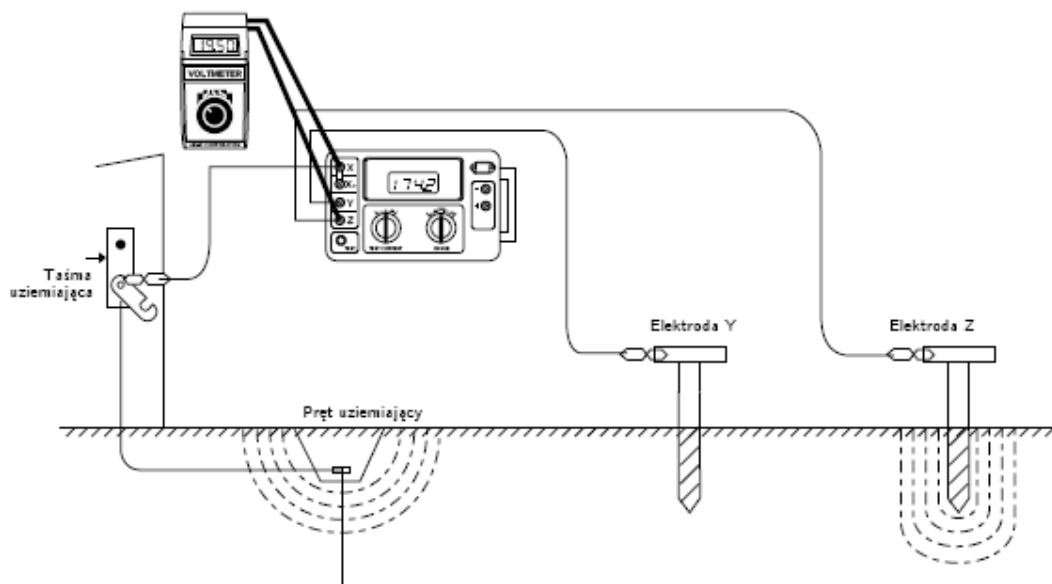


Ilustracja 21

WSKAZÓWKI TECHNICZNE

Wysoki poziom zakłóceń

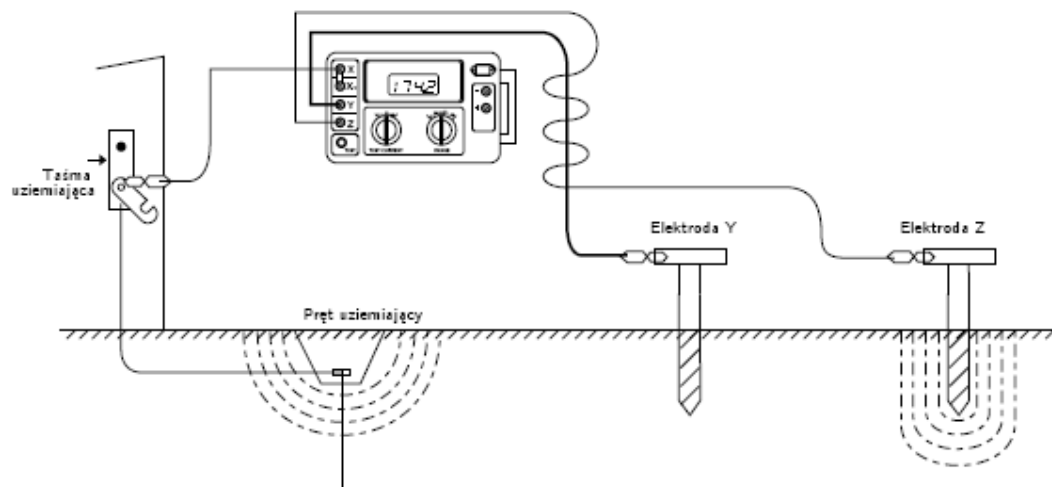
Wysoki poziom zakłóceń może stanowić przeszkodę przy pomiarach z powodu długich przewodów używanych w teście spadku potencjału. Dla identyfikacji tego problemu można się posłużyć woltmierzem. Przyłączyć przewody „X”, „Y” i „Z” do elektrod pomocniczych tak samo, jak do standardowego badania oporności. Przy pomocy woltmierza zmierzyć napięcie między końcówkami „X” i „Z” (Ilustracja 22).



Ilustracja 22

Odczytane napięcie powinno się mieścić w granicach zwykłej tolerancji dopuszczonej dla używanego próbnika uziemienia. Jeżeli odczytana wartość przekracza tolerancję, to należy wypróbować jeden z poniższych sposobów :

A) Spleść ze sobą przewody pomocnicze. W ten sposób można często wyeliminować napięcia występujące między tymi przewodami (Ilustracja 23).

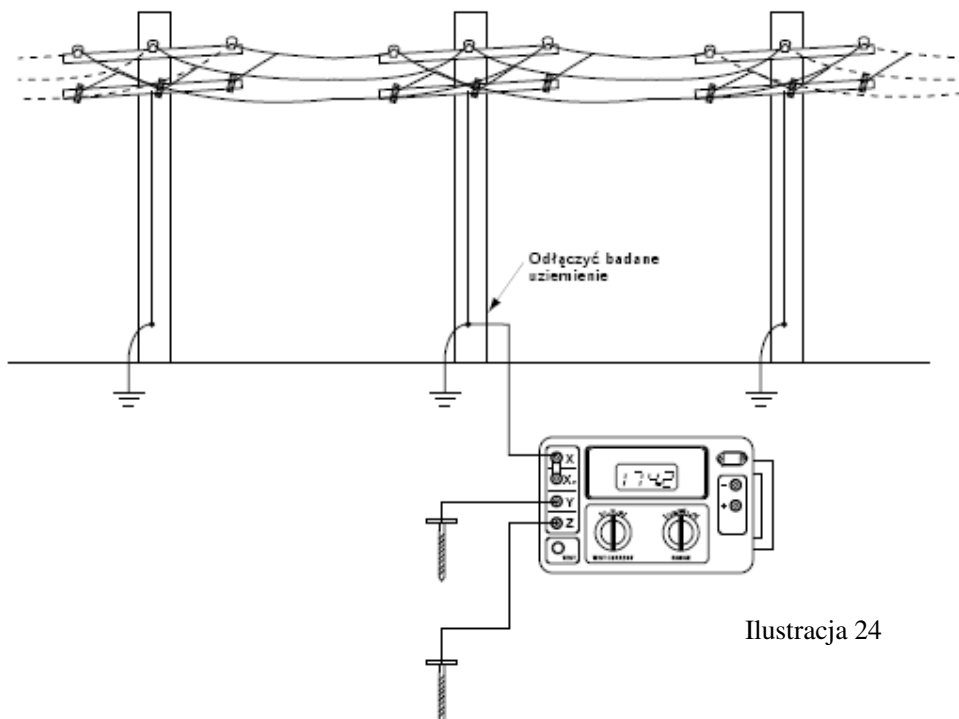


Ilustracja 23

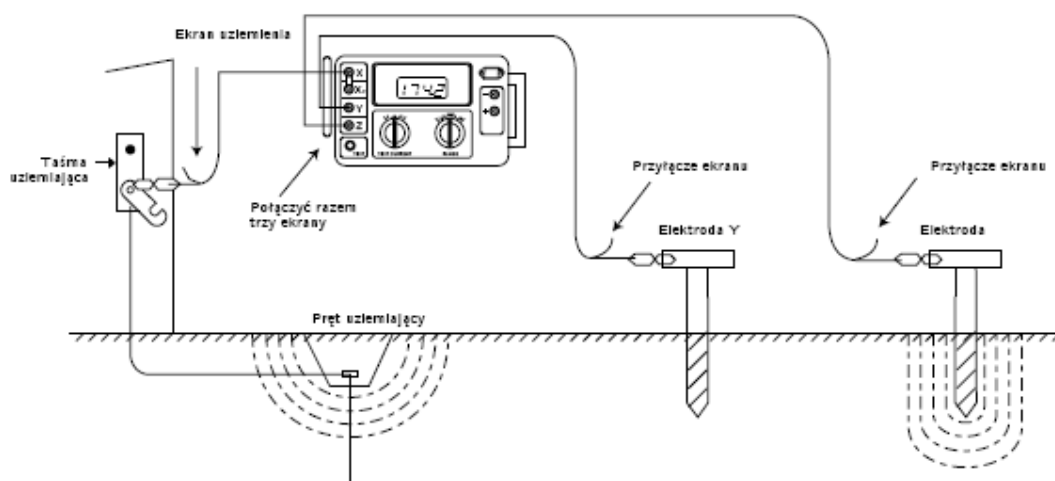
B) Jeżeli poprzedni sposób zawiedzie, to należy spróbować zmienić układ przewodów pomocniczych w taki sposób, aby nie przebiegały równoległe do przewodów energetycznych nad lub pod ziemią (Ilustracja 24).

C) Jeżeli nadal nie można osiągnąć wystarczająco niskiego napięcia zakłócającego, to być może konieczne jest zastosowanie przewodów ekranowych. Ekran działa jako ochrona wewnętrznej żyły przez wychwytywanie napięcia zakłócającego i odprowadzenie go do ziemi (Ilustracja 25).

1. Przyłączyć ekranowane przewody do elektrod pomocniczych.
2. Połączyć razem trzy ekrany w pobliżu miernika (ale nie do niego).
3. Starannie połączyć pozostałe ekrany do badanego uziemienia.



Ilustracja 24

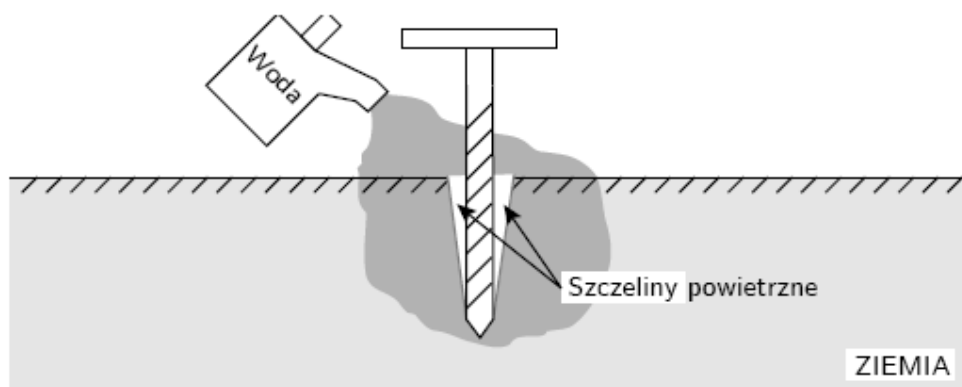


Ilustracja 25

Nadmierna oporność pręta pomocniczego

Typową funkcją próbnika uziemienia badającego spadek potencjału jest podawanie stałego prądu do ziemi i mierzenie spadku napięcia przy pomocy elektrod pomocniczych. Nadmierna oporność jednej lub obu elektrod pomocniczych może uniemożliwiać wykorzystanie tej funkcji. Przyczyną jest wysoki opór właściwy gleby lub słaba styczność między elektrodą pomocniczą i otaczającymi ją zanieczyszczeniami (Ilustracja 26).

Aby zapewnić dobrą styczność elektrody z otaczającą glebą, należy udeptać ziemię wokół elektrody pomocniczej w celu usunięcia szczelin powietrznych powstających podczas wbijania pręta. Jeżeli problemy wynikają z oporu właściwego gleby, to strefy wokół elektrod pomocniczych należy polać wodą. Zmniejsza to opór kontaktowy elektrod pomocniczych bez wpływania na wynik pomiarów.

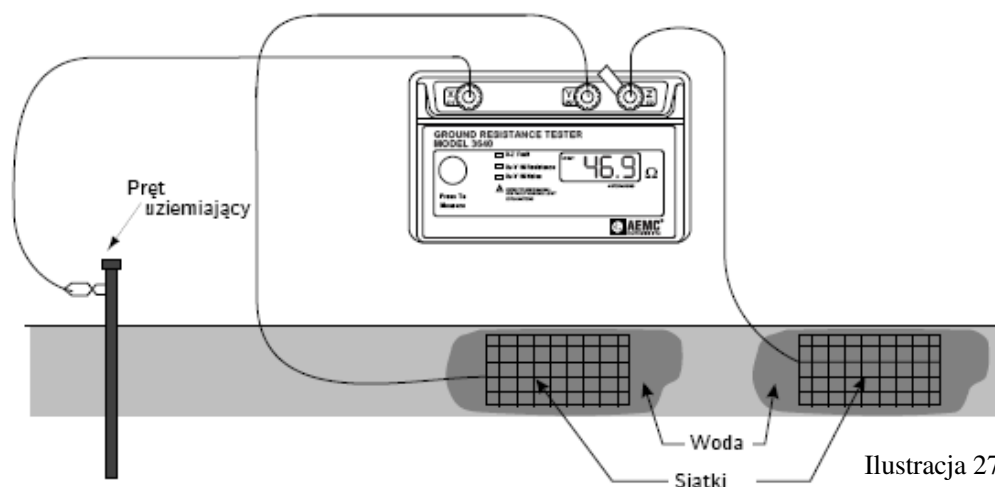


Ilustracja 26

Mata smołowo-betonowa

Niekiedy pomiary muszą być wykonywane przy pomocy pręta, który otoczony jest matą smołowo-betonową, gdzie wbicie elektrod pomocniczych nie jest łatwe. W takich przypadkach można zamiast elektrod zastosować metalowe siatki i wodę. Patrz ilustracja 27.

Siatki należy umieścić na podłożu w tej samej odległości od badanego pręta uziemniającego, w jakie umieszczone byłyby elektrody pomocnicze w standardowym badaniu spadku potencjału. Polać siatki wodą i poczekać aż namokną. Siatki spełniają tę samą rolę co wbijane elektrody pomocnicze.



Ilustracja 27

POMIARY POTENCJAŁU DOTYKOWEGO

Podstawową przyczyną prowadzenia pomiarów spadku potencjału jest przestrzeganie zasad bezpieczeństwa osób i urządzeń elektrycznych. W pewnych okolicznościach poziom bezpieczeństwa można oceniać z innej perspektywy.

Okresowe badania oporności elektrody lub siatki uziemiającej są zalecane, gdy :

- 1) Elektroda / siatka jest stosunkowo niewielka i można ją wygodnie odłączyć.
- 2) Może występować korozja na skutek niskiego oporu właściwego gleby lub zjawisk galwanicznych.
- 3) Zwarcia z ziemią w pobliżu badanego uziemienia są bardzo mało prawdopodobne.

Pomiary potencjału dotykowego stanowią alternatywną metodę określania bezpieczeństwa pod względem elektrycznym. Pomiary potencjału dotykowego są zalecane gdy ;

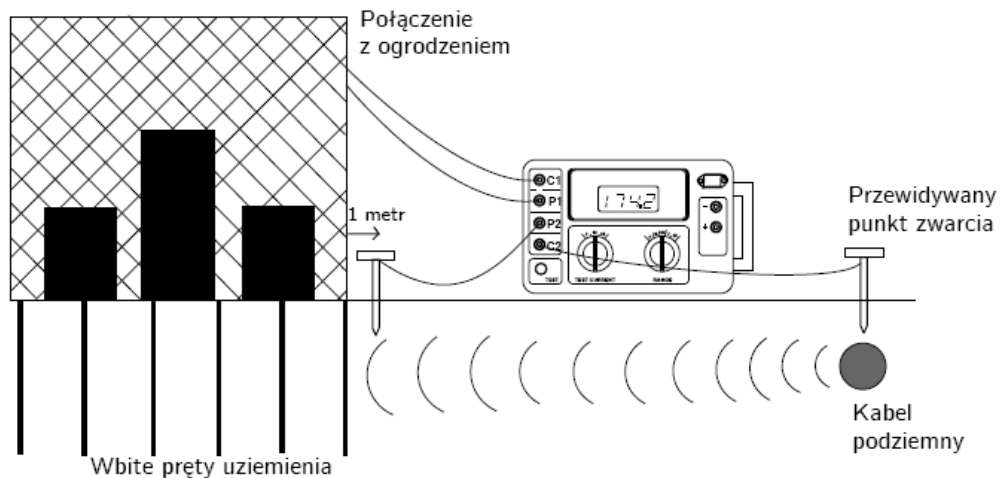
- 1) Odłączenie badanego uziemienia jest fizycznie lub ekonomicznie niemożliwe.
- 2) Można spodziewać się zwarcia z ziemią w pobliżu badanego uziemienia lub w pobliżu urządzeń uziemionych przy pomocy badanego uziemienia.
- 3) Obrys uziemionego urządzenia jest porównywalny z wielkością badanego uziemienia (obrys stanowi zewnętrzny obwód stykający się z ziemią).

Ani pomiary spadku potencjału, ani pomiary potencjału dotykowego nie pozwalają na ocenę zdolności odprowadzania przez przewody uziemienia wysokich prądów zwarciovych między fazą a ziemią. Dla ustalenia, czy instalacja uziemiająca jest w stanie wytrzymać taki prąd konieczne są dodatkowe badania wysokoprądowe.

Do wykonywania pomiarów potencjału dotykowego stosowane są czterobiegunowe próbki uziemienia. Podczas badania przyrząd kieruje niewielki prąd zwarciovych doziemni w pewnej odległości od badanego uziemienia. Przyrząd wyświetla potencjał dotykowy w voltach na amper prądu zwarciovych. Wyświetlana wartość jest następnie mnożona przez maksymalny przewidywany prąd zwarcia doziemnego w celu uzyskania potencjału dotykowego dla danej instalacji w najgorszym możliwym przypadku.

Jeżeli np. przyrząd wyświetli wartość $0,100 \Omega$, gdy jest przyłączony do instalacji, w której maksymalny spodziewany prąd zwarciovych wynosi 5000 A , to maksymalny potencjał dotykowy wyniesie $5000 \times 0,1 = 500 \text{ V}$.

Pomiary potencjału dotykowego są podobne do pomiarów spadku potencjału przez to, że wymagają umieszczenia elektrod pomocniczych w ziemi lub na ziemi. Odległości elektrod pomocniczych przy pomiarze potencjału dotykowego różnią się od odległości stosowanych przy badaniu spadku potencjału, co pokazano na ilustracji 28 na następnej stronie.



Przyjrzyjmy się następującemu scenariuszowi : Jeżeli w kablu podziemnym przedstawionym na ilustracji 28 dojdzie do pęknięcia izolacji w pobliżu pokazanej podstacji, to prąd uszkodzeniowy będzie się przemieszczał w ziemi w stronę podstacji tworząc gradient napięcia. Tego rodzaju gradient napięcia może być niebezpieczny lub nawet śmiertelny dla osób, które zetkną się z zagrożonym uziemieniem.

W celu zbadania wartości orientacyjnego potencjału dotykowego w takiej sytuacji należy wykonać następujące czynności :

Poprowadzić przewody między ogrodzeniem podstacji i końcówkami C1 oraz P1 czterobiegunowego próbnika oporności uziemienia. Umieścić elektrodę w ziemi w punkcie przewidywanego próbnika oporności uziemienia. Umieścić elektrodę w ziemi w punkcie przewidywanego zwarcia doziemnego i połączyć ją z końcówką C2. W prostej linii między ogrodzeniem podstacji i przewidywanym punktem awarii umieścić w ziemi elektrodę pomocniczą w odległości 1 metra od ogrodzenia i przyłączyć do końcówki P2. Włączyć przyrząd, wybrać zakres prądu 10 mA i obserwować pomiar. Pomnożyć wyświetlony wynik przez maksymalny przewidywany prąd w razie awarii.

Przez umieszczanie elektrody P2 w różnych miejscach wokół ogrodzenia sąsiadującego z przewidywanym miejscem awarii można sporządzić mapę gradientów napięcia.

POMIAR OPORNOŚCI UZIEMIENIA PRÓBNIKIEM CĘGOWYM (modele CA 6412 i CA 6415)

Poniższa metoda pomiarów jest nowatorska i unikalna. Oferuje możliwość zmierzenia oporności bez odłączania uziemienia. Ten rodzaj badań umożliwia ponadto objęcie badaniem również oporności połączenia z uziemieniem i wszystkich złączy w instalacji uziemiającej.

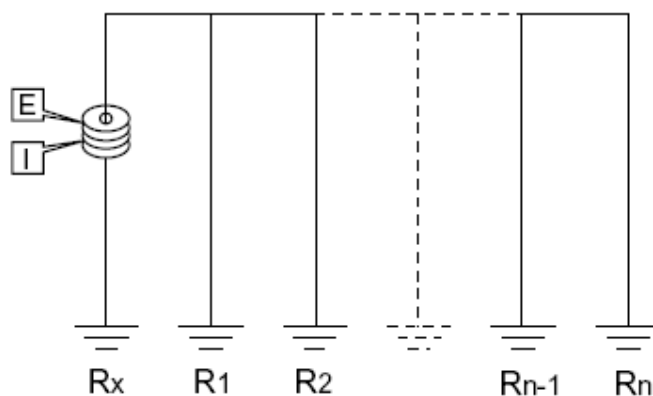
Zasada działania

Zazwyczaj typowa instalacja uziemiająca linii rozdzielczej może być symulowana jako prosty obwód podstawowy przedstawiony na ilustracji 29 lub obwód równoważny widoczny na ilustracji 30. Doprowadzenie napięcia E do dowolnego punktu pomiarowego uziemienia R_x przez specjalny transformator spowoduje, że w obwodzie popłynie prąd I i zgodnie z założonym wzorem:

$$E/I = R_x + \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \quad \text{gdzie zazwyczaj} \quad R_x \gg \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

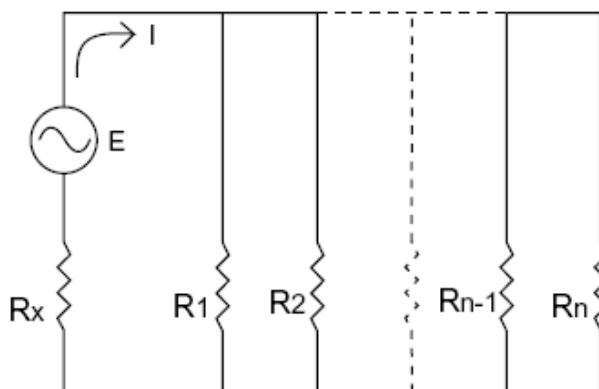
Dlatego zakładamy, że $E/I = R_x$. Jeżeli przy stałym napięciu E wykrywany jest prąd I , to możliwe jest określenie oporności w punkcie pomiarowym uziemienia. Patrz ilustracja 29 i 30.

Prąd jest doprowadzony do specjalnego transformatora poprzez wzmacniacz z oscylatora 2,4 kHz o stałym napięciu. Prąd ten jest wykrywany przez obwód detekcyjny. Tylko sygnał 2,4 kHz jest wzmacniany przez wzmacniacz z filtrem. Odbywa się to przed konwersją sygnału analogowego na cyfrowy i po prostowaniu synchronicznym. Następnie wartość jest ukazywana na wyświetlaczu.



Ilustracja 29

Wzmacniacz z filtrem jest używany do eliminowania prądu doziemnego o częstotliwości handlowej oraz zakłóceń o wysokich częstotliwościach. Napięcie jest wykrywane przez cewki owinięte wokół wstawianego obwodu i następnie wzmacniane, prostowane i porównywane przy pomocy komparatora poziomym. Jeżeli cęgi są zamknięte prawidłowo to na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym ukazuje się komunikat „rozwarne szczęki”.



Ilustracja 30

Przykłady: Typowe pomiary w warunkach polowych

Transformator słupowy

Usunąć wszystkie osłony plastikowe przewodu uziemienia i zapewnić dostateczną ilość miejsca dla szczęk modelu CA 6412 / CA 6415, które muszą się z łatwością zamykać wokół przewodu. Szczęki można umieścić na samym pręcie uziemiającym.

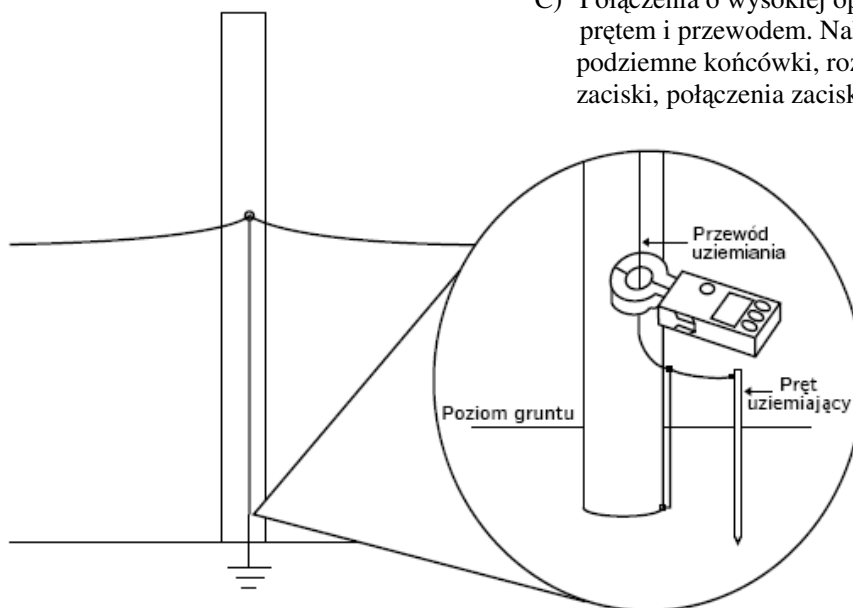
Uwaga: Zacisk należy umieścić w taki sposób, aby szczęki znalazły się na linii między przewodem zerowym lub uziemiającym instalacji i prętem uziemiającym względnie prętami uziemiającymi.

Wybrać zakres prądu „A”. Zamknąć szczęki cęgów na przewodzie uziemienia i zmierzyć prąd uziemienia. Maksymalny zakres prądu wynosi 30 A. Jeżeli prąd uziemienia przekracza 5 A, to nie ma możliwości wykonania pomiaru oporności. Należy przerwać pomiary w tym momencie. Odłączyć cęgi od obwodu, zanotować miejsce dla celów serwisu i przejść do następnego punktu pomiarów.

Po zanotowaniu prądu uziemienia należy wybrać oporność uziemienia „ Ω ” i bezpośrednio zmierzyć opór. Wyniki pomiaru uzyskane przy pomocy przyrządu CA 6412 / CA 6415 informują nie tylko o oporności pręta, ale również przyłączenia do przewodu zerowego instalacji oraz połączeń między przewodem zerowym i prętem uziemiającym.

Należy zwrócić uwagę, że na ilustracji 31 występuje zarówno płyta podstawy, jak i pręt uziemiający. W tego rodzaju obwodach należy umieścić przyrząd powyżej połączenia, aby obydwa uziemienia były objęte badaniem. Dla celów dokumentacji należy zanotować datę, wynik w omach, odczyt prądu i numer punktu. Założyć z powrotem osłony plastikowe zdjęte z przewodu. Uwaga: Wysoka oporność wskazuje na jedną z poniższych przyczyn:

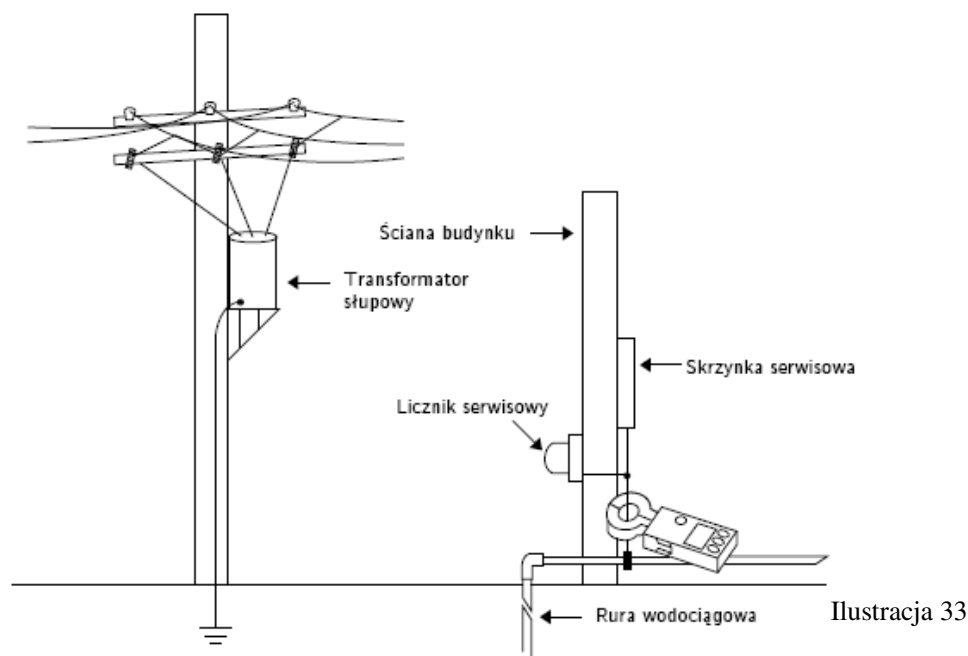
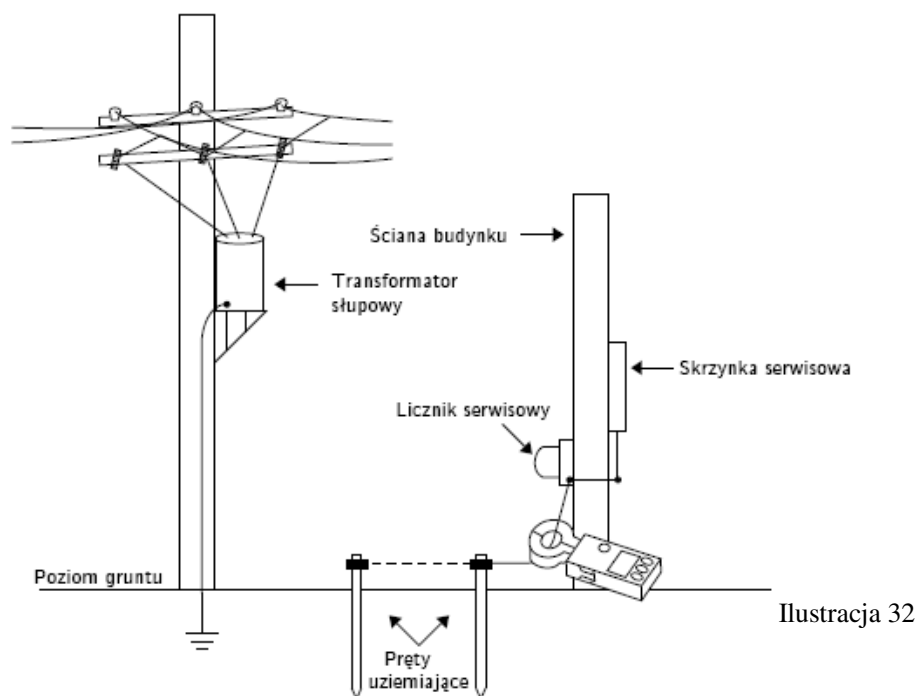
- A) Zły stan pręta uziemiającego
- B) Przerwany przewód uziemienia
- C) Połączenia o wysokiej oporności między prętem i przewodem. Należy odszukać podziemne końcówki, rozgałęzione zaciski, połączenia zaciskane



Ilustracja 31

Skrzynka serwisowa lub licznik

Czynności powinny być takie same jak w pierwszym przykładzie. Należy zwrócić uwagę, że ilustracja 32 pokazuje możliwość kilku prętów uziemiających, zaś na ilustracji 33 pręty uziemiające zastąpiono uziemieniem przez rury wodociągowe. Może również występować stosowanie obydwu rodzajów uziemienia równocześnie. W takich przypadkach konieczne jest wykonywanie pomiarów pomiędzy przewodem zerowym i obydwoma punktami uziemienia.

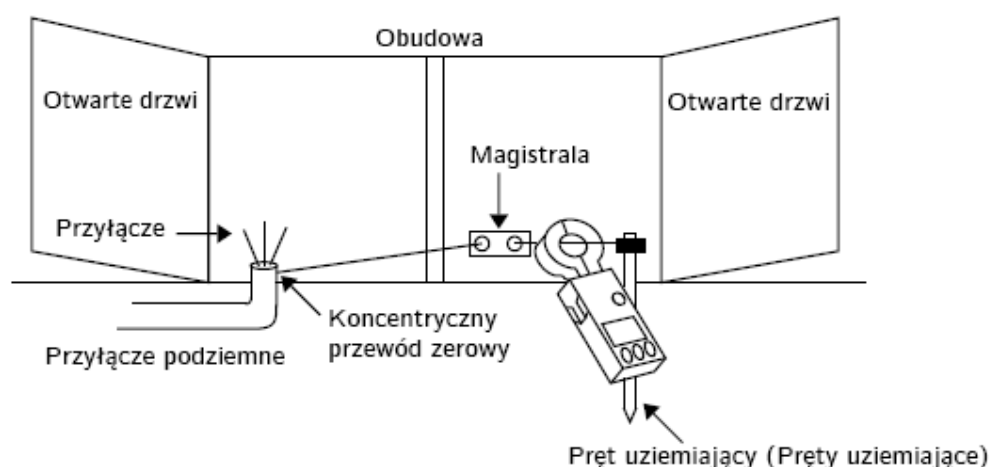


Transformatory montowane na płycie fundamentowej

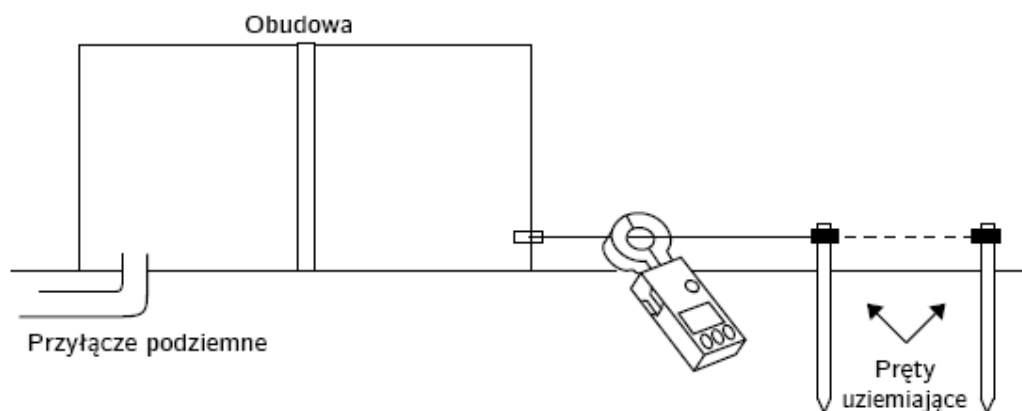
Uwaga : Zabronione jest otwieranie obudowy transformatora. Transformatory są własnością zakładu energetycznego. Niniejsze badanie jest przeznaczone jedynie dla specjalistów w dziedzinie wysokich napięć.

Należy przestrzegać wszystkich zasad bezpieczeństwa, ponieważ występują tu wysokie napięcia. Odnaleźć i ponumerować wszystkie pręty (najczęściej jest tylko jeden pręt). Jeżeli pręty uziemiające są wewnątrz obudowy, to patrz ilustracja 24, a jeżeli na zewnątrz, to patrz ilustracja 35. Jeżeli pojedynczy pręt jest wewnątrz obudowy, to pomiar należy wykonać na przewodzie tuż przed połączeniem z prętem uziemiającym. Często do zacisku doprowadzonych jest więcej przewodów uziemienia, które połączone są z obudową transformatora lub przewodem zerowym.

W wielu przypadkach najlepsze wyniki osiągane są przez zaciśnięcie przyrządu CA 6412 / CA 6415 na samym pręcie uziemiającym, poniżej punktu przyłączenia przewodów uziemienia, przez co pomiar obejmuje obwód uziemienia. Należy starannie odnaleźć przewód z tylko jedną linią powrotną do przewodu zerowego.



Ilustracja 34



Ilustracja 35

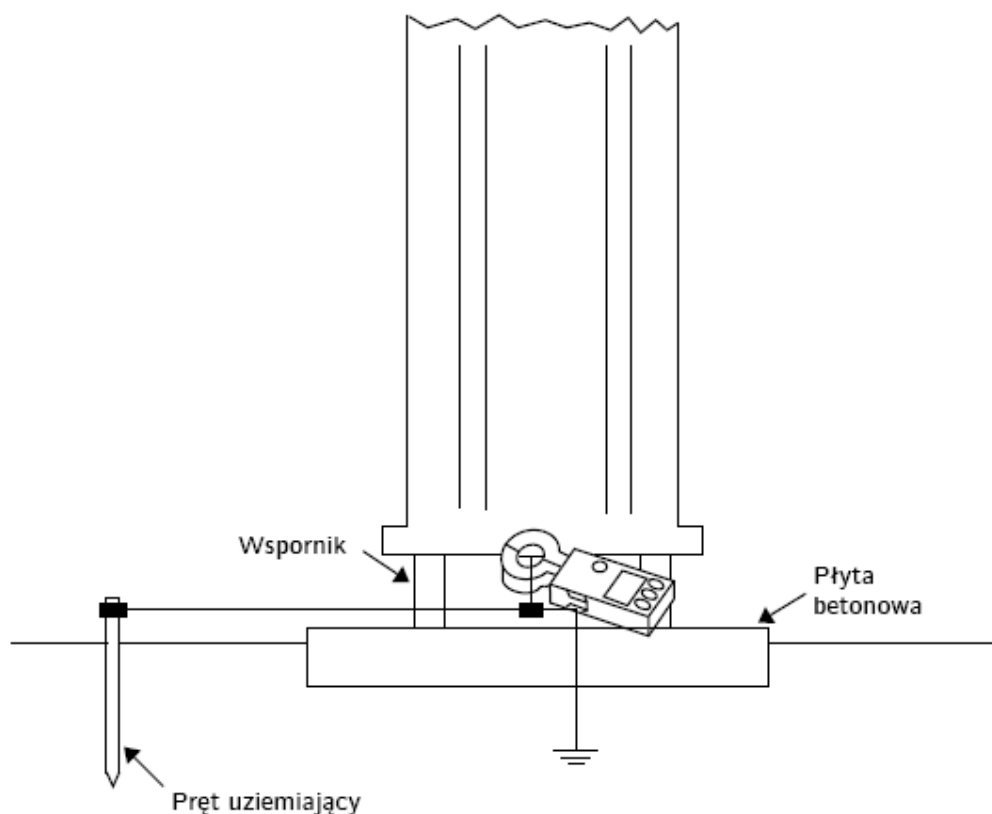
Słupy kratowe

Należy przestrzegać wszystkich zasad bezpieczeństwa, ponieważ występują tu wysokie napięcia. Odnaleźć przewód uziemienia przy podstawie słupa. **Uwaga:** Istnieje wiele różnych konfiguracji. Przy poszukiwaniu przewodu uziemienia należy zachować ostrożność. Na ilustracji 36 widoczna jest jedna noga montowana do płyty fundamentowej z zewnętrznym przewodem uziemiającym. Miejsce zaciśnięcia próbnika uziemienia powinno się znajdować powyżej splotów i połączeń, co umożliwi pracę przy wielu prętach, podstawie opasanej i płycie podstawy.

Budynki centrali energetycznej

Główny przewód uziemienia od okna lub płaszczyzny uziemienia jest często zbyt gruby, aby zaciśnąć na nim przyrząd. Ze względu na okablowanie budynków centrali istnieje szereg miejsc, w których można natrafić na rurę wodociągową lub przeciwwagę. Efektywnym miejscem jest zazwyczaj magistrala uziemienia w nastawni lub okolicy agregatu rezerwowego.

Przez pomiar w kilku miejscach i porównanie wyników natężenia prądu i oporności można zlokalizować pętle zerowe, uziemienie instalacji komunalnej i uziemienie centrali. Badanie jest efektywne i dokładne ponieważ okno uziemienia jest przyłączone do uziemienia instalacji komunalnej tylko w jednym punkcie, zgodnie ze standardową praktyką.



Ilustracja 36

TELEKOMUNIKACJA

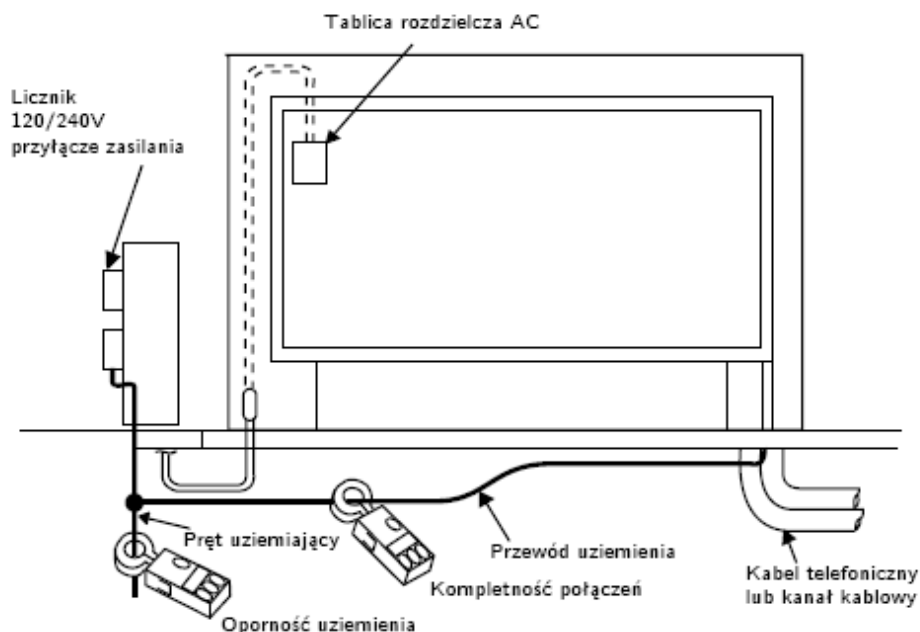
Cęgowy próbnik uziemienia opracowany przez firmę AEMC i omówiony w poprzednim rozdziale zrewolucjonizował w przedsiębiorstwach energetycznych ich pomiary oporności uziemienia. Ten sam sprawdzony przyrząd i technologię można zastosować do telekomunikacji jako pomoc w przypadku problemów z uziemieniem i połączeniami. Sprzęt telekomunikacyjny pracuje na niskich napięciach, zatem zdolność instalacji do odprowadzenia naturalnych lub sztucznych nadmiernych potencjałów i napięć jest jeszcze ważniejsza. Tradycyjny próbnik do pomiaru spadku potencjału jest pracochłonny i pozostawia spory margines na interpretację przez prowadzącego badania. Jeszcze bardziej istotne jest to, że próbnik cęgowy pozwala na odczytywanie wyników bez ryzykownego odłączania uziemienia na czas badań.

W wielu zastosowaniach uziemienie składa się z połączenia dwóch instalacji dla uniknięcia różnicy potencjałów, która mogła być groźna dla sprzętu i personelu. Cęgowy „omomierz” może służyć do badania ważniejszych połączeń.

Poniżej przedstawiamy kilka rozwiązań i sposobów posługiwania się przyrządem cęgowym, które mają zastosowanie w telekomunikacji.

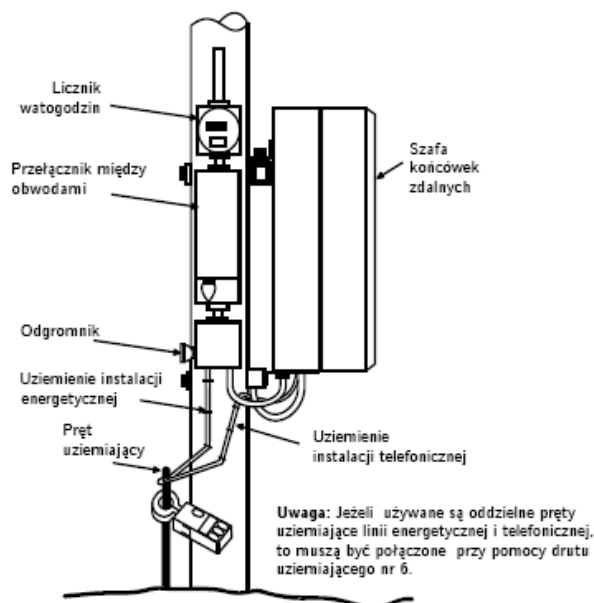
Skrzynki i obudowy telefoniczne

Uziemienie odgrywa bardzo ważną rolę w utrzymaniu w należytym stanie wrażliwego sprzętu wewnątrz skrzynek telefonicznych. Dla ich ochrony konieczna jest linia o niskiej oporności, którą możliwe byłoby bezpieczne odprowadzenie do ziemi każdego nadmiernego napięcia. Badania oporności wykonywane są przy pomocy próbnika uziemienia, model CA 6412 / CA 6415 zaciśniętego na pręcie uziemiającym poniżej połączeń instalacji telefonicznej i elektrycznej.



Ilustracja 37

W celu uniknięcia wysokich napięć między liniami telefonicznymi i energetycznymi zastosowano połączenia o niskiej oporności. Kompletność połączeń zapewnia zaciśnięcie wokół drutu miedzianego nr 6 między



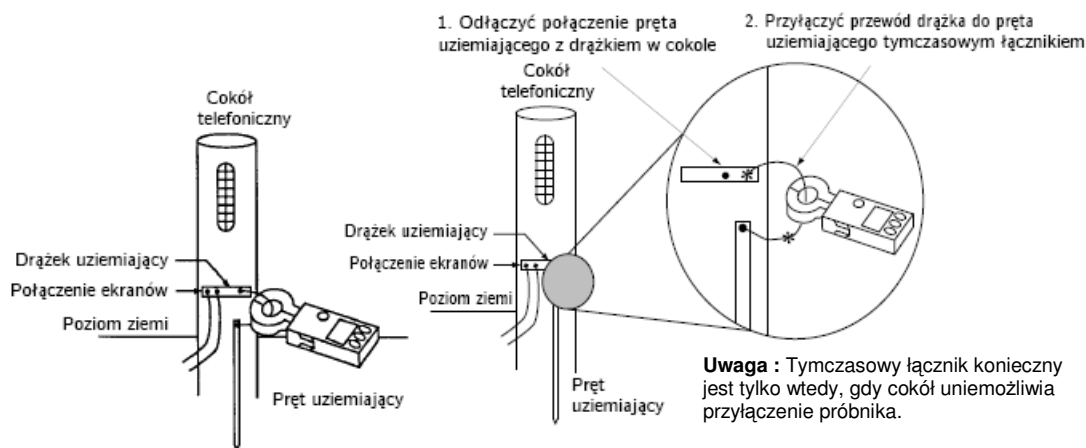
głównym prętem uziemiającym i wielokrotnie uziemionym przewodem zerowym instalacji energetycznej. Wartość oporności widoczna na próbniku obejmuje również luźne lub źle przymocowane końcówki, które z czasem uległy uszkodzeniu.

Ponadto cęgowy próbnik uziemienia może być stosowany jako amperomierz rzeczywistego prądu skutecznego.

Ilustracja 38

Uziemienie w cokołach

Wszystkie ekrany kabli SA łączone do drążka uziemiającego w każdym z cokołów. Drążek uziemiający jest połączony z ziemią przez pręt uziemiający. Oporność pręta uziemiającego można określić przez zaciśnięcie przyrządu na nim lub na kablu nr 6 łączącym te dwa punkty. Patrz ilustracja 39.



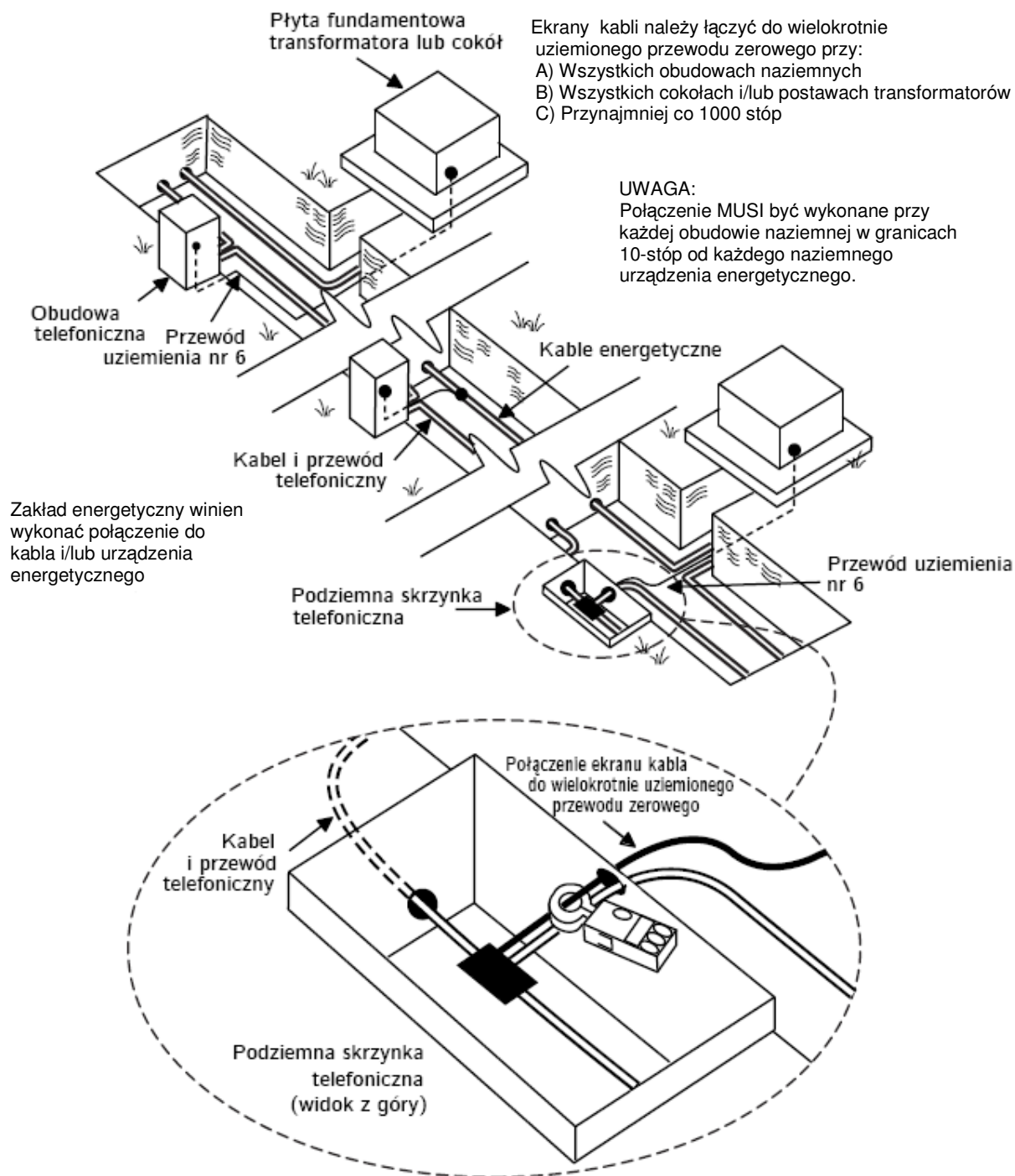
Ilustracja 39

Ekrany kabli przyłączone do wielokrotnie uziemionego przewodu zerowego

Ekrany kabli w obudowie podziemnej lub naziemnej obudowie telefonicznej mogą być uziemione przy pomocy wielokrotnie uziemionego przewodu zerowego instalacji energetycznej. Próbnik cęgowy można wykorzystać do sprawdzenia, czy przyłączenie jest wykonane prawidłowo.

Linia powrotna o niskiej oporności dla przyrządu wykonującego ten pomiar rozciąga się od połączonego przewodu poddawanego badaniom do wielokrotnie uziemionego przewodu zerowego poprzez wszystkie inne połączenia przed i/lub za przyłączeniem (teoria oporności równoległej).

Zaciskowy próbnik cęgowy uziemienia może być stosowany jako amperomierz rzeczywistego prądu skutecznego.

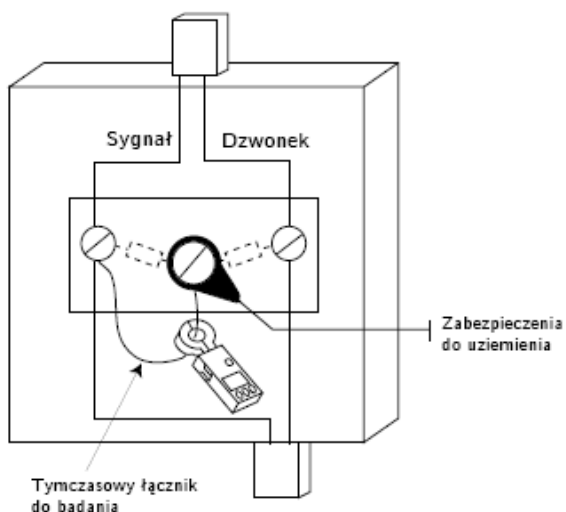


PODZIEMNE INSTALACJE TELEKOMUNIKACYJNE I ENERGETYCZNE - PODZIAŁ LOSOWY

Ilustracja 40

Sieciowe urządzenie złączowe (NID) z blokiem zabezpieczającym

Typowe przyłączenie klienta jest wykonywane przez parę kabli sygnalizacyjno-dzwonkowych. W celu ochrony przewodów telefonicznych przed zbyt wysokim napięciem zainstalowany jest blok zabezpieczający wewnątrz NID. Zabezpieczenie to ma



dwa wewnętrzne urządzenia, które przewodzą prąd jedynie w razie pojawienia się niepożądanych przepięć. Aby zabezpieczenie zadziałało prawidłowo musi dysponować linią o niskiej oporności do odprowadzania nadmiernych napięć do ziemi. Potencjał połączenia i uziemienia można sprawdzić przy pomocy cęgowego próbnika oporności uziemienia. Należy po prostu wziąć krótki kawałek przewodu i tymczasowo połączyć stroną sygnałową (ziemia CO) łącznikiem uziemienia w bloku zabezpieczającym. Zaciśnięcie na tym przewodzie przyrządu pozwala zbadać oporność uziemienia włącznie ze

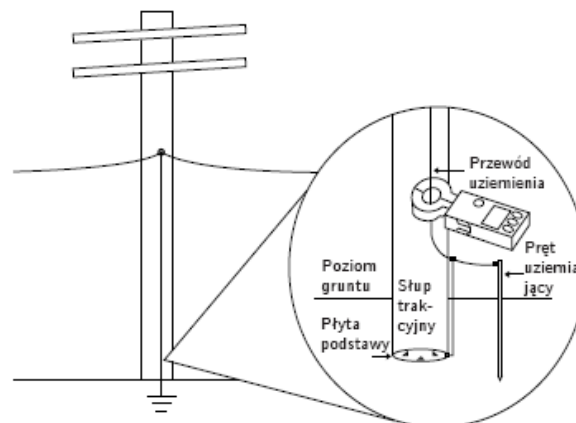
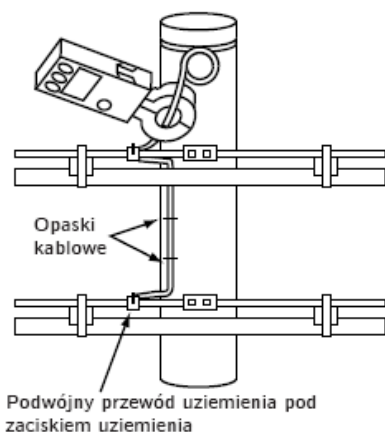
ILUSTRACJA 41

wszystkimi końcówkami. Linią powrotną sygnału wymaganą przez próbnik uziemienia do wykonania pomiaru będzie „Ziemia CO”.

Linie telefoniczne naziemne

Sieci telefoniczne na słupach naziemnych muszą być również łączone do wielokrotnie uziemionego przewodu zerowego. W typowych przypadkach stosowany jest drut miedziany nr 6, który łączony jest do skrętki uziemiającej powyżej linii telefonicznej. Jeżeli w punktach tych nie występują linie energetyczne, to konieczne jest zainstalowanie prętów uziemiających w wymaganych punktach z odpowiednimi odstępami i kolejne zbadanie ich.

Uwaga: Drut nawojowy do połączenia z wielokrotnie uziemionym przewodem zerowym zakładu energetycznego.



SKRĘTKA UZIEMIAJĄCA PRZY BRAKU LINII ENERGETYCZNEJ

Ilustracja 42

TEST PODSUMOWUJĄCY

1. Przy zastosowaniu uproszczonego wzoru Wennera ($\rho = 2\pi AR$) do oznaczenia oporu właściwego gleby głębokość elektrod Czterobiegunowych winna wynosić ?
 - a. 1/2 odległości między elektrodami
 - b. 1/20 odległości między elektrodami
 - c. 2 odległości między elektrodami
 - d. Jedną odległość między elektrodami
2. Jakie czynniki decydują o oporze właściwym gleby ?
 - a. rodzaj gleby
 - b. ilość wilgoci w glebie
 - c. ilość elektrolitów w glebie
 - d. temperatura
 - e. wszystkie podane wyżej
3. Jeżeli przy badaniu oporu właściwego gleby rozmieścimy pręty pomocnicze co 15 stóp, to na jakiej głębokości wykonane zostaną pomiary ?
 - a. 7,5 stopy
 - b. 15 stóp
 - c. 30 stóp
 - d. 60 stóp
4. Do czego przydatne są wyniki pomiarów oporu właściwego gleby ?
 - a. do badań geofizycznych
 - b. analiz zagrożenia korozja
 - c. projektowania instalacji uziemiającej
 - d. Wszystkich celów podanych powyżej
5. W miarę obniżania się temperatury gleby jej oporność :
 - a. maleje
 - b. rośnie
 - c. nie zmienia się
6. Jaki wpływ ma podwojenie średnic pręta uziemiającego na jego oporność ?
 - a. zmniejszenie o 100%
 - b. zmniejszenie o 50%
 - c. zmniejszenie o 25%
 - d. zmniejszenie o mniej niż 10%
7. Z zasady podwojenie głębokości / długości pręta zmniejsza oporność:
 - a. o 100%
 - b. o 40%
 - c. o mniej niż 10%
8. Jaka jest najważniejsza przyczyna, dla której konieczne jest dobre uziemienie ?
 - a. prawidłowe działanie urządzeń elektrycznych
 - b. bezpieczeństwo
 - c. spełnienie wymagań przepisów National Electric Code®
9. Jeżeli pręt uziemiający 5/8" wykazuje 25Ω a opór właściwy gleby wynosi 25Ω cm, to na jaką orientacyjną głębokość należy wbić pręt ?
 - a. 10 stóp
 - b. 25 stóp
 - c. 40 stóp
 - d. 50 stóp
10. Badania oporności uziemienia przez pomiary spadku potencjału są zalecane, gdy :
 - a. można wygodnie odłączyć uziemienie do badania
 - b. można się spodziewać wystąpienia zwarć doziemnych w strefie badanego uziemienia
 - c. nie można wyłączyć instalacji zasilania elektrycznego

-
11. Przy wykonywaniu badania spadku potencjału elektroda uziemiająca powinna być :
- w użyciu i pod prądem
 - odłączona i pozbawiona prądu
 - nie robi różnicy
12. Jaka jest najmniejsza liczba pomiarów wymaganych dla dokładnego przeprowadzenia badania spadku potencjału ?
- 1
 - 2
 - 3
 - 5
13. Jeżeli przy badaniu spadku potencjału każdy wynik znacznie się różni od pozostałych przy użyciu tego samego pręta, to jakie czynności korygujące należy wykonać ?
- umieścić elektrodę Z dalej od badanego pręta
 - umieścić elektrodę Z bliżej badanego pręta ?
14. Jaka jest maksymalna oporność uziemiania dopuszczona przez przepisy National Electric Code® ?
- 5 Ω
 - 15 Ω
 - 25 Ω
 - 1 Ω
15. Przy testowaniu układu z kilkoma elektrodami odległości między elektrodami pomocniczymi są określone przez :
- głębokość najgłębszego pręta
 - maksymalne wymiary wewnętrzne układu
 - moc znamionową uziemionego urządzenia w VA
16. Pomiary potencjału dotykowego są zalecane gdy :
- odłączenie badanego uziemienia jest fizycznie niemożliwe
 - określenie stopnia bezpieczeństwa pod względem elektrycznym w warunkach awarii jest uważane za bardziej istotne niż pomiar rzeczywistej oporności uziemienia
 - instalacja uziemiająca jest obszerna i nie udokumentowana
 - występują wszystkie podane powyżej przyczyny
17. Metoda badań próbnikiem cęgowym nie może być używana do słupów wysokiego napięcia ze względu na ich wzajemne oddalenie :
- prawda
 - nieprawda
18. Próbник cęgowy może być zaciśnięty tylko na pręcie uziemiającym.
- prawda
 - nieprawda
19. Próbник cęgowy może być użyty jedynie wtedy, gdy instalacja jest zasilana energią.
- prawda
 - nieprawda
20. Metoda badań próbnikiem cęgowym nie powinna być używana:
- gdy badane są duże uziemienia podstacji
 - do badania odłączonych elektrod uziemiających
 - w pojedynczym punkcie, przy odgromnikach
 - we wszystkich powyższych sytuacjach

L I T E R A T U R A

IEEE Std 81-1983

- *IEEE Guide for Measuring-Earth Resistivity , Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of Ground Systems*

IEEE Std 142-1991

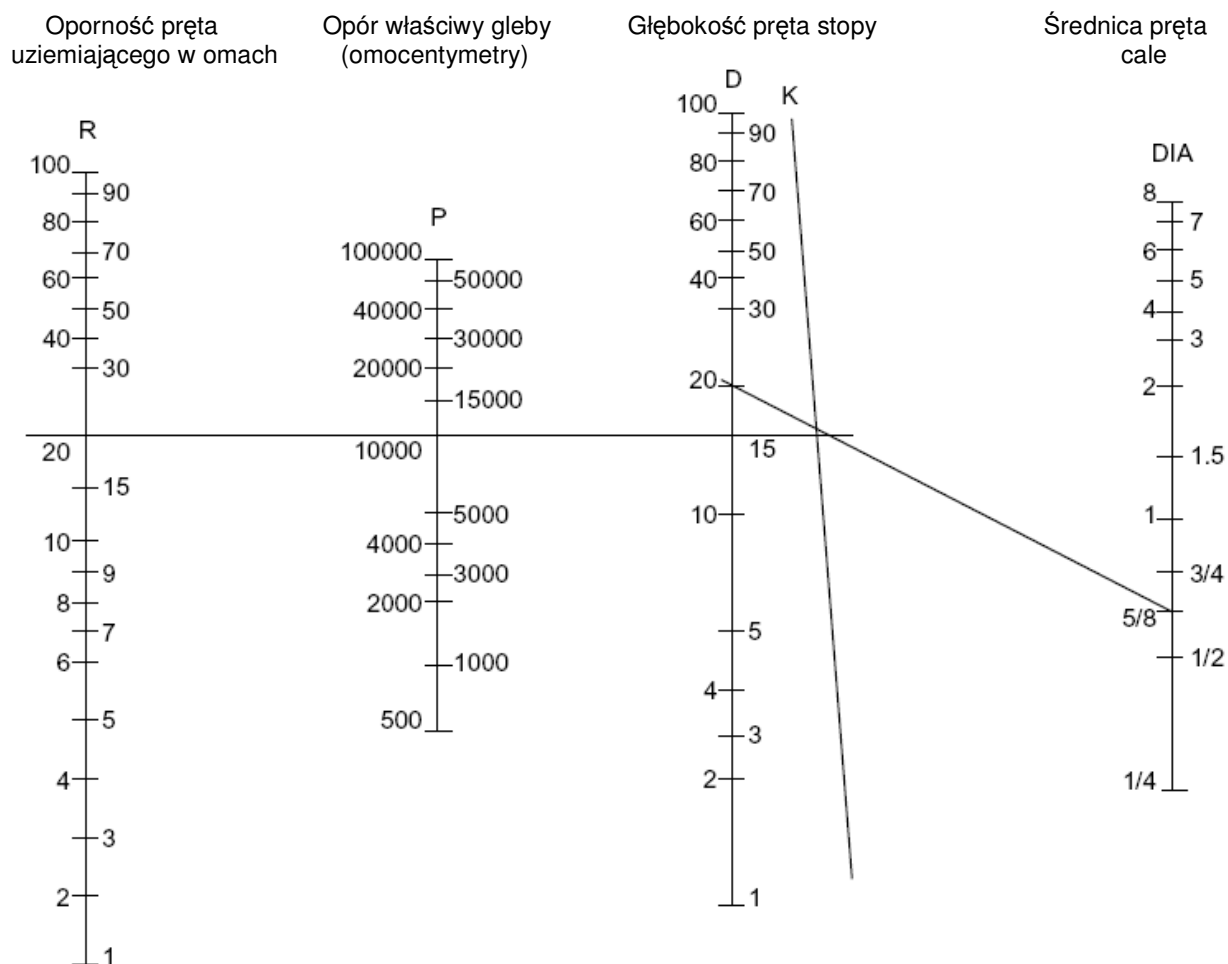
- *IEEE Recommended Practice for Grounding of industrial and Commercial Power Systems*

Blackburn / American Electric Co.

Memphis, TN 38119

- *A Modern Approach to Grounding Systems*

NOMOGRAM UZIEMIENIA



Przykładowy pręt uziemiający długości 20 stóp, wykazujący oporność 20 Ω .

1. Wybrać odpowiednią oporność na skali R.
2. Wybrać opór właściwy
3. poprowadzić prostą przez skalę R i P do przecięcia ze skalą K
4. Zaznaczyć punkt na skali K.
5. Poprowadzić prostą łączącą punkt na skali K z przekrojem na skali DIA do przecięcia ze skalą D.
6. Punkt na skali D będzie głębokością pręta wymaganą dla uzyskania oporności wybranej na skali R.

Odpowiedzi: 1 b; 2 e; 3 b; 4 d; 5 b; 6 d; 7 b; 8 b; 9 c; 10 a; 11 b; 12 c; 13 a; 14 c; 15 b; 16 b; 17 b; 18 b; 19 b;
20 d

