



Laboratorium Bezpieczeństwa Elektrycznego

Ćwiczenie nr 3

BADANIE IZOLACJI PRZEWODÓW INSTALACJI I URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadami wykonywania pomiarów rezystancji izolacji przewodów instalacji elektrycznych i wybranych urządzeń odbiorczych oraz badań wytrzymałości elektrycznej izolacji.

2. WPROWADZENIE TEORETYCZNE

2.1. Rezystancja izolacji: cechy fizyczne i właściwości elektryczne

Celem wykonywania pomiarów rezystancji izolacji elektrycznych urządzeń odbiorczych oraz przewodów instalacji elektrycznych jest wykrycie jej uszkodzeń, a tym samym – wczesne zapobieganie zwarciom. Zwarcia mogą prowadzić do niebezpiecznych następstw - pożarów oraz porażeń prądem elektrycznym.

Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje mierników izolacji:

- mierniki indukcyjne (zwane miernikami typu IMI), w tym:
 - mierniki ilorazowe - z ustrojem pomiarowym ilorazowym, mierzącym rezystancję,
 - mierniki z ustrojem pomiarowym szeregowym - mierzące prąd upływający przez izolację, a skalowane w $M\Omega$,
- mierniki elektroniczne (zwane miernikami typu EMI).

Mierniki indukcyjne są miernikami niezawodnymi, pewnymi w eksploatacji (szczególnie mierniki ilorazowe). Ze względu na uciążliwość eksploatacyjną (kręcenie korbką w czasie pomiarów) są jednak coraz częściej zastępowane nowoczesnymi, znacznie łatwiejszymi w obsłudze, miernikami elektronicznymi.

W przeciwieństwie do rezystancji przewodnika metalowego, która zmienia się nieznacznie wraz ze zmianami temperatury, rezystancja izolacji zależy od szeregu czynników, m.in. od: wilgotności, temperatury oraz od wartości przyłożonego napięcia.

Wraz ze wzrostem wilgotności i temperatury rezystancja izolacji maleje, zwłaszcza w temperaturze powyżej 20°C . Wraz ze wzrostem napięcia rezystancja początkowo bardzo szybko maleje, ustalając się na ogół przy napięciu kilkuset woltów. Przy stałej wartości przyłożonego napięcia, prąd płynący przez izolację stopniowo maleje, co oznacza wzrost rezystancji izolacji w czasie pomiaru. Wzrost ten spowodowany jest zmianami fizycznymi i chemicznymi, jakie zachodzą w izolacji podczas przepływu prądu, a także faktem, że przy pomiarze mamy zwykle do czynienia z pojemnością układu, jaki tworzą żyły, płaszcze i pancerze przewodów i kabli. W następstwie tego, w chwili załączenia stałego (DC) napięcia pomiarowego rozpoczyna się proces ładowania tych pojemności, który stopniowo zanika w czasie pomiaru. Czas zaniku prądu ładowania zależy od wartości pojemności elektrycznej mierzonego układu, jak również od

rezystancji wewnętrznej źródła napięcia. Odczytu wskazań wartości mierzonej rezystancji należy dokonywać po pewnym czasie, gdy zaniknie już prąd ładowania. Najczęściej dla urządzeń niskiego napięcia wymaga się odczytu po 60 s od chwili rozpoczęcia pomiaru.

Zależność rezystancji izolacji od przyłożonego napięcia wymaga, aby pomiar był wykonywany przy określonym napięciu - niezbyt niskim, ale również niezbyt wysokim, ponieważ może wówczas dojść do niepożądanego uszkodzenia (przebicia) izolacji. Istotnym parametrem miernika rezystancji izolacji jest zatem jego napięcie pomiarowe.

Po wykonaniu pomiaru rezystancji izolacji obiektu o znacznej pojemności (np. kabla elektroenergetycznego), należy go rozładować zwierając ze sobą zaciski wyjściowe urządzenia pomiarowego. W niektórych miernikach izolacji rozładowanie to następuje samoczynnie z chwilą zakończenia pomiaru.

Zmienna wartość rezystancji izolacji powoduje, że niecelowe jest wymaganie dużej dokładności pomiaru. Uchyb nie przekraczający 20-30 % zmierzonej wartości jest zupełnie wystarczający dla prawidłowej oceny stanu badanej izolacji.

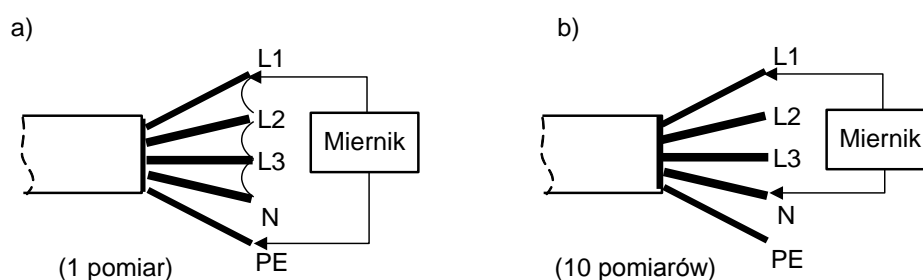
2.2. Badania izolacji instalacji i urządzeń: metody pomiarów oraz kryteria oceny wyników

2.2.1. Pomiary rezystancji izolacji przewodów instalacji elektrycznych

Pomiary rezystancji izolacji przewodów instalacyjnych wykonuje się przy użyciu przyrządu pomiarowego o odpowiedniej wartości napięcia pomiarowego (tabela 1), po uprzednim odłączeniu napięcia zasilającego instalację.

Zgodnie z zapisami normy PN-HD 60364-6:2008, dla oceny zagrożenia porażeniowego wystarczający jest pomiar rezystancji izolacji pomiędzy przewodami czynnymi a przewodem ochronnym przyłączonym do układu uziemiającego. Podczas tego pomiaru przewody czynne mogą być ze sobą połączone, a przewód neutralny powinien być odłączony od przewodu ochronnego. W instalacji TN-C pomiar powinien być wykonywany między przewodami fazowymi a przewodem PEN. Przykład pomiaru w obwodzie instalacji o układzie typu TN-S przedstawiono na rys. 1 a). Wymóg pełnego wykonywania pomiarów (pomiędzy każdą parą przewodów) dotyczy pomieszczeń, w których występuje zagrożenie pożarowe (rys. 1 b).

Dla każdego badanego obwodu rezystancja izolacji mierzona odpowiednim napięciem pomiarowym powinna być nie mniejsza od wymaganej wartości (tabela 1).



Rys. 1. Zasada pomiaru rezystancji izolacji przewodów w instalacji typu TN-S (opis w tekście):
a) pomiary uproszczone, b) pomiary pełne

Tabela 1. Minimalne wymagane wartości rezystancji izolacji obwodów instalacji elektrycznych

| Napięcie znamionowe obwodu (V) | Napięcie pomiarowe d.c. (V) | Rezystancja izolacji (MΩ) |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| SELV i PELV | 250 | ≥ 0,5 |
| Do 500 V włącznie oraz FELV | 500 | ≥ 1,0 |
| Powyżej 500 V | 1000 | ≥ 1,0 |

Norma PN-HD 60364-6:2008 dopuszcza możliwość wykonania pomiaru rezystancji izolacji całości instalacji (np. poprzez pomiar w złączu instalacji). Jeżeli uzyskana w ten sposób wartość spełnia wymagania stawiane pojedynczemu obwodowi (tabela 1), to oczywistym jest, że każdy obwód mierzony z osobna też spełnia te wymagania. Jeżeli zmierzona wartość będzie mniejsza od wymaganej, to niekoniecznie świadczy to o złym stanie izolacji. W takim przypadku badaną instalację należy podzielić na kilka grup obwodów i dokonać oddzielnych pomiarów każdej grupy. W skrajnym przypadku, jeżeli rezystancja izolacji którejs z grup nadal jest mniejsza od wymaganej, należy zmierzyć rezystancję izolacji każdego obwodu danej grupy.

Jeżeli w badanym obwodzie zainstalowane są ochronniki przepięciowe lub inne urządzenia mogące wpływać na wynik pomiaru, to na czas pomiaru należy je odłączyć od instalacji. Gdy ich odłączenie byłoby niemożliwe lub kłopotliwe (np. w przypadku gniazdek wtyczkowych wyposażonych w ochronniki), pomiary można wykonać z użyciem napięcia pomiarowego 250 V (wymagana minimalna wartość rezystancji pozostaje niezmieniona i wynosi 1 MΩ).

UWAGA:

Według wcześniej obowiązującej normy PN-IEC 60364-6-61:2000 podstawowym sposobem pomiaru był pomiar pomiędzy kolejnymi parami przewodów czynnych oraz pomiędzy każdym przewodem czynnym a ziemią (czyli uziemionym przewodem ochronnym PE w instalacji TN-S lub przewodem PEN w układzie TN-C) w każdym obwodzie badanej instalacji. Takie pomiary wymagały wcześniejszego odłączenia odbiorników. Dopuszczalnym uproszczeniem był pomiar rezystancji izolacji pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi (fazowym i neutralnym) a przewodem ochronnym PE. W każdym przypadku zmierzona rezystancja powinna spełniać wymagania przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Minimalne wymagane wartości rezystancji izolacji obwodów instalacji elektrycznych

| Napięcie znamionowe obwodu (V) | Napięcie pomiarowe d.c. (V) | Rezystancja izolacji (MΩ) |
|---|--------------------------------|------------------------------|
| SELV i FELV | 250 | $\geq 0,25$ |
| Do 500 V włącznie, z wyłączeniem SELV i FELV | 500 | $\geq 0,5$ |
| Powyżej 500 V | 1000 | $\geq 1,0$ |

2.2.2. Pomiary rezystancji izolacji silników indukcyjnych

Rezystancję izolacji silnika indukcyjnego klatkowego bada się po rozłączeniu poszczególnych uzwojeń fazowych. Pomiary wykonuje się pomiędzy kolejnymi parami uzwojeń oraz pomiędzy każdym uzwojeniem a obudową silnika.

Zmierzona rezystancja izolacji powinna wynosić co najmniej:

- dla silnika nowego lub po remoncie: 5 MΩ,
- dla silnika w eksploatacji: 1000 Ω na 1 V napięcia znamionowego (fazowego lub międzyfazowego).

2.2.3. Pomiary rezystancji izolacji transformatorów bezpieczeństwa lub separacyjnych

Rezystancja izolacji transformatorów bezpieczeństwa lub separacyjnych powinna być mierzona napięciem o wartości 500 V. Punkty pomiaru oraz wymagane wartości rezystancji izolacji tych transformatorów przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wymagana rezystancja izolacji transformatorów bezpieczeństwa i separacyjnych

| Badana izolacja | Rezystancja izolacji (MΩ) |
|--|---------------------------|
| 1. Między częściami czynnymi a korpusem: | |
| a) dla izolacji podstawowej | 2 |
| b) dla izolacji wzmocnionej | 7 |
| 2. Między obwodami pierwotnymi a obwodami wtórnymi | 5 |
| 3. Między każdym z obwodów pierwotnych a pozostałymi połączonymi obwodami pierwotnymi | 2 |
| 4. Między każdym z obwodów wtórnych a pozostałymi połączonymi obwodami wtórnymi | 2 |
| 5. Między częściami czynnymi a częściami metalowymi transformatorów II klasy ochronności oddzielonymi od części czynnych wyłącznie izolacją podstawową | 2 |
| 6. Między częściami metalowymi transformatorów II klasy ochronności oddzielonymi od części czynnych wyłącznie izolacją podstawową a korpusem | 5 |
| 7. Między dwiema foliami metalowymi stykającymi się z wewnętrzną i zewnętrzną powierzchnią osłon z materiału izolacyjnego | 2 |

2.2.4. Próba wytrzymałości elektrycznej izolacji transformatorów bezpieczeństwa lub separacyjnych

Wytrzymałość elektryczną izolacji bada się za pomocą transformatorów probierczych. Wartość napięcia probierczego określana jest w odpowiednich normach lub przepisach. Badanie polega na przyłożeniu napięcia probierczego pomiędzy dwie, odizolowane od siebie części przewodzące (na określony czas) i obserwowaniu badanego urządzenia podczas pomiaru. Jakikolwiek iskrzenie, wyładowania itp. należy traktować jako negatywny wynik próby.

Wartości napięć probierczych i miejsca ich przyłożenia podczas badań transformatorów bezpieczeństwa lub transformatorów separacyjnych podano w tabeli 4.

Tabela 4. Wartości napięć probierczych i miejsca przyłożenia napięcia dla transformatorów bezpieczeństwa lub separacyjnych

| Miejsce przyłożenia napięcia probierczego | Napięcie probiercze w zależności od napięcia roboczego (V)* | | | | |
|---|---|------|------|------|------|
| | ≤ 50 | 200 | 450 | 700 | 1000 |
| 1. Między części czynne obwodów pierwotnych a części czynne obwodów wtórnych | 500 | 2000 | 3750 | 5000 | 5500 |
| 2. Dla izolacji podstawowej lub dodatkowej między: a) częściami czynnymi, które mają lub mogą mieć różne biegunowości (np. po zadziałaniu bezpiecznika), b) częściami czynnymi a korpusem, gdy jest on przystosowany do przyłączenia do uziemienia ochronnego, c) dostępnymi częściami metalowymi a prętem metalowym o tej samej średnicy co giętki kabel lub sznur (lub metalową folią owiniętą dookoła kabla lub sznura) włożonym w otwór przepustu, odgiętki, odciążki itp. | 250 | 1000 | 1875 | 2500 | 2750 |
| 3. Dla izolacji wzmocnionej: między korpusem a częściami czynnymi | 500 | 2000 | 3750 | 5000 | 5500 |
| * Wartości napięcia probierczego dla pośrednich wartości napięcia roboczego można obliczyć przez interpolację podanych wartości, z wyjątkiem wartości napięcia roboczego przekraczających 200 V do 450 V włącznie, dla których obowiązuje wartość podana w kolumnie 450 V bez interpolacji. | | | | | |

2.3. Najczęstsze błędy i nieprawidłowości podczas pomiarów

Najczęstszymi nieprawidłowościami przy wykonywaniu pomiarów rezystancji izolacji są:

- użycie przyrządu o niewłaściwym napięciu pomiarowym,
- zbyt krótki czas trwania pomiaru,
- niewłaściwe przygotowanie do pomiaru badanego obwodu,

- nieprawidłowe wpisanie zmierzonej wartości rezystancji do protokołu pomiarowego.

Zastosowanie niewłaściwego napięcia pomiarowego dotyczy głównie użycia przyrządu o napięciu zbyt niskim. Tak wykonany pomiar może nie wykazać złego stanu izolacji. Napięcie pomiarowe powinno być zgodne z napięciem wymaganym dla badanego urządzenia. W uzasadnionych przypadkach można użyć przyrządu o napięciu wyższym o jeden stopień, np. przy pomiarach rezystancji izolacji silnika o napięciu 400/230 V zamiast miernika o napięciu 500 V można użyć miernika o napięciu 1000 V. Wyższe napięcie pomiarowe należy jednak stosować wyjątkowo i nie powinno być ono wyższe od wymaganej dla danego urządzenia skutecznej wartości napięcia probierczego o częstotliwości 50 Hz stosowanego przy badaniach wytrzymałości elektrycznej izolacji.

Zbyt krótki czas pomiaru może spowodować nieprawidłowy pomiar wartości rezystancji izolacji, szczególnie przy pomiarach w obwodach o dużej pojemności. W czasie wykonywania pomiarów rezystancji izolacji urządzeń niskiego napięcia, dla których nie ma obowiązku określania stosunku R_{60}/R_{15} , można dokonać wcześniejszego odczytu zmierzonej wartości (przed upływem 60 s od chwili przyłożenia napięcia pomiarowego), jeżeli:

- wartość zmierzona jest większa od zakresu pomiarowego używanego przyrządu,
- wartość zmierzona jest znacznie większa od wartości wymaganej przez normę, a w czasie około 5 s wskazówka przyrządu nie zmienia wskazań,
- wartość zmierzona jest równa 0.

Nieprawidłowe przygotowanie badanego obiektu do pomiaru dotyczy przede wszystkim pomiarów w obwodach oświetleniowych. Najczęstszym błędem jest wykonywanie pomiarów w tych obwodach przy wyłączonych łącznikach oświetlenia, bez odłączania od obwodu opraw oświetleniowych lub bez usuwania źródeł światła z opraw. W efekcie takiego uproszczenia, pomiarem objęta jest tylko część obwodu pomiędzy rozdzielnicą zasilającą a łącznikiem. Pomiarem nie jest objęta część obwodu za łącznikiem (sufitowa). Przydatność takich pomiarów w profilaktyce przeciwpożarowej jest niewielka.

Często spotykanym błędem lżejszej wagi jest wpisywanie w protokołach pomiarowych wartości zmierzonej równej „∞” lub „OFL”. Przy pomiarach dużych wartości rezystancji, większych od zakresu używanego przyrządu, gdy przyrząd pomiarowy wskazuje przekroczenie zakresu, do protokołu pomiarowego należy wpisać zakres przyrządu ze znakiem „>”.

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Podczas ćwiczenia należy

- 1) zapoznać się z funkcjami oraz obsługą wybranych mierników rezystancji izolacji,
- 2) wykonać pomiary rezystancji izolacji silnika elektrycznego,
- 3) wykonać pomiary rezystancji izolacji transformatora separacyjnego i transformatora bezpieczeństwa,
- 4) wykonać pomiary rezystancji izolacji przewodów instalacji elektrycznej (opcjonalnie),
- 5) wykonać próbę wytrzymałości elektrycznej izolacji transformatora separacyjnego.

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać m.in.:

- spis użytych przyrządów i schematy układów pomiarowych,
- wyniki pomiarów wykonanych poszczególnymi metodami wraz z niezbędnymi obliczeniami,
- ocenę stanu izolacji badanych urządzeń,
- uwagi i wnioski, szczególnie dotyczące rozbieżności w wartościach zmierzonych poszczególnymi metodami i przyrządami.

Wyniki wybranych pomiarów (wskazanych przez prowadzącego) należy ponadto zamieścić w protokole pomiarowym, którego wzory przedstawiono jako załącznik do niniejszej instrukcji.

....., dnia

PROTOKÓŁ nr

z pomiarów rezystancji izolacji w obwodach instalacji elektrycznej o układzie TN-C i napięciu znamionowym.....V

zainstalowanej w
.....

Pomiary wykonano przyrządem typu : nr fabr.

Temperatura otoczenia: °C

Napięcie pomiarowe przyrządu: V

Wymagana rezystancja izolacji: MΩ

WYNIKI POMIARÓW

| Lp. | Nazwa i miejsce zainstalowania badanego obwodu | Zmierzona rezystancja izolacji (MΩ) | | | | | | Rezystancja izolacji spełnia wymagania tak - nie ¹⁾ |
|-----|--|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--|
| | | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | L1-PEN | L2-PEN | L3-PEN | |
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Uwagi i wnioski:

1. Wynik oględzin instalacji i urządzeń jest: pozytywny – negatywny ¹⁾

2. Zauważone usterki:

.....

3. Wyniki pomiarów rezystancji izolacji są: pozytywne-negatywne ¹⁾

4. Stwierdzone nieprawidłowości:

.....

5. Badana instalacja jest sprawna i nadaje się do eksploatacji: tak – nie ¹⁾

6. Należy wykonać następujące prace naprawcze:

.....

7. Uwagi dodatkowe:

.....

8. Data wykonania badania:

9. Termin następnego badania:

10. Przeprowadzający badania (imię i nazwisko, uprawnienia, podpis):

.....

1) niepotrzebne skreślić

....., dnia

PROTOKÓŁ nr

**z pomiarów rezystancji izolacji w obwodach instalacji elektrycznej
o układzie TN-S / TT ¹⁾ i napięciu znamionowym.....V**

zainstalowanej w

Pomiary wykonano przyrządem typu : nr fabr.

Temperatura otoczenia: °C

Napięcie pomiarowe przyrządu: V

Wymagana rezystancja izolacji: MΩ

WYNIKI POMIARÓW

| Lp. | Nazwa i miejsce zainstalowania badanego obwodu | Zmierzona rezystancja izolacji (MΩ) | | | | | | | | | | Rezystancja izolacji spełnia wymagania tak – nie ¹⁾ |
|-----|--|-------------------------------------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|---|
| | | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | L1-N | L2-N | L3-N | L1-PE | L2-PE | L3-PE | N-PE | |
| 1. | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Uwagi i wnioski:

1. Wynik oględzin instalacji i urządzeń jest: pozytywny – negatywny ¹⁾

2. Zauważone usterki:

.....

3. Wyniki pomiarów rezystancji izolacji są: pozytywne-negatywne ¹⁾

4. Stwierdzone nieprawidłowości:

.....

5. Badana instalacja jest sprawna i nadaje się do eksploatacji: tak – nie ¹⁾

6. Należy wykonać następujące prace naprawcze:

.....

7. Uwagi dodatkowe:

.....

8. Data wykonania badania:

9. Termin następnego badania:

10. Przeprowadzający badania (imię i nazwisko, uprawnienia, podpis):

.....

1) niepotrzebne skreślić