

# Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Mechaników i Energetyków Polskich



Grupa Silesia Szkolenia sp. z o.o.  
ul. Jasnogórska 11/125  
44-100 Gliwice

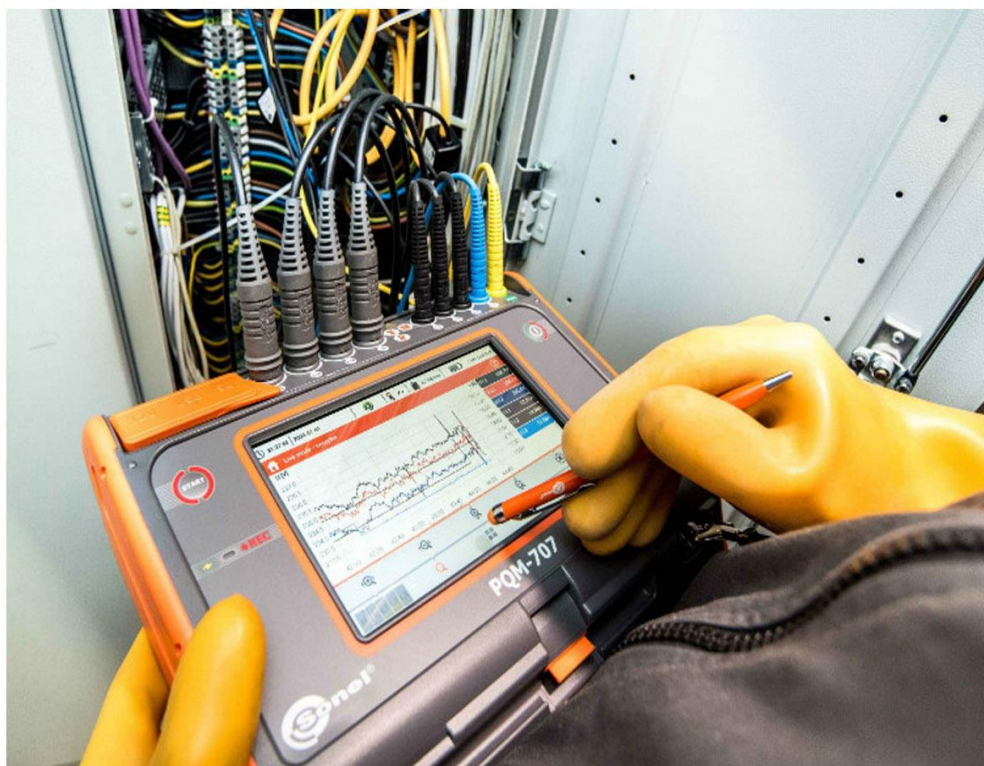
tel: 506 266 555  
biuro@grupasilesiaszkolenia.pl  
www.grupasilesiaszkolenia.pl

BRE Bank SA Wydział Bankowości Elektronicznej mBank:  
62 1140 2004 0000 3902 7696 3391

Eksploracja urządzeń, instalacji i sieci energetycznych wytwarzających, przetwarzających, przesyłających i zużywających energię elektryczną

## MATERIAŁY SZKOLENIOWE

Pomiary odbiorcze i eksploatacyjne w instalacjach i urządzeniach elektrycznych do 1kV.



## **Pomiary odbiorcze i eksploatacyjne w instalacjach i urządzeniach elektrycznych do 1kV.**

Podczas przyjmowania do eksploatacji elektrycznych instalacji i urządzeń w pomieszczeniach normalnych i zagrożonych wybuchem należy wykonać pomiary odbiorcze pomontażowe zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364:6, "Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Sprawdzanie."

### **1. Uprawnienia do wykonywania pomiarów ochronnych.**

Zgodnie z ustawą Prawo Budowlane kontrolę stanu technicznego instalacji elektrycznych, piorunochronnych i gazowych powinny przeprowadzać osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy wykonywaniu dozoru nad eksploatacją urządzeń, instalacji oraz sieci energetycznych i gazowych.

### **2. Zasady postępowania podczas wykonywania pomiarów.**

**Przy wykonywaniu pomiarów należy przestrzegać następujących zasad:**

- a) pomiary powinny być wykonywane w warunkach identycznych lub zbliżonych do warunków normalnej pracy podczas eksploatacji urządzeń czy instalacji,
- b) przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić prawidłowość funkcjonowania przyrządów,
- c) przed przystąpieniem do pomiarów należy zapoznać się z dokumentacją z poprzednich pomiarów,
- d) przed rozpoczęciem pomiarów należy dokonać oględzin badanego obiektu dla stwierdzenia jego kompletności, braku usterek oraz prawidłowości wykonania i oznakowania, sprawdzenia stanu ochrony podstawowej, stanu urządzeń ochronnych oraz prawidłowości połączeń,

Przed przystąpieniem do pomiarów należy dokonać niezbędnych ustaleń i obliczeń warunkujących:

- wybór poprawnej metody pomiaru,
- jednoznaczność kryteriów oceny wyników,
- możliwość popełnienia błędów czy uchybów pomiarowych,
- konieczność zastosowania współczynników poprawkowych,
- nie należy bez potrzeby dotykać bezpośrednio części czynnych i części przewodzących oraz części obcych, pamiętając, że ochrona przeciwporażeniowa może być niesprawna.
- należy pamiętać, że urządzenia charakteryzujące się dużą pojemnością, jak kable i kondensatory po wyłączeniu napięcia zagrażają jeszcze porażeniem.

### 3. Dokładność wykonywania pomiarów.

Dokładność wykonywania pomiarów zależy od klasy dokładności użytych przyrządów, doboru właściwej metody wykonywania pomiarów i uwzględnienia uwarunkowań wynikających ze specyfiki badanego obiektu i jego parametrów.

Rodzaje pomiarów	Błąd graniczny
Pomiar rezystancji izolacji	± 30 %
Kontrola stanu izolacji sieci	± 15 %
Pomiar impedancji pętli zwarciowej	± 30 %
Pomiar rezystancji przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych	± 30 %
Pomiar rezystancji uziemienia	± 30 %
Badania ochrony przeciwporażeniowej z wyłącznikami różnicowoprądowymi:	
a) pomiar napięcia uszkodzenia	± 20 %
b) pomiar prądu różnicowego	± 10 %

### 4. Częstość wykonywania okresowych pomiarów i badań.

Najdłuższy okres między pomiarami okresowymi ustalony przez Prawo Budowlane wynosi 5 lat.

Norma PN-HD 60364-6 wymaga, aby częstość okresowego sprawdzania instalacji była ustalana z uwzględnieniem rodzaju instalacji i wyposażenia, jej zastosowania i działania, częstości i jakości konserwacji oraz wpływów zewnętrznych na które jest narażona.

Zalecane czasookresy pomiarów eksploatacyjnych

Rodzaj pomieszczenia	Okres pomiędzy kolejnymi sprawdzaniami	
	skuteczności ochrony przeciwporażeniowej	rezystancji izolacji instalacji
1. O wyziewach żrących	nie rzadziej niż, co 1 rok	nie rzadziej niż, co 1 rok
2. Zagrożone wybuchem	nie rzadziej niż, co 1 rok	nie rzadziej niż, co 1 rok
3. Otwarta przestrzeń	nie rzadziej niż, co 1 rok	nie rzadziej niż, co 5 lat
4. Bardzo wilgotne o wilg. ok. 100% i wilgotne przejściowo 75 do 100%	nie rzadziej niż, co 1 rok	nie rzadziej niż, co 5 lat
5. Gorące o temperaturze powietrza ponad 35 oC	nie rzadziej niż, co 1 rok	nie rzadziej niż, co 5 lat
6. Zagrożone pożarem	nie rzadziej niż, co 5 lat	nie rzadziej niż co 1 rok
7. Stwarzające zagrożenie dla ludzi (ZL I, ZL II, ZL III)	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż, co 1 rok
8. Zapyłone	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż co 5 lat
9. Pozostałe nie wymienione	nie rzadziej niż, co 5 lat	nie rzadziej niż, co 5 lat

### 5. Dokumentowanie prac kontrolno-pomiarowych.

Protokół z prac pomiarowo - kontrolnych powinien zawierać:

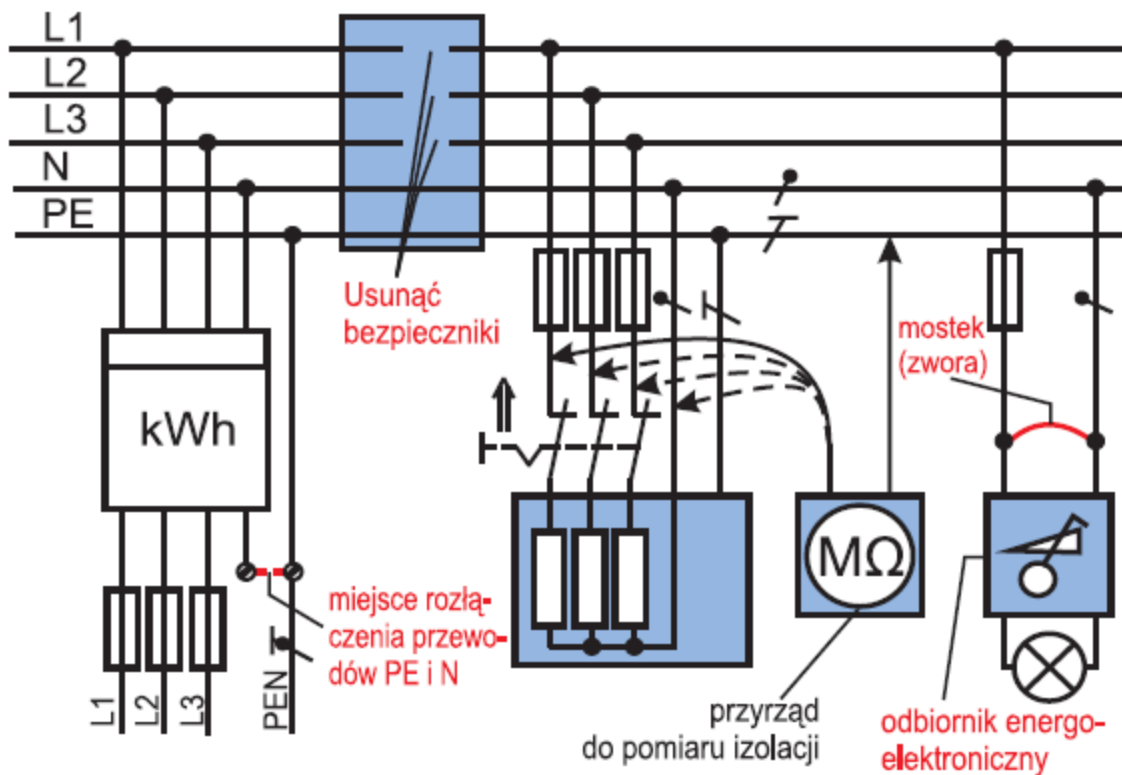
1. nazwę firmy wykonującej pomiary i numer protokołu;
2. nazwę badanego urządzenia, jego dane znamionowe i typ układu sieciowego;
3. miejsce pracy badanego urządzenia;
4. rodzaj i zakres wykonanych pomiarów;
5. datę ich wykonania;
6. nazwisko osoby wykonującej pomiary i rodzaj posiadanych uprawnień ;
7. dane o warunkach przeprowadzania pomiarów;
8. spis użytych przyrządów i ich numery;
9. szkice rozmieszczenia badanych urządzeń, uziomów i obwodów, lub inny sposób jedno- znacznej identyfikacji elementów badanej instalacji
10. liczbowe wyniki pomiarów;
11. uwagi, wnioski i zalecenia wynikające z oględzin i pomiarów;
12. wniosek końcowy.

## **6. Pomiar rezystancji izolacji.**

Wykonując pomiar rezystancji izolacji sprawdzamy stan ochrony przed dotykiem bezpośrednim.

### **6.1. Pomiar rezystancji izolacji instalacji.**

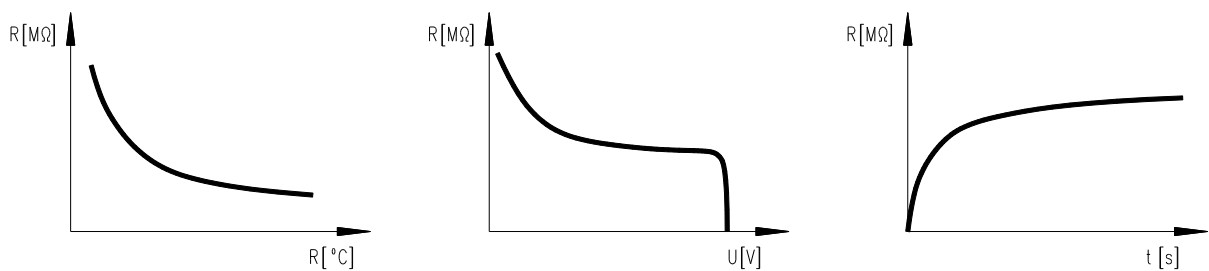
Pomiary rezystancji powinny być wykonane w instalacji odłączonej od zasilania (rys 1). Rezystancję izolacji należy mierzyć pomiędzy kolejnymi parami przewodów czynnych oraz pomiędzy każdym przewodem czynnym i ziemią. W układzie sieci TN-C przewód PEN traktować należy jako ziemię, a w sieci TN-S przewód neutralny N jako przewód czynny.



**Rys1. Pomiar rezystancji w układzie sieci TN-S.**

Rezystancja izolacji zależy od kilku czynników:

- wilgotności atmosfery,
- temperatury



**Rys 2. Zależność rezystancji izolacji od temperatury, napięcia i czasu pomiaru**

Przy pomiarze rezystancji izolacji w temperaturze innej niż 20 °C należy wyniki przeliczyć do temperatury odniesienia 20 °C. Wartości współczynnika przeliczeniowego  $k_{20}$  podaje tabela 1.

Tabela 1 Wartości współczynnika przeliczeniowego  $k_{20}$

Temperatura °C	4	8	10	12	16	20	24	26	28
współczynnik $k_{20}$ - dla uzwojeń silnika	0,63	0,67	0,7	0,77	0,87	1,0	1,13	1,21	1,30
izolacja papierowa kabla	0,21	0,30	0,37	0,42	0,61	1,0	1,57	2,07	2,51,
izolacja gumowa kabla	0,47	0,57	0,62	0,68	0,83	1,0	1,18	1,26	1,38
izolacja polwinitowa kabla	0,11	0,19	0,25	0,33	0,625	1,0	1,85	2,38	3,125

Dla kabli o izolacji polietylenowej z uwagi na wysoką wartość rezystancji izolacji nie stosuje się współczynnika przeliczeniowego  $k_{20}$  .

- napięcia probierczego, jakim przeprowadzany jest pomiar, Wraz ze wzrostem napięcia rezystancja maleje początkowo szybciej, potem wolniej, po czym ustala się. Po przekroczeniu granicy wytrzymałości następuje przebicie izolacji i rezystancja spada do małych wartości lub zera.

Pomiar należy wykonywać napięciem wyższym od nominalnego zgodnie z wymaganiami przepisów podanymi w tabeli 2.

Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje mierników: mierniki indukcyjne(megaomomierze) i elektroniczne mierniki izolacji.

#### **Pomiary rezystancji izolacji wykonujemy:**

a) megaomomierzem o własnym źródle napięcia probierczego: 250 V, 500 V, 1000 V i 2500 V.

Tabela 2 Minimalne wartości rezystancji izolacji i wymagane napięcia pomiarowe.

Napięcie znamionowe obwodu [V]	Napięcie probiercze prądu stałego [V]	Minimalna wartość rezystancji [MΩ]
do 50 SELV i PELV	250	$\geq 0,25$
$50 < U \leq 500$	500	$\geq 0,5$
$> 500$	1000	$\geq 1,0$

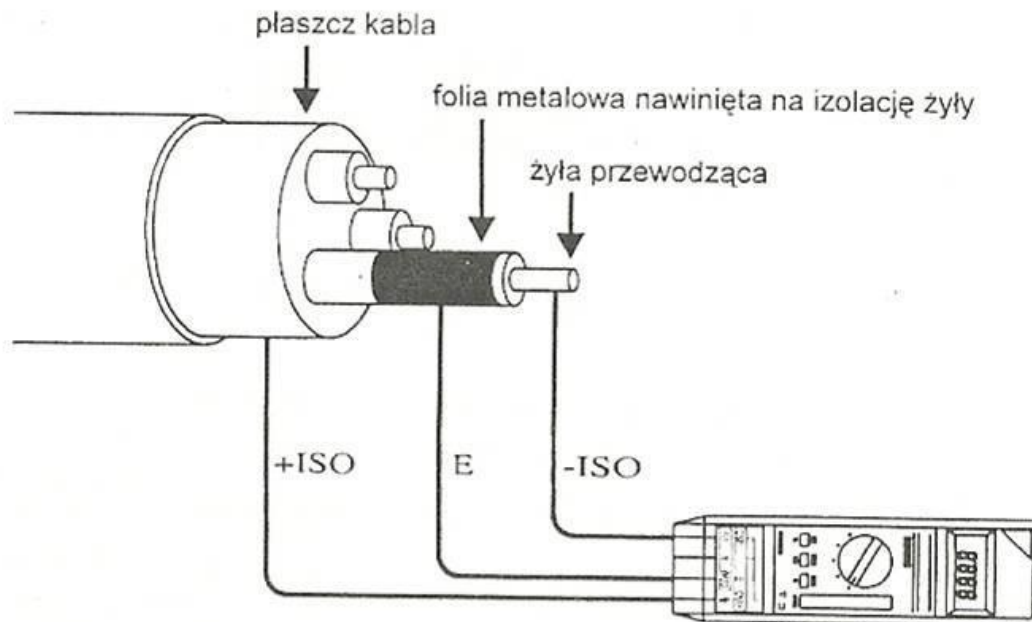
-czasu pomiaru, Przy utrzymywaniu przez pewien czas napięcia podczas pomiaru rezystancji izolacji, jej wartość nie jest stała, lecz stopniowo wzrasta. Podczas badania kabla izolowane części metalowe stanowią kondensator i początkowo płynie prąd pojemnościowy - (ładowanie kondensatora) większy od docelowego prądu upływowego.

Dla urządzeń nagrzewających się podczas pracy wykonujemy pomiar rezystancji izolacji w stanie nagrzanym.

## 6.2. Pomiar rezystancji izolacji kabli.

Pomiar rezystancji izolacji linii kablowej wykonujemy po wyłączeniu jej spod napięcia i rozładowaniu.

Pomiar metodą 3-zaciskową jest zalecany wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z dużymi powierzchniami wystawionymi na działanie zanieczyszczeń np. kable o dużej średnicy, transformatory. Przy pomiarach dużych rezystancji izolacji mogą tworzyć się ścieżki dla prądów płynących po zawilgoconej lub zabrudzonej powierzchni izolacji. Dla wyeliminowania lub ograniczenia prądów powierzchniowych stosuje się ekranowanie, które polega na owinięciu metalową folią odsłoniętej powierzchni izolacji kabla i przyłączenia tak wykonanego ekranu do zacisku miernika "E", możliwie jak najbliżej połączenia ujemnego. W takim układzie pomiarowym, prąd upływności powierzchniowej płynie do zacisku miernika "E", nie jest mierzony przez przyrząd i nie jest uwzględniany przy pomiarze rezystancji izolacji.



*Pomiar rezystancji izolacji kabla metodą trójzaciskową*

### 1) Pomiar rezystancji izolacji można wykonać:

- napięciem 1000 V - dla linii kablowych o napięciu znam. do 250 V,
- napięciem 2500 V- dla linii kablowych do 1 kV
- napięciem co najmniej 2500 V- dla linii kablowych powyżej 1 kV,

Zmierzona rezystancja izolacji każdej żyły kabla względem pozostałych zwartych i uziemionych, przeliczona na temperaturę 20 °C, nie powinna być mniejsza niż:

- 1) dla linii kablowej o napięciu znamionowym do 1 kV:
  - 75 MΩ - w przypadku kabla o izolacji gumowej,
  - 20 MΩ - w przypadku kabla o izolacji papierowej,
  - 20 MΩ - w przypadku kabla o izolacji polwinitowej,
  - 100 MΩ - w przypadku kabla o izolacji polietylenowej,
- 2) dla kablowej o napięciu znamionowym powyżej 1 kV:
  - 50 MΩ - w przypadku kabla o izolacji papierowej,
  - 40 MΩ - w przypadku kabla o izolacji polwinitowej,
  - 100 MΩ - w przypadku kabla o izolacji polietlenowej,
  - 1000 MΩ - w przypadku kabla o napięciu znamionowym 110 kV.

### 6.3. Pomiary rezystancji izolacji uzwojeń silników asynchronicznych

Pomiary rezystancji izolacji uzwojeń silników wykonuje się megaomomierzem o napięciu probierczym:

- 500 V - dla uzwojeń maszyn na napięcie znamionowe do 500 V.
- 1000 V - dla uzwojeń maszyn na napięcie znamionowe od 500 do 1000 V.
- 2500 V - dla uzwojeń maszyn i urządzeń pomocniczych na napięcie znamionowe powyżej 1000 V.

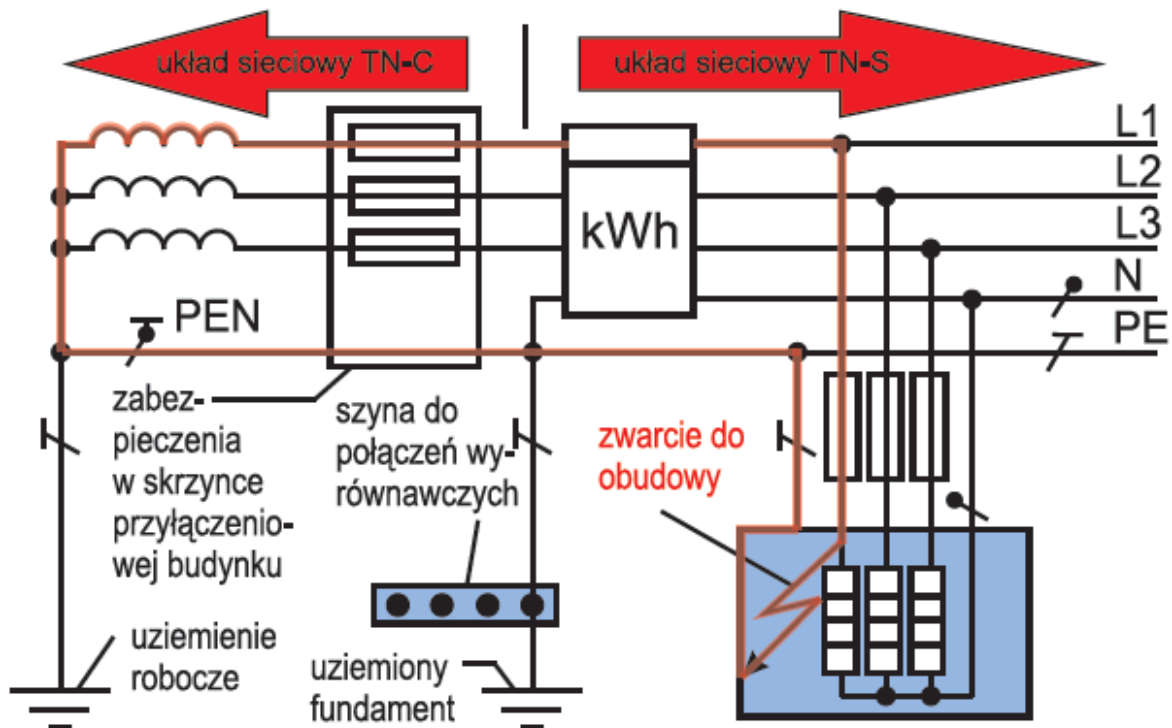
Wyniki pomiarów rezystancji izolacji uzwojeń należy uznać za pozytywne jeżeli:

- 1) dla silników o mocy większej niż 250 kW:
  - a) rezystancja izolacji uzwojenia przy temperaturze 20 °C, po upływie 60 s od chwili rozpoczęcia pomiaru, jest nie mniejsza niż od 1 MΩ na 1 kV napięcia znamionowego uzwojenia,
- 2) dla silników o mocy 250 kW i mniejszej, rezystancja izolacji uzwojeń silników oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych, zmierzona przy temperaturze uzwojeń 20 °C jest nie mniejsza od 1 kΩ na 1V napięcia znamionowego. Przy badaniach odbiorczych rezystancja nie mniejsza niż 5MΩ.

### 7. Pomiar impedancji pętli zwarcia

Wykonując pomiar impedancji pętli zwarcia sprawdzamy skuteczność ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu. Najczęściej sprawdzenie skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania następuje w układzie TN (Rys 2).





Rys 2. Przebieg prądu zwarciego w układzie sieci TN.

W układzie sieci TN samoczynne wyłączenie zasilania najczęściej jest realizowane przez wyłącznik nadmiarowo prądowy lub bezpiecznik.

Warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie uznaje się za spełniony, jeżeli jest spełniony warunek:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

gdzie:  $Z_s$  - impedancja pętli zwarciowej w  $[\Omega]$ ,  
 $I_a$  - prąd zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie;

$U_o$  - napięcie znamionowe sieci względem ziemi w [V].

W przypadku bezpiecznika wartość prądu  $I_a$  określa się z charakterystyki czasowo - prądowej zastosowanego zabezpieczenia, o wartości gwarantującej samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w wymaganym czasie; 0,2; 0,4; lub 5 s.

W przypadku zainstalowania w instalacji wyłącznika nadprądowego wartość prądu  $I_a$  zależy od charakterystyki wyzwalacza elektromagnetycznego wyłącznika i wynosi odpowiednio:

- dla wyłącznika typu B:  $5 \cdot I_n$
- dla wyłącznika typu C:  $10 \cdot I_n$
- dla wyłącznika typu D:  $20 \cdot I_n$

przy czym In- prąd znamionowy wyłącznika nadprądowego.

### Ocena pomiaru:

Jeżeli zmierzona impedancja pętli zwarciowej między L-PE ma wartość mniejszą niż największa dopuszczalna dla badanego obwodu, czyli:  $Z_{pom} \leq Z_{dop}$ , to spełniony warunek:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

potwierdza skuteczność zastosowanej ochrony przed porażeniem elektrycznym przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie.

## 8. Pomiary w instalacjach z wyłącznikami różnicowo-prądowymi.

Ważnym elementem skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w instalacji elektrycznej jest poprawność działania wyłączników różnicowoprądowych (RCD).

Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy porównuje prądy dopływające i wypływające w obwodzie odbiorczym oraz rozpoznaje powstałą w razie uszkodzenia różnicę między tymi prądami w wyniku płynącego do ziemi prądu różnicowego.

**W czasie badania tego wyłącznika należy uwzględnić:**

- 1) prawidłowości połączeń przewodów L, N, PE;
- 2) kontrolne sprawdzenie działania wyłącznika przyciskiem „T”;
- 3) sprawdzenie rzeczywistej wartości różnicowego prądu zadziałania RCD;
- 4) pomiar czasu wyłączenia RCD;
- 5) sprawdzenie napięcia dotykowego dla wartości prądu wyzwalającego.

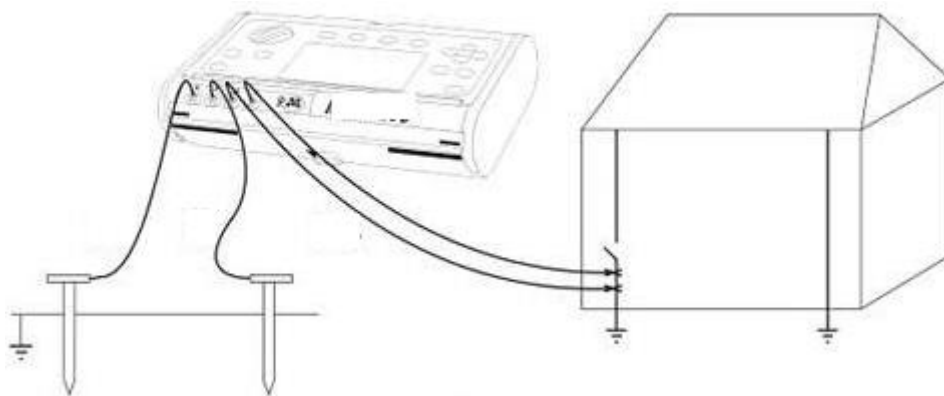
Najłatwiejsze sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obwodach zabezpieczonych wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi odbywa się przy użyciu cyfrowych mierników instalacji elektrycznych.

## 9. Pomiar rezystancji uziomu

Pomiary rezystancji uziemień mają istotne znaczenie w ochronie przed porażeniem elektrycznym, ochronie odgromowej i przeciwprzepięciowej oraz poprawnej pracy urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych.

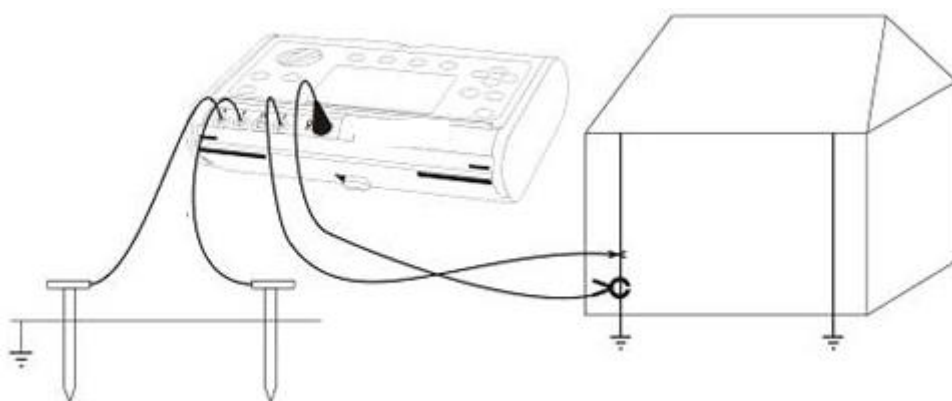
Pomiary rezystancji uziemia uziomu mogą być wykonywane przy użyciu miernika MRU opartego na metodzie technicznej lub induktorowego miernika pomiaru uziemień IMU opartego na metodzie kompensacyjnej.

Miernik MRU ma możliwość wykonywania pomiarów metodą 4-przewodową, co pozwala na wyeliminowanie wpływu rezystancji przewodu, którym dołączany jest miernik do badanego uziemienia.



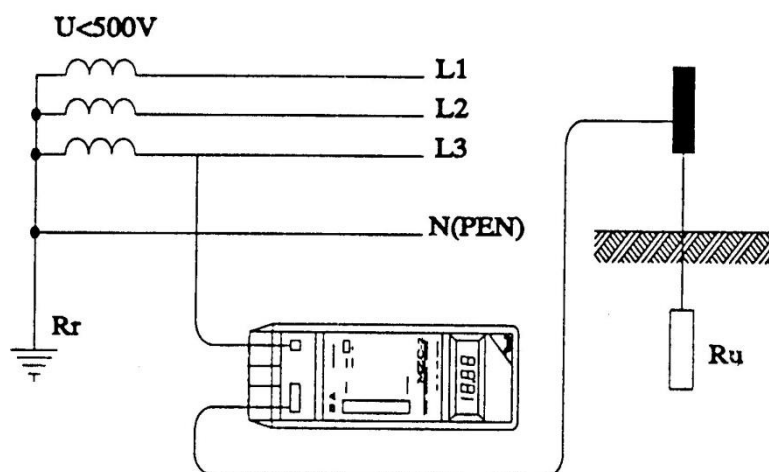
**Rys. 3. Pomiar metodą 4-przewodową**

Mierniki MRU wyposażone są w cęgi pomiarowe, co daje możliwość wykonania pomiaru bez rozłączania mierzonego systemu uziemień. Przy tej metodzie prąd jest mierzony za pomocą cęgów zapiętych na badanym uziemieniu. Miernik wylicza rezystancję znając tę część prądu, która przepływa przez badany uziom, ignorując prąd przepływający przez sąsiednie uziomy. Metody pomiarowej z cęgami nie można jednak stosować w tych systemach wielokrotnych, w których poszczególne uziomy są połączone ze sobą pod ziemią.



**Rys. 4. Pomiar rezystancji uziemienia metodą trzy przewodową + cęgi**

Metodą techniczną możemy również mierzyć rezystancję uziomu wykorzystując miernik rezystancji pętli zwarcia, przy pomiarze w sieci TN i TT. W tym przypadku musimy mieć pewność, iż badany uziom nie jest połączony metalicznie z uziomem lub przewodami ochronnymi PE układu sieciowego, z którego zasilany jest miernik rezystancji pętli zwarcia.



**Rys. 5. Układ do pomiaru rezystancji uziemień metodą techniczną z wykorzystaniem miernika rezystancji pętli zwarcia**

Rezystancja uziomu zależy od: wielkości i kształtu uziomu, rezystywności właściwej gruntu, która podlega zmianom sezonowym w zależności od opadów atmosferycznych, zmiany te są tym mniejsze im uziom jest głębszy. Wyniki pomiaru należy pomnożyć przez podany w tabeli 3 współczynnik  $K = 1,1$  do  $3$  uwzględniający aktualne nawilgocenie gruntu oraz sposób wykonania uziomu. Współczynniki podane w tablicy umożliwiają eliminowanie sezonowych zmian rezystancji uziemień.

Można przyjąć zasadę, że:

- o ile nie wykonujemy pomiarów w okresie 2 do 3 dni po opadach,
- o ile wykonujemy pomiary od września do października (największe rezystancje uziomów w ciągu roku) to nie musimy stosować współczynników korekcyjnych.

Tabela 3. Wartości współczynnika korekcyjnego poprawkowego K

Rodzaj uziomu	Współczynnik korekcyjny poprawkowy K w zależności od wilgotności gruntu		
	suchy	Wilgotny	b. wilgotny
Uziom pionowy pod powierzchnią ziemi ponad 5 m	1,1	1,2	1,3
Uziom pionowy pod powierzchnią ziemi 2,5 - 5 m	1,2	1,6	2,0
Uziom poziomy w ziemi na głębokości ok. 1 m	1,4	2,2	3,0