

ĆWICZENIE 7

BADANIE REZYSTANCJI IZOLACJI STANOWISKA PRACY

7.1 Wprowadzenie

Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych, z uwagi na ich specyfikację, muszą być wykonywane z zachowaniem maksymalnej ostrożności i przestrzegania zasad organizacji pracy oraz przepisów bhp.

Jednym ze środków ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim jest izolowanie stanowiska pracy. Polega ono na odizolowaniu człowieka od podłoża w obrębie obsługiwane urządzenia elektrycznego. Ten środek ochrony może być stosowany w pomieszczeniach suchych w odniesieniu do urządzeń prądu stałego i przemiennego do 1 kV. Pomiar rezystancji izolacji stanowi zatem wyznacznik bezpiecznej obsługi urządzeń elektroenergetycznych.

7.2 Podstawowe pojęcia dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach do 1 kV

Część czynna – przewód lub część przewodząca urządzenia lub instalacji elektrycznej, która znajduje się pod napięciem w warunkach normalnej pracy instalacji elektrycznej i nie pełni funkcji przewodu ochronnego; częścią czynną jest przewód neutralny N , lecz nie jest nim przewód ochronny PE ani ochronno- neutralny PEN [1].

Część przewodząca dostępna – część przewodząca instalacji elektrycznej dostępna dla dotyku palcem probierczym, która może być dotknięta i która w warunkach normalnej pracy instalacji nie znajduje się pod napięciem, lecz w wyniku uszkodzenia może się znaleźć pod napięciem.

Część przewodząca obca – część przewodząca nie będąca częścią urządzenia ani instalacji elektrycznej, która może się znaleźć pod określonym potencjałem, zazwyczaj pod potencjałem ziemi; zalicza się do niej metalowe konstrukcje, rurociągi, przewodzące podłogi i ściany.

Części jednocześnie dostępne – przewody lub części przewodzące, które mogą być dotknięte jednocześnie przez człowieka; mogą nimi być części czynne, części przewodzące dostępne i obce, przewody ochronne i uziomy.

Miejsce dostępne – miejsce, na które można wejść bez korzystania z dodatkowego wyposażenia, jak np. drabiny.

Napięcie dotykowe (U_T) – napięcie występujące w razie uszkodzenia izolacji między dwoma punktami, z którymi mogą się zetknąć jednocześnie ręce lub ręka i stopy człowieka

Dotyk bezpośredni – dotknięcie przez człowieka części czynnych.

Dotyk pośredni – dotknięcie przez człowieka części przewodzących dostępnych, które znalazły się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji.

Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa) – zespół środków technicznych chroniących przed zetknięciem człowieka z częściami czynnymi.

Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa) – zespół środków technicznych chroniących przed dotknięciem przez człowieka części przewodzących dostępnych, które znalazły się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji.

Ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca – zespół środków technicznych chroniących przed porażeniem, gdy ochrona podstawowa zawodzi lub zostaje celowo ominięta, a ochrona przed dotykiem pośrednim nie zapobiega rażeniu.

Bariera (przeszkoda) – element chroniący przed niezamierzonym dotykiem bezpośrednim części czynnych, lecz nie chroniący przed dotykiem bezpośrednim spowodowanym działaniem rozmyślnym.

Przewód neutralny N – przewód połączony bezpośrednio z punktem neutralnym (zerowym) układu sieci i mogący służyć do przesyłania energii elektrycznej.

Przewód ochronny PE – uziemiony przewód stanowiący element zastosowanego środka ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej, nie podlegający obciążeniu prądami roboczymi, do którego przyłącza się części przewodzące dostępne, połączony z główną szyną uziemiającą.

Przewód ochronno-neutralny PEN – uziemiony przewód spełniający równocześnie funkcję przewodu ochronnego PE i przewodu neutralnego N .

Przewód powrotny R – przewód czynny wyprowadzony z punktu zerowego układu prądu stałego, służący do przesyłania energii elektrycznej.

Przewód skrajny – przewód czynny (przewody fazowe przy prądzie przemiennym oraz przewody dodatni i ujemny przy prądzie stałym) nie będący przewodem neutralnym N i przewodem powrotnym R .

Przewód uziemiający E – przewód łączący zacisk uziemiający (zacisk probierczy uziomowy, część uziemianą, przewód ochronny PE) z uziomem.

Przewód wyrównawczy nieuziemiony CC – nieuziemione połączenie wyrównawcze miejscowe, łączące ze sobą wszystkie nieuziemione części jednocześnie dostępne.

Przewód wyrównawczy główny CC – połączenie wyrównawcze główne łączące z główną szyną uziemiającą przewód ochronny PE , ochronno-neutralny PEN , części przewodzące obce i dostępne.

Przewód wyrównawczy dodatkowy (miejscowy) CC – połączenie wyrównawcze dodatkowe łączące ze sobą przewód ochronny PE , ochronno-neutralny PEN , części przewodzące obce i dostępne.

7.3 Skutki przepływu prądu przez organizm ludzki

Prąd elektryczny przepływając przez ciało człowieka wywołuje w nim zmiany fizyczne, chemiczne i biologiczne, ogólnie nazywane rażeniem elektrycznym. Następstwa działania prądu elektrycznego zależą od:

- rodzaju prądu (przemienny, stały),
- wielkości i częstotliwości płynącego prądu,
- czasu trwania rażenia,
- drogi przepływu prądu w organizmie,
- cech indywidualnych i stanu fizjologicznego organizmu w chwili rażenia.

Wielkość prądu przepływającego przez organizm człowieka jest proporcjonalna do napięcia dotykowego i odwrotnie proporcjonalna do rezystancji ciała. Rezystancja ciała człowieka zmienia się w szerokim zakresie i jest zależna od:

- warunków środowiskowych,
- stanu naskórka,
- indywidualnych cech człowieka.

Przy prądach przemiennych ciało człowieka przedstawia sobą nie tylko rezystancję, lecz również reaktancję, wskutek występowania pojemności. Efekt oddziaływania przez dłuższy czas prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz na organizm dorosłej osoby w dobrym stanie zdrowia, przedstawiono w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Oddziaływanie prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz na organizm ludzki, wg [1]

| Wartość skuteczna prądu rażenia [mA] | Objawy | Prawdopodobieństwo śmiertelnego porażenia |
|--------------------------------------|---|---|
| 0.5 | Brak reakcji organizmu | Śmiertelne porażenie mało prawdopodobne |
| 1 | Próg odczuwania (łaskotanie swędzenie) | |
| 1÷3 | Odczuwanie bezbolesne (cierpięcie dłoni, nieznaczny wzrost ciśnienia tętniczego krwi) | |
| 3÷10 | Odczuwanie bolesne (skurcze dłoni i drżenie rąk) | |
| 10 | Początek skurczów mięśni (trudności samodzielnego oderwania się od elektrod) | |
| 30 | Początek paraliżu dróg oddechowych | |
| 75 | Początek migotania komór serca | Zachodzi niebezpieczeństwo utraty życia |
| 250 | Migotanie komór serca | |
| 4 A | Paraliż i zatrzymanie pracy serca | |
| ponad 5 A | Zwęglenie tkanek organizmu | |

Na podstawie badań przyjęto, że maksymalna dopuszczalna dla człowieka wartość prądu płynącego przez dłuższy czas wynosi:

- **30 mA prądu przemiennego,**
- **70 mA prądu stałego.**

Prądy te mogą być wywoływane przez napięcia o różnych wartościach w zależności od impedancji, jaką w danych warunkach środowiskowych przedstawia sobą ciało człowieka.

7.4 Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach i instalacjach do 1 kV

Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach i instalacjach elektrycznych niskiego napięcia ma na celu:

- ograniczenie prądów rażeniowych przepływających przez ciało człowieka lub zwierzęcia do wartości nie większych niż uznawane za bezpieczne w danych warunkach,

- ograniczenie czasów przepływu prądu prądów rażeniowych przez szybkie wyłączenie uszkodzonych urządzeń tak aby zapobiec powstaniu groźnych dla zdrowia i życia skutków patofizjologicznych.

Ochrona przeciwporażeniowa spełniająca te podstawowe wymagania może być realizowana przez:

- uniemożliwienie dotknięcia części czynnych pozostających pod napięciem w warunkach normalnej pracy,
- zastosowanie bardzo niskich napięć (bezpiecznych *SELV*, ochronnych *PELV*), które nie wywołują przepływu prądów rażeniowych zagrażających zdrowiu i życiu, nawet przy bezpośrednim dotknięciu części czynnych przez człowieka,
- spowodowanie szybkiego wyłączenia uszkodzonych urządzeń w przypadku uszkodzeń wywołujących napięcia dotyku na dostępnych częściach przewodzących o wartościach niebezpiecznych dla zdrowia i życia,
- ograniczenie napięć dotykowych na dostępnych częściach przewodzących w przypadku różnorodnych uszkodzeń do wartości uznanych w danych warunkach za dopuszczalne,
- jednoczesne zastosowanie dwóch lub więcej z podanych środków ochrony.

W zależności od wartości napięć źródeł zasilania oraz układu sieci rozróżnia się ochronę przeciwporażeniową:

- przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa),
- przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa),
- przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.

7.5 Izolowanie stanowiska pracy jako środek ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim

Izolowanie stanowiska pracy ma na celu zmniejszenie prądu rażeniowego (I_r) poprzez zwiększenie rezystancji przejścia o dodatkową rezystancję izolowanego stanowiska (R_{st}).

Na izolowanym stanowisku nie powinny być stosowane przewody ochronne PE i ochronno neutralne PEN.

Wymagania dotyczące ochrony przeciwporażeniowej przez zastosowanie izolacji stanowiska pracy uznaje się za spełnione, jeżeli:

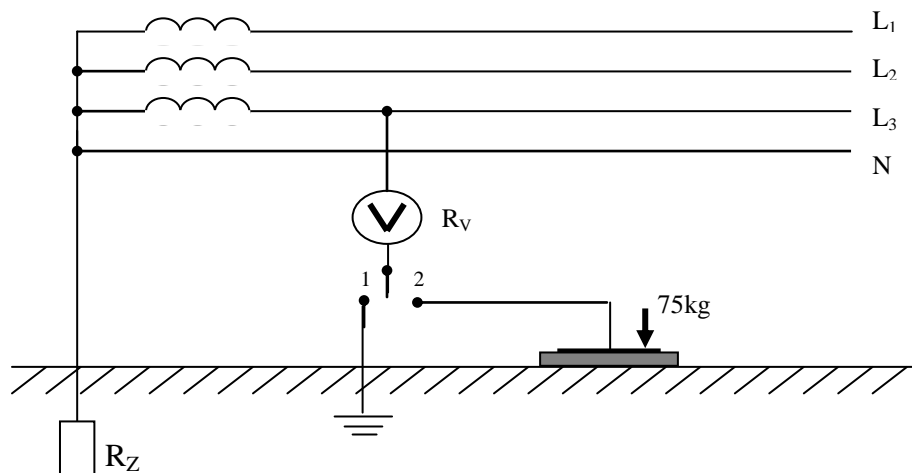
- a) rezystancja podłogi i rezystancja ścian jest:
 - nie mniejsza niż 50 k Ω w przypadku instalacji o napięciu znamionowym nie przekraczającym 500 V prądu przemiennego lub 750 V prądu stałego,
 - nie mniejsza niż 100 k Ω przy w przypadku instalacji o napięciu znamionowym przekraczającym 500 V prądu przemiennego lub 750 V prądu stałego;
- b) oddalenie między częściami przewodzącymi dostępnymi jest nie mniejsze niż 2 m, przy czym odległość ta może być zmniejszona do 1,25 m, jeżeli części znajdują się poza strefą zasięgu ręki; oznacza to, że człowiek nie powinien dotknąć przypadkowo ani celowo, bez użycia dodatkowych przedmiotów, różnych urządzeń elektrycznych lub jednej obudowy i obcej części przewodzącej;
- c) umieszczenie barier między częściami przewodzącymi, zwiększających odległość na drodze możliwego równoczesnego dotyku do wartości podanych w punkcie b); bariery powinny być wykonane z materiałów izolacyjnych i nie powinny być uziemione ani przyłączone do części przewodzących;
- d) pokrycie części przewodzących obcych trwałą powłoką lub osłoną izolacyjną o odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej i elektrycznej, wytrzymującej w ciągu 1 min napięcie probiercze 2000 V i ograniczającej prąd upływowy do 1 mA w normalnych warunkach pracy.

Materiały wykorzystane do izolowania stanowiska powinny mieć trwałe właściwości izolacyjne i odpowiednią odporność na zużycie mechaniczne oraz powinny być trwale przymocowane do podłoża. Izolacja nie powinna być narażona na działanie wilgoci w stopniu ograniczającym jej funkcje ochronne, tj. wywołującym zmniejszenie się rezystancji stanowiska i ścian poniżej podanych wartości wg [1, 2].

7.6 Metody badania rezystancji stanowiska pracy

Metoda woltomierzowa

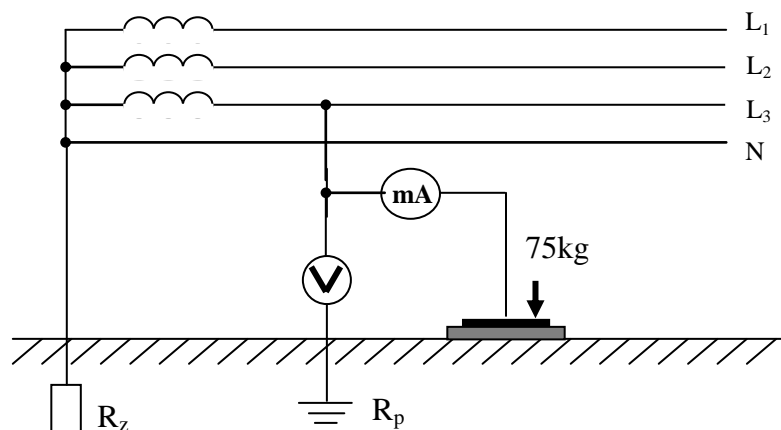
Polega na wykorzystaniu podziału napięcia na szeregowo połączonych rezystancjach woltomierza R_V i badanego stanowiska R_{st} (rys. 6.1). W położeniu 1 dokonuje się pomiaru napięcia fazowego względem ziemi U_1 , a w położeniu 2 spadku napięcia na badanym materiale izolacyjnym.



Rys. 6.1. Schemat układu do pomiaru rezystancji izolacji stanowiska pracy metodą woltomierzową

Metoda techniczna

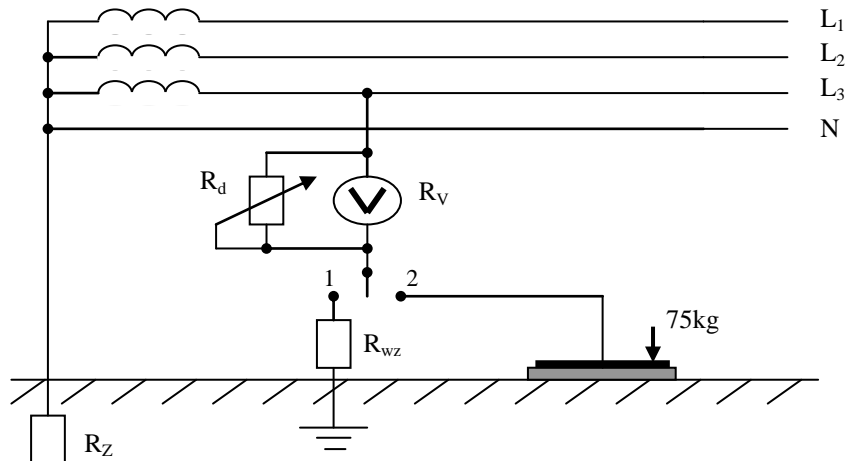
Metoda może być stosowana w każdych warunkach (rys. 6.2), zarówno w terenie jak i w laboratorium. Warunkiem koniecznym jest, aby napięcie użyte w badaniu wynosiło, co najmniej $0.9 U_n$. Dokładność pomiaru uzależniona jest od wartości rezystancji uziomu R_p . Zaleca się, aby uziomem były metalowe rury sieci wodociągowej, których rezystancja na ogół nie przekracza 0.5Ω .



Rys. 6.2. Schemat układu do pomiaru rezystancji izolacji stanowiska pracy metodą techniczną

Metoda porównawcza

Umożliwia ona wyznaczenie dolnej rezystancji granicznej stanowisk izolowanych. W metodzie porównawczej korzystamy z rezystora wzorcowego, jego wartość dobieramy w zależności od żądanej wartości rezystancji stanowiska pracy. Jeżeli rezystancja danego stanowiska będzie większa od R_{wz} , to występująca różnica potencjałów na woltomierzu, spowoduje wychylenie mniejsze od wzorcowego. Odwrotnie będzie dla stanowiska dobrze przewodzącego.



Rys. 6.3. Schemat układu do pomiaru rezystancji stanowiska pracy metodą porównawczą

Metoda bezpośredniego pomiaru

Polega na wykorzystaniu miernika do pomiaru rezystancji izolacji. Jest metodą wygodną do stosowania ze względu na łatwą procedurę pomiaru.

7.7 Zalecenia normy

Na podstawie PN-IEC 60364-6-61 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych Sprawdzenie; Sprawdzenie odbiorcze.

- Pomiar rezystancji izolacji stanowiska pracy zaleca się wykonywać przed wykończeniem badanej powierzchni tzn. pokryciem lakierem, farbą i podobnymi środkami.
- Elektroda probiercza powinna składać się z metalowej płytki kwadratowej o bokach 250 mm i zwilżonego, wchłaniającego wodę kwadratowego kawałka papieru lub tkaniny, o bokach 270 mm, z którego usunięto nadmiar wody, umieszczonego między metalową płytą a badaną powierzchnią. W czasie pomiaru do elektrody należy przyłożyć siłę około 750 N w przypadku podłóg oraz 250 N w przypadku ścian.

Literatura:

1. Markiewicz H.: Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. WNT, Warszawa 1999 r.
2. PN-IEC 60364-4-41 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.