

# Pomiary elektryczne

- **Pomiar rezystancji uziemienia**
- **Posługiwanie się multimetrem cyfrowym**

1. Wymagania prawne
2. Układy sieci
3. Rodzaje i charakterystyka pomiarów

## 1. Wymagania prawne

W dniu 15 grudnia 2008 została zatwierdzona przez Prezesa PKN norma PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 6: Sprawdzanie. Zawiera ona wymagania dotyczące sprawdzania odbiorczego i okresowego instalacji elektrycznych. Dodatkowo zawiera wymagania dotyczące protokołowania wyników sprawdzeń. Poniższy tekst powstał na podstawie materiałów firmy SONEL.

### **Wymagania prawne dotyczące wykonywania pomiarów**

W normie PN-HD 60364-6:2008 podane są dwa rodzaje sprawdzeń:

- sprawdzenia odbiorcze,
- sprawdzenia okresowe.

Zgodnie z tą normą każda instalacja powinna być sprawdzana podczas montażu i po jego ukończeniu, przed przekazaniem użytkownikowi do eksploatacji. Sprawdzenie odbiorcze powinno obejmować porównanie wyników z odpowiednimi kryteriami zawartymi m.in. w wieloarkuszowej normie PN-IEC 60364 w celu sprawdzenia, czy wymagania tam zawarte są spełnione. W przypadku rozbudowy lub zmiany istniejącej instalacji należy przeprowadzić pełne badania jak dla nowej instalacji. Podczas wykonywania pomiarów należy zastosować środki ostrożności w celu upewnienia się, że sprawdzanie nie spowoduje niebezpieczeństwa dla osób i zwierząt domowych oraz nie spowoduje uszkodzenia obiektu i wyposażenia nawet, gdy obwód jest wadliwy.

Osoba dokonująca sprawdzeń powinna posiadać odpowiednie kwalifikacje i być kompetentna w zakresie sprawdzeń. Należy podkreślić, iż osoba wykonująca pomiary jest odpowiedzialna za przygotowanie instalacji do pomiarów, ich przeprowadzenie oraz prawidłową ocenę wyników badań (uprawnienia E i D). Sprawdzenie odbiorcze składa się z oględzin i prób. Oględziny należy wykonać przed próbami, powinny odbyć się przed włączeniem zasilania instalacji. Sprawdzanie okresowe obejmuje czynności niezbędne do określenia, czy instalacja i wszystkie elementy jej wyposażenia znajdują się w stanie pozwalającym na ich dalszą eksploatację.

### **Częstość sprawdzenia okresowego**

Częstość sprawdzania okresowego instalacji powinna uwzględniać:

- rodzaj instalacji i wyposażenia,
- jej zastosowanie i działanie,
- częstość i jakość konserwacji,
- wpływ warunków zewnętrznych, na które jest narażona.

Zgodnie z obowiązującym Prawem Budowlanym (Dz.U. 2006, nr 156, poz. 1118)

**instalacja elektryczna i piorunochronna powinna być badana co najmniej raz na 5 lat.**

Zaleca się, aby w protokole sprawdzenia okresowego był podany przedział czasu do następnego sprawdzenia okresowego. Krótsze okresy między sprawdzeniami powinny być zastosowane dla poniższych przypadków:

- miejsc pracy lub pomieszczeń, gdzie występuje ryzyko porażenia elektrycznego, pożaru lub wybuchu spowodowanego degradacją,
- miejsc pracy lub pomieszczeń, w których znajdują się instalacje zarówno niskiego, jak i wysokiego napięcia,
- obiektów komunalnych,
- terenów budowy (bezwzględnie układ sieci TN-S),
- instalacji bezpieczeństwa (np. oświetlenia awaryjnego).

Niezależnie od wymogów normy, kierując się dobrą praktyką inżynierską, zalecane okresy sprawdzeń dla skuteczności ochrony przeciwporażeniowej i rezystancji izolacji podane są w Tabeli 1.

*Tabela 1. Rodzaje i częstość wykonywania pomiarów.*

Rodzaj pomieszczenia	Okres pomiędzy kolejnymi sprawdzeniami	
	Skuteczność ochrony przeciwporażeniowej	Rezystancji izolacji
O wyziewach żrących	nie rzadziej niż o 1 rok	nie rzadziej niż o 1 rok
Zagrożone wybuchem	nie rzadziej niż o 1 rok	nie rzadziej niż o 1 rok
Otwarta przestrzeń	nie rzadziej niż o 1 rok	nie rzadziej niż co 5 lat
Bardzo wilgotne o wilg. ok. 100%, wilgotne przejściowo 75-100%	nie rzadziej niż o 1 rok	nie rzadziej niż co 5 lat
Gorące o temperaturze powietrza ponad 35°C	nie rzadziej niż o 1 rok	nie rzadziej niż co 5 lat
Zagrożone pożarem	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż co 1 rok
Stwarzające zagrożenie dla ludzi (ZL I, ZL II, ZL III)	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż co 1 rok
Zapylone	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż co 5 lat
Pozostałe nie wymienione	nie rzadziej niż co 5 lat	nie rzadziej niż co 5 lat

### **Dobór przyrządów do badań**

Przyrządy pomiarowe oraz urządzenia należy dobrać zgodnie z odpowiednimi częściami normy

PN-EN 61557:

- PN-EN 61557- część 1 „Wymagania ogólne”
- PN-EN 61557- część 2 „Rezystancja izolacji”
- PN-EN 61557- część 3 „Impedancja pętli zwarcia”
- PN-EN 61557- część 4 „Rezystancja przewodów uziemiających i przewodów wyrównawczych”
- PN-EN 61557- część 5 „Rezystancja uziemień”

- PN-EN 61557- część 6 „Urządzenia różnicowo-prądowe (RCD) w sieciach TT, TN i IT”
  - PN-EN 61557- część 7 „Kolejność faz”
  - PN-EN 61557- część 10 „Wielofunkcyjne urządzenia pomiarowe do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych”
- Dopuszczalne wartości błędów dla pomiarów zawarte w tych normach przedstawione są w Tabeli 2.

*Tabela 2. Dopuszczalne wartości błędów pomiarów wg PN-EN 61557*

Mierzona wartość	Dopuszczalny błąd pomiaru
Rezystancja izolacji	30%
Impedancja pętli zwarcia	30%
Rezystancja przewodów uziemiających i wyrównawczych	30%
Prąd zadziałania RCD	10%
Napięcie dotykowe	20%

## Bezpieczeństwo wykonywania pomiarów - kategorie pomiarowe przyrządów pomiarowych

Przyrządy pomiarowe są poddawane działaniu napięcia roboczego oraz przejściowym narażeniom z obwodu, do którego są dołączone podczas pomiaru lub badania. Kiedy przyrząd pomiarowy jest używany do pomiaru sieci, przejściowe narażenia można oszacować na podstawie miejsca w instalacji, w której wykonuje się pomiary

Norma PN-EN 61010-1 dzieli obwody na następujące kategorie pomiarowe:

- **kategoria pomiarowa IV (CAT IV)** dotyczy pomiarów wykonywanych przy źródle instalacji niskiego napięcia. Przykładem są pomiary urządzeń na zabezpieczeniach nadprądowych.
- **kategoria pomiarowa III (CAT III)** dotyczy pomiarów wykonywanych w instalacjach budynków.  
Przykładem są pomiary w rozdzielnicach tablicowych, wyłącznikach automatycznych, przewodach instalacji elektrycznej, łącznie z kablami, szyny zbiorcze, łączniki, gniazda sieciowe w instalacjach oraz urządzeniach do zastosowań przemysłowych i innych urządzeniach, np. silnikach stacjonarnych przyłączonych na stałe do stałej instalacji,
- **kategoria pomiarowa II (CAT II)** dotyczy pomiarów wykonywanych w obwodach bezpośrednio dołączonych do instalacji niskiego napięcia. Przykładami są pomiary w urządzeniach domowych, narzędziach przenośnych i podobnych urządzeniach,
- **kategoria I (CAT I)** dotyczy pomiarów wykonywanych w obwodach nie połączonych bezpośrednio z siecią.

## 2. Układy sieci

Dla sieci niskiego napięcia do 1 kV wyróżnia się następujące układy sieci elektroenergetycznych:

- system TN-C,
- system TN-S,
- system TN-C-S,
- system TT,

- system IT.

Pierwsza litera określa sposób podłączenia punktu neutralnego transformatora z ziemią:

- T oznacza podłączenie bezpośrednio punktu neutralnego transformatora z ziemią,
- I oznacza izolowanie układu od ziemi albo podłączenie do ziemi przez impedancję.

Druga litera określa sposób podłączenia dostępnych części przewodzących uzimienia urządzenia a ziemią:

- T oznacza bezpośrednie połączenie elektryczne urządzenia do ziemi (T = terra = ziemia),
- N oznacza bezpośrednie połączenie elektryczne do uzimionego punktu układu sieci zasilającej.

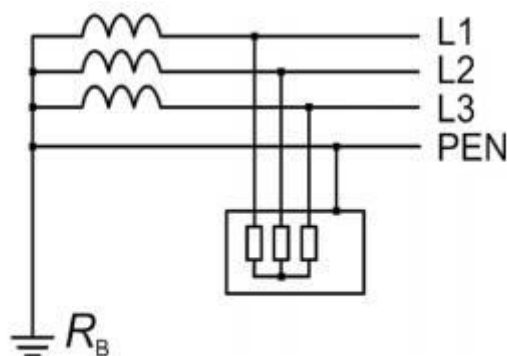
Kolejne litery, jeśli występują, oznaczają występowanie przewodu neutralnego i ochronnego:

- S (separate - rozdzielony) oznacza, że funkcja ochrony jest zapewniona przez przewód PE, niezależny od przewodu neutralnego,
- C (combined - wspólny) oznacza, że w jednym przewodzie (przewodzie PEN) zostały połączone dwie funkcje: przewodu neutralnego i ochronnego

### Układ TN-C

W układzie sieciowym TN-C punkt neutralny transformatora jest uzimiony, części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone z ziemią poprzez sieć zasilającą za pomocą wspólnego przewodu PEN. Należy podkreślić, iż taka instalacja może być zastosowana wyłącznie jeśli przewód PEN ma co najmniej przekrój 10 mm<sup>2</sup>.

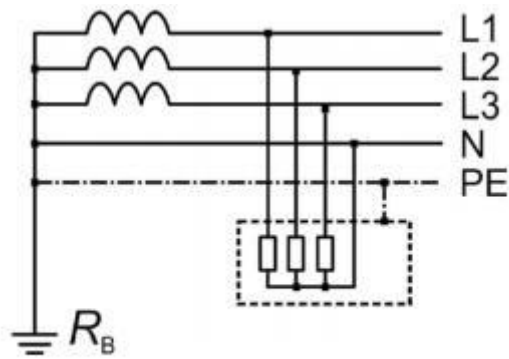
(Uwaga: Układy sieciowe „stare” nie są układami TN-C. Są one obecnie niesklasyfikowane).



Rys.1 Układ TN-C.

### Układ TN-S

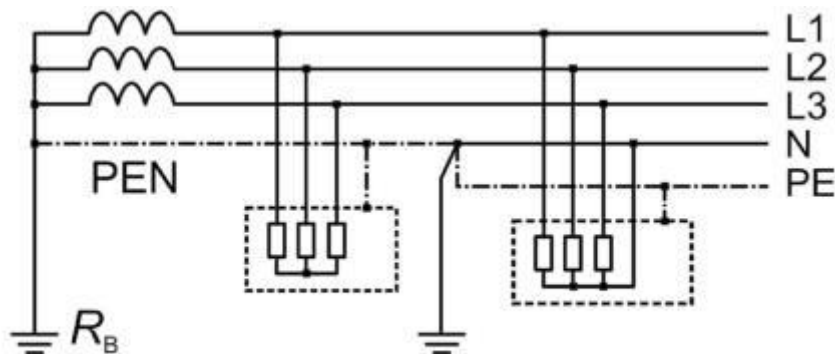
W układzie sieciowym TN-S punkt neutralny transformatora jest uzimiony, części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone z ziemią poprzez przewód PE.



Rys. 2. Układ TN-S.

### Układ TN-C-S

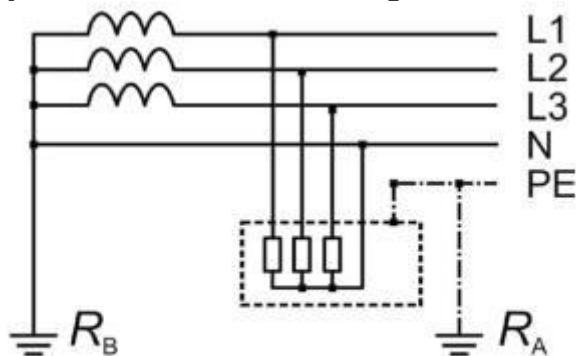
W układzie sieciowym TN-C-S punkt neutralny transformatora jest uziemiony, części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone z ziemią poprzez sieć zasilającą: w części przez wydzielony przewód PE, bliżej transformatora poprzez wspólny przewód PEN.



Rys. 3. Układ TN-C-S.

### Układ TT

W układzie sieciowym TT punkt neutralny transformatora jest uziemiony, części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone przewodami ochronnymi z uziomami niezależnymi od uziemienia roboczego.

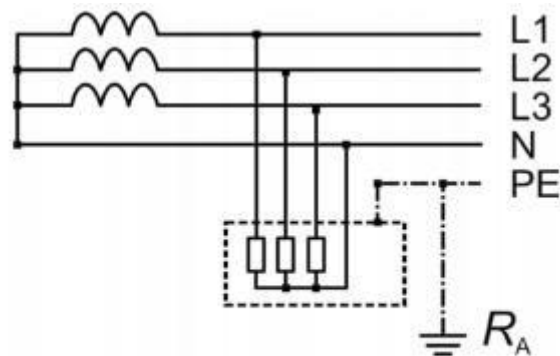


Rys. 4. Układ TT.

### Układ IT

W układzie sieciowym IT punkt neutralny transformatora jest izolowany, części

przewodzące dostępne urządzeń są podłączone przewodami ochronnymi z uziomami.



Rys. 5. Układ IT.

### 3. Rodzaje pomiarów wykonywanych podczas sprawdzeń odbiorczych i okresowych

Podczas wykonywania sprawdzeń odbiorczych i okresowych, w zależności od potrzeb należy przeprowadzić następujące pomiary i wykonać je najlepiej w następującej kolejności (PN-HD 60364-6):

- a. ciągłość przewodów,
- b. rezystancja izolacji instalacji elektrycznej,
- c. ochrona za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej,
- d. rezystancja/impedancja podłóg i ścian,
- e. samoczynne wyłączenie zasilania,
- f. ochrona uzupełniająca,
- g. sprawdzanie biegunowości,
- h. sprawdzanie kolejności faz,
- i. próby funkcjonalne i operacyjne,
- j. spadek napięcia.

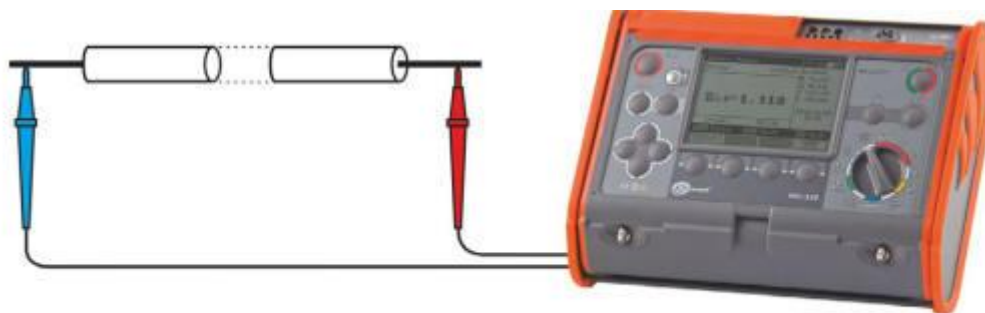
Jeśli wynik którejs z prób nie spełnia wymagań, próbę tę i próbę poprzedzającą, jeżeli wykryte uszkodzenie może mieć wpływ na ich wynik, należy powtórzyć po usunięciu przyczyny uszkodzenia.

#### Ciągłość przewodów

Według wymagań normy należy wykonać pomiar ciągłości elektrycznej dla przewodów ochronnych w połączeniach wyrównawczych głównych i dodatkowych oraz przewodów czynnych w przypadku pierścieniowych obwodów odbiorczych. Według wymogów normy PN-EN 61557-4 pomiar ciągłości powinien być wykonany prądem większym lub równym 200 mA. Dodatkowo przy rozwartych zaciskach miernika napięcie ma być z przedziału 4... 24 V. Wymagana dokładność pomiaru ma być lepsza od 30 %.

Sposób wykonywania pomiarów ciągłości przewodów miernikiem MPI-530, MPI-525 MPI-520 (MPI-505, MPI-502) przedstawiono na rys. 6. Pomiar wykonywany jest prądem stałym o parametrach spełniających wymogi normy. Pomiar wykonywany jest dwukrotnie, w obu kierunkach przepływu prądu.

Główny wynik jest średnią arytmetyczną. Zakres pomiarowy mierników wg IEC 61557-4 wynosi 0,12...400  $\Omega$ . Oznacza to przedział, w którym dokładność pomiaru jest lepsza od 30%, czyli wynik pomiaru może być umieszczony w protokole.



Rys. 6. Sposób pomiaru ciągłości przewodów.

### Rezystancja izolacji instalacji elektrycznej

Rezystancję izolacji należy zmierzyć między przewodami czynnymi a przewodem ochronnym, przyłączonym do układu uziemiającego. Do tego pomiaru przewody czynne można połączyć razem. W układzie TN-C wykonuje się pomiar między przewodami czynnymi a przewodem PEN. Należy również wykonać pomiary między (nieuziemiaionymi) przewodami ochronnymi a ziemią. W pomieszczeniach, w których występuje zagrożenie pożarowe należy wykonać pomiar między przewodami czynnymi. Napięcie probiercze jest uzależnione od napięcia nominalnego obwodu i jest podane w Tabeli 3. Dodatkowo podane są minimalne wartości rezystancji izolacji dla poszczególnych obwodów.

Jeżeli istnieje prawdopodobieństwo, że ograniczniki przepięć (SPD) lub inne urządzenia mogą mieć wpływ na wynik pomiaru lub mogą się uszkodzić, takie urządzenia należy odłączyć przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji. Jeśli odłączenie takich urządzeń jest niemożliwe (np. ograniczników przepięć wbudowanych w stałe gniazda wtyczkowe), wówczas dla tego obwodu należy obniżyć napięcie probiercze do 250 V DC, ale rezystancja izolacji powinna mieć wartość co najmniej 1 MΩ

Tabela.3 Minimalne wartości rezystancji izolacji

Napięcie nominalne obwodu	Napięcie probiercze DC (V)	Rezystancja izolacji (MΩ)
SELV i PELV	250	≥ 0,5
Do 500 V włącznie, w tym FELV	500	≥ 1,0
Powyżej 500 V	1000	≥ 1,0

Na rysunku 7 pokazano sposób podłączenia przewodów podczas pomiaru rezystancji izolacji.



*Rys. 7. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem MPI-525.*

Mierniki MPI-530 oraz MPI-520 pozwalają na pomiary rezystancji izolacji w gniazdkach sieciowych z wykorzystaniem wtyczki sieciowej.



Rys. 8. Pomiar rezystancji izolacji w gniazdku sieciowym przewodami z wtykiem UNI-Schuko (MPI-530/520).

W przypadku pomiaru przewodów 3-, 4- lub 5- żyłowych pomiary mogą być bardzo ułatwione przy wykorzystaniu adaptera AutoISO-1000C (dla MPI-530, MPI-530-IT, MPI-520 lub MPI-505) lub AutoISO-2500 dla MPI-525. Miernik sam wykona wszystkie pomiary, a wyniki mogą być zapisane do pamięci miernika.



Rys. 9. Pomiar przewodów wielożyłowych przy wykorzystaniu adaptera AutoISO-2500.

## Rezystancja/impedancja izolacji podłóg i ścian



Izolacja stanowisk ma na celu stworzyć takie warunki pracy, aby pracownik nie mógł zetknąć się z potencjałem innym niż potencjał jaki może pojawić się na uszkodzonym urządzeniu, a tym samym niebezpiecznymi prądami rażeniowymi. Bezpieczny prąd rażeniowy który umożliwia pracownikami rozwarcie palców podczas skurczu mięśni nie powinien przekraczać wartości 10 mA (jest to tzw. wartość progowa samouwolnienia). Prąd rażeniowy oblicza się ze wzoru:

$$I_R = \frac{U_n}{R_c + R_p}$$

Gdzie:

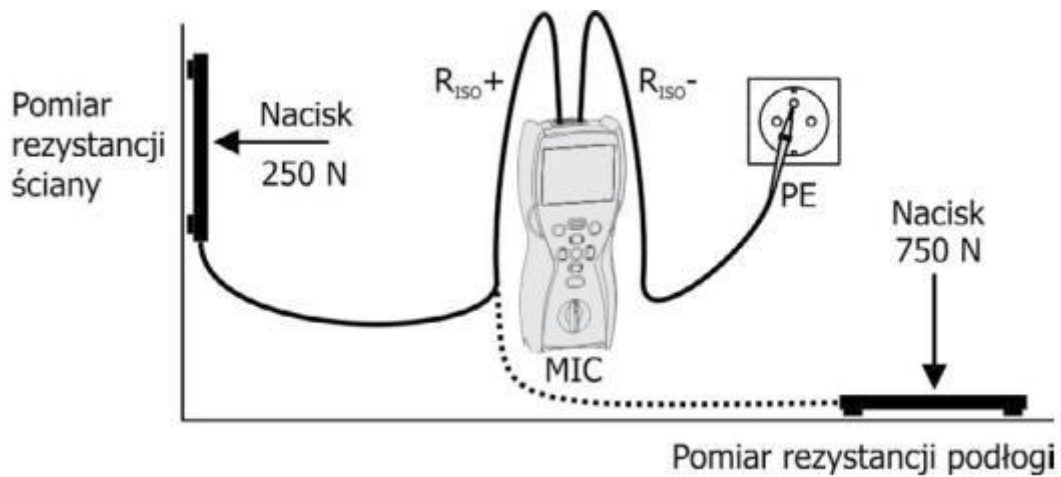
$U_n$  - napięcie nominalne w V

$R_c$  - rezystancja ciała ludzkiego (około 1000Ω )

$R_p$  - rezystancja podłogi.

Zgodnie z normą rezystancja/impedancja w każdym punkcie pomiaru nie powinna być mniejsza niż 50 kΩ przy 500 V napięcia probierczego, rozpatrywanego dla nominalnego napięcia instalacji nie przekraczającego 500 V oraz 100 kΩ przy 1000 V napięcia probierczego dla nominalnego napięcia instalacji wyższego od 500 V. Mając jednak na uwadze, że znaczny wpływ na wyniki pomiarów mogą mieć zanieczyszczenia badanych powierzchni należy pamiętać, by przed pomiarami badaną powierzchnię podłogi wyczyścić przy użyciu płynu czyszczącego (zalecany etanol lub izopropanol).

Należy wykonać co najmniej trzy pomiary w tym samym pomieszczeniu, z czego jeden w odległości około 1m od znajdującej się w tym pomieszczeniu dostępnej części przewodzącej obcej (np. grzejnik instalacji c.o., kran itp.). Pozostałe pomiary należy wykonać w większych odległościach. Pomiarów tych dokonuje się przy napięciu sieci w stosunku do ziemi i przy częstotliwości nominalnej. W przypadku pomiaru układu DC o napięciu znamionowym nie przekraczającym 500 V dokonuje się pomiaru rezystancji izolacji napięciem probierczym minimum 500 V, dla układu o napięciu znamionowym większym niż 500 V należy dokonać pomiaru izolacji napięciem probierczym minimum 1000 V DC. Pomiaru takiego można dokonać za pomocą np. miernika MIC-10 oraz specjalnie w tym celu zaprojektowanej sondy PRS-1. Sposób wykonania pomiaru rezystancji izolacji podłóg i ścian w stosunku do ziemi lub do przewodu ochronnego ilustruje poniższy rysunek.



Rys. 10. Pomiar rezystancji elektrycznej podłogi lub ściany za pomocą MIC-10 or



az sondy PRS-1

Trójnożna sonda pomiarowa Sonel PRS-1, o kształcie trójkąta równobocznego, została wykonana zgodnie z wytycznymi zawartymi w normach PN-HD 60364-6 oraz PN-EN 1081. Do wykonania „nóg” sondy zastosowano odpowiednią mieszankę gumową o rezystancji skrośnej pojedynczej nogi na poziomie  $R < 5 \text{ k}\Omega$  oraz twardości w zakresie od 50 do 70 IRHD. Takie rozwiązanie konstrukcyjne, przy odpowiednim nacisku na sondę, zapewni ok. 900 mm<sup>2</sup> powierzchni styku z badaną powierzchnią.



Rys. Sonda PRS-1

## Pomiar impedancji pętli zwarcia

Układy TN

Dla układu TN zgodnie z wymogiem normy PN-HD 60364-4-41 powinien być spełniony warunek

$$Z_S \times I_a \leq U_o$$

, gdzie:

- $Z_s$  jest impedancją pętli zwarcia,
- $I_a$  prądem powodującym samoczynne wyłączenie zasilania w czasie podanym w Tabeli 4 z uwagami zawartymi w PN-HD 60364-4-41,
- $U_o$  jest znamionowym napięciem AC lub DC w odniesieniu do ziemi.

Tabela 4. Maksymalne czasy wyłączenia

Układ	50 V < $U_o \leq 120$ V		120 V < $U_o \leq 230$ V		230 V < $U_o \leq 400$ V		$U_o > 400$ V	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
<b>TN</b>	0,8 s	Uwaga 1	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	0,1 s	0,1 s
<b>TT</b>	0,3 s	Uwaga 1	0,2 s	0,4 s	0,07 s	0,2 s	0,04 s	0,1 s

*Uwaga 1: Wyłączenie może być wymagane z powodu innego niż ochrona przeciwporażeniowa.*

Dla obwodów rozdzielczych oraz obwodów zabezpieczonych wyłącznikami nadprądowymi dla prądów ponad 32 A dopuszczalny maksymalny czas wyłączenia wynosi 5 s. Zgodnie z normą sprawdzenia dokonuje się poprzez:

- pomiar impedancji pętli zwarcia,
  - sprawdzenie charakterystyk skuteczności współdziałającego urządzenia ochronnego.
- W przypadku zabezpieczeń nadprądowych należy wykonać oględziny (sprawdzić prąd znamionowy, typ bezpiecznika, nastawienie krótkozwłocznego lub bezzwłocznego wyzwalania wyłączników). W przypadku urządzeń RCD należy wykonać oględziny i pomiary.

Zgodnie z normą PN-EN 61557-3 pomiary impedancji pętli zwarcia powinny być wykonane z błędem pomiaru mniejszym niż 30%. Do pomiaru mogą służyć omawiane już mierniki serii MPI. Mierniki MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520, MPI-505, MPI-502 umożliwiają wykonanie pomiarów pętli zwarcia z przewodami o różnych długościach. W Tabeli 5 podano zakresy pomiarowe mierników (przedziały, dla których błąd pomiaru jest mniejszy niż 30 %, co pozwala na umieszczenie wyników w protokole z pomiarów).

*Tabela 5. Zakresy pomiarowe pętli zwarcia mierników MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520, MPI-505, MPI-502.*

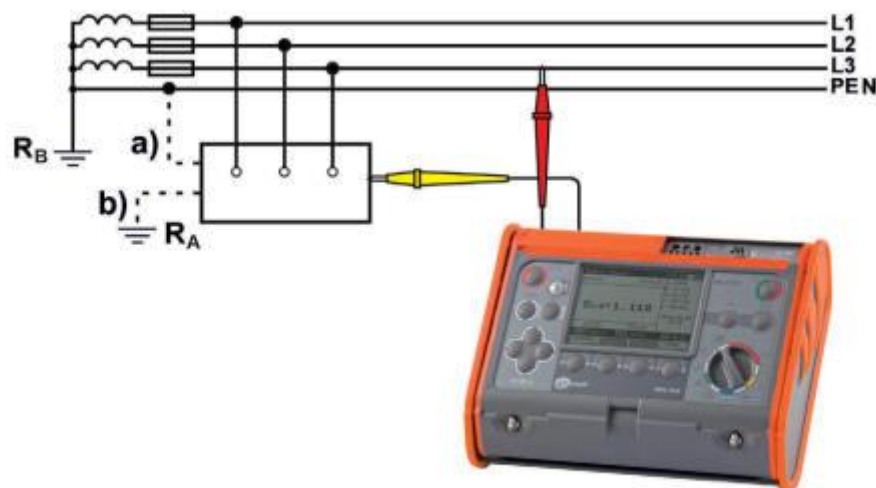
Przewód pomiarowy	Zakres pomiarowy $Z_s$
1,2 m	0,13...1999 $\Omega$
5 m	0,17...1999 $\Omega$
10 m	0,21...1999 $\Omega$
20 m	0,29...1999 $\Omega$
Wtyk typu WS	0,19...1999 $\Omega$

Możliwe są pomiary w układach sieciowych z napięciami:

- 110/190 V,
- 115/200 V,
- 127/220 V,
- 220/380 V,
- 230/400 V,
- 240/415 V.

Mierniki pozwalają na wykonanie pomiarów przy dowolnym napięciu z zakresu 95...440 V oraz pomiarów impedancji pętli zwarcia w obwodach L-PE, L-L, L-N.

Pomiary mogą być wykonane z użyciem przewodu pomiarowego zakończonego wtyczką sieciową. Mierniki posiadają specjalną funkcję pomiaru impedancji pętli zwarcia L-PE w obwodach zabezpieczonych wyłącznikami różnicowoprądowymi (RCD) bez zadziałania wyłącznika.

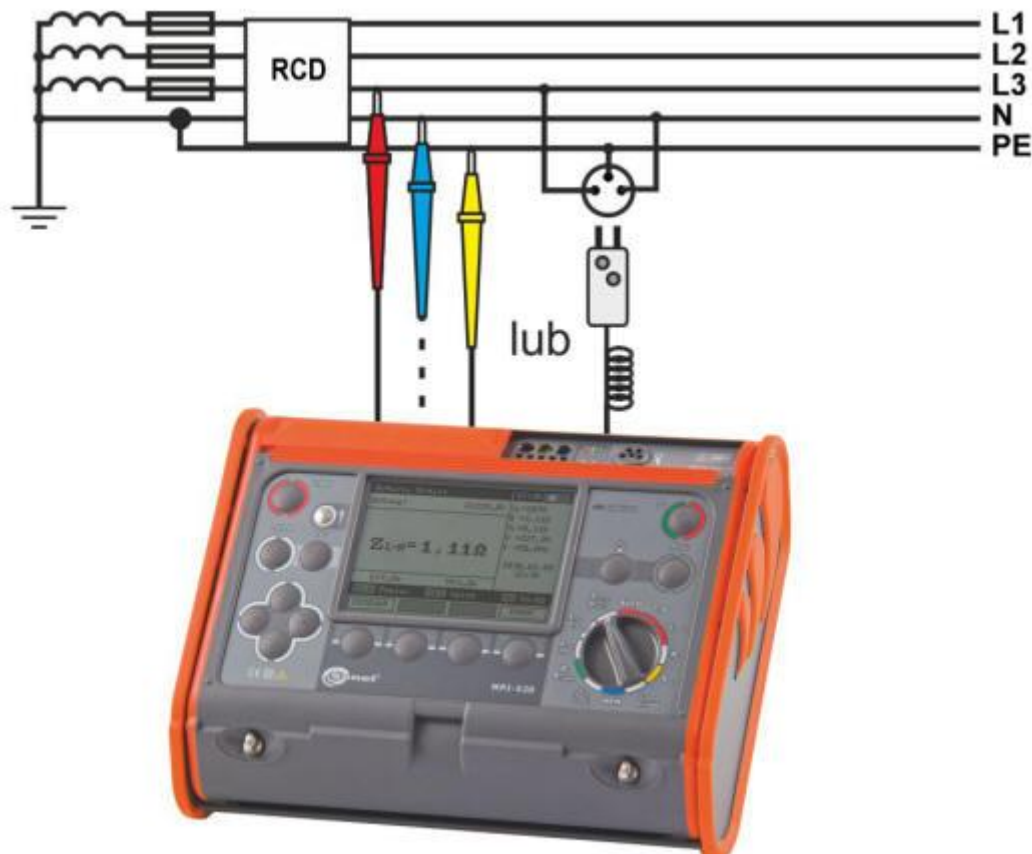


*Rys. 11. Pomiar impedancji pętli zwarcia w przypadku: a) sieci TN, b) sieci TT.*

Wyświetlana jest zarówno zmierzona impedancja pętli zwarcia oraz spodziewany prąd zwarciovowy. Korzystając z charakterystyk czasowo-prądowych mierzonych wyłączników oraz otrzymanego spodziewanego prądu zwarcia można odczytać czas zadziałania dla tego wyłącznika. Dokonując porównania otrzymanego czasu zadziałania z charakterystyki pasmowej wyłącznika z maksymalnym czasem podanym w Tabeli 4 ocenia się spełnienie

wymogu normy. Mierniki posiadają również funkcję pomiaru wyłączników RCD. Możliwy jest pomiar miernikami MPI-530, MPI-525 i MPI-520 wszystkich typów wyłączników RCD typu AC, A i B (typu AC i A dla MPI-505, MPI-502 oraz dodatkowo typu F dla MPI-530 i MPI-530-IT) o prądach różnicowych 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA i 1000 mA. Dodatkowo można wybrać pomiar wyłączników RCD krótkozwłoczných, bezzwłoczných i selektywných. Dla tych wyłączników można dokonać wyboru krotności znamionowego prądu ( $I_{\Delta n}$ ) wyłącznika podczas pomiarów czasu zadziałania. Możliwy jest pomiar dla  $0,5 I_{\Delta n}$ ,  $I_{\Delta n}$ ,  $2 I_{\Delta n}$  i  $5 I_{\Delta n}$ .

Na rys. 13 przedstawiono pomiar czasu zadziałania wyłącznika RCD.



Rys. 13. Pomiar czasu zadziałania wyłącznika RCD.

Zmierzony czas zadziałania powinien spełniać wymogi podane w Tabeli 4. Kierując się dobrą praktyką inżynierską można dokonać oceny na podstawie normy IEC/EN 6008. Dla prądów o wartości znamionowej wyłącznika RCD czasy zadziałania wyłączników RCD przedstawiono w Tabeli 6.

Tabela 6. Maksymalny czas zadziałania wyłączników RCD dla prądu znamionowego ( $I_{\Delta n}$ )

Typ wyłącznika RCD	Maksymalny czas zadziałania
Krótkozwłoczny, bezzwłoczny	300 ms
Selektywny	500 ms

### Układ TT

Dla układu TT gdzie ochrona jest realizowana przy wykorzystaniu wyłączników RCD zgodnie z wymogiem normy PN-HD 60364-4-41 powinien być spełniony warunek czasu zadziałania podany w Tabeli 4.

Dopuszcza się czas zadziałania do 1 s dla sieci rozdzielczych i dla obwodów z zabezpieczeniami ponad 32 A. Pomiar czasu zadziałania RCD jest dokonywany prądem 5-krotnie większym od prądu znamionowego stosowanego wyłącznika RCD ( $5 I_{\Delta n}$ ). Podobnie jak w układzie TN można użyć mierników MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520, MPI-505 i MPI-502 pozwalających na pomiar czasu zadziałania. Dodatkowo powinien być spełniony warunek

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq 50V$$

, gdzie:

- $R_A$  jest sumą rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego dla dostępnych części przewodzących pętli zwarcia.

- $I_{\Delta n}$  jest znamionowym prądem wyłącznika różnicowoprądowego.

W Tabeli 7 podano maksymalne wartości rezystancji uziemienia dla różnych wartości  $I_{\Delta n}$ .

Tabela 7. Maksymalne rezystancje uziemienia dla różnych wyłączników RCD.

Znamionowy prąd wyłącznika RCD ( $I_{\Delta n}$ )	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA	1000 mA
$R_A$ dla 50 V	5000 $\Omega$	1667 $\Omega$	500 $\Omega$	167 $\Omega$	100 $\Omega$	50 $\Omega$

Rezystancja uziemienia  $R_A$  może zostać zmierzona wykorzystując miernik MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520, MPI-505, MPI-502 w układzie jak na rys. 10. Warunek będzie spełniony, gdy zmierzona rezystancja będzie mniejsza od podanej w Tabeli 7. Jeśli rezystancja  $R_A$  jest znana, może być zastąpiona przez pomiar impedancji pętli zwarcia  $Z_s$ .

Dla układu TT, gdzie ochrona zapewniona jest przez zastosowanie zabezpieczeń nadprądowych zgodnie z wymogiem normy PN-HD 60364-4-41 powinien być spełniony warunek

$$Z_s \times I_A \leq U_0,$$

gdzie:

- $Z_s$  jest impedancją pętli zwarcia.

- $I_A$  prądem powodującym samoczynne wyłączenie zasilania w czasie podanym w Tabeli 4 z uwagami zawartymi w PN-HD 60364-4-41. Dopuszcza się czas zadziałania do 1 s dla sieci rozdzielczych i dla obwodów z zabezpieczeniami ponad 32 A.

- $U_0$  jest znamionowym napięciem a.c. lub d.c. w odniesieniu do ziemi.

Do pomiaru impedancji pętli zwarcia w układzie TT można wykorzystać miernik MPI-530 (MPI-525, MPI-520, MPI-505 i MPI-502). Pomiar impedancji pętli zwarcia w układzie TT przedstawiony jest na rys.10. Mierniki pokazują oprócz impedancji pętli zwarcia również spodziewany prąd zwarcia. Na podstawie charakterystyk czasowo - prądowych zabezpieczeń nad prądowych można odczytać dla spodziewanego prądu zwarcia czas zadziałania zabezpieczenia nadprądowego i porównać go z czasem wymaganym. Miernik MPI-530 lub program SONEL PE5 po wybraniu zastosowanego zabezpieczenia nadprądowego i uwzględnieniu zmierzonego spodziewanego prądu zwarcia, automatycznie dokona oceny spełnienia warunków samoczynnego wyłączenia zasilania.

## Układ IT

W układzie IT powinien być spełniony warunek:

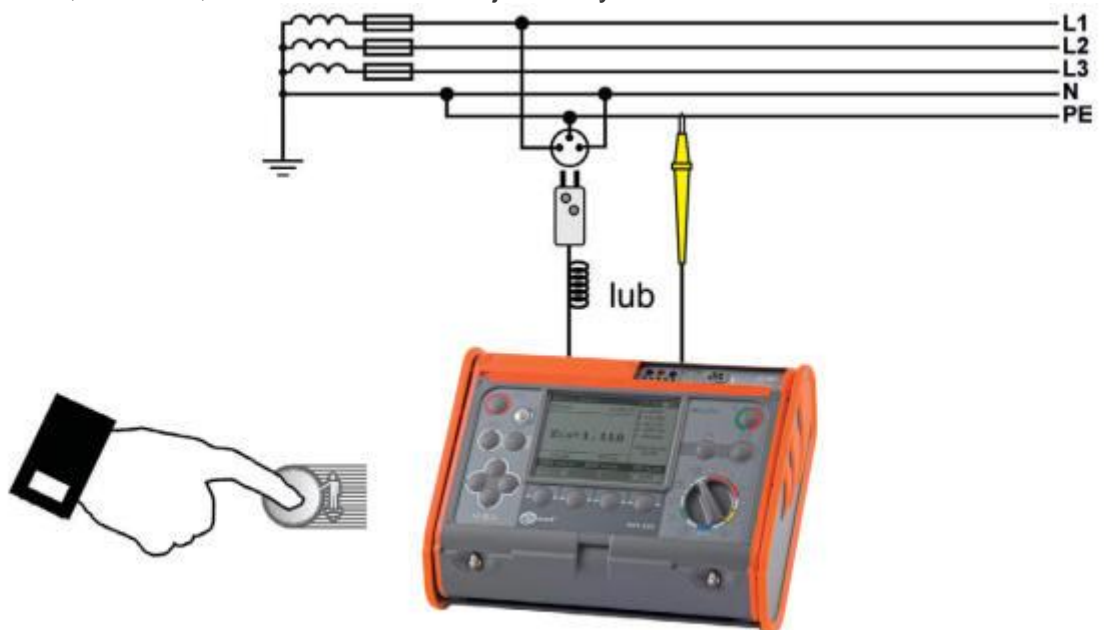
$$\begin{aligned} &\text{dla sieci a.c. } R_A \times I_d \leq 50 \text{ V,} \\ &\text{dla sieci d.c. } R_A \times I_d \leq 120 \text{ V, gdzie:} \end{aligned}$$

- $R_A$  jest sumą rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego części dostępnych przewodzących.
- $I_d$  jest prądem uszkodzeniowym pierwszego doziemienia.

Warunek ten należy sprawdzić, wykonując obliczenia lub pomiar prądu  $I_d$  w przypadku pierwszego doziemienia przewodu fazowego lub neutralnego. Pomiar ten wykonuje się tylko wówczas, gdy nie ma możliwości wykonania obliczeń z powodu braku wszystkich parametrów. Podczas pomiaru należy zachować ostrożność, aby uniknąć niebezpieczeństwa podwójnego doziemienia. Jeżeli przy drugim doziemieniu w innym obwodzie powstaną warunki podobne do warunków dotyczących układu TT wówczas należy zastosować sprawdzenie jak w układach TT. Jeżeli przy drugim doziemieniu w innym obwodzie powstaną warunki podobne do warunków dotyczących układu TN wówczas należy zastosować sprawdzenie jak w układach TN. Podczas wykonywania pomiaru impedancji pętli zwarcia należy wykonać połączenie o pomijalnie małej impedancji między punktem neutralnym sieci a przewodem ochronnym, najlepiej w złączu instalacji, lub gdy nie jest to możliwe w miejscu pomiaru.

## Sprawdzenie biegunowości

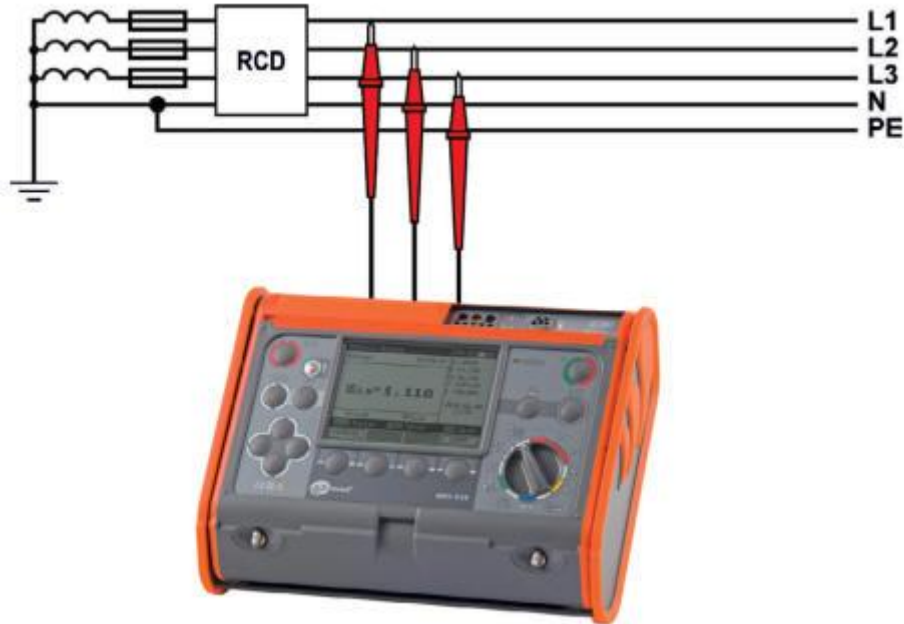
Jeżeli przepisy zabraniają stosowania łączników jednobiegunowych w przewodzie N, należy sprawdzić, czy wszystkie takie łączniki są włączone jedynie w przewody fazowe. Sprawdzenia tego można dokonać za pomocą woltomierza mierników MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520 i MPI-505 jak na rys. 14.



Rys. 14. Sprawdzenie poprawności podłączenia przewodu PE miernikiem MPI-530 (MPI-525, MPI-520)

### Sprawdzenie kolejności faz

Dla obwodów wielofazowych należy sprawdzić kolejność faz. Do tego sprawdzenia można wykorzystać miernik MPI-530, MPI-530-IT, MPI-525, MPI-520, MPI-505 jak na rys. 15.



Rys. 15. Sprawdzanie kolejności faz.

Przy poprawnym podłączeniu faz na wyświetlaczu miernika będzie pokazane wirowanie faz w prawo (zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara). Dodatkowo miernik zmierzy napięcia międzyfazowe.

### Spadek napięcia

Zgodnie z PN-HD 60364-5-52 zalecane jest, by spadek napięcia pomiędzy źródłem zasilania a obwodami odbiorczymi był mniejszy niż 4% znamionowego napięcia zasilania. Jedynie w przypadku rozruchu silników dopuszczalny jest spadek napięcia większy niż 4%. Możliwe jest określenie spadku napięcia na podstawie pomiaru impedancji pętli obwodu lub na podstawie diagramu podanego w normie PN-HD 60364-6 w Załączniku D.