



Paweł Śmiech  
v. 20231129

# Bezpieczeństwo eksploatacji maszyn elektrycznych

Zagadnienia wybrane

Część III – badanie stanu technicznego



Licencja: CC BY-NC-ND 4.0

# Spis treści

- Przepisy prawa dotyczące badania stanu technicznego urządzeń
- Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń
- Normy wyrobu związane z badaniem stanu technicznego urządzeń
- Bezpieczeństwo prac kontrolno-pomiarowych
- Dokładność pomiarów
- Pomiar rezystancji izolacji
- Pomiar prądu upływowego
- Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych
- Ustalanie wartości prądu wyłączającego  $I_a$
- Badanie maszyn
- Protokołowanie
- Bibliografia

# Cele i założenia prezentacji

Celem prezentacji jest zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń elektrycznych. Prezentacja jest przeznaczona dla osób wykonujących prace eksploatacyjne przy maszynach.

Prezentacja zawiera informacje dotyczące badania stanu technicznego urządzeń używanych przez pracowników podczas pracy.

Założenia prezentacji:

- prezentacja zawiera podstawowe informacje, które nie są wystarczające wykonywania prac kontrolno-pomiarowych;
- prezentacja została opracowana na podstawie przepisów prawa powszechnego i zasad wiedzy technicznej;
- poprawność informacji nie jest gwarantowana;
- prezentacja dotyczy maszyn, do których stosuje się normę PN-EN 60204-1 oraz innych urządzeń i instalacji używanych przez pracowników podczas pracy;
- prezentacja obejmuje zagadnienia wybrane.

# Przepisy prawa dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## **Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy**

*Art. 215. Pracodawca jest obowiązany zapewnić, aby stosowane maszyny i inne urządzenia techniczne:*

*1) zapewniały bezpieczne i higieniczne warunki pracy, w szczególności zabezpieczały pracownika przed urazami, działaniem niebezpiecznych substancji chemicznych, porażeniem prądem elektrycznym...*

## **Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.**

*§ 40.1 Pracodawca jest obowiązany zapewnić systematyczne kontrole stanu bezpieczeństwa i higieny pracy ze szczególnym uwzględnieniem organizacji procesów pracy, stanu technicznego maszyn i innych urządzeń technicznych...*

## **Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.**

*Załącznik nr 2*

*...*

*1.3. Producent musi przeprowadzić odpowiednie badania i próby części składowych, osprzętu lub gotowych maszyn, aby ustalić, czy ich projekt lub wykonanie pozwalają na bezpieczny montaż i oddanie maszyny do użytku. Odpowiednie sprawozdania i wyniki podlegają włączeniu do dokumentacji technicznej.*

# Przepisy prawa dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

**Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.**

*§ 26. 1. W przypadku gdy bezpieczne użytkowanie maszyn jest uzależnione od warunków, w jakich są one instalowane, pracodawca powinien poddać maszyny:*

- 1) wstępnej kontroli po ich zainstalowaniu, a przed przekazaniem do eksploatacji po raz pierwszy;*
- 2) kontroli po zainstalowaniu na innym stanowisku pracy lub w innym miejscu.*

*§ 27. Pracodawca powinien zapewnić, aby maszyny narażone na działanie warunków powodujących pogorszenie ich stanu technicznego, co może spowodować powstawanie sytuacji niebezpiecznych, poddane były:*

- 1) okresowej kontroli, a także badaniom przez jednostki działające na podstawie odrębnych przepisów albo osoby upoważnione przez pracodawcę i posiadające odpowiednie kwalifikacje;*
- 2) specjalnej kontroli przeprowadzanej przez jednostki albo osoby, o których mowa w pkt. 1, w przypadku możliwości pogorszenia bezpieczeństwa związanego z maszyną, a będącego wynikiem:
  - a) prac modyfikacyjnych,*
  - b) zjawisk przyrodniczych,*
  - c) wydłużonego czasu postoju maszyny,*
  - d) niebezpiecznych uszkodzeń oraz wypadków przy pracy.**

*§ 28. 1. Wyniki kontroli, o których mowa w § 26 i 27, rejestruje się i przechowuje, do dyspozycji zainteresowanych organów, zwłaszcza nadzoru i kontroli warunków pracy, przez okres 5 lat od dnia zakończenia tych kontroli, o ile odrębne przepisy nie stanowią inaczej.*

# Przepisy prawa dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

**Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 30 października 2018 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego.**

*§ 6.1. W przypadku UTB wyposażonych w aparaty elektryczne eksploatujący powinien zapewnić wykonywanie:*

*1) pomiarów rezystancji izolacji obwodów elektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem obwodów bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej, nie rzadziej niż:*

*a) raz w roku – dla urządzeń:*

- pracujących w pomieszczeniach lub strefach zagrożonych wybuchem, z wyziewami żrącym,*
- urządzeń pracujących na otwartym powietrzu,*
- służącym do przemieszczania osób,*

*b) raz na dwa lata - dla urządzeń pracujących w warunkach innych niż wymienione w lit. a;*

*2) pomiarów rezystancji uziemień roboczych, i odgromowych, o ile są stosowane, oraz ochrony przeciwporażeniowej nie rzadziej niż:*

*a) raz w roku - dla urządzeń:*

- pracujących na otwartym powietrzu, w pomieszczeniach o dużej wilgotności, gorących lub z wyziewami żrącymi,*
- służących do przemieszczania osób,*

*b) raz na dwa lata - dla urządzeń pracujących w warunkach innych niż wymienione w lit. a;*

*§ 6.2. Niezależnie od pomiarów, o których mowa w ust. 1, wykonuje się pomiary po wprowadzeniu zmian lub wykonaniu prac w instalacji elektrycznej UTB montowanych w miejscu pracy oraz w przypadku gdy stan izolacji, rezystancji uziemień lub ochrony przeciwporażeniowej uległ pogorszeniu lub wystąpiły uszkodzenia tej instalacji.*

# Przepisy prawa dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

**Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 25 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych.**

*§ 4. 1. Prace eksploatacyjne prowadzi się zgodnie z instrukcją eksploatacji urządzenia energetycznego lub grup urządzeń energetycznych, zwaną dalej „instrukcją eksploatacji”, opracowaną przez pracodawcę, zawierającą w szczególności:*

...

*6) wymagania w zakresie eksploatacji urządzenia energetycznego oraz terminy przeprowadzania przeglądów, prób i pomiarów;*

**Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach spawalniczych.**

*§ 25.2 Urządzenia i osprzęt spawalniczy powinny być po naprawie sprawdzone pod względem spełniania przez nie wymagań bezpieczeństwa określonych w przepisach lub Polskich Normach. Wynik sprawdzenia powinien być udokumentowany.*

# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## Norma PN-EN 60204-1 – badania odbiorcze

Zakres badań maszyn ustala się na podstawie norm wyrobu. W przypadku braku odpowiedniej normy wyrobu, zakres badań ustala się na podstawie normy PN-EN 60204-1. Zgodnie z normą **PN-EN 60204-1:2018-12** sprawdzenie powinno zawsze zawierać próby:

a), b) i g) oraz może zawierać jedną lub kilka prób od c) do g):

a) sprawdzenie zgodności wyposażenia elektrycznego z dokumentacją techniczną;

b) sprawdzenie ciągłości układu połączenia ochronnego;

b) w przypadku ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania, sprawdzenie spełniania warunku skuteczności\*);

c) sprawdzenie rezystancji izolacji;

d) próbę napięciową;

e) sprawdzenie zabezpieczenia przed napięciami szczytkowymi;

f) sprawdzenie spełniania wymagań dotyczących wzmocnionego przewodu ochronnego\*);

g) próby funkcjonalne.

Badania powinny być wykonane w podanej kolejności, jeżeli kolejność nie może być zachowana jako pierwsze należy wykonać badania a) i b).

\* Tekst poprawiony



# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## **Norma PN-EN 60204-1 – badania powtórne**

Zgodnie z normą PN-EN 60204-1:2018-12 jeżeli część maszyny lub towarzyszącego jej wyposażenia zostaje zmieniona lub zmodyfikowana, to należy rozważyć konieczność ponownego badania stanu technicznego.

Zaleca się zwrócenie szczególnej uwagi na możliwość spowodowania uszkodzeń wyposażenia w czasie badań powtórnych, np. nadmierne narażenie izolacji, rozłączenie i powtórne łączenie przewodów.

# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## Norma PN-HD 60364-6 – oględziny (badanie odbiorcze)

**Badanie stanu technicznego zgodnie z normą PN-HD 60364-6:2016-07** składa się z: oględzin, prób i protokołowania.

Zakres oględzin przy badaniach odbiorczych wg normy PN-HD 60364-6:2008:

- sposób ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym;
- występowanie przegród ogniowych i innych środków zapobiegających rozprzestrzenianiu się ognia oraz ochrony przed skutkami działania ciepła;
- dobór przewodów z uwagi na obciążalność prądową;
- dobór, nastawy, selektywność i koordynacja urządzeń zabezpieczających i monitorujących;
- dobór, lokalizacja i instalacja odpowiednich urządzeń ochronnych przepięciowych (SPD), tam gdzie jest to wymagane;
- Występowanie i prawidłowe umieszczenie właściwych urządzeń do odłączania izolacyjnego i łączenia;
- dobór urządzeń i środków ochrony, właściwych ze względu na wpływy zewnętrzne oraz narażenia mechaniczne;
- prawidłowe oznaczenie przewodów neutralnych i ochronnych;
- obecność schematów, napisów ostrzegawczych lub innych podobnych informacji;
- oznaczenie obwodów, urządzeń ochronnych przetężeniowych, łączników, zacisków itp.;
- poprawność montażu zacisków oraz połączeń kabli i przewodów;
- dobór i instalacja elementów instalacji uziemiającej, przewodów ochronnych oraz ich połączeń:
- dostępność urządzeń, umożliwiającą wygodną obsługę, identyfikację i konserwację;
- środki zapobiegające zaburzeniom elektromagnetycznym;
- połączenia części przewodzących odstępnych z instalacją uziemiającą;
- dobór oraz montaż systemów oprzewodowania.

# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## Norma PN-HD 60364-6 – próby (badanie odbiorcze)

### Zakres prób przy badaniach odbiorczych wg normy PN-HD 60364-6:2016-07:

- ciągłość przewodów;
- rezystancja izolacji;
- badanie rezystancji izolacji w celu potwierdzenia skuteczności ochrony przez SELV, PELV lub separację elektryczną;
- badanie rezystancji izolacji w celu potwierdzenia skuteczności rezystancji i impedancji podłóg i ścian;
- sprawdzenie biegunowości;
- przeprowadzenie prób w celu potwierdzenia skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania;
- przeprowadzenie prób w celu potwierdzenia skuteczności środków ochrony uzupełniającej;
- sprawdzenie kolejności faz;
- próby funkcjonalne;
- spadek napięcia.

**Badania powinny być wykonane w podanej kolejności.**

# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## Norma PN-HD 60364-6 – badanie okresowe

**Zgodnie z normą PN-HD 60364-6:2016-07**, sprawdzenie okresowe instalacji przeprowadza się bez demontażu lub jeżeli jest to wymagane z częściowym demontażem. Sprawdzenie okresowe powinno zapewnić:

- zabezpieczenie osób i zwierząt domowych przed porażeniem elektrycznym i oparzeniem\*);
- ochronę mienia przed uszkodzeniem spowodowanym pożarem lub ciepłem powstałym na skutek uszkodzenia instalacji;
- potwierdzenie prawidłowego doboru oraz nastaw urządzeń monitorujących;
- potwierdzenie, że instalacja nie jest uszkodzona lub jej obniżone właściwości nie pogorszą właściwości;
- identyfikację wad instalacji i odchyłeń od wymagań odpowiednich części PN-HD 60364, które mogą spowodować niebezpieczeństwo\*);
- potwierdzenie prawidłowego doboru oraz nastaw urządzeń ochronnych;
- potwierdzenie prawidłowego doboru oraz nastaw urządzeń monitorujących.

Jeżeli obwód jest stale monitorowany przez sprawne urządzenie RCM lub IMD, to pomiar rezystancji izolacji nie jest wymagany. Należy zwrócić uwagę na zapewnienie, że sprawdzenie okresowe nie spowoduje niebezpieczeństwa dla osób i zwierząt domowych oraz nie będzie przyczyną uszkodzenia obiektu i wyposażenia.

**Instalacje objęte systemem stałego nadzoru i skuteczną konserwacją zapobiegawczą w czasie normalnego użytkowania można wyłączyć ze sprawdzenia okresowego jeżeli wykonywane prace są odpowiednio udokumentowane.**

<sup>\*)</sup> Tekst poprawiony

# Normy dotyczące badania stanu technicznego urządzeń

## Normy PN-EN 50699 i PN-EN 50678

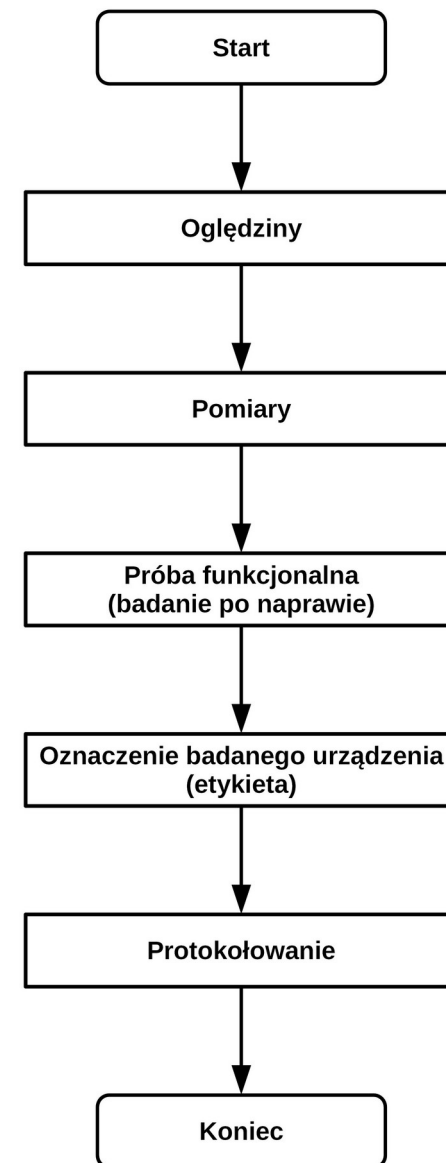
Normy:

- **PN-EN 50699** Badania okresowe urządzeń elektrycznych
- **PN-EN 50678** Wymagania ogólne do badań bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych po naprawie

dotyczą badań okresowych i po naprawie urządzeń elektrycznych zasilanych napięciami od 25 V AC lub 60 V DC do 1000 V AC lub 1500 V DC, o prądach znamionowych do 63 A. Urządzenia mogą być przyłączone na stałe lub za pomocą gniazda wtyczkowego.

Normy nie dotyczą:

- maszyn objętych normą PN-EN 60204-1;
- urządzeń będących częścią instalacji stałych objętych normą PN-HD 60364-6;
- urządzeń medycznych zgodnych z normą PN-EN 60601-1 i objętych normą PN-EN 62353;
- urządzeń do spawania łukowego zgodnych z PN-EN 60974-1 i objętych normą PN-EN 60974-4;
- zasilaczy, zasilaczy awaryjnych (UPS), przekształtników;
- sterowników PLC;
- urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym;
- napędów mechanicznych.



# Normy wyrobu związane z badaniem stanu technicznego urządzeń

## Normy wyrobu (normy typu C)

Przykłady norm wyrobu, które mogą być zastosowane do określenia, sposobu badania maszyn i urządzeń użytkowanych przez pracowników podczas pracy:

- **PN-EN 61010-1** Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 1: Wymagania ogólne
- **PN-EN 50178** Urządzenia elektroniczne do stosowania w instalacjach dużej mocy
- **PN-EN IEC 60519-1** Bezpieczeństwo instalacji elektrotermicznych i elektromagnetycznych -- Część 1: Wymagania ogólne
- **PN-EN 62135-1** Sprzęt do zgrzewania rezystancyjnego -- Część 1: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania, wytwarzania i instalowania
- **PN-EN 60974-4** Sprzęt do spawania łukowego -- Część 4: Kontrola i badanie w eksploatacji (PN-EN 60974-1, PN-EN IEC 60974-14)
- **PN-EN 62368-1** Urządzenia techniki fonicznej/wizyjnej, informatycznej i telekomunikacyjnej -- Część 1: Wymagania bezpieczeństwa
- **PN-EN 61131-2** Sterowniki programowalne -- Część 2: Wymagania i badania dotyczące sprzętu
- **PN-EN 60335-1** Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego -- Bezpieczeństwo użytkowania -- Część 1: Wymagania ogólne.

# Bezpieczeństwo prac kontrolno-pomiarowych

## Kategorie pomiarowe

**Przyrządy pomiarowe należy używać zgodnie z kategorią pomiarową, dla której przyrządy są przeznaczone.**

**Nie należy przekraczać dopuszczalnych napięć dla danego przyrządu pomiarowego.**

Oznaczenie kategorii pomiarowej oraz granica dopuszczalnego napięcia względem ziemi, powinno znajdować się na obudowie przyrządu w pobliżu gniazd pomiarowych.

Oznaczenie CAT II 300 V oznacza przyrząd w kategorii pomiarowej II o dopuszczalnym napięciu wejść (gniazd pomiarowych) względem ziemi 300 V.

Kategorie pomiarowe przyrządów pomiarowych są związane ze spodziewaną wartością przepięć i wskazują, w którym miejscu sieci elektroenergetycznej, instalacji rozdzielczej lub odbiorczej dany przyrząd pomiarowy może być używany. Kategorie pomiarowe dotyczą urządzeń niskiego napięcia.

**Kategoria I (CAT I)** - urządzenia, które nie są połączone z instalacją odbiorczą, np. urządzenia zasilane z akumulatorów.

**Kategoria II (CAT II)** - urządzenia przyłączone do instalacji odbiorczej za pomocą gniazd wtyczkowych.

**Kategoria III (CAT III)** - urządzenia rozdzielcze, szynoprzewody, obwody zasilania maszyn i urządzeń stałych zasilanych z szynoprzewodów lub bezpośrednio z instalacji rozdzielczej.

**Kategoria IV (CAT IV)** - źródła zasilania, transformatory, przyłącza budynków, sieci elektroenergetyczne napowietrzne i kablowe.

# Bezpieczeństwo prac kontrolno-pomiarowych

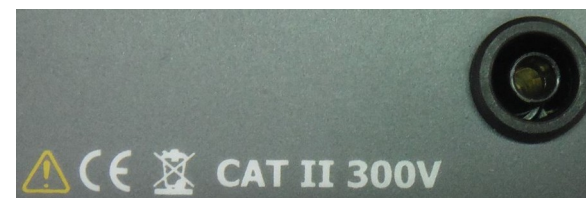
## Kategorie pomiarowe



Z dodatkową nasadką izolacyjną końcówka przewodu pomiarowego ma kategorię pomiarową IV



Po zdjęciu nasadki izolacyjnej końcówka przewodu pomiarowego ma kategorię pomiarową II



Oznaczenie kategorii pomiarowej i dopuszczalnego napięcia względem ziemi w pobliżu gniazda pomiarowego miernika



# Dokładność pomiarów

## Największe dopuszczalne błędy pomiarów

### Największe dopuszczalne błędy pomiarów

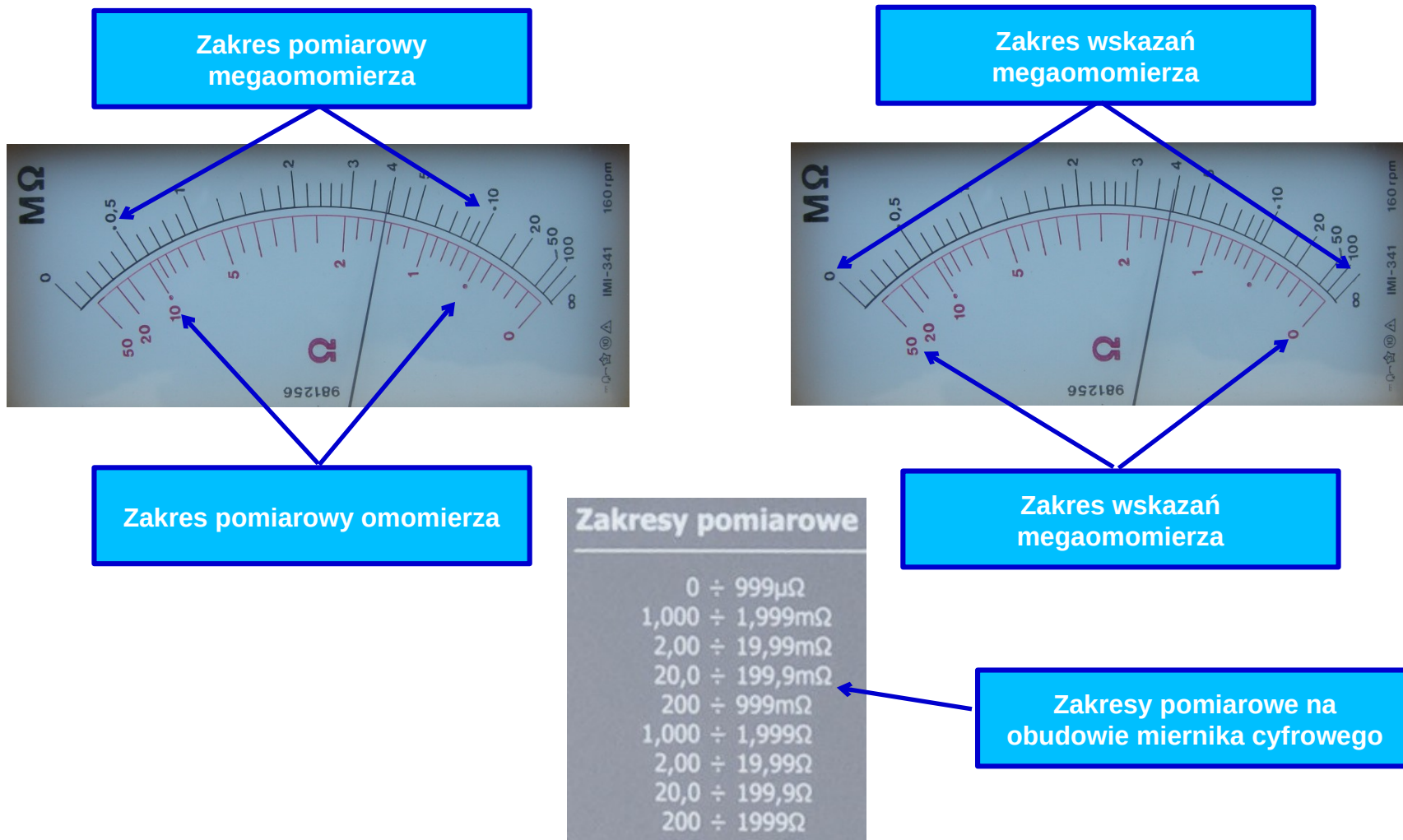
Wartość mierzona	Największy dopuszczalny błąd
Prąd zadziałania wyłączników różnicowoprądowych	$\pm 10 \% I_{\Delta n}$
Czas zadziałania wyłączników różnicowoprądowych	$\pm 20 \% t_{\max}$
Napięcie dotykowe spodziewane	$\pm 20 \%$
Rezystancja izolacji	$\pm 30 \%$
Impedancja pętli zwarciowej	$\pm 30 \%$
Próba ciągłości przewodów ochronnych i wyrównawczych	$\pm 30 \%^{*)}$

\*) W zakresie pomiarowym 0,2 – 2,0  $\Omega$

Mierzone wartości powinny mieścić się w zakresach pomiarowych podanych na obudowach lub skalach przyrządów pomiarowych. Jeżeli wartość zmierzona wykracza poza zakres pomiarowy jako wynik należy przyjąć odpowiednio wartość progową lub graniczną zakresu pomiarowego. Jako wynik pomiaru nie należy wpisywać znaku  $\infty$ . Wyniki należy zaokrąglić i podawać z odpowiednią dokładnością.

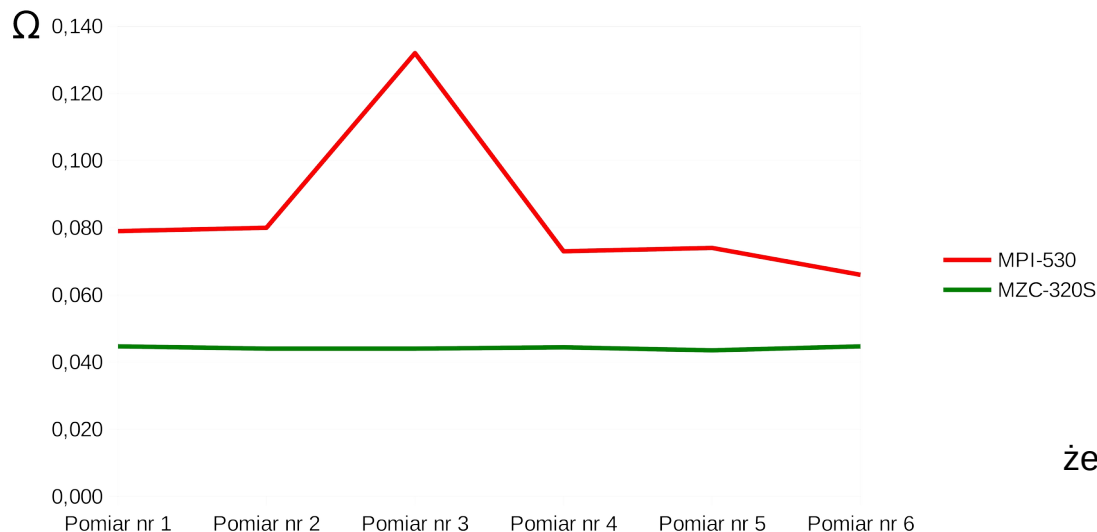
# Dokładność pomiarów

## Zakresy pomiarowe i zakresy wskazań

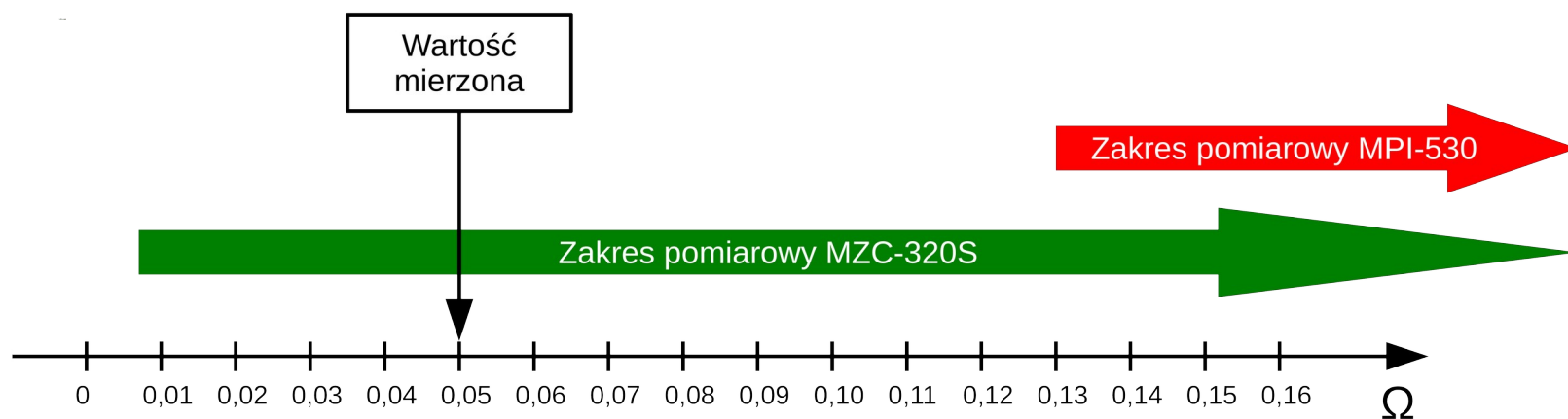


# Dokładność pomiarów

## Zakresy pomiarowe i zakresy wskazań



Za pomocą dwóch przyrządów do pomiaru impedancji pętli zwarciowej wykonano po sześć pomiarów w tym samym miejscu instalacji przemysłowej. Wartość mierzona wynosiła ok. 0,05 Ω. W przypadku przyrządu MPI-530 wartość mierzona jest poza zakresem pomiarowym, a w przypadku przyrządu MZC-320S w zakresie pomiarowym. Porównanie wartości zmierzonych, przedstawionych na wykresie pokazuje, że wartości mierzone przyrządem MPI-530 są nieprawidłowe i niestabilne. Przyrząd MPI-530 nie jest odpowiedni do stosowania w tym obwodzie.



# Pomiar rezystancji izolacji

Z upływem czasu izolacja elektryczna ulega degradacji. Czynniki, które oddziałują negatywnie na stan izolacji są narażenia: elektryczne, mechaniczne, chemiczne, ciepłe, oraz zanieczyszczenia.

W czasie pomiaru rezystancji w izolacji zachodzą zjawiska fizyczne związane z przepływem prądu. Całkowita wartość prądu płynącego przez izolację jest sumą wartości trzech prądów płynących pod wpływem napięcia probierczego:

- **prąd przewodzenia** – prąd płynący przez izolację (rezystancja skośna) i po powierzchni izolacji (rezystancja powierzchniowa);
- **prąd pojemności** – prąd związany z pojemnością izolacji, początkowo ma dużą wartość i maleje w miarę ładowania pojemności;
- **prąd absorpcji** – prąd związany z ustawianiem się ładunków zgodnie z liniami pola elektrycznego wewnątrz materiału izolacyjnego.

Rezystancja izolacji zależy od:

- temperatury,
- wilgotności,
- wartości napięcia probierczego,
- czasu pomiaru,
- stopienia zabrudzenia izolacji.

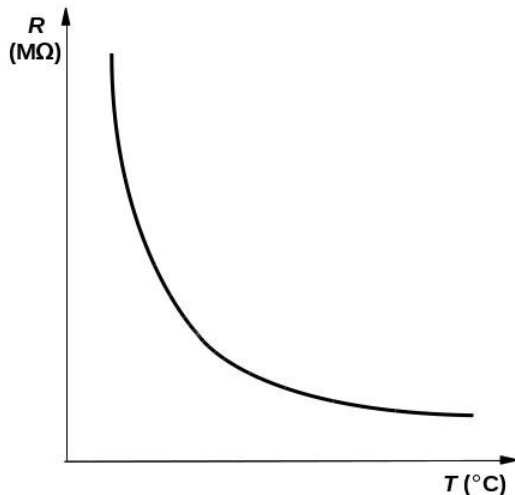
# Pomiar rezystancji izolacji

Rezystancja izolacji maleje ze wzrostem temperatury, jeżeli pomiar rezystancji izolacji jest wykonywany w temperaturze innej niż 20 °C to wynik należy przeliczyć do temperatury 20 °C za pomocą współczynnika korekcyjnego dla danego materiału izolacyjnego.

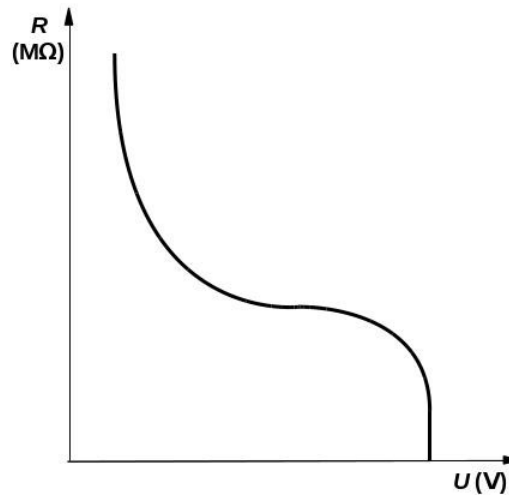
Ze wzrostem napięcia probierczego rezystancja maleje, jeżeli wartość napięcia probierczego przekroczy wartość napięcia wytrzymywanego przez materiał izolacyjny nastąpi przebicie izolacji i spadek rezystancji izolacji do wartości bliskiej zeru.

Pomiar rezystancji izolacji powinien trwać co najmniej 60 s do czasu ustabilizowania się wskazań.

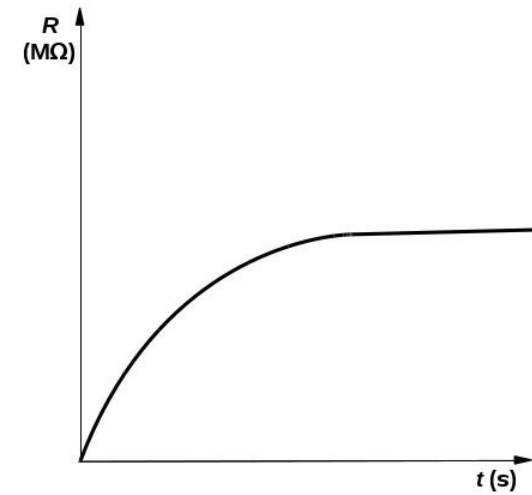
Prąd pojemności maleje z czasem pomiaru w miarę ładowania pojemności mierzonej izolacji, wartość prądu ładowania i czas jego przepływu zależy od wartości pojemności izolacji. Prąd absorpcji maleje z czasem pomiaru, czas przepływu prądu absorpcji wzrasta w przypadku zanieczyszczenia lub zawilgocenia izolacji.



Zależność rezystancji izolacji od temperatury



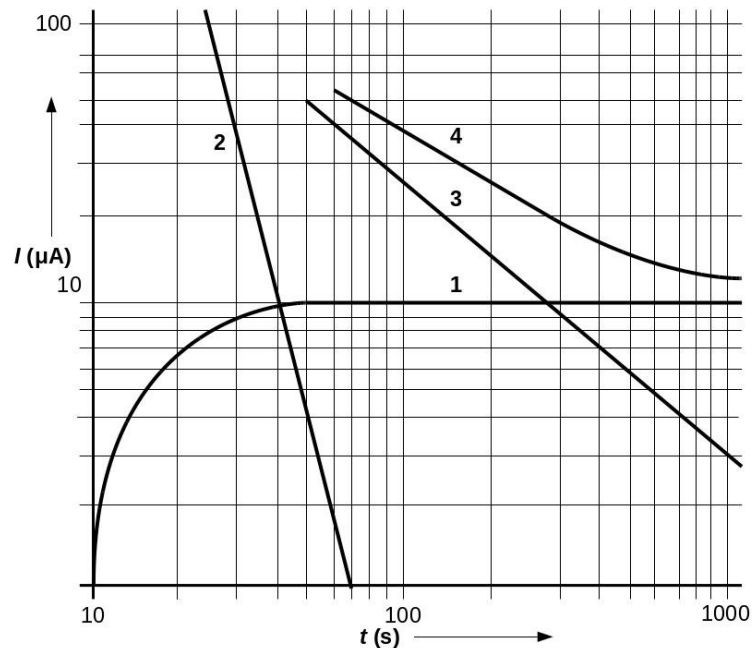
Zależność rezystancji izolacji od napięcia probierczego



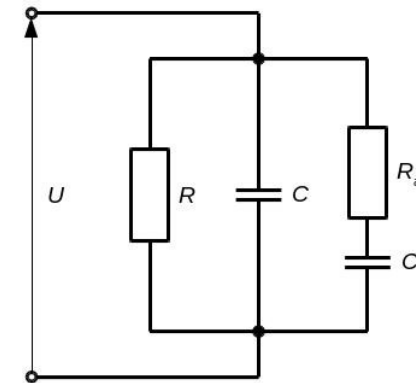
Zależność rezystancji izolacji od czasu pomiaru

# Pomiar rezystancji izolacji

Badanie rezystancji izolacji można wykonać dla kilku obwodów równocześnie i w przypadku negatywnego wyniku wykonać dodatkowe pomiary w poszczególnych obwodach. Rezystancję izolacji mierzy się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a ziemią. W miejscach, w których występuje zagrożenie pożarowe rezystancję należy mierzyć z osobna pomiędzy wszystkimi przewodami czynnymi i pomiędzy wszystkimi przewodami czynnymi a ziemią.



Prądy płynące przy pomiarze rezystancji izolacji:  
1 – prąd przewodzenia (upływności);  
2 – prąd ładowania pojemności;  
3 – prąd absorpcji; 4 – prąd całkowity.



$U$  – napięcie probiercze (stałe);  
 $R$  – rezystancja izolacji będąca wartością wypadkową rezystancji skróśnej i rezystancji powierzchniowej połączonych równolegle;  
 $C$  – pojemność izolacji;  
 $R_a$  – rezystancja absorpcyjna;  
 $C_a$  – pojemność absorpcyjna.

**Schemat zastępczy  
rezystancji izolacji**

# Pomiar rezystancji izolacji

Części obwodów znajdujące się za łącznikami samoczynnymi, które w czasie pomiaru są niedostępne należy badać osobno. Jeżeli w badanych obwodach znajdują się urządzenia, które mogą mieć wpływ na wynik pomiaru lub mogą ulec uszkodzeniu, takie jak ograniczniki przepięć to należy te urządzenia odłączyć na czas pomiaru. Jeżeli jest to praktycznie niewykonalne można obniżyć napięcie pomiarowe do 250 V napięcie stałego o pomijalnym tętnieniu przy zachowaniu wymaganej wartości rezystancji izolacji 1,0 MΩ. Rezystancję izolacji urządzeń odbiorczych mierzy się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi, a przewodem ochronnym PE.



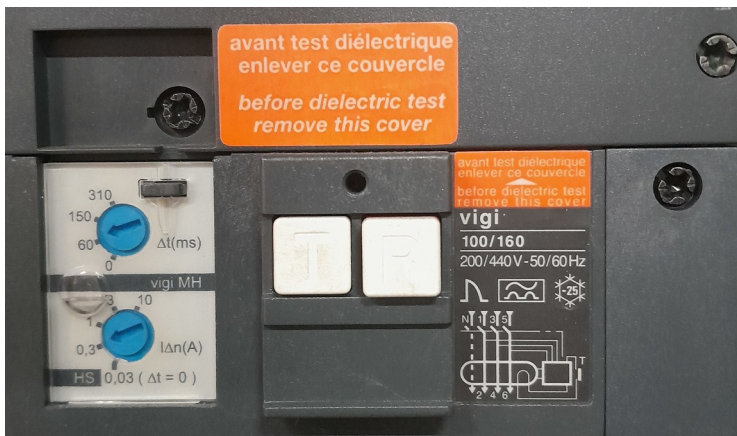
Przed wykonaniem pomiaru należy sprawdzić ciągłość żył ruchomego przewodu zasilającego i zamknąć łączniki. Pomiar rezystancji urządzeń klasy ochronności II wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a częściami przewodzącymi dostępnymi. Izolacyjna część obudowy powinna być na czas pomiaru owinięta folią metalową. Folia powinna przylegać do wszystkich części przewodzących dostępnych.

**Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności II. Obudowa urządzenia została owinięta folią metalową.**



# Pomiar rezystancji izolacji

Pomiar rezystancji izolacji urządzeń wyposażonych w elementy elektroniczne zagraża zniszczeniem tych elementów. Z tego względu należy połączyć wszystkie przewody czynne przed pomiarem i mierzyć rezystancję pomiędzy zwartymi przewodami a ziemią. W stosownych przypadkach można pominąć pomiar rezystancji izolacji i jako metodę zastępczą badania stanu izolacji wykonać pomiar prądu upływowego. Niektóre urządzenia wymagają przygotowania do pomiaru rezystancji izolacji, np. wyłączniki CBR przedstawione na fotografiach, ze względu na możliwość uszkodzenia wyzwalaczy różnicowoprądowych.



**Wyzwalacz vigi wyłącznika CBR f-my Schneider Electric wymaga zdemontowania osłony w obudowie**



**Wyzwalacz RCD510 wyłącznika CBR f-my SIEMENS wymaga wysunięcia ruchomego elementu w obudowie**





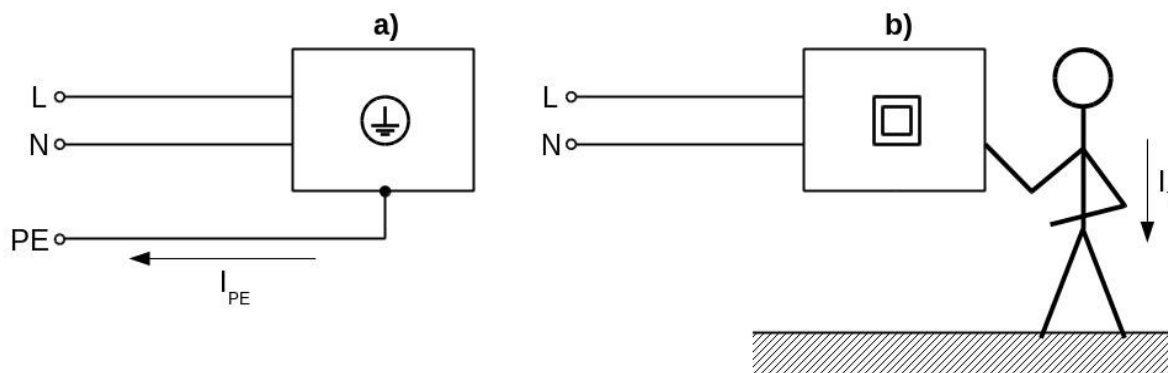
# Pomiar prądu upływowego

**Prąd upływowy** jest prądem płynącym pomiędzy częściami czynnymi a ziemią w nieuszkodzonym urządzeniu.

Pomiar prądu upływowego można przeprowadzać bez wyłączenia urządzenia. Pomiar prądu upływowego może zastępować pomiar rezystancji izolacji jeżeli ten nie może być wykonany lub może być uzupełnieniem pomiaru rezystancji izolacji. Pomiar prądu upływowego nie zagraża elementom elektronicznym tak jak pomiar rezystancji izolacji. Elementy elektroniczne nie muszą być odłączane lub zwierane na czas wykonania pomiaru.

**Prąd w przewodzie ochronnym** jest prądem upływowym urządzeń klasy ochronności I. Prąd przepływa przez cały czas jeżeli urządzenie jest zasiane, a ciągłość przewodu ochronnego PE jest zachowana. W przypadku utraty ciągłości przewodu ochronnego PE prąd upływowy może przepływać przez ciało człowieka jako prąd dotykowy jeżeli urządzenie zostanie dotknięte, przy czym jego wartość będzie znacznie niższa.

**Prąd dotykowy** jest prądem upływowym urządzeń klasy ochronności II. Prąd przepływa przez ciało człowieka jeżeli urządzenie zostanie dotknięte.

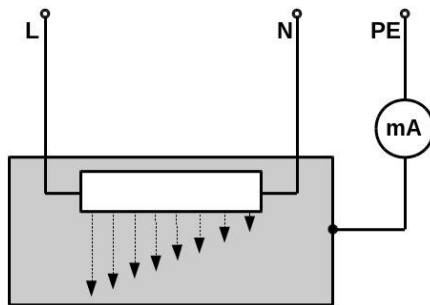


**Prąd upływowy:**  
prąd w przewodzie ochronnym  $I_{PE}$   
(urządzenie klasy ochronności I);  
b) prąd dotykowy  $I_T$   
(urządzenie klasy ochronności II).

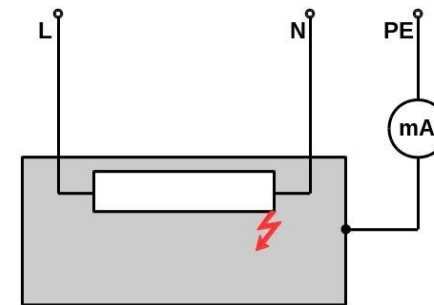
# Pomiar prądu upływowego

Prąd upływowy części czynnych urządzenia osiąga największą wartość w pobliżu bieguna L ze względu na największą wartość napięcia względem uziemionej obudowy. Osłabienie izolacji w pobliżu bieguna L będzie powodowało przepływ prądu uszkodzeniowego o wartości łatwej do wykrycia w czasie badania prądu upływowego.

Napięcie bieguna N względem uziemionej obudowy jest bliskie zeru i w przypadku osłabienia izolacji części czynnej urządzenia w pobliżu bieguna N wartość prądu uszkodzeniowego jest bliska zeru i może nie zostać wykryta w czasie badania prądu upływowego.



**Wartość prądu upływowego osiąga największą wartość w pobliżu bieguna L ze względu na największe napięcie względem uziemionej obudowy**

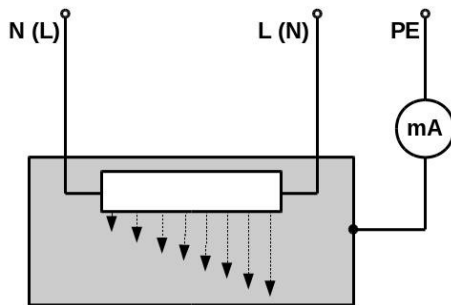


**Uszkodzenie izolacji w pobliżu bieguna N powoduje przepływ prądu uszkodzeniowego o niewielkiej wartości**

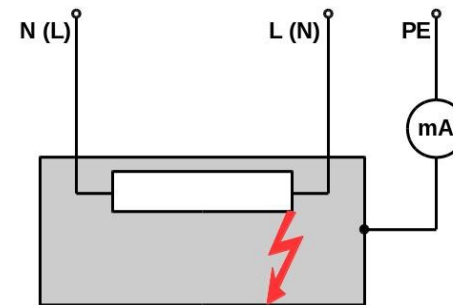
# Pomiar prądu upływowego

Oslabienie izolacji w pobliżu bieguna N spowoduje przepływ prądu uszkodzeniowego o niewielkiej wartości pod wpływem napięcia bieguna N względem uziemionej obudowy. Po zmianie biegunów zasilania prąd uszkodzeniowy osiągnie znacznie większą wartość pod wpływem napięcia bieguna L względem uziemionej obudowy.

Zmianę biegunowości zasilania przy pomiarze prądu upływowego wykonuje się w trakcie badań okresowych jednofazowych urządzeń odbiorczych zasilanych przez gniazdo wtyczkowe.



**Wartość prądu upływowego osiąga największą wartość w pobliżu bieguna L ze względu na największe napięcie względem uziemionej obudowy**

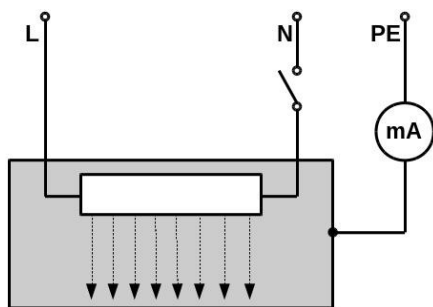


**Zmiana biegunów zasilania pozwala wykryć uszkodzenie w pobliżu bieguna N (po zmianie L). Prąd uszkodzeniowy osiąga dużą wartość**

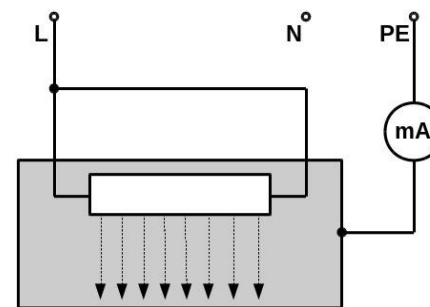
# Pomiar prądu upływowego

Oslabienie izolacji w pobliżu bieguna N spowoduje przepływ prądu uszkodzeniowego o niewielkiej wartości pod wpływem napięcia bieguna N względem uziemionej obudowy. Może to spowodować, że uszkodzenie nie zostanie wykryte w czasie badania prądu upływowego. Zwiększenie wartości prądu upływowego i prądu uszkodzeniowego związanego z osłabieniem izolacji w pobliżu bieguna N może być osiągnięte przez odłączenie przewodu neutralnego lub przyłączenie obu biegunów urządzenia do bieguna L obwodu zasilania.

Obie metody powodują, że wszystkie części czynne na całej długości są pod napięciem bieguna L względem uziemionej obudowy. Sprzyja to wykryciu największej możliwej wartości prądu upływowego. Obie metody mogą być stosowane w trakcie badań okresowych lub badań po naprawach.



**Wartość prądu upływowego osiąga największą wartość w pobliżu bieguna L ze względu na największe napięcie względem uziemionej obudowy**

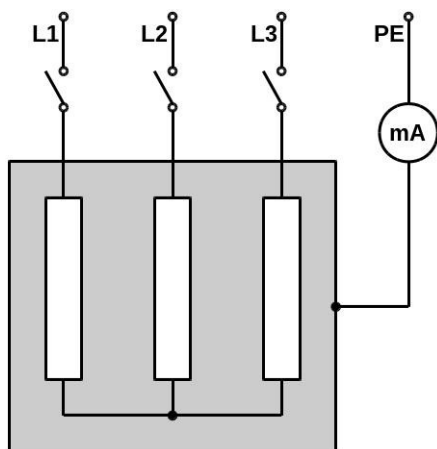


**Zmiana biegunów zasilania pozwala wykryć uszkodzenie w pobliżu bieguna N (po zmianie L). Prąd uszkodzeniowy osiąga dużą wartość**

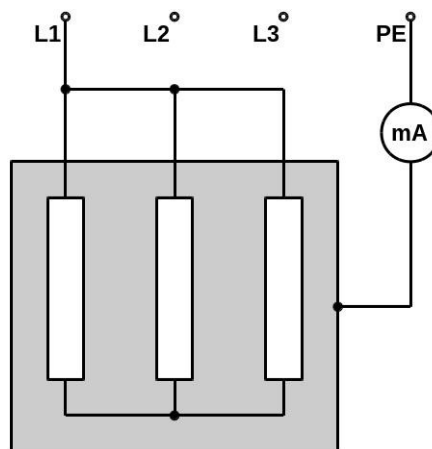
# Pomiar prądu upływowego

Prąd upływowy urządzeń trójfazowych jest równy sumie geometrycznej prądów upływowych poszczególnych faz. Prąd upływowy urządzeń trójfazowych o obciążeniu symetrycznym ulega symetryzacji i jego wartość wypadkowa będzie bliska zeru jeżeli izolacja nie będzie uszkodzona. W przypadku osłabienia izolacji w jednej z faz wartość wypadkowa prądu upływowego zwiększa się i może zostać wykryta w trakcie badania prądu upływowego.

W celu wykrycia największej możliwej wartości prądu upływowego urządzeń trójfazowych w trakcie badań, stosuje się odłączanie poszczególnych przewodów fazowych i przyłączenie połączonych ze sobą biegunów urządzenia (z wyjątkiem bieguna N) do jednej fazy zasilania.



**Odłączanie poszczególnych faz urządzenia od zasilania umożliwia pomiar prądu upływowego i wykrycie największej wartości prądu upływowego**



**Przyłączenie połączonych biegunów urządzenia do przewodu fazowego zasilania umożliwia pomiar prądu upływowego i wykrycie największej wartości prądu upływowego**

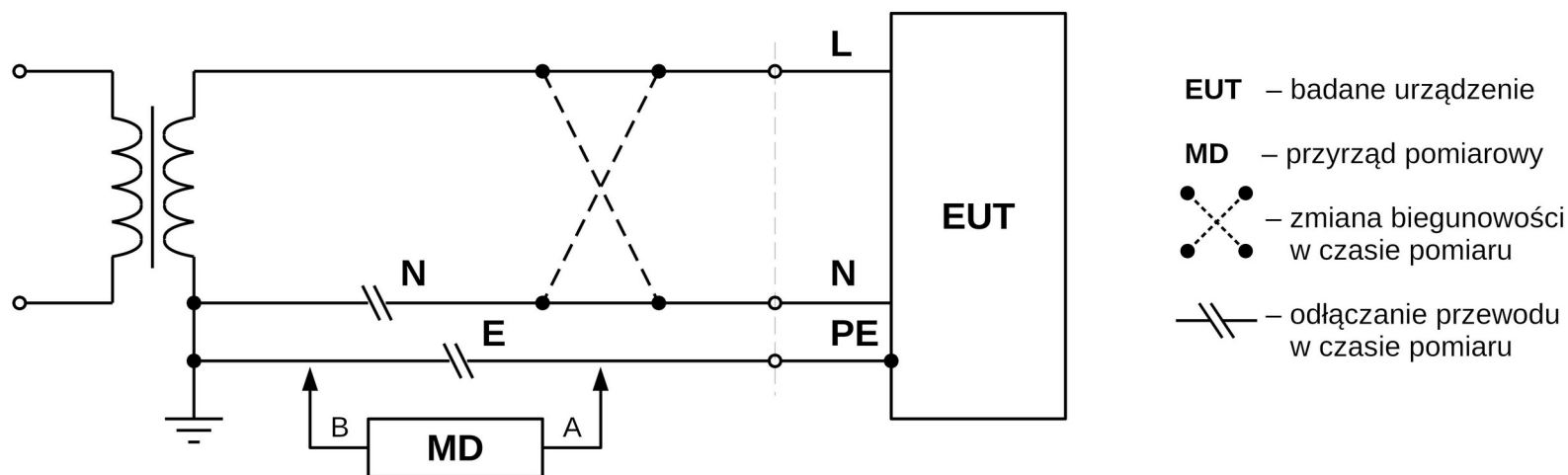
# Pomiar prądu upływowego

## Układ badawczy

Układ badawczy do pomiaru prądu upływowego urządzeń jednofazowych z możliwością zmiany biegunów zasilania i odłączania przewodu neutralnego i ochronnego.

Ze względów bezpieczeństwa oraz z uwagi na napięcie między przewodem neutralnym a przewodem ochronnym, które powinno być jak najmniejsze zalecane jest zasilanie układu badawczego z transformatora.

Układ badawczy jest przeznaczony do badań wykonywanych przez producentów urządzeń, układ może być również wykorzystany do badań okresowych.



**Układ do badania prądu w przewodzie ochronnym urządzeń jednofazowych.  
Układ umożliwia: zmianę biegunowości, odłączenie przewodu neutralnego (N)  
i odłączenie przewodu ochronnego (E).**

# Pomiar prądu upływowego

## Układ badawczy

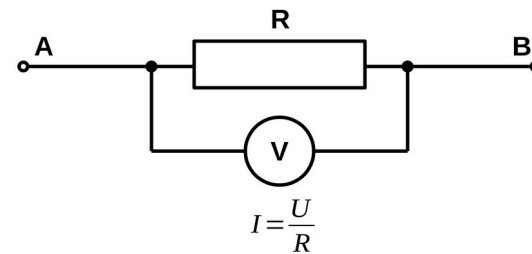
Układ badawczy do pomiaru prądu upływowego urządzeń jednofazowych z możliwością zmiany biegunów zasilania i odłączania przewodu neutralnego i ochronnego.

Ze względów bezpieczeństwa oraz z uwagi na napięcie między przewodem neutralnym a przewodem ochronnym, które powinno być jak najmniejsze zalecane jest zasilanie układu badawczego z transformatora.

Układ badawczy jest przeznaczony do badań wykonywanych przez producentów urządzeń, układ może być również wykorzystany do badań okresowych.



Pomiar prądu dotykowego metodą bezpośrednią za pomocą miliamperomierza

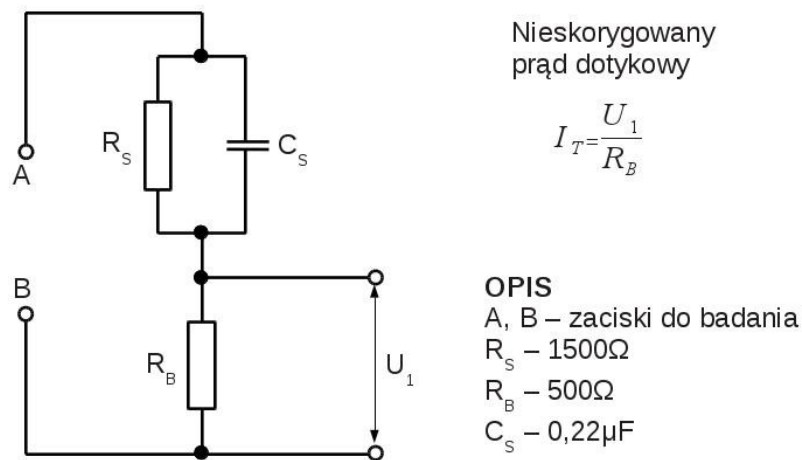


Pomiar prądu dotykowego metodą techniczną – wynik jest obliczany

# Pomiar prądu upływowego

## Układ do pomiaru nieskorygowanego prądu dotykowego

Celem układu pomiarowego z nieskorygowanym prądem dotykowym jest odtworzenie impedancji ciała ludzkiego i zapewnienie pomiaru wskazującego poziom prądu, który może płynąć przez ciało ludzkie jeżeli ciało dotyka urządzenia w sposób typowy. Układ może być stosowany dla prądu stałego i przemiennego o częstotliwości do 1 MHz.  $R_B$  odwzorowuje impedancję ciała ludzkiego,  $R_S$  i  $C_S$  odwzorowują impedancję skóry dla dwóch punktów styku. Wartość pojemności  $C_S$  jest określona na podstawie wielkości powierzchni styku skóry. Dla większych powierzchni styku wartość pojemności  $C_S$  może być większa np. 0,33  $\mu\text{F}$ . Jeżeli skóra jest zwilżona w danych warunkach środowiskowych, rezystor  $R_S$  powinien mieć wartość rezystancji 375  $\Omega$ .



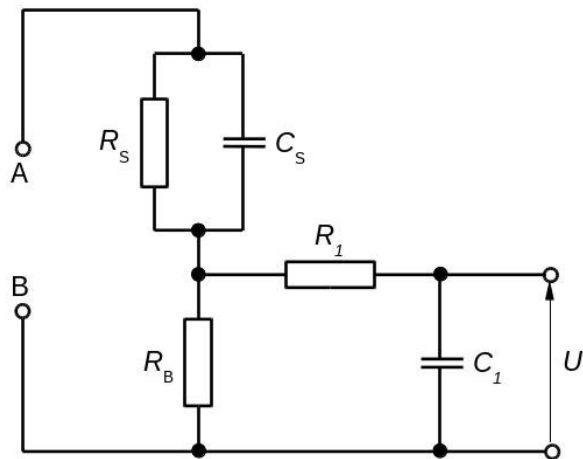
Układ pomiarowy do badania nieskorygowanego prądu dotykowego



# Pomiar prądu upływowego

## Układ do pomiaru prądu powodującego odczuwanie i reakcję

Celem układu pomiarowego skorygowanego częstotliwościowo dla prądu powodującego odczuwanie i reakcję jest odtworzenie impedancji ciała ludzkiego i zapewnienie pomiaru wskazującego poziom prądu, który może płynąć przez ciało ludzkie jeżeli ciało dotyka urządzenia w sposób typowy. Układ może być stosowany dla prądu stałego i przemiennego o częstotliwości do 1 MHz.  $R_B$  odwzorowuje impedancję ciała ludzkiego,  $R_S$  i  $C_S$  odwzorowują impedancję skóry dla dwóch punktów styku. Wartość pojemności  $C_S$  jest określona na podstawie wielkości powierzchni styku skóry. Dla większych powierzchni styku wartość pojemności  $C_S$  może być większa np.  $0,33 \mu\text{F}$ . Wartość napięcia  $U_1$  jest skorygowana częstotliwościowo w stosunku do wartości napięcia  $U_1$  układu pomiarowego do badania nieskorygowanego prądu dotykowego.



Skorygowany prąd dotykowy  
(odczuwanie/reakcja)

$$I_T = \frac{U_1}{R_B} \text{ wartość szczytowa}$$

### OPIS

A, B – zaciski do badania

$R_S$  –  $1500 \Omega$

$R_B$  –  $500 \Omega$

$C_S$  –  $0,22 \mu\text{F}$

$R_1$  –  $10\,000 \Omega$

$C_1$  –  $0,022 \mu\text{F}$

Układ pomiarowy do badania prądu  
powodującego odczuwanie i reakcję

# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Zakres badań – oględziny

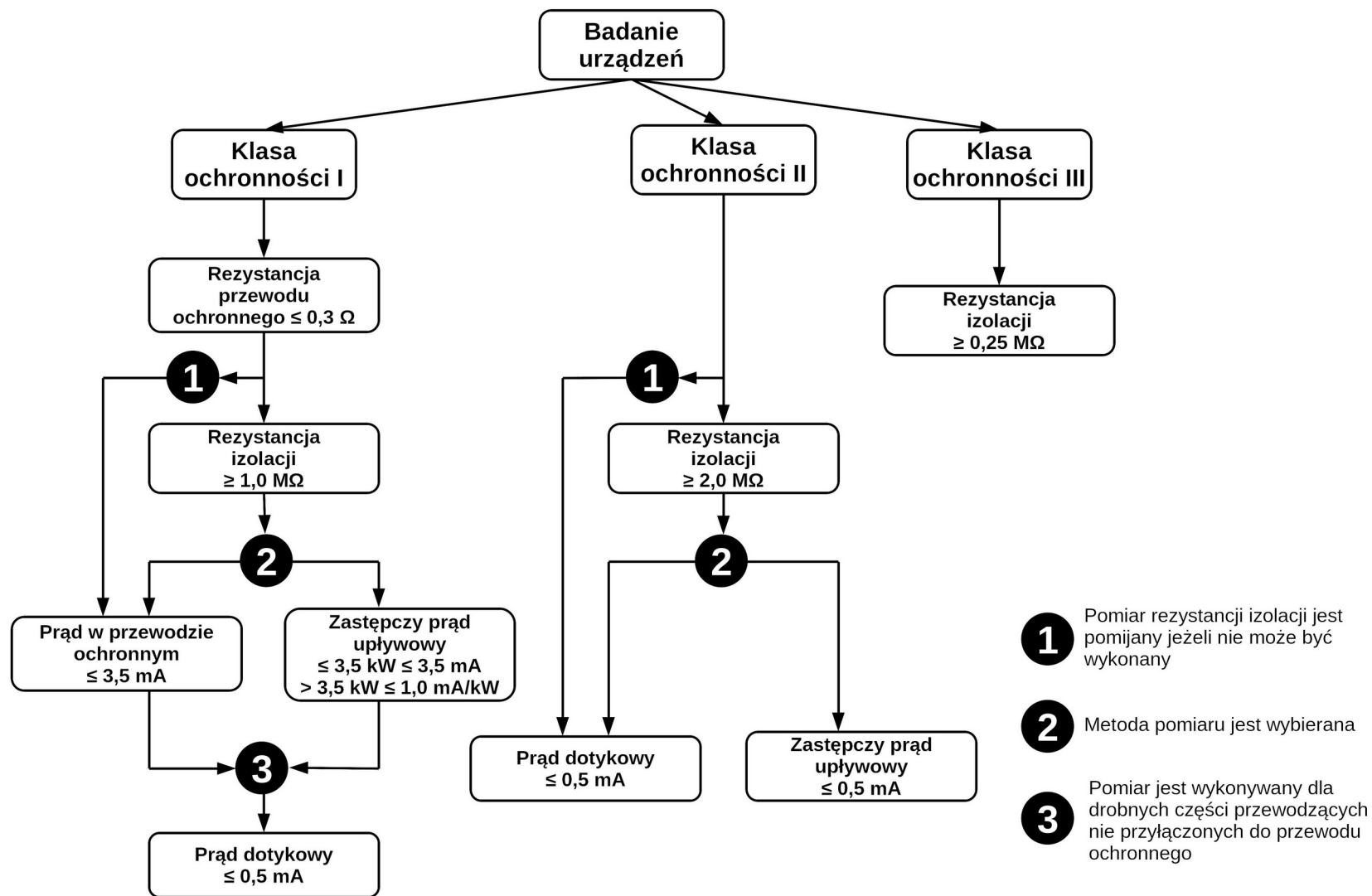
**Przykład czynności**, które mogą być wykonane w czasie oględzin urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych:

- sprawdzenie na obecność uszkodzeń mechanicznych, szczególną uwagę należy zwrócić na urządzenia zapewniające bezpieczeństwo;
- sprawdzenie stanu przewodów zasilających, złączy i zacisków;
- sprawdzenie czy żyły ochronne przewodów ruchomych mają naddatek długości nad pozostałymi żyłami, gwarantujący w przypadku wyrwania przewodu odłączenie żyły ochronnej jako ostatniej;
- sprawdzenie stanu obudów oraz osłon ochronnych;
- sprawdzenie na obecność objawów przeciążenia, przegrzania i nieprawidłowego użytkowania;
- sprawdzenie na oznaki nieprawidłowych napraw;
- sprawdzenie stanu szczotek, komutatorów i łożysk silników;
- sprawdzenie stanu filtrów i drożności otworów wentylacyjnych;
- sprawdzenie zgodności zastosowanych bezpieczników z wymaganymi przez producenta urządzenia;
- sprawdzenie stanu zbiorników wody, powietrza lub innego czynnika, stanu zaworów regulacyjnych, zaworów bezpieczeństwa itp.;
- sprawdzenie prawidłowości działania przełączników i urządzeń służących do regulacji;
- sprawdzenie integralności części mechanicznych;
- sprawdzenie czytelności oznaczeń związanych z bezpieczeństwem.

**Badanie może być wykonane na podstawie norm PN-EN 50699 i PN-EN 50678**

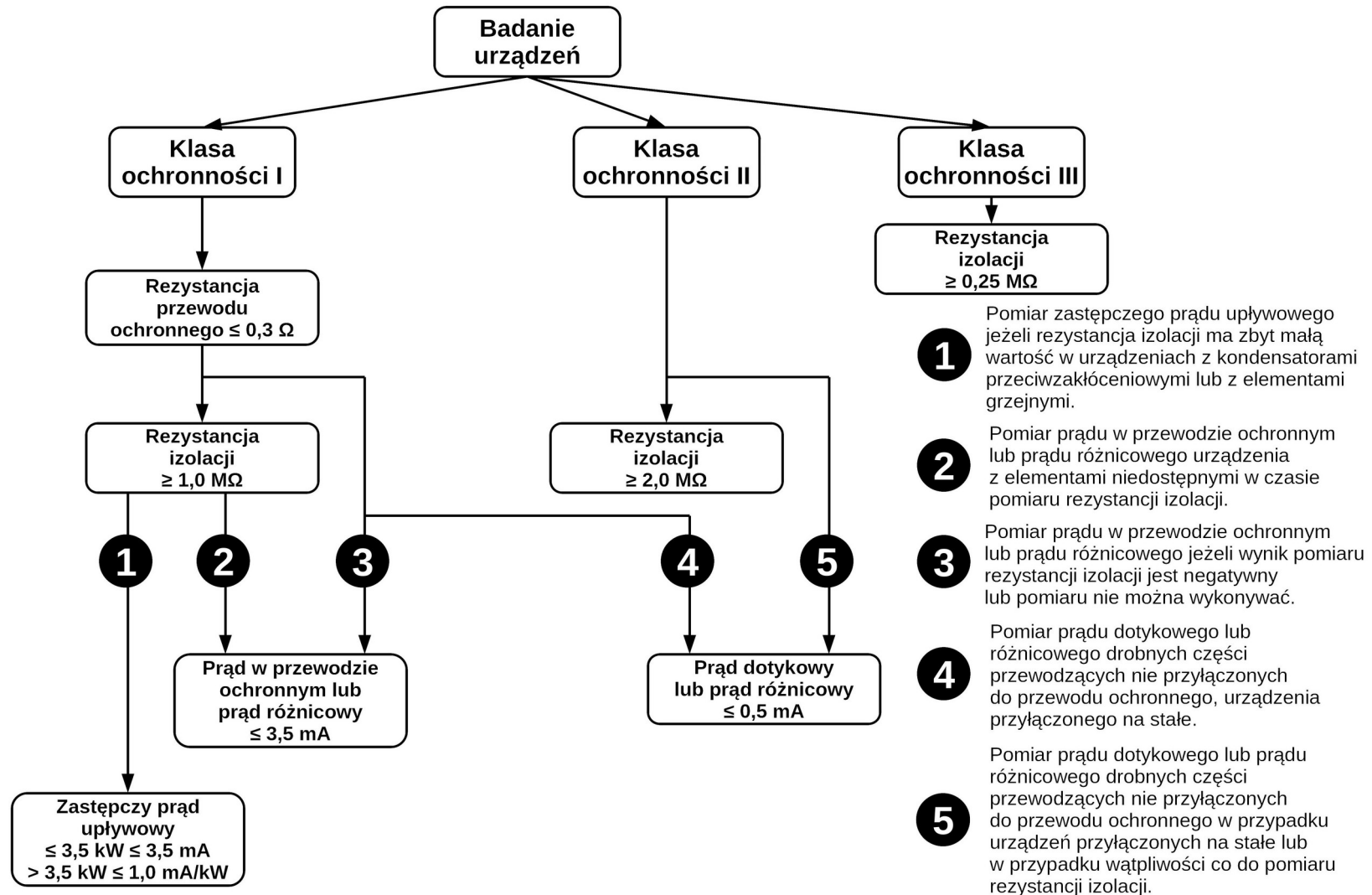
# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

Pomiary – w ramach badania po modyfikacji/naprawie wg normy niemieckiej VDE 0701-0702



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

Pomiary – w ramach badania okresowego wg normy niemieckiej VDE 0701-0702



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

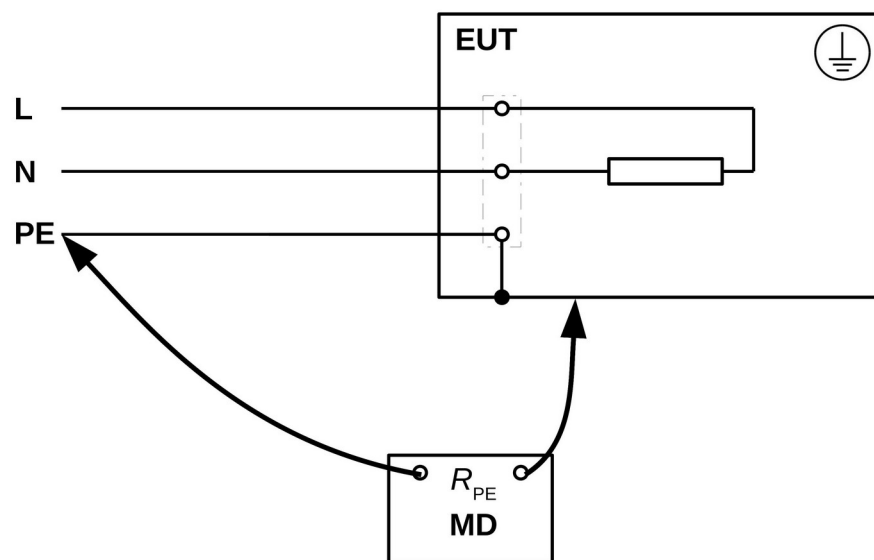
## Pomiar rezystancji przewodu ochronnego

Pomiar można przeprowadzać napięciem stałym lub przemiennym o wartości od 4 V do 24 V w stanie bezobciążeniowym. Prąd pomiarowy nie powinien być mniejszy niż 0,2 A. Rezystancja żyły ochronnej przewodu zasilającego o długości do 5 m przy prądzie znamionowym do 16 A nie może przekraczać 0,3  $\Omega$ . W przypadku większych długości maksymalną rezystancję można obliczyć z zależności:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} + 0,1 \Omega$$

gdzie:  
 $R$  – rezystancja przewodu ochronnego;  
 $l$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej;  
 $S$  – przekrój przewodu ochronnego;  
 $\gamma$  – konduktywność materiału, z którego wykonany jest przewód ochronny.

Maksymalna wartość rezystancji przewodów ochronnych nie może przekraczać 1,0  $\Omega$





**EUT** – badane urządzenie


**MD** – przyrząd pomiarowy


 powierzchnia przewodząca

 izolacja

 część przewodząca  
lub elektroda dotykowa

 połączenie przewodów  
na czas pomiarów

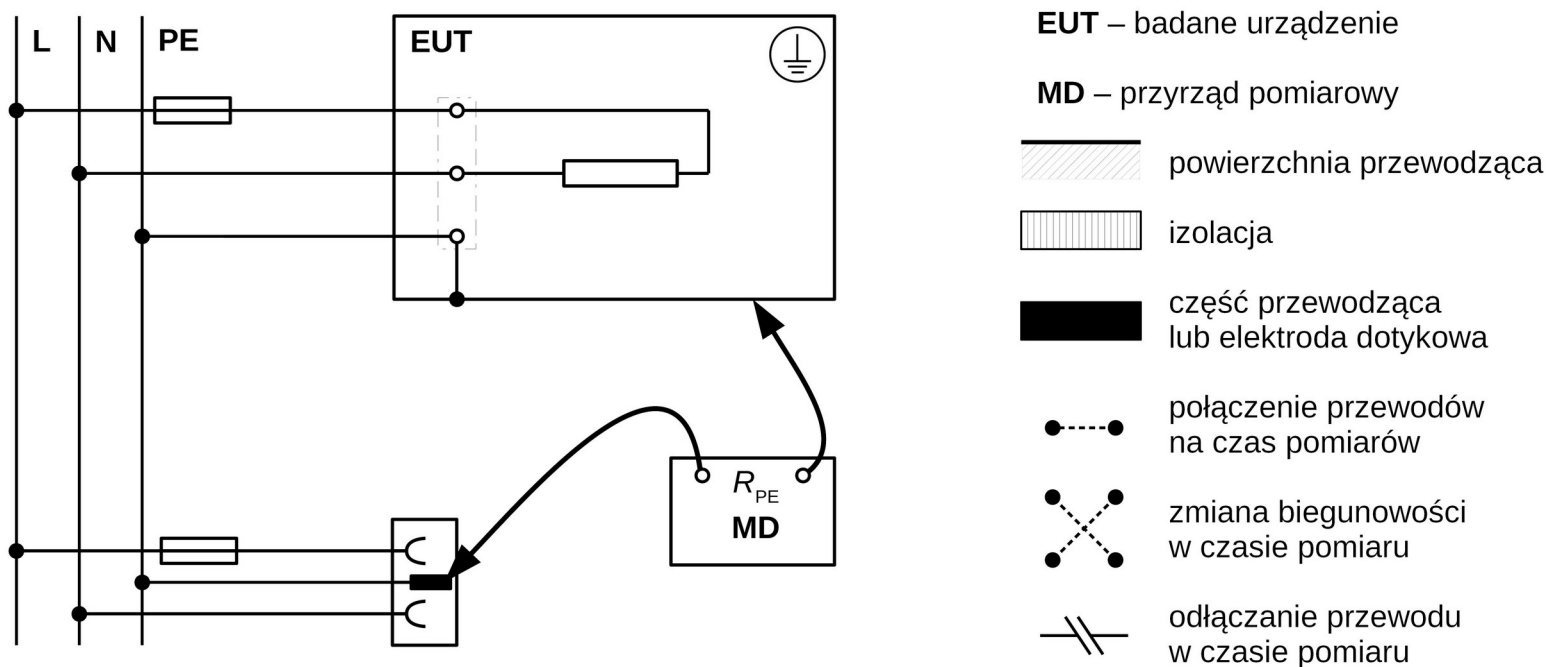
 zmiana biegunowości  
w czasie pomiaru

 odłączanie przewodu  
w czasie pomiaru

# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji przewodu ochronnego

Jeżeli prąd pomiarowy jest prądem stałym należy wykonać drugi pomiar przy odwróconej polaryzacji napięcia pomiarowego miernika, wyniki powinny być takie same. W czasie pomiaru należy poruszać przewodem ruchomym w celu wykrycia ewentualnych przerw w żyły ochronnej przewodu. Pomiar rezystancji przewodów ochronnych powinien trwać co najmniej 10 s. Rezystancję żyły ochronnej urządzenia zasilanego przewodem przyłączonym na stałe można badać przy użyciu gniazda wtyczkowego przyłączonego równoległe.

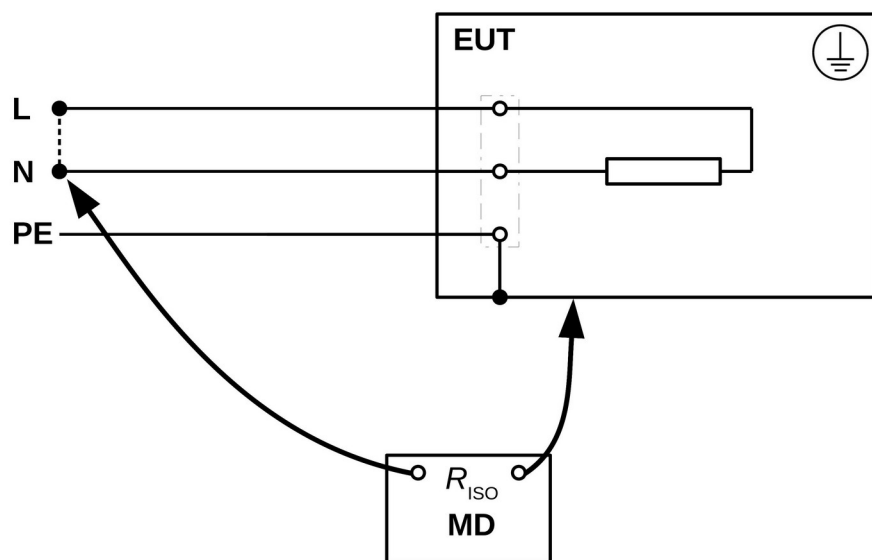


# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności I

Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a przewodem ochronnym PE. Przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji należy sprawdzić ciągłość przewodu ochronnego PE i zamknąć łączniki. Pomiar wykonuje się napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu o wartości 500 V w przypadku urządzeń o napięciu znamionowym nie wyższym niż 500 V.

Pomiar rezystancji izolacji powinien trwać co najmniej 60 s do czasu ustabilizowania się wskazań. Wymagana wartość rezystancji izolacji wynosi 1,0 M $\Omega$ .




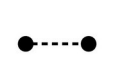
**EUT** – badane urządzenie


**MD** – przyrząd pomiarowy

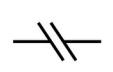
 powierzchnia przewodząca

 izolacja

 część przewodząca  
lub elektroda dotykowa

 połączenie przewodów  
na czas pomiarów

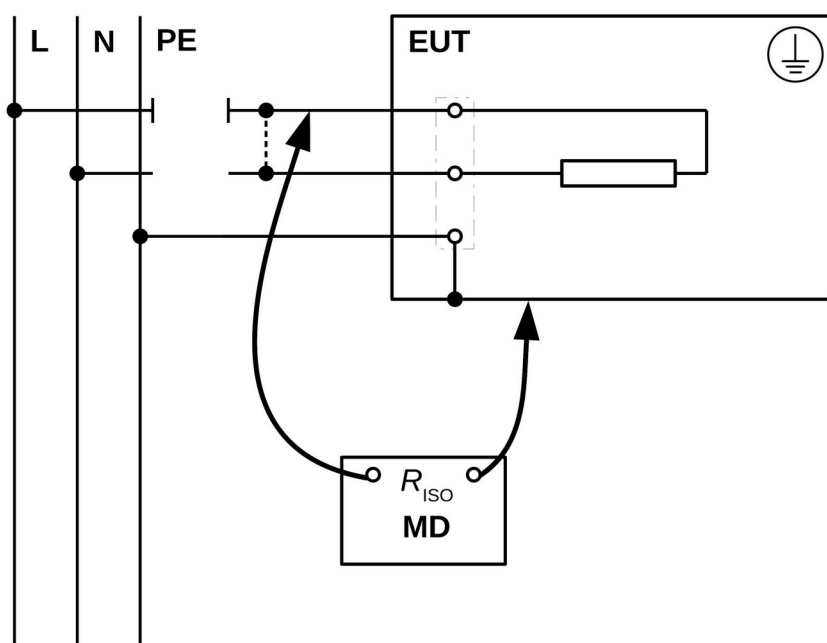
 zmiana biegunowości  
w czasie pomiaru

 odłączanie przewodu  
w czasie pomiaru

# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności I przyłączonego przewodem stałym

Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a częściami przewodzącymi dostępnymi. Przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji należy odłączyć badane urządzenie od zasilania i zamknąć wszystkie łączniki. Pomiar wykonuje się napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu o wartości 500 V w przypadku urządzeń o napięciu znamionowym nie wyższym niż 500 V. Wymagana wartość rezystancji izolacji wynosi 1,0 M $\Omega$ . Pomiar należy wykonać również dla drobnych części przewodzących dostępnych nie przyłączonych do przewodu ochronnego PE. Wymagana wartość rezystancji izolacji dla tych części wynosi 2,0 M $\Omega$ .





**EUT** – badane urządzenie


**MD** – przyrząd pomiarowy


 powierzchnia przewodząca

 izolacja

 część przewodząca  
lub elektroda dotykowa

 połączenie przewodów  
na czas pomiarów

 zmiana biegunowości  
w czasie pomiaru

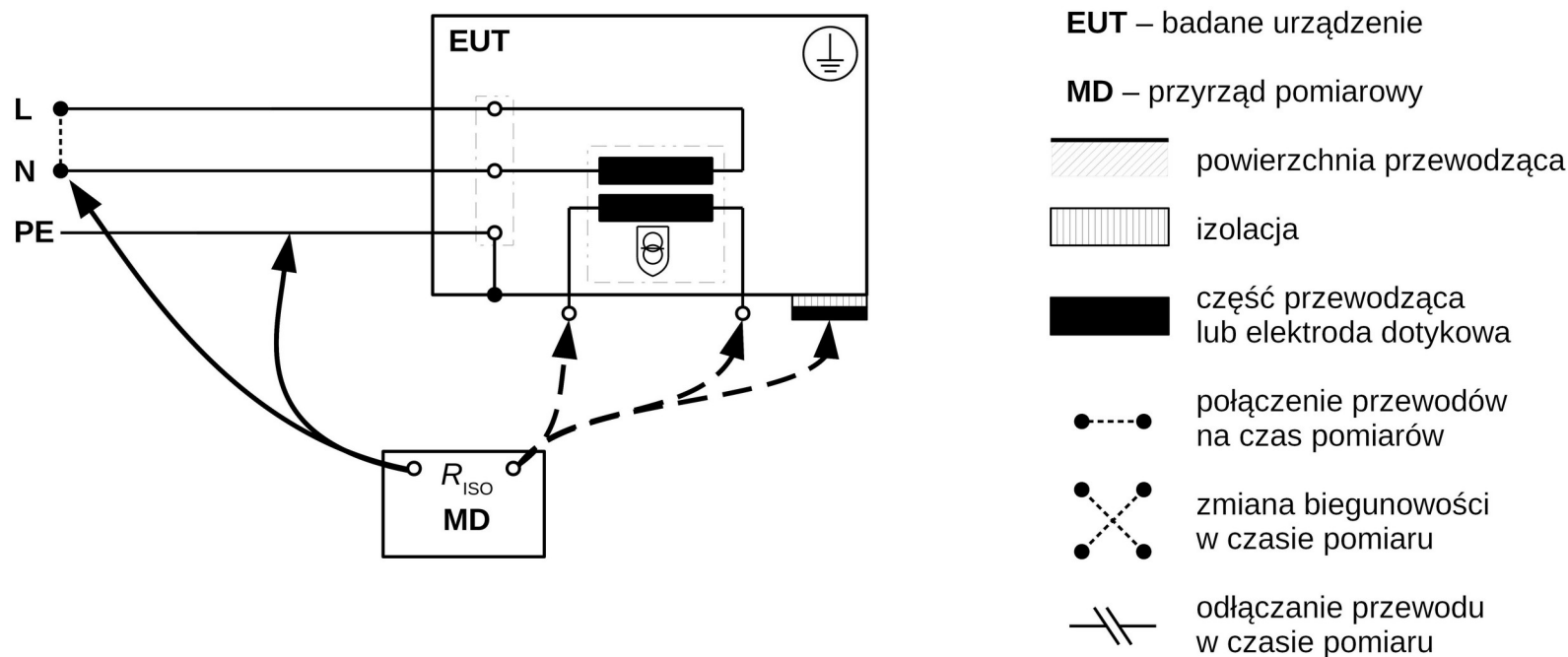
 odłączanie przewodu  
w czasie pomiaru



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności I wyposażonego w wewnętrzne źródło zasilania PELV/SELV

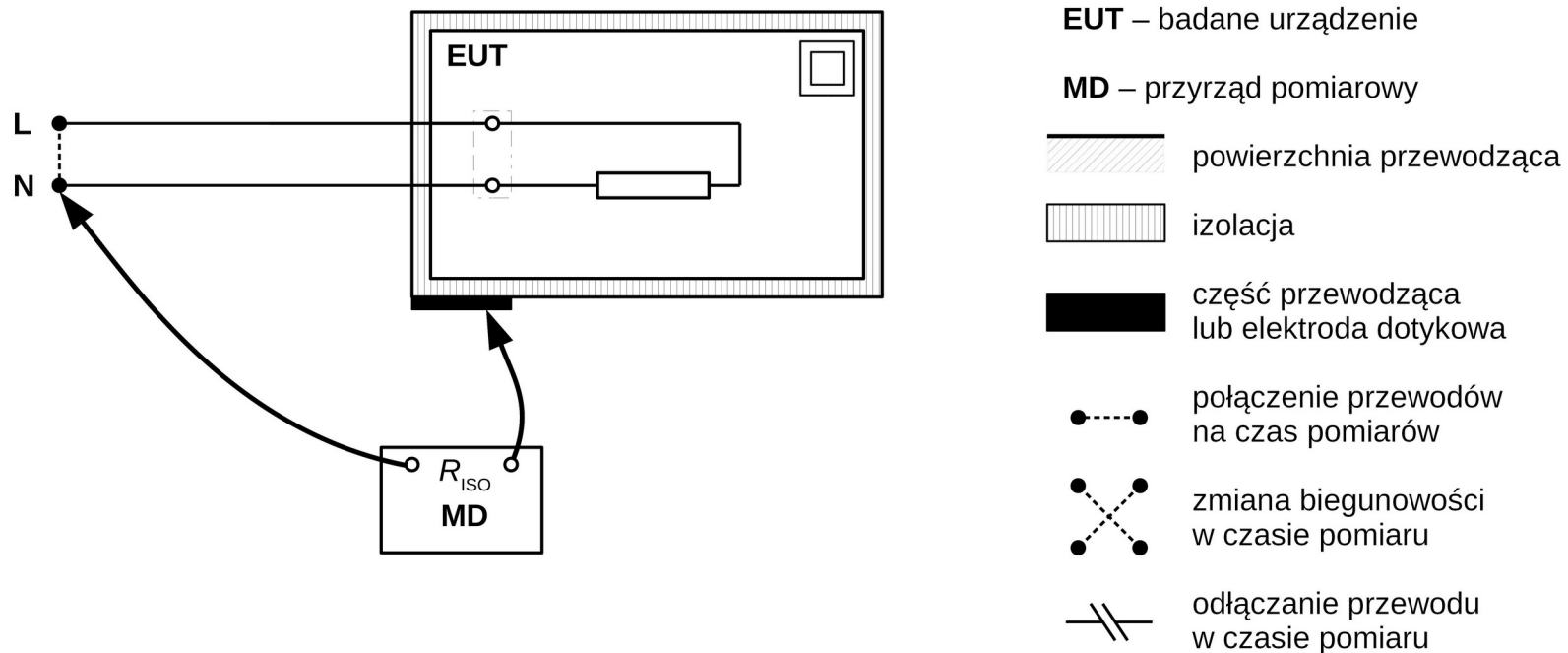
Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi obwodu zasilania a zwartymi przewodami czynnymi obwodu wyjściowego oraz pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a przewodem ochronnym PE. Przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji należy sprawdzić ciągłość przewodu ochronnego PE i zamknąć łączniki. Pomiar wykonuje się napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu o wartości 500 V. Pomiar należy wykonać również dla drobnych części przewodzących dostępnych nie przyłączonych do przewodu ochronnego PE. Wymagana wartość rezystancji izolacji dla obwodów PELV/SELV względem obwodów zasilających wynosi 2,0 MΩ.



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności II

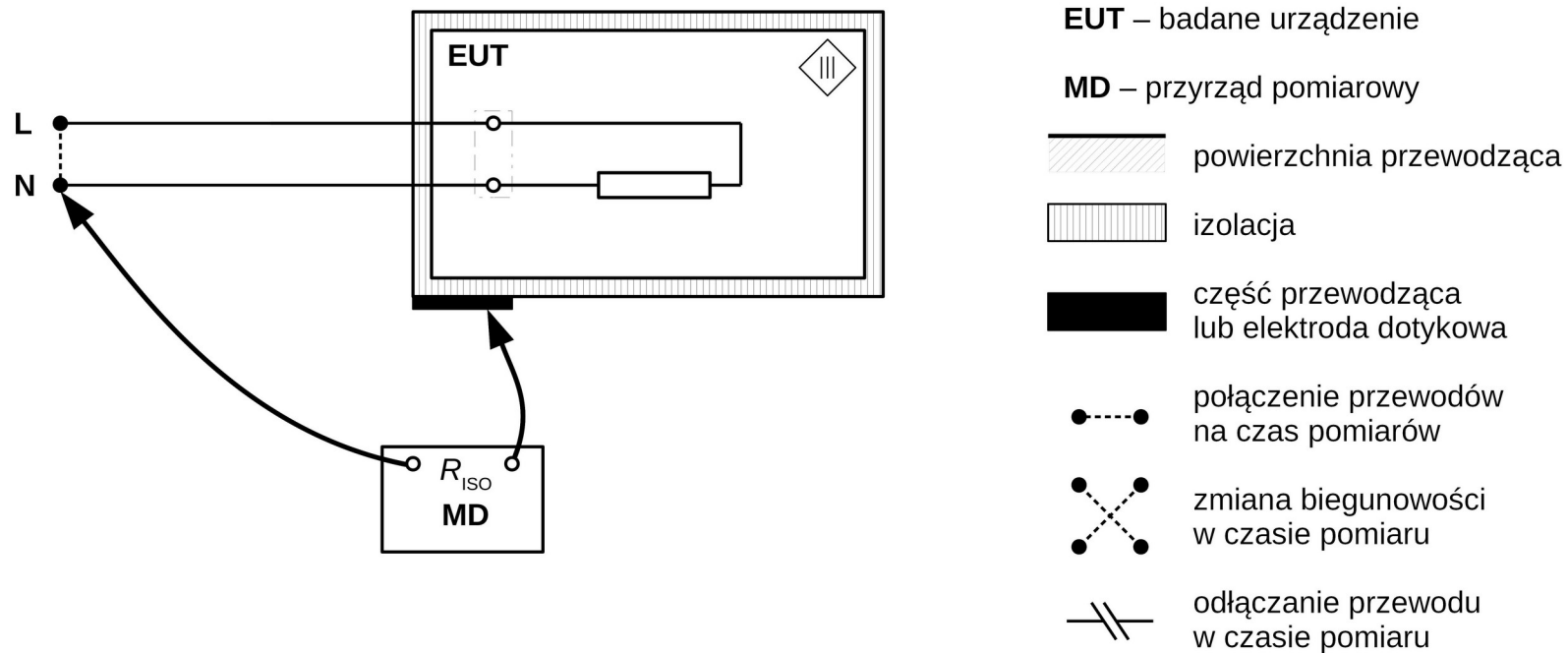
Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a częściami przewodzącymi dostępnymi. Przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji należy zamknąć łączniki urządzenia. Pomiar wykonuje się napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu o wartości 500 V w przypadku urządzeń o napięciu znamionowym nie wyższym niż 500 V. Izolacyjne części obudowy należy badać pokrywając je metalową folią jako elektrodą pomiarową. Wymagana wartość rezystancji izolacji wynosi 2,0 M $\Omega$ .



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar rezystancji izolacji urządzenia klasy ochronności III

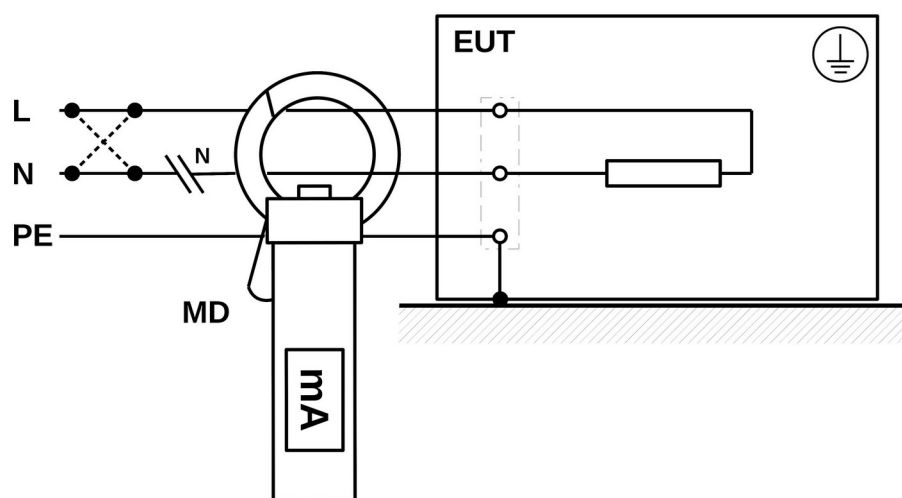
Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a częściami przewodzącymi dostępnymi. Przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji należy zamknąć łączniki urządzenia. Pomiar wykonuje się napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu o wartości 250 V wymagana wartość rezystancji izolacji wynosi 0,25 M $\Omega$ .



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar prądu w przewodzie ochronnym urządzenia klasy ochronności I metodą pośrednią

Pomiar prądu w przewodzie ochronnym metodą pośrednią przeprowadza się za pomocą miliamperomierza cęgowego. Magnetowód miernika cęgowego powinien obejmować przewody czynne. Badane urządzenie nie musi być odizolowane od potencjału ziemi. Zmierzona wartość prądu w przewodzie ochronnym nie może przekraczać 3,5 mA, a dla urządzeń ręcznych 1,0 mA. W przypadku urządzeń grzewczych o mocy znamionowej powyżej 3,5 kW zmierzona wartość prądu w przewodzie ochronnym nie może przekraczać 1,0 mA/kW, a łączna wartość nie może przekraczać 10 mA.



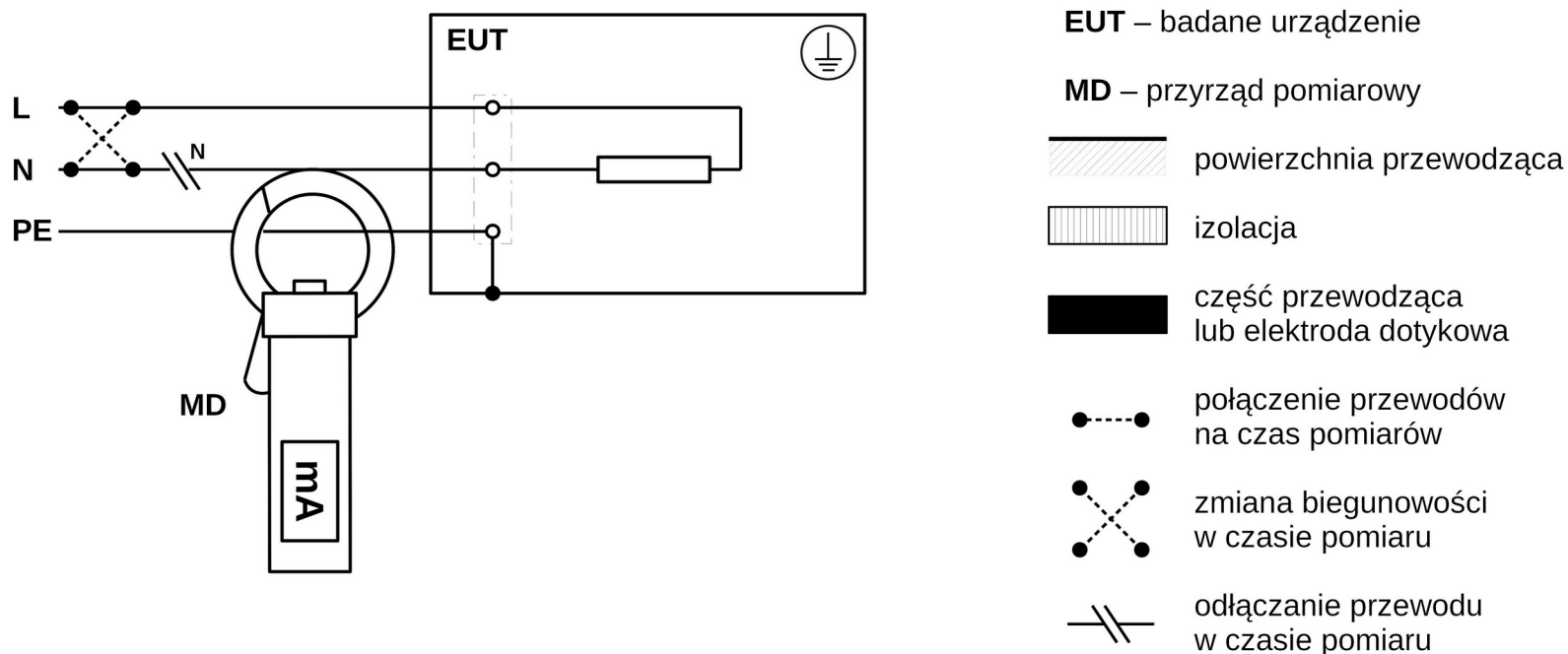
# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar prądu w przewodzie ochronnym urządzenia klasy ochronności I metodą bezpośrednią

Pomiar prądu w przewodzie ochronnym metodą bezpośrednią przeprowadza się za pomocą miliamperomierza włączonego w przewód ochronny lub za pomocą miliamperomierza cęgowego. Magnetowód miernika cęgowego powinien obejmować przewód ochronny PE. Urządzenie musi być odizolowane od potencjału ziemi.

Zmierzona wartość prądu w przewodzie ochronnym nie może przekraczać 3,5 mA, a dla urządzeń ręcznych 1,0 mA.

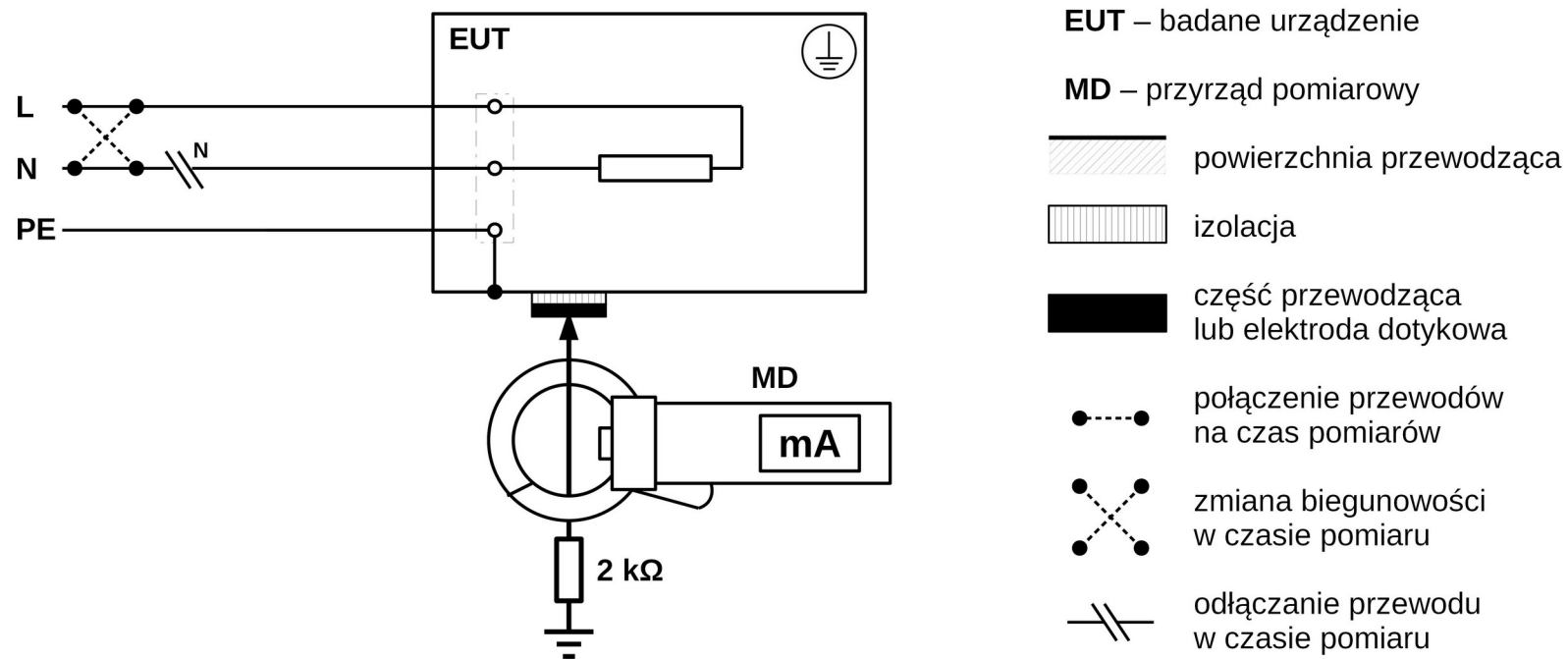
W przypadku urządzeń grzewczych o mocy znamionowej powyżej 3,5 kW zmierzona wartość prądu w przewodzie ochronnym nie może przekraczać 1,0 mA/kW, a łączna wartość nie może przekraczać 10 mA.



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar prądu upływowego metodą bezpośrednią urządzenia klasy ochronności I

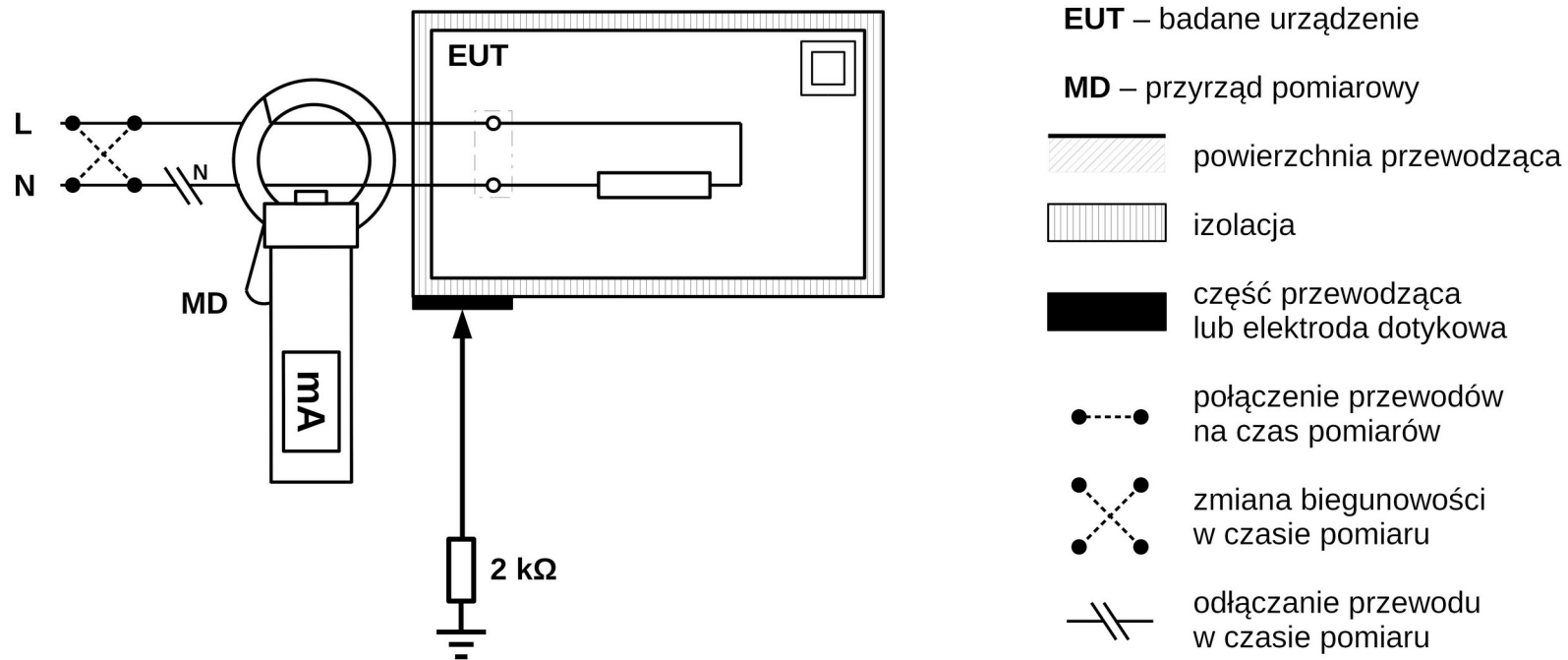
Jeżeli urządzenie klasy ochronności I ma drobne części przewodzące dostępne, które nie są przyłączone do przewodu ochronnego to wykonuje się pomiar prądu dotykowego takich części. Pomiar wykonuje się za pomocą rezystora  $2\text{ k}\Omega$  ( $1\text{ k}\Omega$ ) a zmierzona wartość prądu dotykowego nie może przekraczać  $0,5\text{ mA}$ . Części przewodzące dostępne podlegające badaniom powinny być odizolowane od potencjału ziemi. Pomiar prądu upływowego powinien trwać co najmniej  $5\text{ s}$ .



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar prądu dotykowego urządzenia klasy ochronności II metodą pośrednią

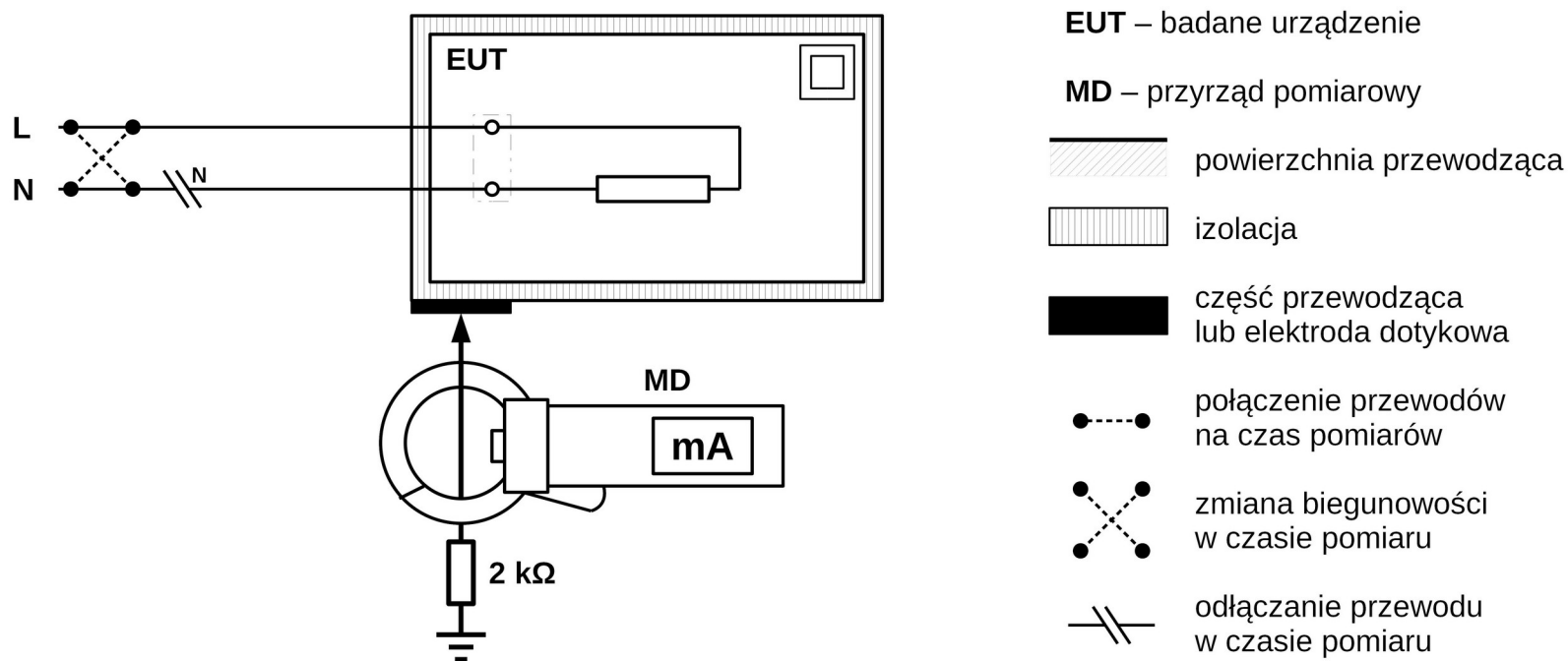
Pośredni pomiar prądu dotykowego w urządzeniach klasy ochronności II przeprowadza się za pomocą miliamperomierza cęgowego. Urządzenie nie musi być odizolowane od potencjału ziemi. Do odwzorowania impedancji ciała człowieka można zastosować rezystor  $2\text{ k}\Omega$  ( $1\text{ k}\Omega$ ). Rezystor przyłącza się do wszystkich części przewodzących dostępnych lub do elektrody z folii metalowej przyłożonej do izolacyjnej obudowy urządzenia. Elektroda z folii metalowej o wymiarach  $20 \times 10\text{ mm}$  powinna być przykładana w różnych miejscach izolacyjnej obudowy, w celu wykrycia największej wartości prądu dotykowego.



# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar prądu upływowego metodą bezpośrednią urządzenia klasy ochronności II

Bezpośredni pomiar prądu dotykowego w urządzeniach klasy ochronności II przeprowadza się za pomocą miliamperomierza. Urządzenie musi być odizolowane od potencjału ziemi. Zmierzona wartość prądu dotykowego nie może przekraczać 0,5 mA. Do odwzorowania impedancji ciała człowieka można zastosować rezystor 2 k $\Omega$  (1 k $\Omega$ ). Rezystor przyłącza się do wszystkich części przewodzących dostępnych lub do elektrody z folii metalowej przyłożonej do izolacyjnej obudowy urządzenia. Elektroda z folii metalowej o wymiarach 20 x 10 mm powinna być przykładana w różnych miejscach izolacyjnej obudowy, w celu wykrycia największej wartości prądu dotykowego.

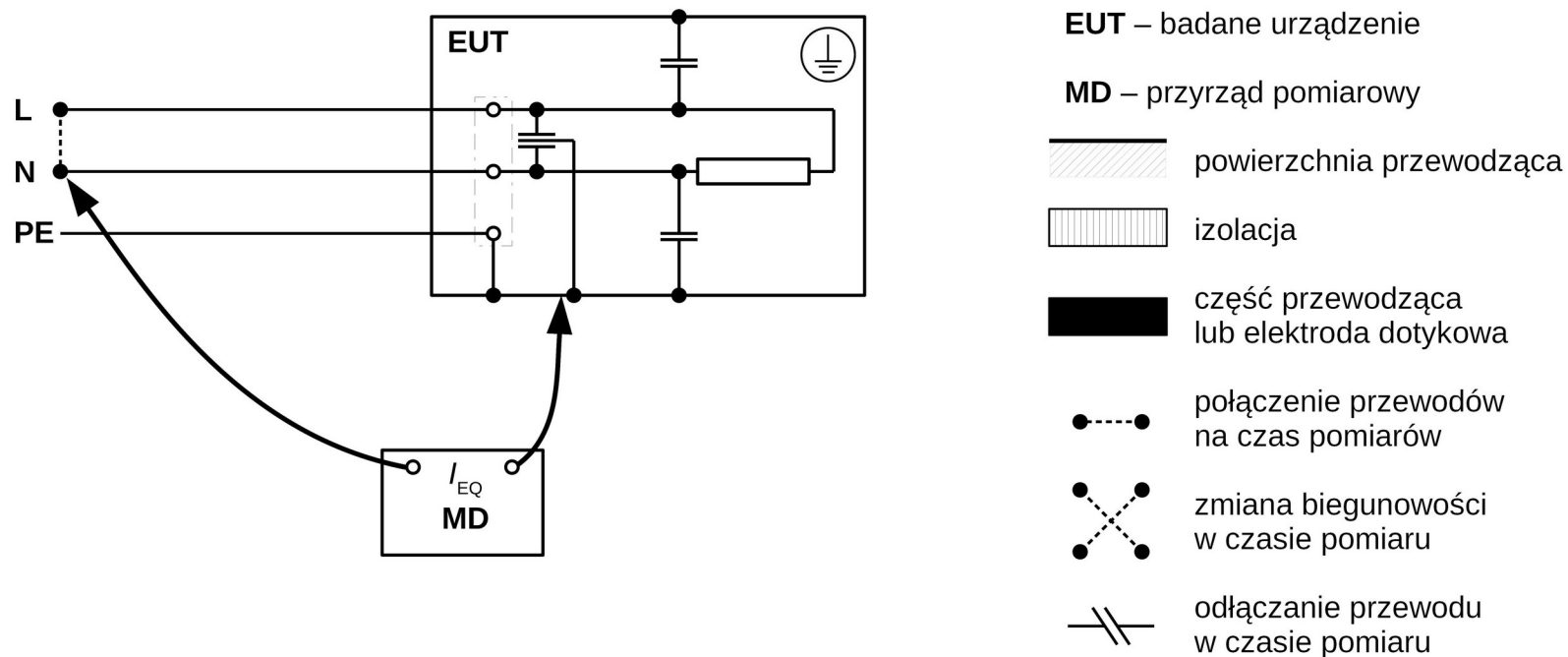




# Badanie urządzeń ręcznych, ruchomych i stacjonarnych

## Pomiar zastępczego prądu upływowego urządzenia klasy ochronności I

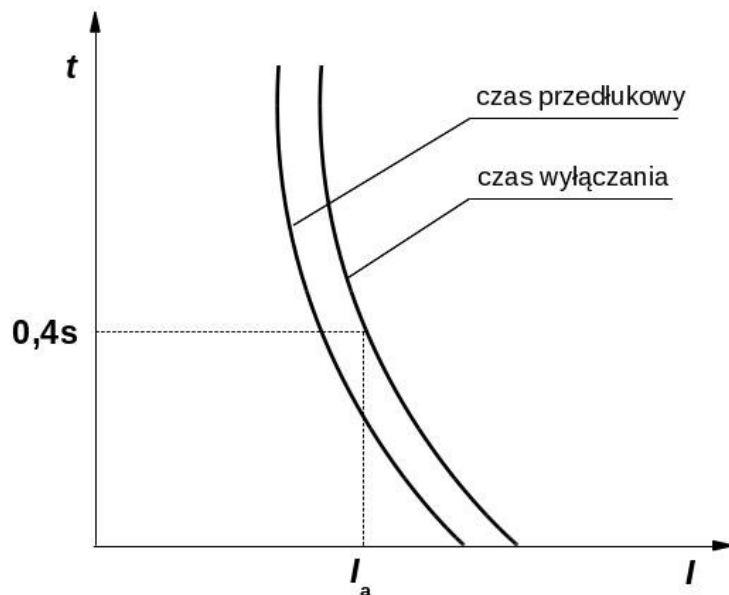
Badanie prądu upływowego zastępczego wykonuje się napięciem przemiennym sinusoidalnym o wartości od 25 V do 250 V. Jeżeli wartość napięcia pomiarowego jest mniejsza od napięcia znamionowego badanego urządzenia, zmierzoną wartość prądu upływowego należy przeliczyć do wartości znamionowej napięcia. Badania prądu upływowego zastępczego nie przeprowadza się jeżeli badane urządzenie ma łączniki samoczynne uruchamiane w czasie pracy urządzenia lub jeżeli nie można odłączyć zasilania urządzenia na czas wykonywania badania.



# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Bezpieczniki

**Prąd  $I_a$  to najmniejsza wartość prądu powodująca zadziałanie zabezpieczenia w wymaganym czasie.** Prąd wyłączający  $I_a$  wkładek topikowych dla wymaganego czasu wyłączenia odczytuje się z krzywej czasu wyłączenia charakterystyki czasowo-prądowej. Niektórzy producenci wkładek topikowych podają również prąd wyłączający  $I_a$  w formie współczynnika ( $k$ ) dla różnych czasów wyłączenia. Prąd wyłączający  $I_a$  jest iloczynem wartości prądu znamionowego  $I_n$  wkładki topikowej i wartości współczynnika  $k$ .



Charakterystyki czasowo-prądowe wkładek topikowych



Wkładka topikowa typu C (po lewej)  
I wkładka typu NH00 (po prawej)

# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Wyłączniki instalacyjne

Prąd  $I_a$  wyłączników nadprądowych instalacyjnych to prąd zadziałania wyzwalacza zwarciovego bezzwłocznego. Wartość prądu  $I_a$  wyłączników nadprądowych instalacyjnych jest uzależniona od znamionowego prądu wyłącznika  $I_n$  i typu charakterystyki B, C lub D i wynosi  $5 I_n$ ,  $10 I_n$  lub  $20 I_n$ .

Prąd zadziałania i prąd niezadziałania wyzwalaczy elektromagnetycznych wyłączników instalacyjnych

Typ charakterystyki	Prąd niezadziałania	Prąd zadziałania
B	$3 I_n$	$5 I_n$
C	$5 I_n$	$10 I_n$
D <sup>1)</sup>	$10 I_n$	$20 I_n$
Z <sup>2)</sup>	$2,4 I_n$	$3,6 I_n$

<sup>1)</sup> Norma podaje prąd zadziałania dla wyłączników o charakterystyce D  $50 I_n$  jednak w praktyce spotykane są wyłączniki o prądzie zadziałania  $20 I_n$ .

<sup>2)</sup> Wartości prądów i oznaczenie typu mogą się różnić zależnie od producenta

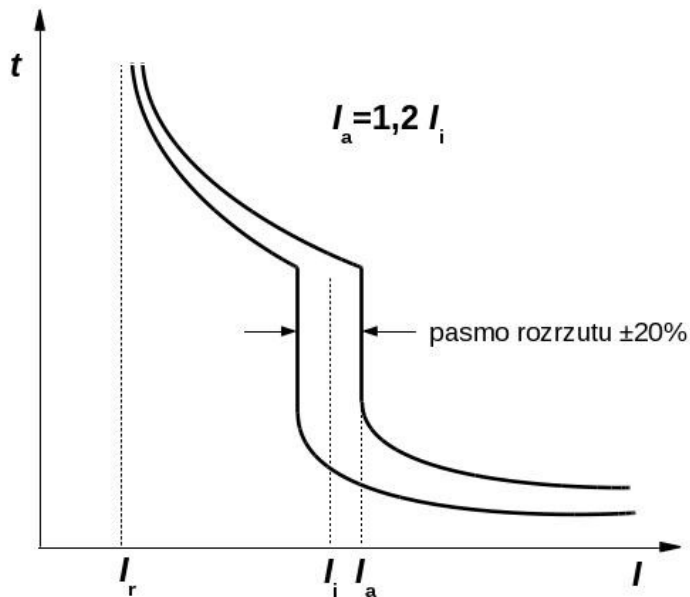


Wyłącznik instalacyjny C2

# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Wyłączniki stacyjne

Wyłączniki kategorii użytkowania A nie są przeznaczone do pracy selektywnej w stosunku do innych zabezpieczeń zwarciovych znajdujących się po stronie obciążenia. Wyłączniki kategorii użytkowania A są urządzeniami o działaniu bezzwłocznym a prąd zadziałania ich wyzwalaczy nadprądowych może być nastawialny. Jako prąd wyłączający  $I_a$  należy przyjmować górną granicę pasma rozrzutu prądu nastawczego wyzwalacza bezzwłocznego  $I_i$ . Pasma rozrzutu wokół wartości prądu zadziałania dla wyłączników stacyjnych i sieciowych wynosi  $\pm 20\%$ , zatem prąd wyłączający  $I_a = 1,2 I_i$ .



Charakterystyka czasowo-prądowa wyzwalacza nadprądowego wyłącznika kategorii użytkowania A

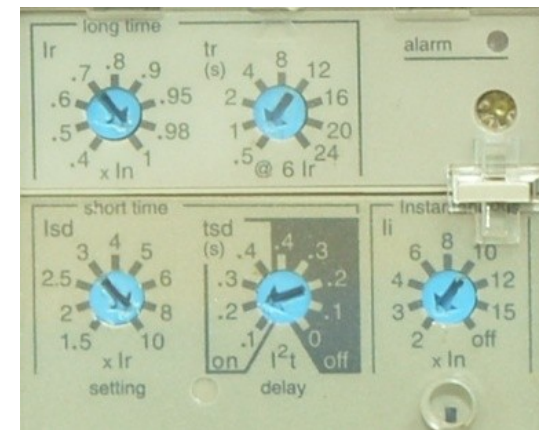
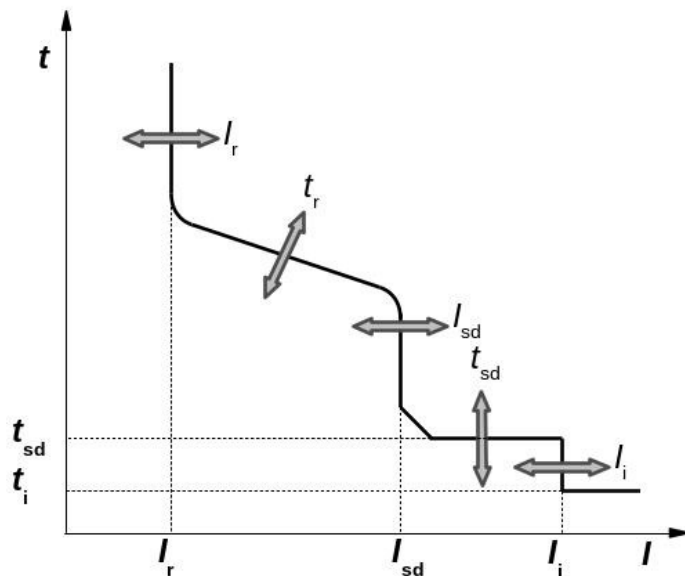
Wyłącznik stacyjny  
 $I_n = 160 \text{ A}$



# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Wyłączniki sieciowe

W przypadku wyłączników kategorii użytkowania B, które są przewidziane do pracy jako wyłączniki selektywne w stosunku do innych zabezpieczeń zwarciovych znajdujących się po stronie obciążenia, można przyjąć mniejszą wartość prądu wyłączającego członu krótkozwłocznego wyzwalacza tzn.  $I_a = 1,2 I_{sd}$ , przy czym czas wyłączenia  $t_w$  związany ze zwłoką wyzwalacza powinien spełniać wymagania odnośnie największego dopuszczalnego czasu wyłączenia.



Wyzwalacz nadprądowy  
wyłącznika kategorii B

Charakterystyka czasowo-prądowa mikroprocesorowego wyzwalacza nadprądowego wyłącznika kategorii użytkowania B.

$I_r$  – prąd nastawczy wyzwalacza przeciążeniowego;

$t_r$  – zwłoka zadziałania wyzwalacza przeciążeniowego;

$I_{sd}$  – prąd nastawczy wyzwalacza zwarciovego krótkozwłocznego;

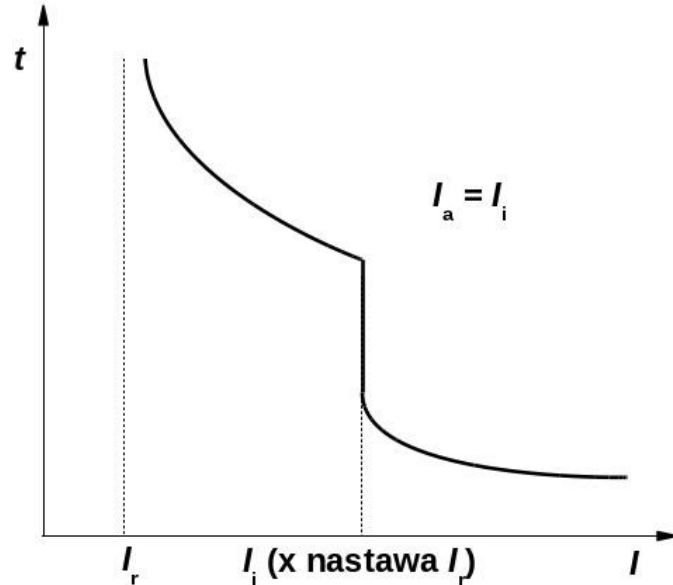
$t_{sd}$  – zwłoka zadziałania wyzwalacza zwarciovego krótkozwłocznego;

$I_i$  – prąd nastawczy wyzwalacza zwarciovego bezzwłocznego.

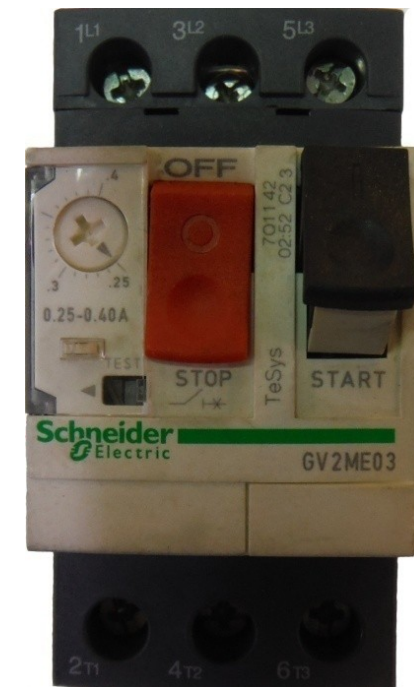
# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Wyłączniki silnikowe

Charakterystyki czasowo-prądowe dla wyłączników silnikowych mogą być krzywymi wyłączenia, które są granicą pasma rozrzutu. Dla wyłączników silnikowych obowiązuje pasmo rozrzutu  $\pm 20\%$ . Niektórzy producenci podają również tabele z wartościami prądów  $I_i$ . Większość wyłączników ma nastawialny prąd wyzwalacza przeciążeniowego i nienastawialny prąd wyzwalacza zwarciovego. Prąd wyłączający  $I_a$  jest iloczynem wartości prądu wyłączającego  $I_i$  i wartości nastawy prądu wyzwalacza przeciążeniowego  $I_r$ .



Wyznaczanie prądu wyłączającego  $I_a$  wyłączników silnikowych  
 $I_r$  prąd nastawczy wyzwalacza przeciążeniowego  
 $I_i$  prąd wyłączający wyzwalacza zwarciovego



Wyłącznik silnikowy  
 $I_r = 0,25 \div 0,40$  A



# Ustalenie wartości prądu wyłączającego $I_a$

## Wyłączniki różnicowoprądowe

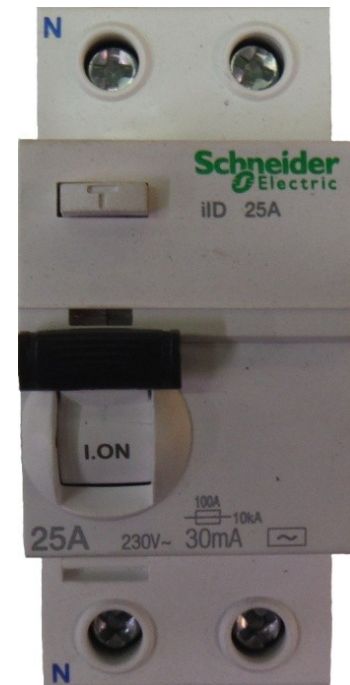
Prąd wyłączający  $I_a$  zależy od znamionowego różnicowego prądu zadziałania  $I_{\Delta n}$ , wymaganego czasu wyłączenia i typu wyłącznika.

Najmniejszą wartością prądu znamionowego prądu niezadziałania ( $I_{\Delta no}$ ) jest  $0,5 I_{\Delta n}$ .

Prąd wyłączający wyłączników różnicowoprądowych w zależności od czasu wyłączenia i typu wyłącznika

Maksymalny dopuszczalny czas wyłączenia	Bezwłoczne i krótkowłoczne			Selektywne		
	AC	A*)	B	AC	A	B
0,2 s	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$
0,4 s	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$
0,8 s	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$
5 s	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$

\*) 30 mA



Wyłącznik RCD typu AC

# Badanie maszyn

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – wymagania dla maszyn

Sprawdzając warunek skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania należy wykonać dwa badania.

### Badanie 1

Badanie rezystancji połączeń ochronnych wykonuje się przy zasilaniu ze źródła o napięciu 24 V w stanie bezobciążeniowym, prądem przemiennym lub stałym o wartości 0,2 – 10 A.

### Badanie 2

Miejsce przyłączenia przewodów zasilających i przewodu ochronnego powinno być sprawdzone przez oględziny.

Warunek skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania powinien być sprawdzony na dwa sposoby:

1) sprawdzenie impedancji pętli zwarciowej przez:

- obliczenie lub
- pomiar

2) sprawdzenie czy nastawy i/lub charakterystyki zastosowanego urządzenia nadprądowego są zgodne z wymaganymi.

Jeżeli badanie 2 jest wykonywane przez pomiar to powinno być zawsze poprzedzone badaniem 1.

Pomiar impedancji pętli zwarciowej może być wykonywany w przypadku obwodu, w którym skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania wymaga prądu wyłączającego  $I_a \leq 1$  kA.

Ochronę przed dotykiem pośrednim powinna być zapewniona za pomocą urządzenia nadprądowego, które w przypadku zwarcia pomiędzy częścią czynną a przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą obcą urządzenia klasy ochronności I wyłączy zasilanie w wymaganym czasie.



## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – wymagania dla maszyn

Samoczynne wyłączenie zasilania polega na wyłączeniu obwodu, w którym została uszkodzona izolacja podstawowa. Wyłączenie powinno nastąpić w wymaganym czasie, co będzie zapewnione jeżeli zostanie spełniona zależność:

$$I_a \leq \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{lub} \quad Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

gdzie:

$U_o$  – napięcie znamionowe względem ziemi;

$I_a$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie przez urządzenie zabezpieczające;

$Z_s$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej.

W przypadku małopiędowego pomiaru impedancji pętli zwarciowej ( $I_o \leq 1 \text{ A}$ ) powinna być spełniona zależność:

$$I_a \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{lub} \quad Z_s \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{I_a}$$

**Dla maszyn obowiązuje czas wyłączenia nie dłuższy niż 5 s** z wyjątkiem urządzeń ręcznych i ruchomych, dla których obowiązuje czas **0,8 s** przy napięciu  $50 \text{ V} < U_o \leq 120 \text{ V AC}$ , a przy napięciu  $120 \text{ V} < U_o \leq 230 \text{ V}$  czas **0,4 s**.

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – wymagania dla maszyn

Jeżeli w instalacjach maszyn nie da się spełnić warunku samoczynnego wyłączenia zasilania i jako środek ochrony wybrano ochronne połączenia wyrównawcze, to zgodnie z normą PN-EN 60204-1:2010 warunkiem skuteczności takiej ochrony jest ograniczenie napięcia dotykowego spodziewanego poniżej 50 V AC. Zostanie to osiągnięte jeżeli rezystancja połączenia ochronnego ( $R_{PE}$ ) nie przekracza:

$$R_{PE} \leq \frac{50}{U_o} \cdot Z_s$$

gdzie:

$R_{PE}$  – rezystancja połączenia wyrównawczego pomiędzy wyposażeniem w jakimkolwiek miejscu instalacji a zaciskiem PE maszyny lub pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi i/lub częściami przewodzącymi obcymi;

$Z_s$  – wartość zmierzona impedancji pętli zwarciowej;

$U_o$  – wartość napięcia względem ziemi.

Potwierdzenie spełnienia tego warunku może być uzyskane przez pomiar rezystancji przewodu ochronnego  $R_{PE}$ . Warunek jest spełniony, kiedy zmierzona wartość rezystancji  $R_{PE}$  nie przekracza:

$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}}$$

gdzie:

$R_{PE}$  – rezystancja połączenia wyrównawczego pomiędzy wyposażeniem w jakimkolwiek miejscu instalacji a zaciskiem PE maszyny, lub pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi i/lub częściami przewodzącymi obcymi;

$I_{a(5s)}$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w czasie 5 s, przez urządzenie zabezpieczające.

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej

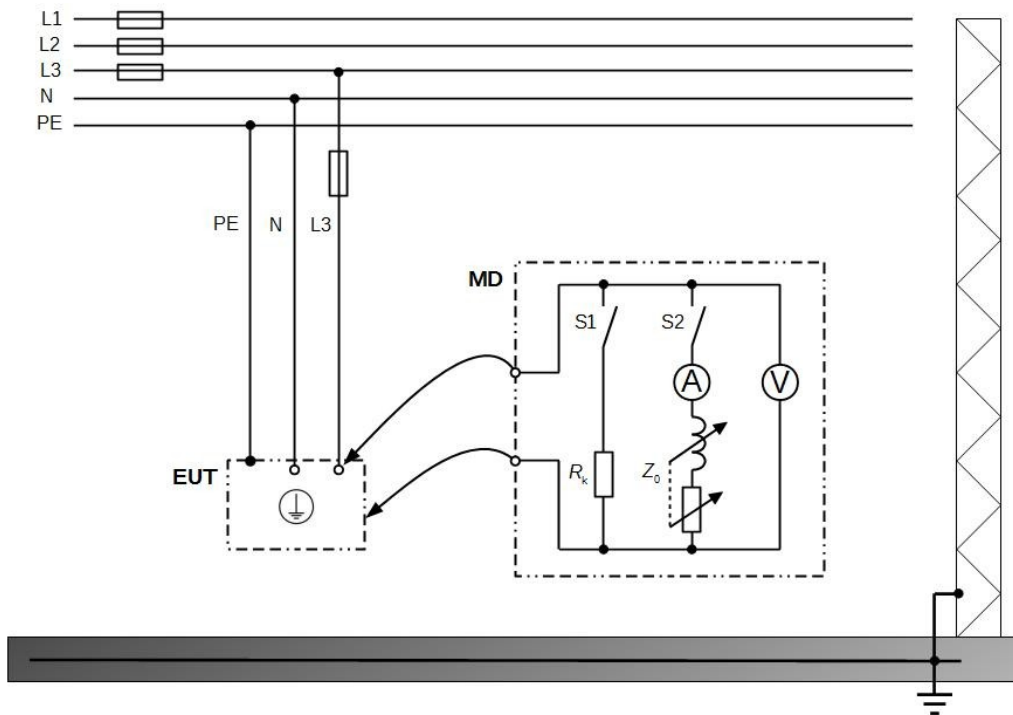
Pomiar impedancji pętli zwarciowej polega na wykonaniu sztucznego zwarcia przez rezystor lub impedor. Przed wykonaniem pomiaru należy sprawdzić czy jest zachowana ciągłość przewodu ochronnego przez zamknięcie łącznika S1. Duża różnica napięć ( $U_1 - U_2$ ) przed i po naciśnięciu przycisku świadczy o naruszeniu ciągłości przewodu ochronnego. Na impedancji pętli zwarciowej  $Z_S$  prąd

probierczy  $I_0$  powoduje spadek napięcia, który jest mierzony jako różnica pomiędzy napięciami  $U_1$  (łącznik S2 – otwarty) i  $U_2$  (łącznik S2 – zamknięty). Wartość prądu sztucznego zwarcia płynącego po zamknięciu łącznika S2 jest znana i impedancja pętli zwarciowej może być obliczona z zależności:

$$Z_S = \frac{U_1 - U_2}{I_0}$$

gdzie:

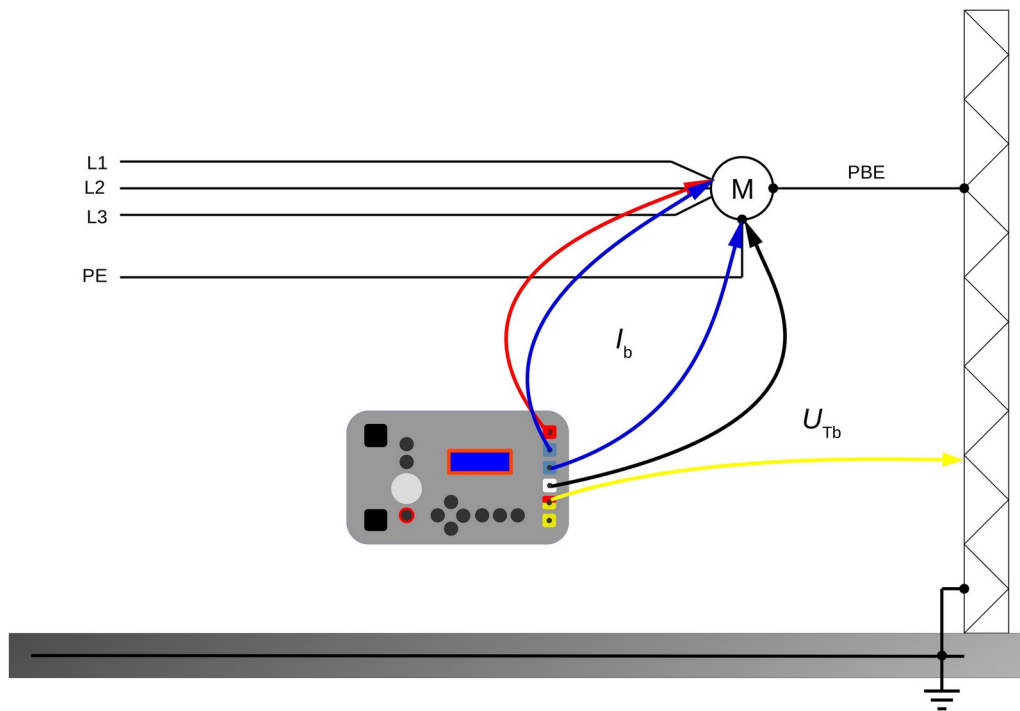
$Z_S$  – impedancja pętli zwarciowej;  
 $U_1$  – napięcie zmierzone przed załączeniem obciążenia;  
 $U_2$  – napięcie zmierzone po załączeniu obciążenia;  
 $I_0$  – prąd obciążenia.



**Pomiar impedancji pętli zwarciowej miernikiem wyposażonym w impedor  $Z_0$  o stałej impedancji i nastawialnym argumentcie  $\phi_0$ .  
Miernik posiada układ kontrolny z rezystorem  $R_k (\geq 10 \text{ k}\Omega)$**

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – pomiar napięcia dotykowego

Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie nie jest możliwe, należy zastosować dodatkowe miejscowe połączenia wyrównawcze, tak aby napięcie pomiędzy jednocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi nie mogło przekroczyć wartości 50 V a.c. lub 120 V d.c.



Pomiar napięcia dotykowego wykonany w celu potwierdzenia skuteczności ochrony za pomocą miejscowych połączeń wyrównawczych (PBE)

W przypadku wątpliwości co do skuteczności dodatkowych miejscowych połączeń wyrównawczych można wykonać pomiar napięć dotykowych.

Napięcie dotykowe  $U_{Tb}$  jest mierzone pomiędzy urządzeniem, a uziemionymi elementami o potencjale ziemi np. stalowa konstrukcja hali przemysłowej.

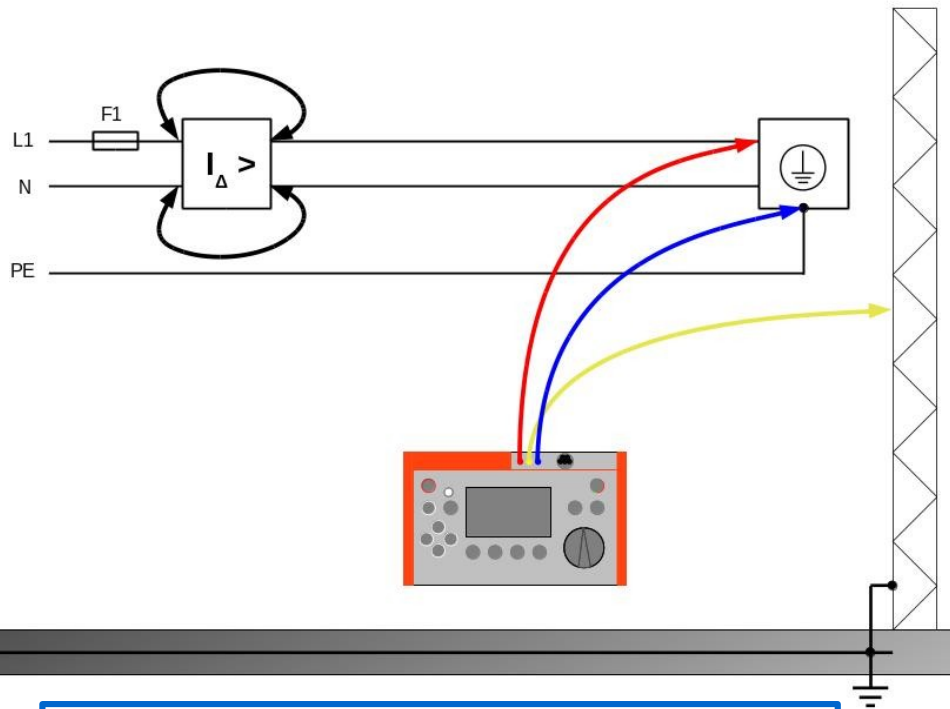
Napięcie dotykowe  $U_{Tb}$  jest mierzone przy przepływie prądu pomiarowego  $I_b$  pomiędzy zaciskiem zasilającym, a zaciskiem ochronny urządzenia, którego dotyczy pomiar.

# Badanie maszyn

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – obwody wyposażone w RCD

Pomiar impedancji pętli zwarciowej wykonuje się po „zmostkowaniu wyłącznika” lub metodą małoprądową. Stosowanie metody małoprądowej wymaga uwzględnienia faktu nagrzewania się przewodów w czasie rzeczywistego zwarcia, co zostanie osiągnięte jeżeli zostanie spełniona zależność:

$$I_a \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{lub} \quad Z_s \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{I_a}$$



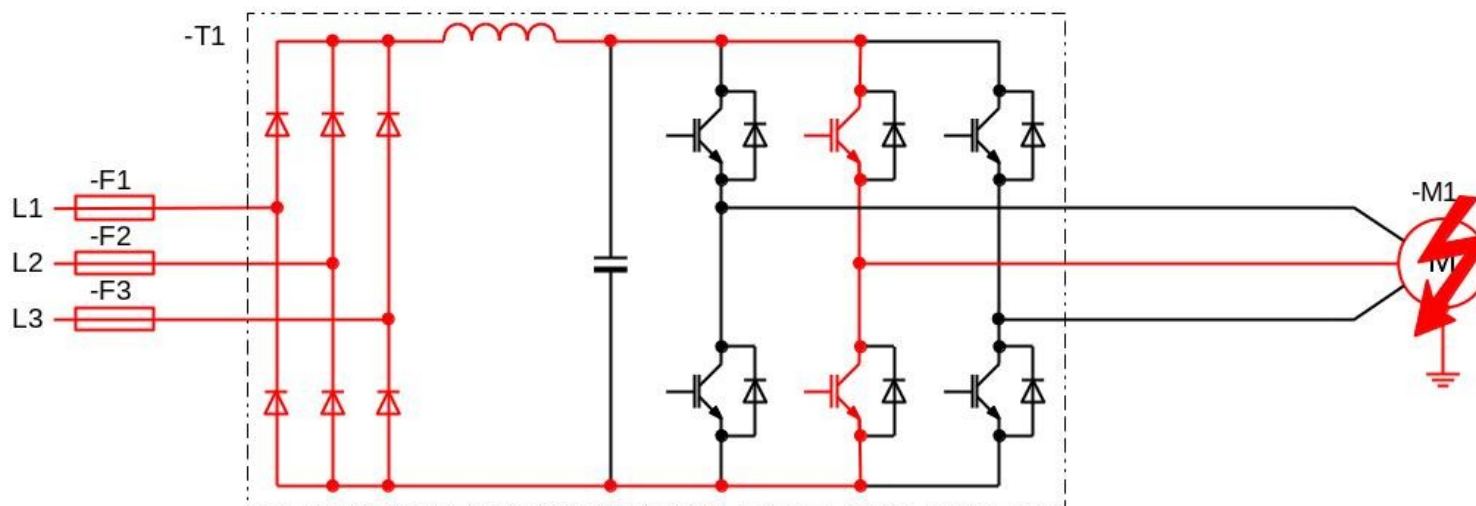
Pomiar impedancji pętli zwarciowej i napięcia dotykowego spodziewanego w obwodzie wyposażonym w wyłącznik różnicowoprądowy.

Zgodnie z PN-EN 60364-6:2008 jeżeli do wyłączenia zasilania użyto wyłączników RCD o prądzie  $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$  to zwykle pomiar impedancji pętli zwarciowej w instalacjach o układzie TN nie jest konieczny i spełnienie wymagań można potwierdzić mierząc rezystancję przewodów ochronnych. W nowszej wersji normy PN-HD 60364-6:2016-07 tego postanowienia nie ma.

Potwierdzenie ciągłości przewodów ochronnych w ww. obwodach rodzi wątpliwości co do praktycznej przydatności dodatkowych pomiarów napięcia dotykowego spodziewanego przy prądach wyłączających  $I_a$  o niewielkich wartościach charakterystycznych dla wyłączników RCD.

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – obwody wyposażone w przemienniki 1/4

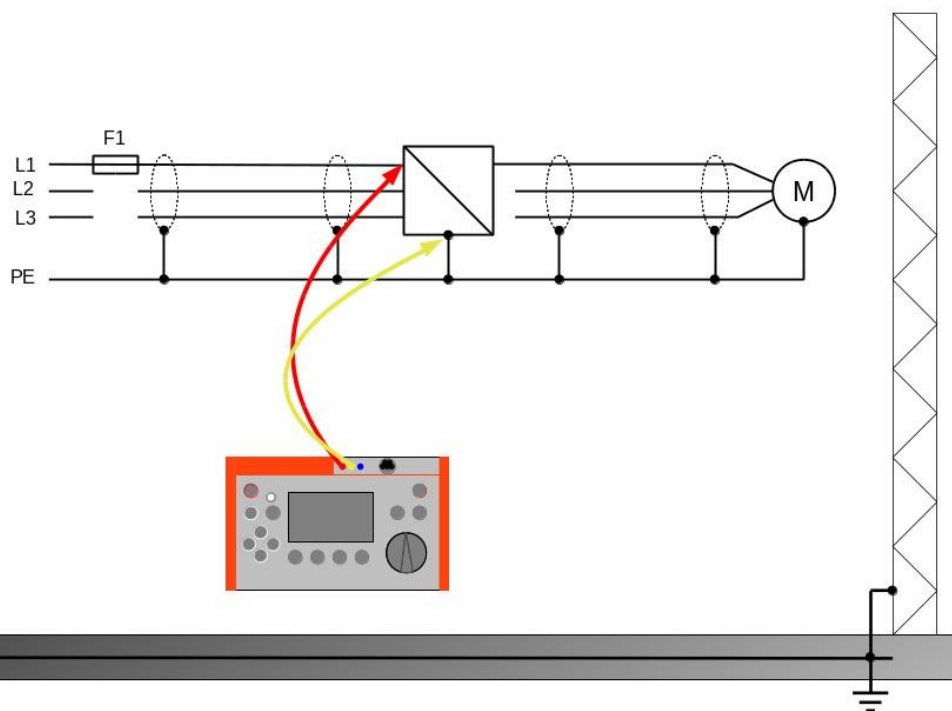
W przypadku jednofazowego zwarcia w obwodzie wyjściowym pośredniego przemiennika częstotliwości wszystkie fazy w obwodzie zasilającym są obciążone prądem zwarciovym równomiernie. Uniemożliwia to zadziałanie zabezpieczeń w obwodzie zasilającym w przypadku zwarcia w obwodzie wyjściowym. Dodatkowym czynnikiem uniemożliwiającym zadziałanie zabezpieczeń również w przypadku zasilania jednofazowego jest ograniczenie prądu zwarciovego w obwodzie wyjściowym przez układ sterujący przemiennika.



Zwarcie w obwodzie wyjściowym przemiennika T1

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – obwody wyposażone w przemienniki 2/4

Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z pośrednich przemienników częstotliwości nie daje wiarygodnych wyników ze względu na nieznaną impedancję przemiennika w czasie zwarcia. Zmiana częstotliwości napięcia obwodów odbiorczych przemiennika może stanowić dodatkową trudność. W celu sprawdzenia ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach z pośrednimi



przemiennikami częstotliwości należy wykonać pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie zasilającym przemiennik i sprawdzić warunek samoczynnego wyłączenia zasilania.

W najnowszej wersji normy PN-EN 60204-1:2018-12 został przedstawiony sposób pomiaru impedancji pętli zwarciowej w obwodach z pośrednimi przemiennikami częstotliwości.

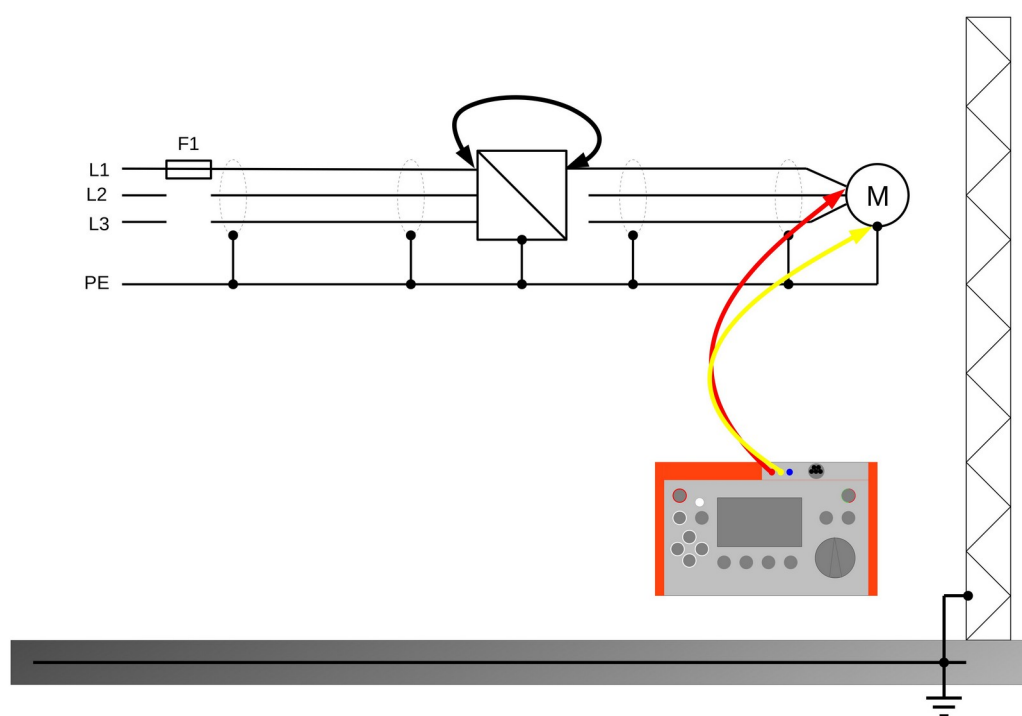
Metoda polega na pomiarze na zaciskach wejściowych przemiennika w sposób pokazany na tym slajdzie.

Norma nie podaje sposobu badania w obwodzie wyjściowym przekształtnika.

**Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie wyposażonym w pośredni przemiennik częstotliwości**

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – obwody wyposażone w przemienniki 3/4

W obwodach wyjściowych pośrednich przemienników częstotliwości skuteczność ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim można ocenić przez sprawdzenie czy w czasie zwarcia doziemnego o prądzie zwarciovym równym  $I_a$  napięcie dotykowe spodziewane  $U_{ST}$  na częściach przewodzących dostępnych nie przekroczy wartości dopuszczalnych długotrwałe  $U_L$  w danych warunkach środowiskowych. Sprawdzenie napięcia dotykowego spodziewanego powinno być wykonywane jako pomiar.



Jeżeli zmierzone napięcie dotykowe spodziewane  $U_{ST}$  przekroczy wartość napięcia dopuszczalnego długotrwałe  $U_L$  w danych warunkach środowiskowych, należy wykonać miejscowe połączenia wyrównawcze i sprawdzić ich skuteczność.

**Pomiar impedancji pętli zwarcioviej w obwodzie wyjściowym pośredniego przemiennika częstotliwości.  
Pomiar wykonuje się po „zmostkowaniu” przemiennika.**



## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – obwody wyposażone w przemienniki 4/4

Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie wyjściowym pośredniego przemiennika częstotliwości wykonuje się przy zmostkowanym przemienniku. Jako impedancję przewodu ochronnego PE należy przyjąć wartość równą 0,5 wartości zmierzonej impedancji pętli zwarciowej  $Z_s$ . Wartość 0,5 zmierzonej impedancji pętli zwarciowej jest zawyżona w stosunku do wartości rzeczywistej i stanowi „zapas bezpieczeństwa”.

Największa wartość napięcia dotykowego spodziewanego  $U_{ST}$  będzie wynosiła:

$$U_{ST} = I_a \cdot 0,5 Z_s$$

gdzie:

$I_a$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie przez urządzenie zabezpieczające;  
 $Z_s$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej.

Ochrona jest skuteczna jeżeli napięcie dotykowe spodziewane  $U_{ST}$  będzie mniejsze od napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale  $U_L$ :

$$U_{ST} \leq U_L$$

W przypadku gdy powyższy warunek nie jest spełniony należy wykonać miejscowe połączenia wyrównawcze PBE pomiędzy badaną częścią przewodzącą dostępną a częściami przewodzącymi obcymi innych urządzeń i/lub częściami przewodzącymi obcymi.

Skuteczność połączenia wyrównawczego dodatkowego można wyliczyć ze wzoru:

$$U_{ST} = I_a \cdot R_{PBE} \leq U_L$$

$$R_{PBE} = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

gdzie:

$R_{PBE}$  – rezystancja połączenia wyrównawczego;  
 $l$  – długość przewodu ochronnego;  
 $S$  – przekrój przewodu ochronnego;  
 $\gamma$  – konduktywność materiału, z którego wykonany jest przewód wyrównawczy.

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 1/6

Zgodnie z normą PN-EN 60204-1:2010 sprawdzenie zgodności warunków ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania można wykonać przez obliczenia.

Wg normy, pomiar impedancji pętli zwarciowej może być wykonany w obwodach, w których do spełnienia warunków samoczynnego wyłączenia zasilania wymaga się aby prąd  $I_a \leq 1$  kA.

Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania jest skuteczna jeżeli jest spełniony warunek:

$$I''_{k1min} \geq I_a$$

gdzie:

$I''_{k1min}$  – najmniejszy spodziewany prąd zwarciowej początkowy przy zwarciu jednofazowym;

$I_a$  – najmniejsza wartość prądu, powodująca zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie.

Pomiar impedancji pętli zwarciowej w pobliżu dużych transformatorów energetycznych może być obarczony znacznym błędem związanym z dużą reaktancją obwodu zwarciowego. Duża reaktancja może być przyczyną znacznej różnicy argumentów obwodu zwarciowego i układu pomiarowego miernika. W przypadku użycia miernika o rezystancyjnym obciążeniu pomiarowym błędy związane z różnicą argumentów mogą sięgać kilkudziesięciu procent. Pomiar impedancji pętli zwarcia w pobliżu transformatorów energetycznych powinien być wykonany odpowiednim miernikiem gwarantującym wymaganą dokładność pomiaru. W przypadku małych impedancji pomiar wieloprądowy sprzyja dokładności, w obwodach o niewielkim znamionowym prądzie łączeniowym np. za transformatorem małej mocy może być konieczna metoda małoprądowa ze względu na możliwość zadziałania zabezpieczeń nadprądowych.

# Badanie maszyn

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 2/6

Przykładowy obwód pomocniczy maszyny jest zasilany z transformatora sterowniczego o napięciu znamionowym strony wtórnej 230 V i mocy znamionowej 400 VA.

Napięcie zwarcia transformatora  $U_{k\%} = 4,1 \%$

Impedancja transformatora  $Z_{T2} = 5,42 \Omega$

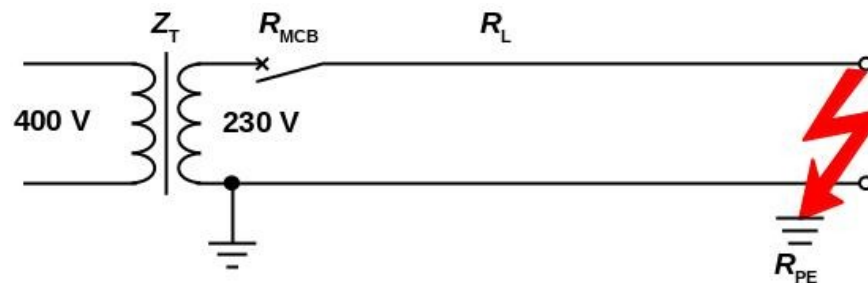
Reaktancja transformatora  $X_{T2} = 5,37 \Omega$

Rezystancja transformatora  $R_{T2} = 0,75 \Omega$  ( $80^\circ\text{C}$ )

$$Z_T = \frac{U_{k\%} \cdot U_{nS}^2}{100 \cdot S_{nT}} = \frac{4,1 \cdot 230^2}{100 \cdot 400} = 5,42 \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{5,42^2 - 0,75^2} = 5,37 \Omega$$

Nieziemiony przewód liniowy jest wykonany przewodem miedzianym o przekroju  $1,5 \text{ mm}^2$ . Długość przewodu liniowego wynosi 5 m. Obwód jest zabezpieczony wyłącznikiem C2.



Rozważany obwód zwarciaowy zasilany z transformatora o małej mocy

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 3/6

Rezystancja przewodu liniowego  $R_L$  do miejsca zwarcia wynosi:

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{5}{45 \cdot 1,5} = 0,07 \Omega$$

Wartość konduktywności dla przewodu miedzianego została podzielona przez 1,25; w celu uwzględnienia nagrzewania przewodu prądem roboczym  $\gamma = 56/1,25 = 45$

Rezystancja wyłącznika C2  $R_{MCB} = 0,28 \Omega$

Zmierzona rezystancja połączenia ochronnego wynosi  $R_{PE} \leq 0,12 \Omega$

Wartość współczynnika korekcyjnego siły elektromotorycznej obwodu zwarciovego przy obliczaniu najmniejszego prądu zwarciovego

$C_{min} = 0,95$

Prąd zwarcia można obliczyć z zależności:

$$I''_{k1min} = \frac{C_{min} \cdot U_n}{\sqrt{X_T^2 + (R_{T2} + R_L + R_{MCB} + R_{PE})^2}} = \frac{0,95 \cdot 230}{\sqrt{5,37^2 + (0,75 + 0,07 + 0,28 + 0,12)^2}} = 39,7 \text{ A}$$

Obliczony prąd zwarcia  $I''_{k1min} = 39,7 \text{ A}$

Wymagany czas wyłączenia przy zasilaniu z układu TN o napięciu znamionowym 230 V AC wynosi 5 s.

Najmniejsza wartość prądu powodująca zadziałanie zabezpieczenia w wymaganym czasie ( $I_a$ ) dla wyłącznika C2 wynosi 20 A.

Ochrona przez samoczynne wyłączenia zasilania w rozpatrywanym obwodzie jest skuteczna ponieważ **39,7 A  $\geq$  20 A.**

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 4/6

Zgodnie z normą PN-EN 61557-3:2007 mierniki impedancji pętli zwarcia o rezystancyjnym obciążeniu pomiarowym mogą być stosowane jeżeli  $\cos\varphi \geq 0,95$ ; w pozostałych przypadkach należy stosować mierniki o impedancyjnym obciążeniu pomiarowym. Różnica między argumentem impedancji pętli zwarcia ( $\varphi$ ) a argumentem obciążenia pomiarowego miernika ( $\varphi_0$ ) powinna spełniać warunek  $|\varphi - \varphi_0| \leq 18^\circ$ .

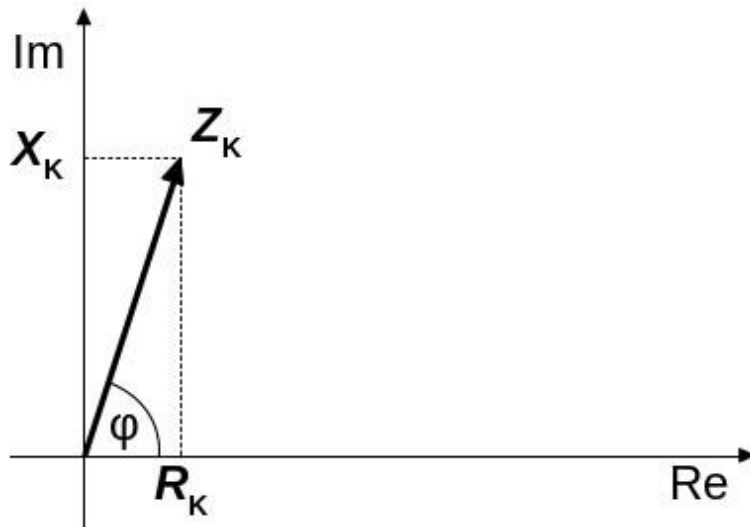
W rozważanym przypadku pomiar impedancji pętli zwarciowej przy zastosowaniu nieodpowiedniego miernika może być obarczony znacznym błędem ze względu na wartość argumentu impedancji pętli zwarcia, który wynosi:

$$\varphi = \arctg \frac{X_K}{R_K} = \arctg \frac{5,37}{1,22} = 77^\circ$$

Impedancja obwodu zwarciowego wynosi:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{1,22^2 + 5,37^2} = 5,51 \Omega$$

Obliczenia nie są obliczeniami dokładnymi.



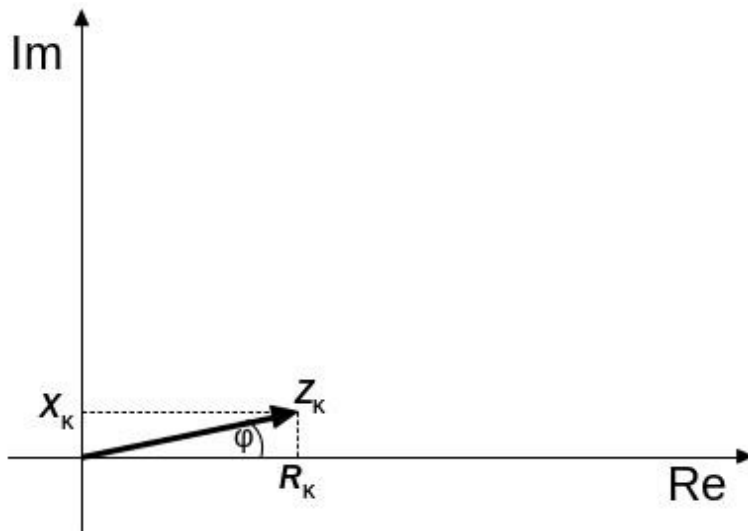
Parametry badanego obwodu zwarciowego  
na podstawie obliczeń:  
 $X_k = 5,37 \Omega$ ;  $R_k = 1,22 \Omega$ ;  $Z_k = 5,51 \Omega$ ;  $\varphi = 77^\circ$

# Badanie maszyn

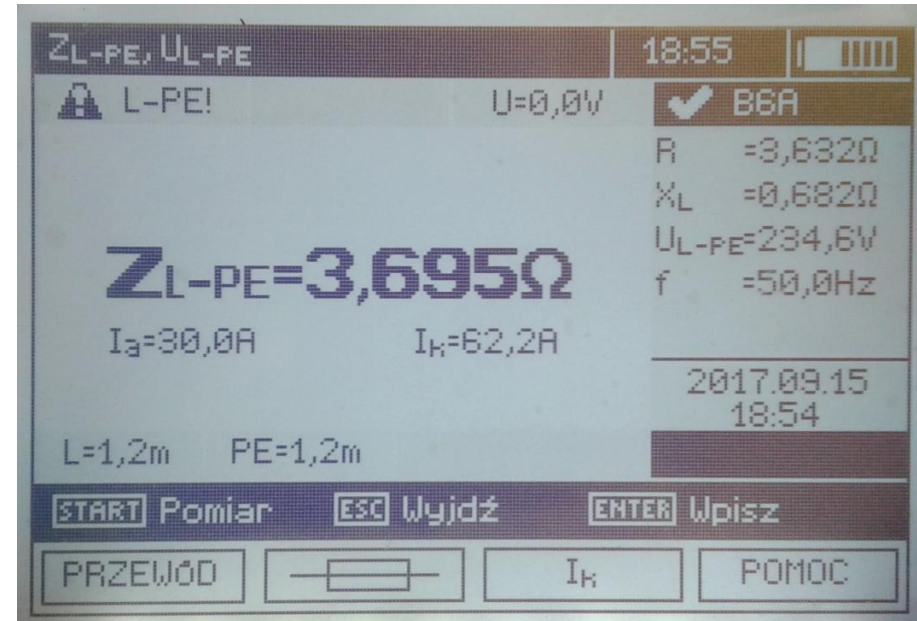
## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 5/6

W rozważanym obwodzie wykonano pomiar impedancji pętli zwarcia, argument obliczony na podstawie wartości zmierzonych wynosi:

$$\varphi = \arctg \frac{X_K}{R_K} = \arctg \frac{0,682}{3,632} = 10^\circ$$



Parametry badanego obwodu zwarcowego  
na podstawie pomiaru:  
 $X_k = 0,68 \Omega$ ;  $R_k = 3,63 \Omega$ ;  $Z_k = 3,70 \Omega$ ;  $\varphi = 10^\circ$



Zmierzona impedancja pętli zwarciowej wynosi:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{3,632^2 + 0,682^2} = 3,70 \Omega$$

Pomiar jest obarczony znacznym błędem, który sprawia, że metoda pomiarowa jest nieprzydatna.

## Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania – metoda obliczeniowa 6/6

Przyjmując wynik obliczenia impedancji pętli zwarciowej za poprawny, to wynik pomiaru jest obarczony błędem względnym wynoszącym 33 %. Największy dopuszczalny błąd pomiaru pętli zwarciowej wynosi  $\pm 30 \%$ .

$$\delta = \frac{Z_{obl} - Z_s}{Z_{obl}} = \frac{5,51 - 3,70}{5,51} = 0,33$$

gdzie:

$\delta$  – obliczony błąd względny pomiaru;

$Z_s$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej;

$Z_{obl}$  – obliczona impedancja pętli zwarciowej.

Jeżeli:

- obliczenie wartości impedancji pętli zwarciowej nie może być wykonane np. z powodu braku odpowiednich danych znamionowych transformatora lub
- pomiar impedancji pętli zwarciowej nie gwarantuje wymaganej dokładności lub
- wartość impedancji pętli zwarciowej jest zbyt duża lub
- pomiar powoduje zadziałanie zabezpieczenia zwarciowego,

**to skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania może być zapewniona przez miejscowe połączenia wyrównawcze.** W

rozważanym obwodzie ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania jest skuteczna jeżeli rezystancja połączenia wyrównawczego

$R_{PBE}$  spełnia warunek:

$$R_{PBE} \leq \frac{50}{I_{a5s}} = \frac{50}{20} = 2,50 \Omega$$

gdzie:

$R_{PBE}$  – rezystancja miejscowego połączenia wyrównawczego;

$I_{a5s}$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w czasie 5 s, przez urządzenie zabezpieczające.

## Wyłączniki różnicowoprądowe – test i czas zadziałania

**Test wyłącznika** wykonuje się przez naciśnięcie przycisku znajdującego się na obudowie. Po naciśnięciu przycisku wyłącznik powinien się natychmiast otworzyć.

**Czas zadziałania** powinien być badany prądem wyłączającym o wartości uzależnionej od typu wyłącznika i wymaganego czasu wyłączenia, np. dla wyłączników typu AC prąd wyłączający dla czasów  $0,4 \div 5$  s wynosi  $I_{\Delta n}$ , dla wyłączników typu B prąd wyłączający dla czasu 0,4 s wynosi  $2 I_{\Delta n}$ .

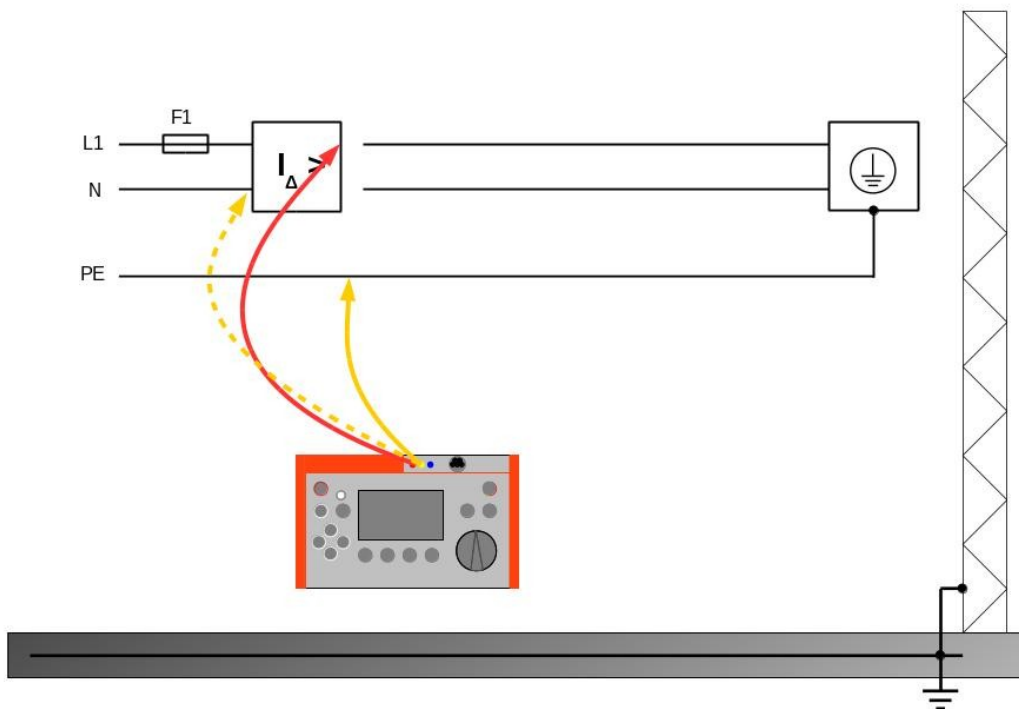
W normie PN-HD 60364-6:2008 znajduje się sugestia wyznaczania prądu wyłączającego jako  $5 I_{\Delta n}$ .



## Wyłączniki różnicowoprądowe – pomiar czasu i prądu zadziałania

Rzeczywisty prąd zadziałania ( $I_{\Delta}$ ) powinien być większy niż  $0,5 I_{\Delta n}$  ale nie większy niż  $I_{\Delta n}$  i spełnienie tych warunków powinno być sprawdzone. Przy próbie prądem różnicowym o wartości  $0,5 I_{\Delta n}$  wyłącznik nie powinien zadziałać w czasie  $0,2$  s. Przy próbie prądem różnicowym o wartości  $I_{\Delta n}$  wyłącznik powinien się natychmiast otworzyć. Rzeczywisty różnicowy prąd zadziałania wynosi przeważnie  $\approx 0,7 I_{\Delta n}$ . Badanie wyłączników RCD typu AC przeprowadza się prądem różnicowym sinusoidalnym. Wyłączniki RCD typu A należy badać dodatkowo prądem różnicowym jednokierunkowym.

Przy próbie wyłączników RCD typu A prądem różnicowym jednokierunkowym, znamionowy prąd różnicowy niezadziałania  $I_{\Delta no}$  może mieć wartość znacznie mniejszą od  $0,5 I_{\Delta n}$ . Wyłączniki RCD typu B należy badać prądem różnicowym sinusoidalnym, prądem różnicowym jednokierunkowym i dodatkowo prądem różnicowym stałym o pomijalnym tętnieniu.

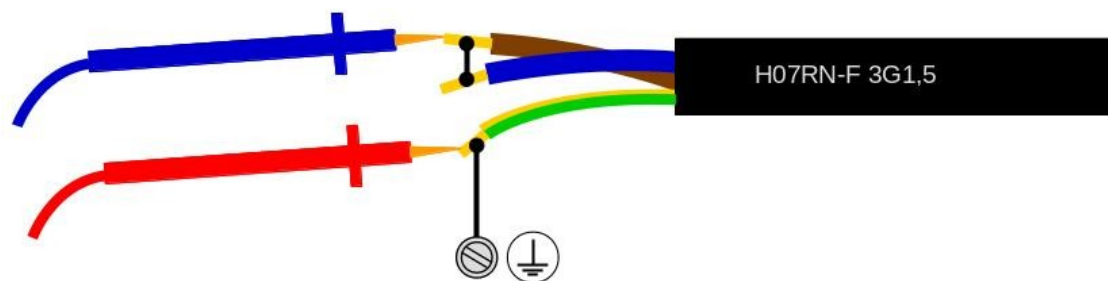


Badanie prądu zadziałania i czasu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego

# Badanie maszyn

## Pomiar rezystancji izolacji przewodów 1/2

Rezystancję izolacji przewodów bada się napięciem pomiarowym o wartości 500 V DC w przypadku instalacji o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 500 V. Wymagana rezystancja izolacji wynosi 1,0 M $\Omega$ . Rezystancję izolacji mierzy się pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a przewodem ochronnym. Norma na bezpieczeństwo maszyn PN-EN 60204-1 oraz norma PN-HD 60364-6:2008 dopuszczają pomiar pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi, a ziemią. W nowej wersji PN-HD 60364-6:2016-07 jest wymagane pomiaru rezystancji izolacji pomiędzy poszczególnymi przewodami. Powrócono tym samym do wymagań obecnych w wersji normy PN-IEC 60364-61:2000.

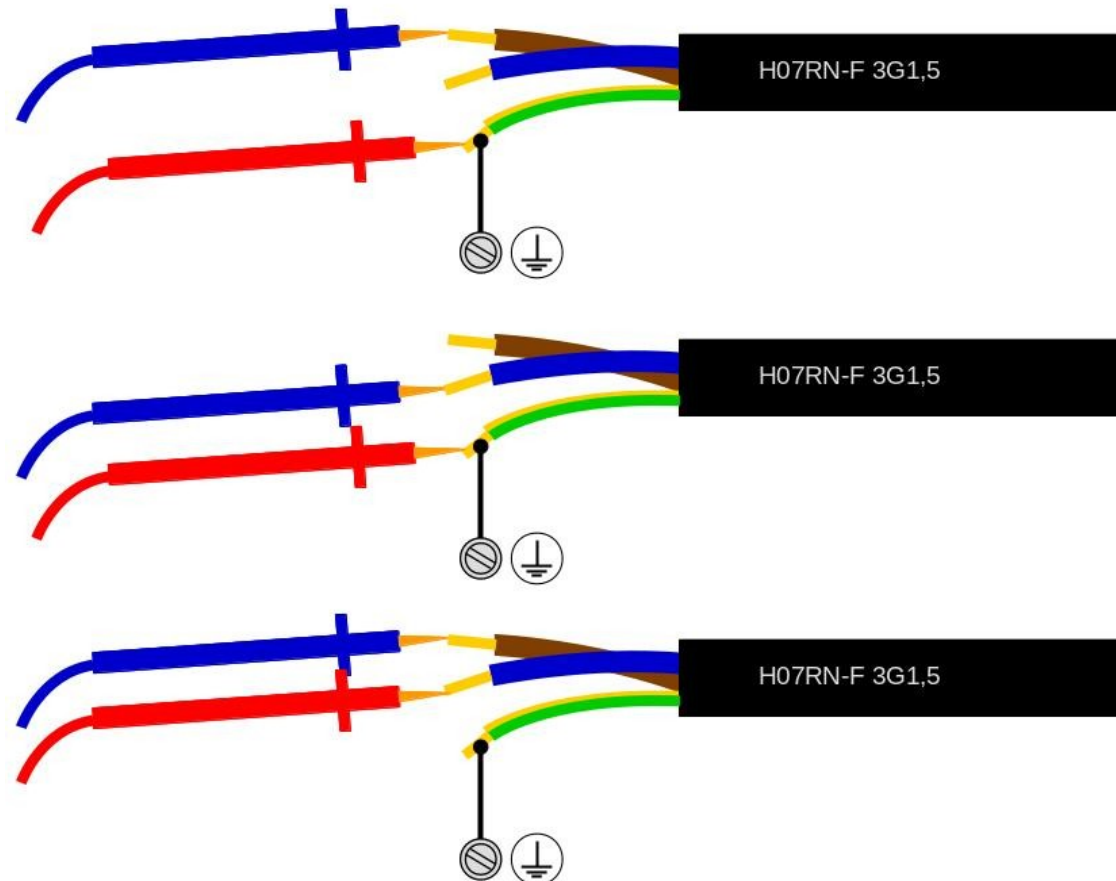


**Pomiar rezystancji izolacji pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi a przewodem ochronnym (ziemią).**

# Badanie maszyn

## Pomiar rezystancji izolacji przewodów 2/2

W miejscach zagrożonych pożarem pomiar rezystancji izolacji wykonuje się pomiędzy wszystkimi przewodami.

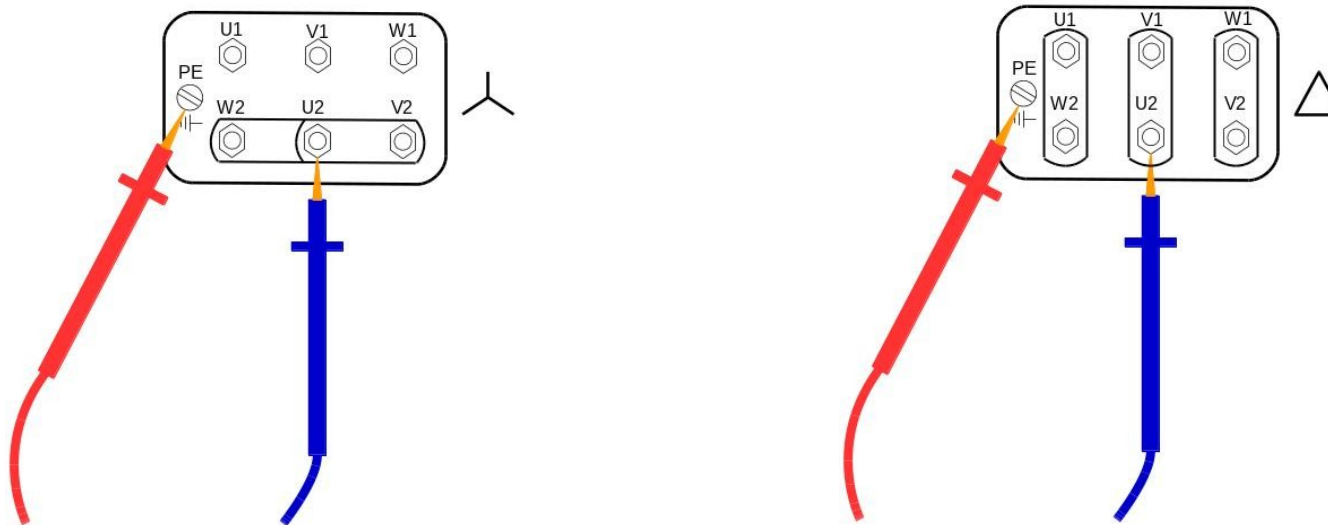


Pomiar rezystancji izolacji pomiędzy wszystkimi przewodami.

## Pomiar rezystancji izolacji silników indukcyjnych 1/3

Rezystancję izolacji silników bada się napięciem pomiarowym o wartości 500 V DC w przypadku silników o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 500 V. Wymagana rezystancja izolacji wynosi 1,0 M $\Omega$  dla silników wykonanych w klasie ochronności I i 2,0 M $\Omega$  dla silników wykonanych w klasie ochronności II.

W przypadku silników o uzwojeniach połączonych w gwiazdę lub trójkąt wykonuje się tylko jeden pomiar rezystancji izolacji pomiędzy dowolnym zaciskiem uzwojenia a przewodem ochronnym PE (lub przewodzącą konstrukcją silnika). Pomiar dotyczy izolacji doziemnej.

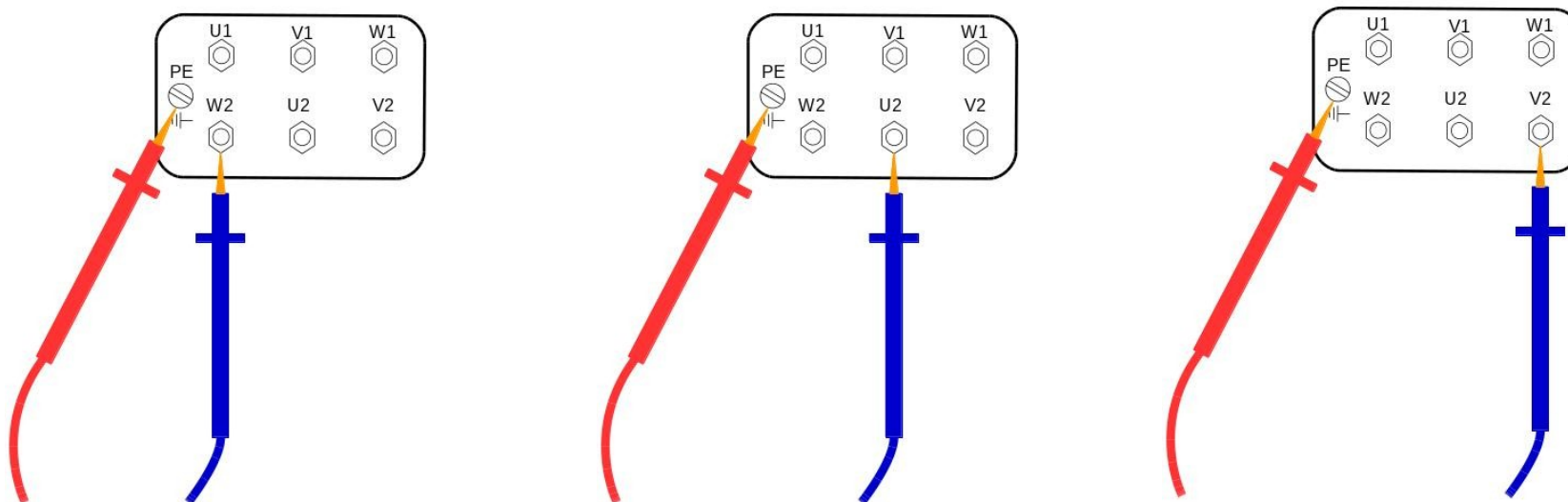


**Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silników o uzwojeniach połączonych w gwiazdę lub trójkąt wykonuje się tylko pomiędzy jednym z zacisków uzwojeń a przewodem ochronnym PE np.: U1 – PE**

# Badanie maszyn

## Pomiar rezystancji izolacji silników indukcyjnych 2/3

Jeżeli silnik nie ma połączonego uzwojenia (zdemontowane zwory tabliczki zaciskowej) należy wykonać osobno trzy pomiary pomiędzy każdym z uzwojeń a przewodem ochronnym PE (lub przewodzącą obudową silnika).

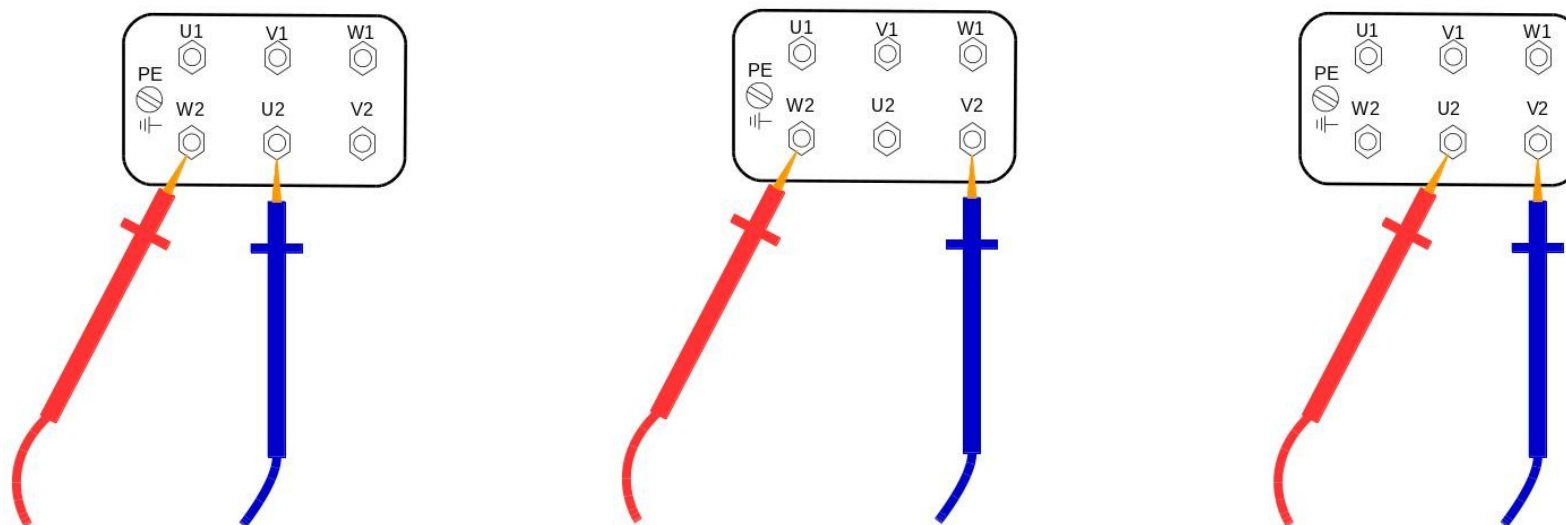


Pomiar rezystancji uzwojeń jest wykonywany osobno dla każdego uzwojenia pomiędzy każdym z uzwojeń a przewodem ochronnym PE: U1 – PE, V1 – PE, W1 – PE

# Badanie maszyn

## Pomiar rezystancji izolacji silników indukcyjnych 3/3

Pomiar rezystancji izolacji pomiędzy uzwojeniami wykonuje się przy niepołączonych uzwojeniach (zdemontowane zwory tabliczki zaciskowej), należy wykonać trzy pomiary pomiędzy poszczególnymi uzwojeniami.

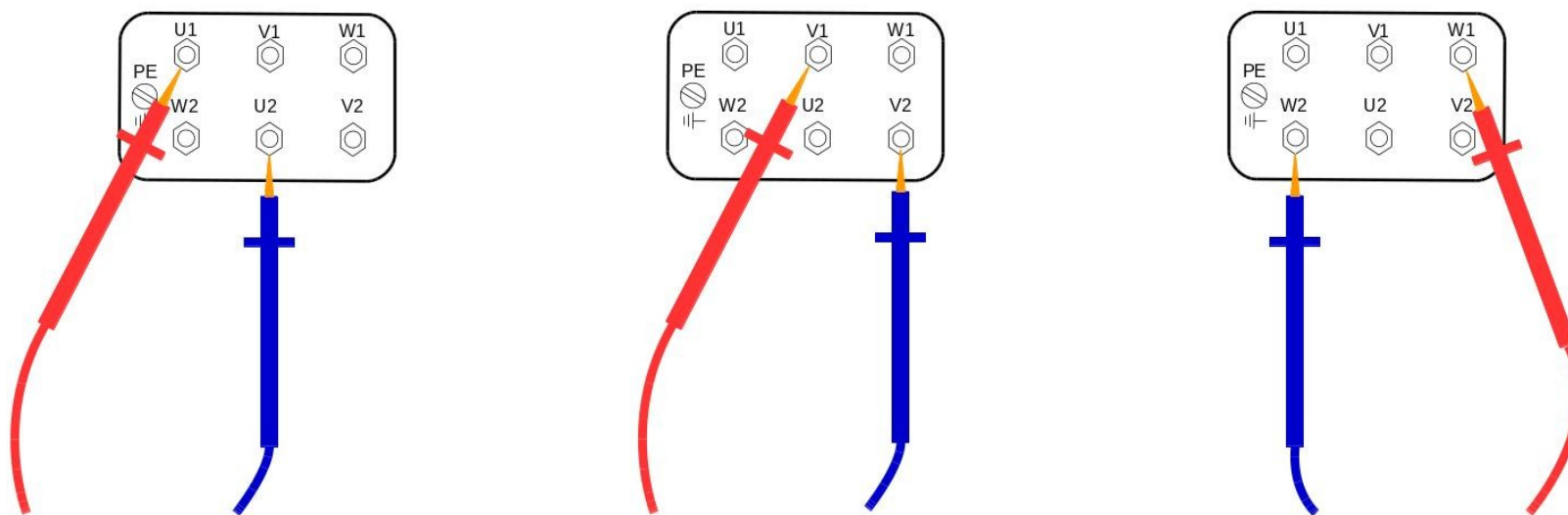


Pomiar rezystancji uzwojeń jest wykonywany osobno pomiędzy wszystkimi uzwojeniami: U1 – V1, U1 – W1, V1 – W1

# Badanie maszyn

## Pomiar rezystancji uzwojeń silników indukcyjnych

W przypadku silników o mocy  $\geq 50$  kW należy dodatkowo wykonać pomiar rezystancji uzwojeń miernikiem do pomiaru małych rezystancji. W przypadku diagnozowania uszkodzonych silników niezależnie od mocy znamionowej silnika, pomiar rezystancji uzwojeń może ujawnić przerwę w ciągłości uzwojenia. Pomiar jest wykonywany osobno dla każdego uzwojenia pomiędzy jego początkiem a końcem. Pomiar, powinien być wykonany prądem o wartości co najmniej 0,2 A, przy napięciu 4 – 24 V, np. miernikiem do pomiaru ciągłości przewodów.



Pomiar rezystancji uzwojeń jest wykonywany osobno dla każdego uzwojenia, pomiędzy jego początkiem a końcem: U1 – U2, V1 – V2, W1 – W2

# Protokołowanie

## Zawartość dokumentacji

Dokumentacja z prac kontrolno-pomiarowych powinna być przechowywana przez okres 5 lat od daty zakończenia badań [4].

Protokół powinien zawierać wyniki i orzeczenie oraz dane niezbędne do odtworzenia badania i ustalenia osób odpowiedzialnych.

Jeżeli w przypadku badań okresowych poprzedni protokół jest niedostępny należy rozważyć przeprowadzenie dodatkowych badań.

Wszelkie stwierdzone nieprawidłowości oraz ograniczenia zakresu badania w stosunku do wymagań odpowiednich dokumentów normatywnych oraz wymagań wewnętrznych pracodawcy wraz z przyczynami powinny być odnotowane w protokole.



# Protokołowanie

## Nieprawidłowości związane z badaniem stanu technicznego

Zapisy Prawa budowlanego wymagają od osób odpowiedzialnych za stan techniczny instalacji i urządzeń wykonywania prac z należytą starannością, a zapisy Kodeksu pracy wymagają sumiennego i starannego wykonywania pracy. W szczególności dotyczy to prac związanych z badaniem stanu technicznego instalacji i urządzeń elektrycznych, od których zależy bezpieczeństwo osób eksploatujących te urządzenia.

Niedopuszczalna jest znana praktyka sporządzania fikcyjnych protokołów, w których osoba uprawniona poświadcza nieprawdę. Jest to związane z pracochłonnością pomiarów, zwłaszcza pomiarów rezystancji izolacji i polega na wpisywaniu do protokołów fikcyjnych wyników, pomiarów, które nie zostały wykonane.

Umyślne poświadczenie nieprawdy przez osobę uprawnioną w protokole z badania stanu technicznego urządzenia elektrycznego nosi znamiona przestępstwa karnego z art. 271 Kodeksu karnego.

### **Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny**

*Art. 271. § 1. Funkcjonariusz publiczny lub inna osoba uprawniona do wystawienia dokumentu, która poświadcza w nim nieprawdę co do okoliczności mającej znaczenie prawne, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5.*

*Art. 273. Kto używa dokumentu określonego w art. 271 lub 272, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 2.*

# Bibliografia

1. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974r. Kodeks Pracy z późniejszymi zmianami.
2. Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny z późniejszymi zmianami.
3. Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych.
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach spawalniczych.
7. Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 30 października 2018 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego.
8. PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
9. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
10. PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.
11. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
12. PN-HD 60364-6:2016-07 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
13. PN-EN 60204-1:2010 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne.
14. PN-EN 50110-1:2001 Eksploatacja urządzeń elektrycznych.
15. PN-EN 61010-1:2011 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 1: Wymagania ogólne.
16. PN-EN 61439-1:2011 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 1: Postanowienia ogólne.
17. PN-EN 60990;2002 Metody pomiaru prądu dotykowego i prądu w przewodzie ochronnym
18. PN-EN 50699:2021-07 Badania okresowe urządzeń elektrycznych
19. PN-EN 50678:2020-11 Wymagania ogólne do badań bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych po naprawie
20. Musiał E. - Zasilanie i zabezpieczanie obwodów sterowniczych. INPE nr 98-99.
21. Musiał E. - Badanie stanu ochrony przeciwporażeniowej w obwodach urządzeń energoelektronicznych INPE nr 80
22. Musiał E. - Pomiar odbiorcze i eksploatacyjne zapewniające bezpieczeństwo przy urządzeniach elektroenergetycznych (strona internetowa autora – dostęp 12.09.2021)
23. Czapp S. - Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączanie zasilania – aktualne wymagania, sprawdzanie, obwody z przekształtnikami
24. Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary.
25. IFA List of the safety testing of machines - Electrical equipment -
26. Strona internetowa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego
27. AMPROBE Ein kurzer Leitfaden durch die VDE 0701 / 0702 Amprobe Europe GmbH

