

Ćwiczenie S 19

BADANIE UKŁADÓW OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ PRZEZ ZASTOSOWANIE SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZANIA ZASILANIA

1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z układami ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim (ochrony dodatkowej) opartymi na samoczynnym wyłączaniu zasilania oraz z metodami badania sprawności tych układów stosowanymi w eksploatacji

2. Program ćwiczenia

2.1. Badanie obwodu zabezpieczonego urządzeniami ochronnymi przetężeniowymi

Badaniom podlega obwód gniazda wtykowego w sali laboratoryjnej Instytutu Elektroenergetyki.

2.1.1. Określenie prądu wyłączającego urządzenia ochronnego

Należy sprawdzić w rozdzielni typ i prąd znamionowy zastosowanego w obwodzie urządzenia ochronnego. Następnie określić jego prąd wyłączający I_a . Wartość tego prądu jest niezbędna do wyznaczenia impedancji pętli zwarcia z zależności

$$Z_p I_a \leq U_o$$

w którym:

Z_p – impedancja pętli zwarcia

I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia wyłączającego
w czasie zależnym od napięcia znamionowego U_0

U_o – napięcie znamionowe względem ziemi

Dla wyłączników instalacyjnych nadprądowych, wartość prądu I_a zależy od charakterystyki czasowo-prądowej wyzwalacza elektromagnetycznego wyłącznika i wynosi odpowiednio:

- dla wyłącznika z charakterystyką typu **B** $I_a = 5I_n$
- dla wyłącznika z charakterystyką typu **C** $I_a = 10I_n$
- dla wyłącznika z charakterystyką typu **D** $I_a = 50I_n$
- dla starych wyłączników z charakterystyką typu **L** $I_a = 5I_n$
- dla starych wyłączników z charakterystyką typu **U** $I_a = 10I_n$

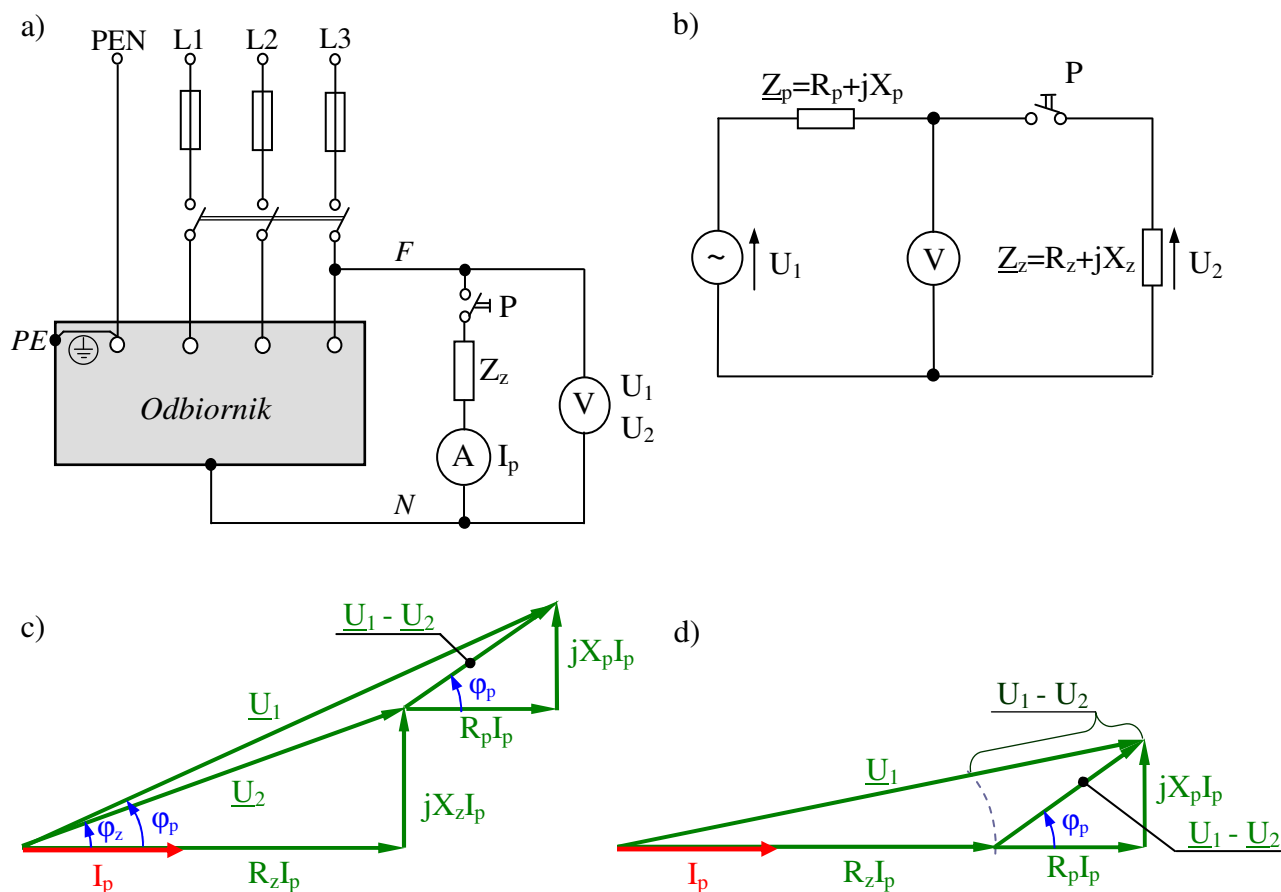
gdzie I_n - prąd znamionowy wyłącznika.

Norma [8] podaje, że dla prądów nie mniejszych niż podane wyżej wartości, czas wyłączania nie może przekraczać 0,1 s.

2.1.2. Pomiar impedancji pętli zwarcia

Należy zmierzyć impedancję pętli zwarcia między stykiem ochronnym (bolcem) a stykiem fazowym badanego gniazda. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów ustalić, wykorzystując woltomierz, do którego styku gniazodka doprowadzany jest przewód fazowy.

Pomiary impedancji pętli zwarcia przeprowadza się specjalnymi miernikami. W większości mierników sposób pomiaru impedancji pętli zwarcia oparty jest na dokonywaniu sztucznego zwarcia przewodu fazowego z korpusem chronionego obiektu (częścią przewodzącą dostępną) przez odpowiednio dobraną impedancję. Zasada pomiaru przedstawiona jest na rys. 2.1. Najpierw mierzy się napięcie źródła U_1 dokonując odczytu wskazania woltomierza V przy otwartym łączniku P. Następnie zamyka się łącznik P i dokonuje odczytu napięcia U_2 na impedancji Z_z sztucznego zwarcia oraz odczytu prądu zwarcia I_p na amperomierzu A.



Rys. 2.1. Zasada pomiaru impedancji pętli zwarciowej:

a) układ pomiarowy, b) schemat zastępczy pętli sztucznego zwarcia, c) wykres wektorowy sztucznego zwarcia przez impedancję, d) wykres wektorowy sztucznego zwarcia przez rezystancję

Impedancję pętli zwarcia można obliczyć z zależności:

$$\underline{Z}_p = \frac{\underline{U}_1 - \underline{U}_2}{\underline{I}_p} \quad (2.1)$$

Jeżeli impedancja sztucznego zwarcia $\underline{Z}_z$ jest znana, to prąd $\underline{I}_p$ można określić jako

$$\underline{I}_p = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_z} \quad (2.2)$$

a impedancję pętli zwarcia można obliczać z zależności:

$$\underline{Z}_p = \underline{Z}_z \cdot \frac{\underline{U}_1 - \underline{U}_2}{\underline{U}_2} \quad (2.3)$$

Jeżeli kąt impedancji pętli zwarcia ϕ_p jest bliski kątowi sztucznego zwarcia ϕ_z (rys. 2.1c), to moduł impedancji pętli zwarcia można z wystarczającą dokładnością określić wzorem

$$Z_p = Z_z \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_2} \quad (2.4)$$

Najczęściej jednak zastosowana w miernikach impedancji sztucznego zwarcia jest rezystancja R_z . W takim przypadku moduł impedancji pętli zwarcia Z_p powinien być obliczany z zależności

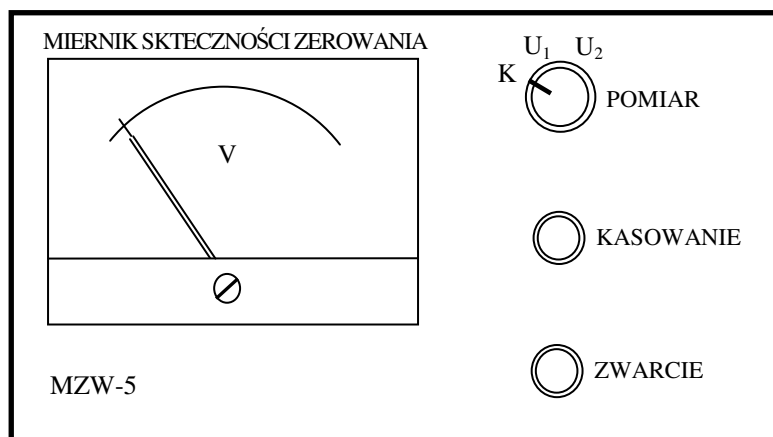
$$Z_p = R_z \cdot \frac{|U_1 - U_2|}{U_2} \quad (2.5)$$

Jeśli więc do obliczeń stosuje się wzór 2.4 (uwzględniając, że $Z_z = R_z$), to obliczony wynik będzie poprawny tylko wtedy, gdy impedancja pętli zwarcia badanego obwodu ma charakter praktycznie rezystancyjny. W innych przypadkach błąd systematyczny pomiaru powinien być określony, a wynik skorygowany. Jest to istotne, ponieważ błąd pomiaru jest ujemny (na rys. 2.1d widać, że $U_1 - U_2 < |\underline{U}_1 - \underline{U}_2|$), czyli ze wzoru 2.4 otrzymuje się mniejszą od rzeczywistej wartość impedancji pętli. Przy kątach impedancji pętli zwarcia $\leq 20^\circ$ błąd systematyczny nie przekracza 6% [11]. Innym źródłem błędów opisanej metody jest pominięcie wpływu obciążenia roboczego sieci. Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przeprowadza się w obciążonej sieci. Jeżeli nawet badany odbiornik jest wyłączony, to pozostają w ruchu inne odbiorniki. Z dokładnej analizy błędów wynika, że przy zachowaniu dopuszczalnych spadków napięcia w sieci wpływ obciążenia na wyniki impedancji pętli zwarcia nie przekracza kilku procent [11].

Przypadkowe błędy pomiaru powstają także w następstwie przypadkowych wahań i odchyień napięcia (głównie ze względu na niejednoczesność pomiaru napięć U_1 i U_2).

Pomiar miernikiem MZW-5

Widok płyty czołowej miernika przedstawiony jest na rys. 2.2.



Fot. 1. Miernik MZW-5

Rys. 2.2. Widok płyty czołowej miernika MZW-5

Pomiar opiera się na przedstawionej powyżej zasadzie wykonywania sztucznego zwarcia. Prąd sztucznego zwarcia w zależności od używanych zacisków wynosi 50 A lub 100 A i uzależniony jest od wartości rezystora R_z . W związku z tym wzór obliczeniowy ma postać:

$$\begin{aligned} Z_{p50} &= R_{z1} \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_2} \\ Z_{p100} &= R_{z2} \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

gdzie: R_{z1} - rezystancja sztucznego zwarcia dla prądu zwarcia 50 A,
 R_{z2} - rezystancja sztucznego zwarcia dla prądu zwarcia 100 A,
 Z_{p50} - impedancja pętli zwarcia mierzona prądem 50 A,
 Z_{p100} - impedancja pętli zwarcia mierzona prądem 100 A.

Wartości R_{z1} i R_{z2} podane są na płycie tylnej miernika.

Przebieg pomiaru

- Połączyć zaciski miernika z badanym urządzeniem przewodami pomiarowymi, zacisk F z zaciskiem przewodu fazowego, zacisk Z_{p50} (Z_{p100}) z obudową chronionego urządzenia (w przypadku gniazda wtyczkowego z kołkiem).
- Dokonać pomiaru napięcia fazowego U_1 . W tym celu przełącznik POMIAR ustawić w pozycji U_1 .
- Dokonać kontroli ciągłości przewodów ochronnych przez ustawienie przełącznika pomiar w pozycję K. Jeżeli woltomierz wskazuje:
 - napięcie równe napięciu fazowemu U_1 można kontynuować pomiar,
 - napięcie co najmniej o 5% mniejsze od napięcia sieci, należy orzec o nieskuteczności ochrony, **dalsze kontynuowanie pomiarów jest niebezpieczne i bezcelowe.**
- Jeżeli próba ciągłości przewodów ochronnych wypadła pomyślnie dokonać pomiaru napięcia U_2 . W tym celu przełącznik POMIAR ustawić w pozycji U_2 . Jeżeli wskazówka woltomierza nie znajduje się w pozycji „0” wyzerować miernik przy pomocy przycisku KASOWANIE (trzymać wciśnięty, aż wskazówka ustawi się w pozycji „0”). Po wyzerowaniu woltomierza spowodować sztuczne zwarcie przez naciśnięcie przycisku ZWARCIE, następuje impulsowe zadziałanie stycznika. Wskazówka woltomierza płynnym ruchem dojdzie do pewnej wartości po czym zacznie wolno opadać. Maksymalne wskazanie woltomierza jest napięciem U_2

Aby ustrzec się przed zakłóceniami spowodowanymi przez stycznik miernika, pomiar U_2 należy wykonać minimum 3 razy i wyniki odbiegające od pozostałych o co najmniej 2 działki (20 V) odrzucić.

- e) Obliczyć impedancję pętli zwarcia ze wzoru (2.3). Obliczony wynik skorygować wg wzoru:

$$\begin{aligned} Z_p &= Z_{p50} + P - R_{prz} \\ Z_p &= Z_{p100} + P - R_{prz} \end{aligned} \quad (2.7)$$

gdzie: P - poprawka związana z kątem impedancji pętli zwarciowej (dla kątów $< 20^\circ$ można przyjąć $P = 0$)
 R_{prz} - rezystancja przewodów pomiarowych.

Pomiar miernikiem MOZ

Miernik działa również na opisanej wcześniej zasadzie sztucznego zwarcia przez niewielką rezystancję R_z , wywołującą prąd 40 A (przy impedancji pętli zwarcia równej zero). Przełączenia w obwodzie pomiarowym odbywają się samoczynnie za pomocą łączników tyrystorowych sterowanych przez układy elektroniczne uruchamiane przyciskiem.



Fot. 2. MIERNIK OPORU ZWARCIOWEGO

Zwarcie pomiarowe jest włączane na jeden półokres napięcia sieci (0,01 s). Napięcie sieci bez zwarcia (U_1) przyłączane jest w kilku sąsiadujących półokresach tej samej biegunowości. Wartości szczytowe obu napięć zapamiętane przez kondensatory za pośrednictwem wzmacniaczy tranzystorowych są podane na cewki logometru magnetoelektrycznego. Logometr wskazuje wartość rezystancji pętli zwarciowej R_p .

Przebieg pomiaru

- Połączyć zaciski miernika z badanym urządzeniem przewodami pomiarowymi.
- Sprawdzić stan lampki kontrolnej umieszczonej pod podziałką miernika. Nie świecenie lampki oznacza zanik napięcia lub przerwę w przewodzie ochronnym. W przypadku przerwy w przewodzie ochronnym należy przerwać czynności pomiarowe i orzec o nieskuteczności ochrony.
- W przypadku świecenia lampki kontrolnej po upływie 3 s nacisnąć przycisk na mierniku i nie zwalniając nacisku po uspokojeniu się wahań wskazówki

odczytać na podziałce wynik rezystancji pętli zwarcia. Przycisk nie powinien być wciśnięty przez czas dłuższy niż 5 s.

- d) Odłączyć miernik od badanego urządzenia.
- e) Obliczyć rezystancję pętli zwarcia ze wzoru:

$$R_p = R_{pm} - R_{prz} \quad (2.8)$$

gdzie: R_{pm} - rezystancja odczytana na skali miernika,
 R_{prz} - rezystancja przewodów pomiarowych.

Podobnie, jak dla miernika MZW-5, wynik pomiaru obarczony jest błędem wynikającym z kąta impedancji pętli zwarcia. Jak wynika z tabeli współczynników korekcyjnych podanych przez producenta [12] wynik pomiaru R_{pm} otrzymuje się z dostateczną dokładnością dla kątów impedancji zwarcia badanych obwodów $\leq 20^\circ$

Wykonać trzy pomiary i jako wartości rezystancji pętli zwarcia przyjąć wartość średnią.

Pomiar miernikiem MIE-500

Miernik instalacji elektrycznych MIE-500 jest cyfrowym wielofunkcyjnym przyrządem przeznaczonym do pomiaru parametrów instalacji zabezpieczonych wyłącznikami nadprądowymi oraz różnicowoprądowymi w sieciach typów: TN-C, TN-S, TN-CS, TT.

Widok powierzchni czołowej miernika przedstawia fot. 3 natomiast opisem funkcji przyrządu, gniazd, klawiatury i wyświetlacza zamieszczono na końcu instrukcji.

Przebieg pomiaru

- a) Połączyć miernik z badanym obwodem przewodami stanowiącymi wyposażenie przyrządu (zalecany przewód zakończony wtyczką).
- b) Wybrać przełącznikiem obrotowym funkcję Z_s, I_k
- c) Włączyć zasilanie bateryjne miernika (klawiszem czerwonym). Na polu dodatkowym wyświetlacza pojawi się



Fot.3. Miernik MIE-500

bieżąca wartość napięcia pomiędzy zaciskami L i PE(N), a na polu głównym - ustawiony rodzaj przewodów pomiarowych.

- d) Klawiszami U_L i S (niebieskimi) wybrać długość (rodzaj) zastosowanych przewodów pomiarowych. Kolejne naciskanie klawisza U_L powoduje zmianę w sekwencji: przewód z wtyczka, sonda ostrzowa 1,2 m, 5 m, 10 m, 20 m, a naciskanie przycisku S - w sekwencji odwrotnej.
- e) Uruchomić pomiar klawiszem START (żółtym). Na polu głównym wyświetlacz ukaże się wartość impedancji pętli zwarcia. Kolejny pomiar jest możliwy po krótkim sygnale dźwiękowym.

Przed wykonaniem pomiaru impedancji miernik automatycznie sprawdza ciągłość mierzonego obwodu. Kontrola następuje w ciągu 20 ms (1 okresu) przy prądzie o maksymalnym natężeniu 15 mA. Właściwy pomiar (sztuczne zwarcie) wykonywany jest dopiero po stwierdzeniu, że impedancja badanego obwodu jest mniejsza niż 3 k Ω . W przeciwnym wypadku miernik sygnalizuje brak ciągłości obwodu przez wyświetlanie symbolu 53 (patrz opis na końcu instrukcji) i wygenerowanie dwóch długich sygnałów dźwiękowych.

Po wykonaniu pomiaru (krótkim sygnale dźwiękowym) istnieje możliwość przełączenia wyświetlacza klawiszem SEL (białym) z wartości impedancji pętli zwarcia na spodziewany prąd zwarcia i odwrotnie. Spodziewany prąd zwarcia jest wyliczany według wzoru:

$$I_k = \frac{U_n}{Z_s} \quad (2.9)$$

gdzie: $U_n = 230V$ - napięcie nominalne w sieci ustawione w mierniku,
 Z_s - zmierzona impedancja pętli zwarcia.

Wykonać trzy pomiary Z_s i I_k i wyłączyć miernik (klawiszem czerwonym).

2.1.2. Ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej

Ochrona przeciwporażeniowa oparta na działaniu urządzeń przetężeniowych (nadmiarowoprądowych), np. wyłączników samoczynnych lub bezpieczników topikowych, będzie skuteczna wtedy, gdy przy zwarcu między przewodem fazowym i częścią przewodzącą dostępną urządzenia chronionego (w tym wypadku — bolcem zerującym gniazda w badanym obwodzie) popłynie tak duży prąd zwarcia, że

spowoduje samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w czasie nie przekraczającym 0,4 s. Warunkiem skuteczności tej ochrony jest więc odpowiednio mała impedancja Z_p pętli zwarciowej, obejmującej źródło zasilania, przewód fazowy aż do punktu zwarcia i przewód ochronny między punktem zwarcia a źródłem, gwarantująca wartość prądu zwarciowego nie mniejszą od prądu szybkiego samoczynnego zadziałania I_a urządzenia wyłączającego.

Sprawdzenie tego warunku polega na obliczeniu maksymalnej dopuszczalnej impedancji pętli zwarciowej $Z_{p\ dop}$ przy znamionowym napięciu przewodu fazowego względem ziemi U_o ze wzoru

$$Z_{p\ dop} = \frac{U_o}{I_a} \quad (2.10)$$

i porównaniu jej z pomierzoną wartością impedancja pętli Z_p (rezystancji R_p).

Spełnienie relacji

$$Z_p \leq Z_{p\ dop} \quad (2.11)$$

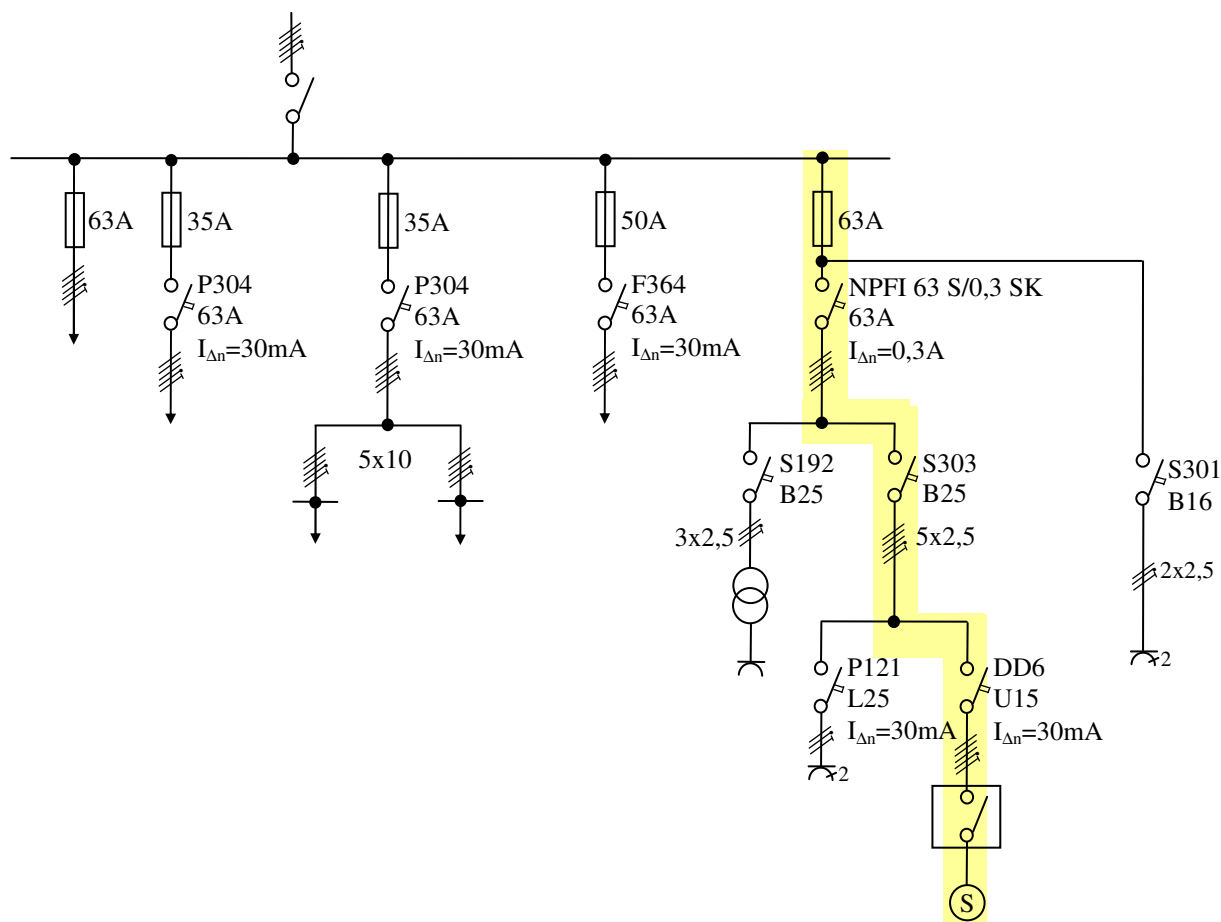
oznacza skuteczność ochrony.

W sprawozdaniu należy zestawić wyniki pomiarów uzyskane różnymi miernikami, przedyskutować rezultaty i dokonać ostatecznej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w badanym obwodzie.

2.2.1. Badanie obwodu zabezpieczonego urządzeniami ochronnymi różnicowoprądowymi

Badaniom podlega obwód podwójnego gniazda jednofazowego z zabezpieczeniem różnicowoprądowym, obwód silnika 3-fazowego z własnym zabezpieczeniem różnicowoprądowym oraz oddzielny zespół sześciu gniazd jednofazowych, zawierających błędy w połączeniach, które należy zidentyfikować na podstawie odpowiednich pomiarów i badań.

Schemat badanych obwodów przedstawiono na rysunku 2.4.



Rys. 2.4. Schemat ideowy obwodów z zabezpieczeniami w laboratorium

2.2.1 Kontrola wyłączników przeciwporażeniowych różnicowoprądowych

- Sprawdzić prawidłowość doboru wyłączników różnicowoprądowych.

Należy sprawdzić następujące parametry wyłączników: napięcie znamionowe, znamionowy prąd ciągły i znamionowy prąd wyzwalający. Napięcie znamionowe musi być dostosowane do napięcia roboczego sieci, natomiast prąd znamionowy - do obciążenia obwodu.

Przy szeregowym połączeniu wyłączników różnicowych należy zwrócić uwagę na właściwy dobór ich parametrów: znamionowego prądu wyzwalającego i czasu zadziałania. Produkowane są wyłączniki różnicowoprądowe o następujących wartościach znamionowego prądu wyzwalającego (różnicowego) $I_{\Delta n}$: 6, 10, 30, 100, 300 lub 500 mA. Ze względu na czas zadziałania stosuje się dwa typy wyłączników: standardowe G (general type) o czasie zadziałania nieco większym od 10 ms i wyłączniki wybiórcze S (selective) o specjalnie wydłużonym czasie przetrzymywania, w granicach od 100 do 300 ms. W układzie szeregowym patrząc od strony zasilania, jako główny, zabezpieczający zwykle kilka obwodów, powinien

być zainstalowany wyłącznik selektywny o mniejszej czułości, a w poszczególnych obwodach - wyłączniki standardowe o większej czułości (niższym prądzie znamionowym różnicowym).

- Sprawdzić prawidłowość przyłączenia wyłączników różnicowo prądowych do sieci.

Po zdjęciu pokrywy z rozdzielni przy stanowisku należy sprawdzić, czy do właściwych zacisków zostały przyłączone przewody zasilające i odpływowe, jeżeli nie jest to obojętne. Sprawdzenie dotyczy również przewodu neutralnego. Zaciski do przewodu neutralnego oznacza się zwykle literą N, a sam przewód powinien być oznaczony barwą jasnoniebieską (zwykle tego koloru jest jego izolacja). Przewody fazowe L oznacza się barwą czarną, brązową lub czerwoną, a przewód ochronny PE -kombinacją dwubarwną zielono-żółtą. Wymaganie przyłączenia przewodu neutralnego do określonego toru wyłącznika może być istotne z uwagi na brak zabezpieczenia nadprądowego w przewodzie zerowym lub z uwagi na działanie toru probierczego.

- Sprawdzić prawidłowość działania wyłączników różnicowoprądowych za pomocą przycisków kontrolnych.

Każdy wyłącznik różnicowoprądowy wyposażony jest w obwód probierczy i po naciśnięciu przycisku kontrolnego T powinien zadziałać. Zadziałanie oznacza, że jest on z grubsza biorąc sprawny. Sprawdzenie jest zgrubne, ponieważ rezystor R_r w obwodzie probierczym jest tak dobrany, że po naciśnięciu przycisku popłynie prąd różnicowy większy od znamionowego prądu wyzwalamy (nawet 2,5 - krotnie). Ponadto prąd w obwodzie probierczym płynie niezależnie od stanu połączeń ochronnych i od stanu uziemień.

2.2.2. Kontrola stanu izolacji przewodów w badanych obwodach

Kontrolę stanu izolacji przeprowadza się po otwarciu wyłącznika różnicowoprądowego w rozdzielni głównej laboratorium. Stan izolacji ocenia się na podstawie pomiaru rezystancji izolacji. Pomiar w instalacji o napięciu znamionowym zawierającym się w granicach od 50 V do 500 V powinien być wykonany prądem stałym o napięciu probierczym 500 V. Izolację uważa się za zadowalającą, jeśli jej rezystancja jest nie mniejsza niż 0,5 MΩ.

Fot. 4. Megaomomierz indukcyjny

Pomiar bezpośredni miliamperomierzem

The diagram illustrates the connection of a differential current switch (RCD) to a protected device. The power supply consists of lines L1, L2, L3, N, and PE. The PE line is grounded. The RCD is connected to the L1, L2, and L3 lines. The protected device (Urządzenie chronione) is connected to the RCD's output. A warning probe (sonda ostrzowa) is connected to the RCD's output and a variable resistor (R_p) and a milliammeter (mA).

Rys. 2.5. Układ do pomiaru prądu wyzwalającego wyłącznik różnicowoprądowy

- Nastawić rezystor R_p na maksymalna wartość.
- Miliamperomierz ustawić na pomiar przy prądzie przemiennym. Skontrolować stan baterii ustawiając przełącznik zakresów w położeniu BAT. Wybrać zakres

miliamperomierza właściwy dla badanego wyłącznika (30 mA lub 300 mA).
Włączyć zasilanie bateryjne miernika.

- c) Dołączyć sondy ostrzowe do badanego obwodu zgodnie z rys. 2.5.
- d) Obserwując miliamperomierz powoli zmniejszać R_p , aż do zadziałania wyłącznika. Jako wynik pomiaru zapisać wskazanie miliamperomierza tuż przed wyłączeniem.

Badany wyłącznik należy uznać jako działający poprawnie, jeśli pomierzona wartość prądu wyzwalającego I_A zawarta jest w granicach

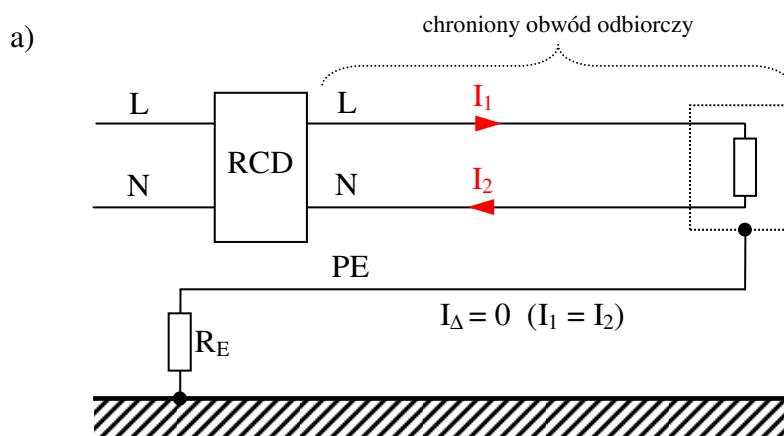
$$0,5 I_{\Delta n} < I_A < I_{\Delta n} \quad (2.12)$$

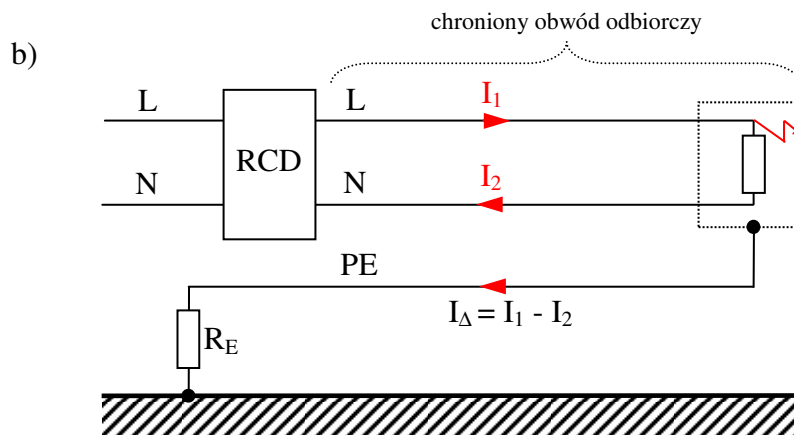
Wykonać po 3 pomiary dla każdego wyłącznika. W przypadku wyłącznika trójfazowego przyłączać układ pomiarowy do różnych przewodów fazowych.

Uwaga: Po zakończeniu pomiarów wyłączyć baterię miliamperomierza, lecz nie rozłączać układu pomiarowego!

Pomiar miernikiem MIE-500

Specjalizowany miernik instalacji elektrycznych MIE-500 pozwala na znaczne rozszerzenie zakresu badań. Oprócz prądu wyzwalającego I_A można nim mierzyć czas zadziałania t_A wyłącznika przy prądzie upływu stanowiącym krotności: 0,5; 1; 2 lub 5 prądu znamionowego $I_{\Delta n}$, napięcie dotykowe U_B przy prądzie 1 oraz rezystancję uziemienia R_E przewodu ochronnego. Pojęcie napięcia dotykowego $U_B = I_A \cdot R_E$ wyjaśnia rysunek 2.6.





Rys. 2.6. Przepływ prądów w obwodzie chronionym wyłącznikiem różnicowym:
a) - bez uszkodzenia, b) - przy zwarcu do obudowy

Przebieg pomiaru

1. Wyłącznik standardowy G 1-fazowy

- włączyć sondę w postaci wtyczki do gniazda zasilanego przez badany wyłącznik, załączyć wyłącznik różnicowy;
- wybrać przełącznikiem obrotowym funkcję pomiarową U_B , I_A ;
- klawiszem S (niebieskim) wybrać właściwy typ wyłącznika w przypadku, gdyby na wyświetlaczu znajdował się mnemonik S, oznaczający wybór wyłącznika o działaniu opóźnionym („selective”);
- klawiszem U_L wybrać wartość napięcia bezpiecznego 50V;
- klawiszem $1^\wedge$ wybrać znamionową wartość prądu różnicowego wyłącznika;
- wybrać sinusoidalny kształt prądu testowego klawiszem ESC (białym);
- wciskając klawisz START pomierzyć najpierw U_B , potem I_A (I_Δ) przez powtórne wciśnięcie klawisza START, wyniki zanotować w tabeli;
- przestawić przełącznik obrotowy na funkcję pomiarową R_E , t_A przy krotności $\times 1$;
- wciskając klawisz START pomierzyć najpierw R_E , potem t_A (przez powtórne naciśnięcie klawisza START), wyniki zanotować w tabeli.

2. Wyłącznik standardowy G 3-fazowy

- włączyć sondy ostrzowe do gniazd L i PE i przyłączyć je do badanego wyłącznika;
- wykonać pomiary dla wszystkich faz według kolejności jak dla wyłącznika jednofazowego.

3. Wyłącznik wybiórczy S 3-fazowy

Wykonać pomiary dla wszystkich faz według kolejności jak wyżej ustawiając uprzednio właściwą wartość znamionową prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ i typ „selective” wyłącznika klawiszem S (niebieskim).

Uwaga: Wyłączniki różnicowoprądowe selektywne mają opóźniony czas zadziałania. Wstępne obciążenie powodowane przez pomiar rezystancji uziemienia przy prądzie wynoszącym 40% wartości $I_{\Delta n}$, bezpośrednio poprzedzające test z pomiarem czasu zadziałania może oddziaływać na proces wyłączania takiego wyłącznika. Dla zneutralizowania tego wpływu przy teście czasu zadziałania wprowadzono opóźnienie czasowe o długości 30 sekund. W trakcie odmierzania 30-sekundowej zwłoki na wyświetlaczu pokazywany jest odliczany czas. Po upływie 30 sekund na wyświetlaczu pojawi się pomierzona wartość albo napis „red” (residual current device), informujący o tym, że wyłącznik nie zadziałał. Wyświetlenie mnemoniku red może świadczyć o próbie wykonania pomiaru przy nieprawidłowo wybranym prądzie znamionowym wyłącznika. Przy pomiarze wartości prądu zadziałania wyłącznika selektywnego zwłoka 30-sekundowa nie jest wprowadzona.

Na podstawie zestawionych w protokole wyników pomiarów dokonać w sprawozdaniu ostatecznej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w badanych obwodach z zabezpieczeniami różnicowoprądowymi.

2.2.4. Sprawdzenie selektywności współpracy wyłączników różnicowych badanych obwodów z wyłącznikiem różnicowym głównym w rozdzielni

Badanie selektywności szeregowo połączonych wyłączników różnicowoprądowych przeprowadza się wykorzystując układ pomiarowy z miliamperomierzem i opornikiem wg rysunku 2.5.

Przebieg badania

- a) Sondy ostrzowe układu pomiarowego połączyć z przewodami fazowym i neutralnym, umieszczając je w gniazdku za 1-fazowym wyłącznikiem różnicowoprądowym.

- b) Miliamperomierz ustawić na pomiar prądu przemiennego 300 mA i włączyć zasilanie miernika.
- c) Rezystorem R_p wyregulować w obwodzie prąd o wartości 300 mA.
- d) Nie zmieniając ustawienia rezystora R_p ostrożnie odłączyć sondę ostrzową od przewodu neutralnego (w tym momencie znajdzie się ona pod pełnym napięciem fazowym) i zetknąć ją na chwilę z bolcem ochronnym gniazdka, lub inną częścią przewodzącą dostępną, połączoną z przewodem ochronnym lub bezpośrednio uziemioną. Powinien natychmiast zadziałać wyłącznik różnicowy badanego obwodu.
- e) Zachowując ostrożność zamknąć ponownie wyłącznik różnicowy i powtórzyć eksperyment jeszcze dwukrotnie.

Jeżeli choćby raz zadziała wyłącznik różnicowy pola zasilającego w rozdzielni głównej - współpracę wyłączników należy uznać za wadliwą (brak selektywności).

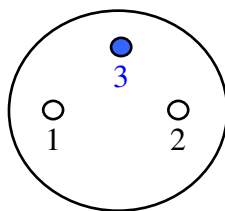
Tym samym wyregulowanym uprzednio obwodem sprawdzić selektywność współpracy z wyłącznikiem różnicowoprądowym obwodu 3-fazowego. W tym przypadku wygodniej jest jedną z sond ostrzowych połączyć na stałe z częścią przewodzącą uziemioną (np. z blaszaną osłoną rozdzielni przy stanowisku) a drugą sondą dotykać w kolejnych próbach do zacisków różnych faz na wyjściu wyłącznika.

Na zakończenie dotknąć sondą do przewodu fazowego od strony wejścia na wyłączniki badanych obwodów, zwracając uwagę na opóźnioną reakcję wyłącznika selektywnego w rozdzielni głównej.

Uwaga: Po przeprowadzeniu badań selektywności wyłączyć baterię miliamperomierza!

2.2.5. Badanie poprawności połączeń gniazd wtykowych w obwodach z zabezpieczeniem różnicowoprądowym

Zespół sześciu gniazd wtykowych na stanowisku laboratoryjnym ma zaciski przypadkowo połączone z przewodami L, N, PE. Mając do dyspozycji miernik MIE-500 należy zbadać rzeczywiste połączenia zacisków 1, 2, 3 (numeracja według rysunku 2.7) gniazd wtykowych z przewodami sieciowymi L, N, PE i ocenić ich poprawność.



Rys. 2.7. Oznaczenie zacisków w gniazdach wtykowych

Metodyka badania

W trakcie badań należy wykorzystać następujące możliwości i funkcje miernika:

- funkcję szybkiego sprawdzenia potencjału badanego przewodu względem ziemi za pomocą elektrody dotykowej (przełącznik obrotowy ustawiony na mnemonik tej elektrody);
- funkcję woltomierza - miernik wskazuje napięcie między wejściami L i N, (przełącznik obrotowy w położeniu U_{L-N});
- pomiar parametru powodującego zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego chroniącego obwód (t_A lub I_A)

Przed rozpoczęciem badań zespół 6 gniazd na stanowisku należy połączyć z gniazdem zasilanym przez 1-fazowy wyłącznik różnicowoprądowy, umieszczając w nim wtyczkę przewodu wychodzącego z puszki rozgałęźnej, zasilającej badane gniazda. Następnie umieszcza się sondę ostrzową w gnieździe PE miernika, a przełącznik obrotowy ustawia się na mnemonik elektrody dotykowej. Po włączeniu miernika trzymając palec na elektrodzie dotykowej sprawdza się kolejno potencjały wszystkich zacisków gniazd. Wyświetlenie przez miernik mnemoniku „PE” (protective earth) informuje, że potencjał danego zacisku względem ziemi wynosi ponad 50 V. Może to oznaczać, że zacisk ten jest przyłączony do przewodu fazowego, lub że przewód przyłączony do tego zacisku nie jest dołączony do żadnego z przewodów sieciowych. W tym ostatnim przypadku wysoki potencjał zacisku wykazany przez miernik wywołany jest pojemnościowym sprzężeniem niepodłączonego przewodu z przewodami fazowymi sąsiednich wiązek. Wyniki badań wnosi się do protokołu wpisując PE do odpowiednich rubryk tabeli.

Zaciski gniazd, które nie wykazały potencjału fazowego mogą nie być przyłączone do żadnego przewodu (wtedy sprzężenie pojemnościowe jest zbyt niskie, aby miernik wyświetlił mnemonik PE”), albo są połączone z przewodami N lub PE. Aby wyeliminować zaciski nieprzyłączone można wykorzystać funkcję woltomierza. Sondy ostrzowe umieszcza się w gniazdach N i L miernika a przełącznik obrotowy

ustawia się w położeniu $U_{L.N}$. Jedną z sond (dowolną) łączy się z zaciskiem gniazda na którym badaniem sondą dotykową wykryto wysoki potencjał, a drugą z zaciskiem o niskim potencjale. Wskazanie 000V na wyświetlaczu oznacza, że jeden z zacisków w badanej parze jest niepodłączony. Analogiczne pomiary przeprowadzone dla innych par zacisków gniazda pozwalają jednoznacznie zidentyfikować zacisk fazowy (zaciski fazowe) i wykryć zacisk nieprzyłączony do sieci, jeśli taki jest. W odpowiednich rubrykach tabeli zapisuje się wyniki pomiarów napięcia we wszystkich parach zacisków o różnych potencjałach stwierdzonych badaniem elektrodą dotykową. Jeśli w badanym gnieździe nie wykryto zacisku o wysokim potencjale to mierzy się napięcie między zaciskiem fazowym (L) innego gniazda i każdym z zacisków badanego gniazda. Na rysunkach gniazd w ostatnim wierszu tabeli zaciski fazowe oznacza się literą L, a zaciski nieprzyłączone do sieci - znakiem zapytania.

Po tych dwóch badaniach nie można jeszcze określić, czy zaciski uziemione gniazd są przyłączone do przewodu N („zera” roboczego) czy do przewodu PE („zera” ochronnego). Odpowiedź na to pytanie daje pomiar parametru, który może spowodować zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego chroniącego obwód. Takim parametrem jest czas *zadziałania* t_A lub prąd *zadziałania* I_A . Dlatego przełącznik obrotowy miernika należy ustawić w położeniu U_B , I_A lub R_E , $t_A \times 1$, a sondy ostrzowe umieścić w gniazdach L i PE miernika. Sondę L łączy się z zaciskiem fazowym gniazda, a sondę PE -z identyfikowanym zaciskiem gniazda. Jeśli w wyniku przeprowadzenia pomiaru wyłącznik *zadziałał*, to znaczy że badany zacisk gniazda połączony jest z przewodem PE. Jeśli wyłącznik nie zadziałał, a na wyświetlaczu miernika ukaże się mnemonik „red” (residual current device - wyłącznik różnicowoprądowy nie zadziałał), to znaczy że badany zacisk gniazda połączony jest z przewodem N. Przy takim połączeniu miernik stanowi dla wyłącznika odbiornik o znikomym poborze prądu. Wyniki prób zanotować w odpowiednich rubrykach tabeli: „+” - wynik pozytywny, „red” - wynik negatywny i na tej podstawie oznaczyć zaciski gniazd odpowiednio symbolami PE lub N.

W sprawozdaniu skomentować poprawność połączeń i skutki błędów w połączeniach zacisków gniazd.

6. Przykłady pytań kontrolnych

1. Jaką funkcję pełni ochrona przeciwporażeniowa? Dokonaj klasyfikacji środków ochrony przeciwporażeniowej.
2. Wymienić i scharakteryzować klasy odbiorników elektrycznych w kontekście ochrony przeciwporażeniowej.
3. Wymienić i podać przykłady barw stosowanych do oznaczania żył przewodów elektrycznych.
4. Wymienić i scharakteryzować środki ochrony przeciwporażeniowej.
5. Wymienić i scharakteryzować poszczególne układy sieci elektroenergetycznych do 1 kV. Jakie są wartości impedancji pętli zwarcia w poszczególnych układach sieci i z czego to wynika?
6. Omówić budowę, zasadę działania oraz parametry wyłączników instalacyjnych.
7. Wyjaśnić (posługując się stosownym rysunkiem) konsekwencje przerwania przewodu PEN w sieci TN-C.
8. Omówić procedurę postępowania podczas badania środków ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV (badanie samoczynnego wyłączenia zasilania w układach: TN, TT, IT; badanie wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego)
9. Omówić budowę, zasadę działania oraz parametry wyłączników ochronnych różnicowoprądowych.
10. Jaką funkcję pełni przycisk TEST w wyłączniku różnicowoprądowym?
11. Omówić sposób pomiaru rezystancji izolacji i wyjaśnić w jakim celu się go przeprowadza. O czym należy pamiętać, w badanym odcinku instalacji, przed przystąpieniem do pomiaru?

Załącznik 1.

Ćwiczenie S19 - wyniki pomiarów

1.1. Prąd wyłączający członu bezzwłocznego zabezpieczenia przetężeniowego obwodu $I_a =$ _____

1.2. Pomiary impedancji (rezystancji) pętli zwarcia:

a) Impedancji miernikiem MZW-5

L.p.	U_1 [V]	U_2 [V]	Z_{p50} [Ω]	Z_p [Ω]
1.				
2.				
3.				
4.				
			$Z_{p\ sr} =$	

b) Rezystancji miernikiem MOZ

$R_{prz} =$ _____

L.p.	R_{pm} [Ω]	R_p [Ω]
1.		
2.		
3.		
		$R_{p\ sr} =$

c) Rezystancji miernikiem MIE-500

L.p.	R _p [Ω]
1.	
2.	
3.	
R _{0 sr} =	

1.3. Maksymalna dopuszczalna impedancja pętli zwarcia $Z_{p\ dop} =$ _____

2.1. Kontrola wyłączników przeciwporażeniowych różnicowoprądowych

	Wył. główny 3-faz.	Wył. 1-faz.	Wył. 3-faz.
Nazwa wył. (typ)			
U_n			
I_n			
$I_{\Delta n}$			
Typ czasowy			
Prawidł. przyłącz.			
Test przyciskiem T			

2.2. Kontrola stanu izolacji przewodów

	Wył. 1-faz.		Wył. 3-faz.			
	Obw. pom.	R_{iz}	Obw. pom.	R_{iz}	Obw. pom.	R_{iz}
Rezystancja izolacji na wejściu wyłącznika	PE-N		PE-N		PE-L2	
	PE-L1		PE-L1		PE-L3	
Rezystancja izolacji na wyjściu wyłącznika	PE-N		PE-N		PE-L2	
	PE-L1		PE-L1		PE-L3	

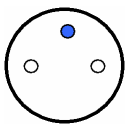
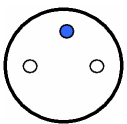
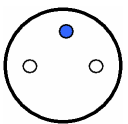
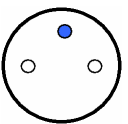
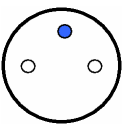
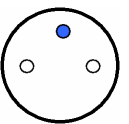
2.3. Pomiar prądów wyzwalających wyłączniki różnicowoprądowe

a) Pomiar bezpośredni miliamperomierzem			b) Pomiar miernikiem MRP-1			
Wyłącznik	Obwód pom.	I_{Δ} [mA]	U_B [V]	T_A [ms]	R_E [Ω]	I_A (I_{Δ}) [mA]
1-fazowy	L1-PE					
	L1-PE					
	L1-PE					
3-fazowy	L1-PE					
	L2-PE					
	L3-PE					
3-faz. główny	L1-PE					
	L2-PE					
	L3-PE					

2.4. Sprawdzenie selektywności współpracy wyłączników różnicowoprądowych badanych obwodów z wyłącznikiem różnicowoprądowym głównym

Wyłącznik 1-faz.	Wynik próby	Wyłącznik 3-faz.	Wynik próby
LI-PE		LI-PE	
LI-PE		L2-PE	
LI-PE		L3-PE	

2.4. Badanie poprawności połączeń przewodów w gniazdach wtykowych

Gniazdko		1	2	3	4	5	6
Pomiar napięcia w parach	1-2						
	1-3						
	2-3						
Badania I pary	elektrodą						
	test zadz.						
Badania II pary	elektrodą						
	test zadz.						
Przyporządkowanie oznaczeń przewodów do zacisków w gniazdkach							

Podstawy teoretyczne – do ćwiczenia S19

Wiadomości ogólne o ochronie przeciwporażeniowej

Z użytkowaniem energii elektrycznej związane są pewne niebezpieczeństwa wśród których do najpoważniejszych i najczęstszych należy porażenie prądem elektrycznym. Porażenie może nastąpić, gdy przez ciało człowieka przepływa prąd przekraczający określona wartość. Obecnie przyjmuje się, że dla prądu przemiennego o częstotliwości 50 i 60 Hz graniczny prąd, przy którym nie następuje fibrylacja serca wynosi nie mniej niż 30mA, a graniczny prąd samouwolnienia wynosi 10 mA. Jeżeli prąd rażeniowy zostanie szybko wyłączony, to wartości graniczne prądu nie wywołujące ujemnych skutków patofizjologicznych są odpowiednio większe [1].

Ochrona przeciwporażeniowa polega na niedopuszczeniu do sytuacji, w których możliwy jest przepływ przez człowieka prądu elektrycznego o wartości wywołującej ujemne skutki patofizjologiczne. Ochronę przeciwporażeniową dzieli się na:

- **ochronę przed dotykiem bezpośrednim** (ochronę podstawową),
- **ochronę przed dotykiem pośrednim** (ochronę dodatkową).

Z dotykiem bezpośrednim mamy do czynienia wówczas, gdy człowiek (najczęściej jego ręka) zetknie się z częściami czynnymi obwodu elektrycznego.

Część czynna to przewód lub część przewodząca instalacji elektrycznej mogąca znaleźć się pod napięciem w warunkach normalnej pracy instalacji elektrycznej. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim osiągnięta jest przez zastosowanie: izolacji roboczej, właściwych odstępów izolacyjnych w powietrzu, ogrodzeń (np. barier), osłon oraz przez umieszczanie gołych części znajdujących się pod napięciem poza zasięgiem człowieka.

Z dotykiem pośrednim mamy do czynienia wówczas, gdy człowiek zetknie się z częściami przewodzącymi dostępnymi lub z częściami przewodzącymi obcymi, które znalazły się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji.

Część przewodząca dostępna to. część przewodząca instalacji elektrycznej, która może być dotknięta i która w warunkach normalnej pracy instalacji nie znajduje się, lecz może należeć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia. Część przewodząca obca to część przewodząca nie będąca częścią instalacji elektrycznej, która może znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia jakiegoś urządzenia elektrycznego. Częściami przewodzącymi obcymi mogą być np. : metalowe części konstrukcyjne budynków, metalowe instalacje gazowe, wodne, centralnego ogrzewania, przewodzące, podłogi lub ściany.

Ochronę przeciwporażeniową przed dotykiem pośrednim zapewnia się przez zastosowanie:

- bardzo niskiego napięcia bezpiecznego,
- samoczynnego wyłączania zasilania,
- urządzeń II klasy ochronności (tj. mających podwójną lub wzmocnioną izolację),
- izolowania stanowiska,
- nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych,
- separacji elektrycznej.

Niniejsze ćwiczenie poświęcone jest drugiemu z wymienionych sposobów ochrony tj. przez zastosowania samoczynnego wyłączania zasilania.

Obwody instalacji elektrycznych niskiego napięcia mogą być zasilane z sieci niskiego napięcia różnych rodzajów (układów).

Najczęściej stosowanym układem sieciowym jest trójfazowy układ TN, w którym:

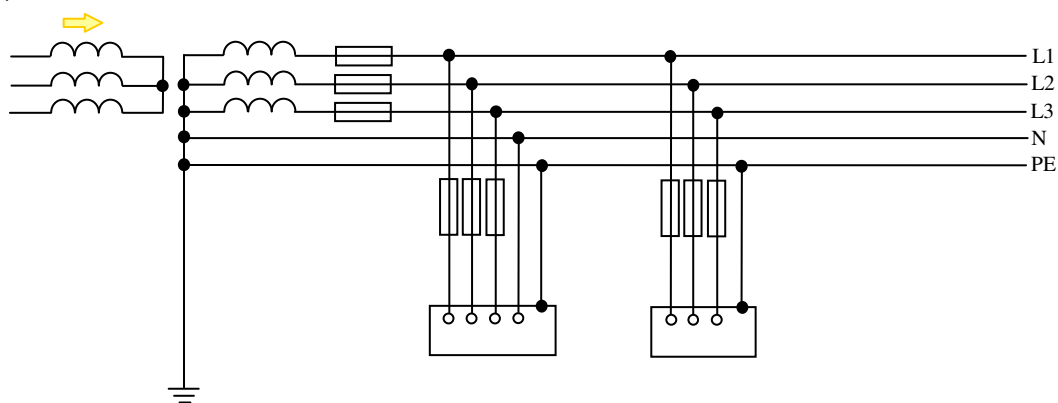
- o punkt neutralny uzwojenia niskiego napięcia transformatora zasilającego jest bezpośrednio uziemiony (uzwojenie górnego napięcia transformatora zasilane jest z sieci średniego napięcia, najczęściej o napięciu znamionowym 15kV)
- o podlegające ochronie części przewodzące dostępne urządzeń połączone są z przewodem ochronnym, i za jego pośrednictwem z punktem neutralnym uzwojenia niskiego napięcia transformatora zasilającego.

Najczęściej stosowanym napięciem znamionowym sieci w układzie TN jest napięcie 220/380V (380V - wartość napięć między przewodami L1, L2, L3 sieci, 220V - wartość napięć fazowych między każdym z przewodów L1, L2, L3 a punktem neutralnym uzwojenia transformatora). Napięcie to obecnie zastąpiono napięciem 230/400V.

Schemat układu sieciowego TN przedstawiony jest na rys.1.1. Jak widać z rysunku można wyróżnić trzy rodzaje układu TN: TN-C, TN-S, TN-C-S. Najczęściej stosowanym w Polsce układem jest układ TN-C (czteroprzewodowy), w którym przewód neutralny służący do przyłączania części czynnych urządzeń, np. uzwojeń odbiorników pełni jednocześnie rolę przewodu ochronnego, do którego przyłącza się części przewodzące dostępne urządzeń (np. obudowy odbiorników).

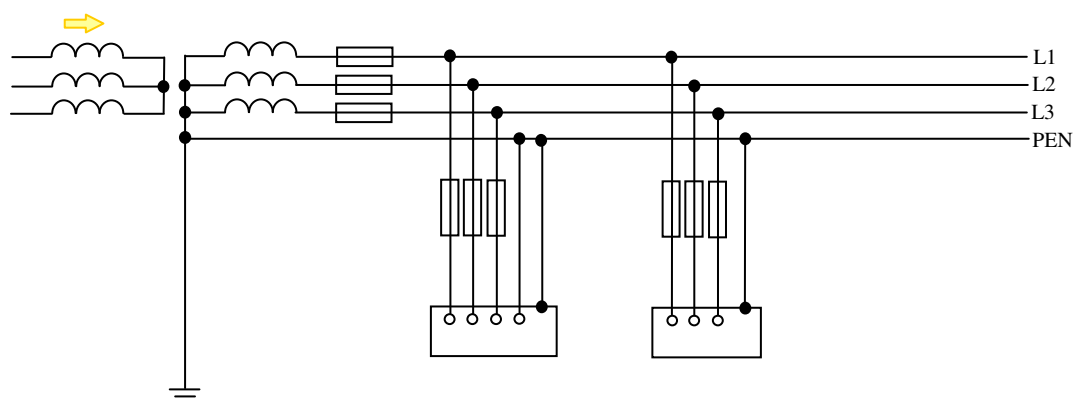
Zasadniczą wadą tego układu TN-C jest to, że w razie uszkodzenia (przerwania) przewodu ochronno-neutralnego PEN (nazywanego dawniej zerowym) na częściach przewodzących dostępnych niektórych urządzeń (np. obudowach odbiorników jednofazowych) przyłączonych do sieci za miejscem przerwania przewodu PEN może pojawić się niebezpieczne napięcie o wartości napięcia fazowego (220V). Częściowo zapobiega się temu niebezpieczeństwu przez możliwie częste uziemianie przewodu PEN wzdłuż jego trasy. Wady tej nie ma układ TN-S i częściowo układ TN-C-S. Łatwo to można dostrzec na rys.1.1.

a) TN-S

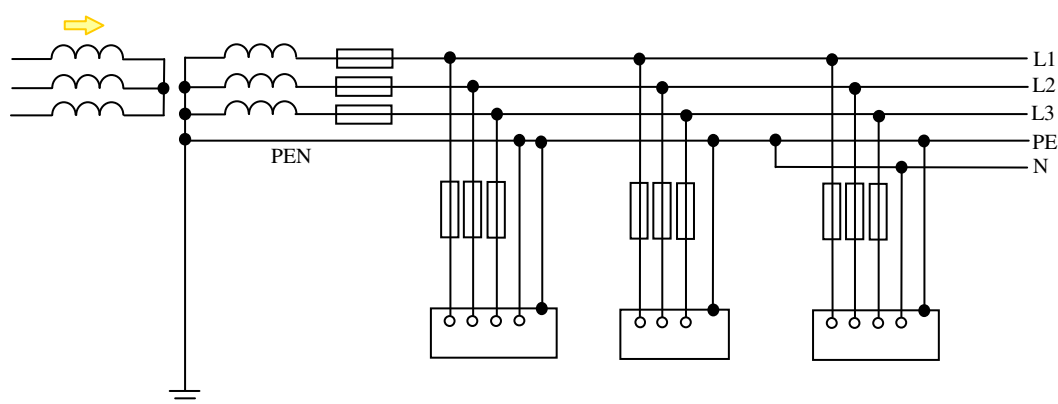


Rys.1.1. Schematy układów sieci niskiego napięcia TN

b) TN-C



b) TN-C-S



Rys.1.1. Schematy układów sieci niskiego napięcia TN – cd.

Ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania

Podstawowe wymagania dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa przeciwporażeniowego ludzi, zwierząt domowych i dobytku zawarte są w normie PN-92/E-05009/41 [2].

W omawianym sposobie ochrony przed dotykiem pośrednim „urządzenie ochronne” powinno samoczynnie wyłączać zasilanie chronionego przed dotykiem pośrednim obwodu lub urządzenia w taki sposób, aby w następstwie zwarcia między częścią czynną i częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym tego obwodu albo urządzenia, *spodziewane napięcie* dotykowe przekraczające 50V wartości skutecznej prądu przemiennego lub 120V nietętniącego prądu stałego, powinno być wyłączane tak szybko, żeby nie wystąpiły (przy jednoczesnym dotyku części przewodzących), niebezpieczne skutki patofizjologiczne dla człowieka”[2].

Pomimo, że niebezpieczne skutki dla człowieka wywołuje prąd, który przez niego płynie przepisy określają najwyższą dopuszczalną wartość napięcia dotykowego nazywanego napięciem dotykowym bezpiecznym U_L . Napięcie dotykowe jest to napięcie pojawiające się między częściami jednocześnie dostępnymi w przypadku uszkodzenia izolacji. Jak już wspomniano, przepisy zostały sformułowane przy założeniu, że minimalna niebezpieczna wartość prądu przemiennego płynącego przez człowieka przez dłuższy czas wynosi 30mA. Wielkość prądu przepływającego

przez ciało człowieka jest proporcjonalna do napięcia dotykowego i odwrotnie proporcjonalna do rezystancji ciała (zgodnie z prawem Ohma). Rezystancja ciała człowieka zmienia się w szerokich granicach i jest zależna od: warunków środowiskowych, stanu naskórka, indywidualnych cech człowieka. Norma [2] dotyczy normalnych warunkach środowiskowych, dla których prąd przepływający przez człowieka nie przekroczy 30 mA. jeżeli dopuszczalne napięcie dotykowe trwające dłuższy czas nie przekroczy 50V. W warunkach środowiskowych stwarzających szczególne zagrożenie (np. w łazienkach, na placach budów, kempingach, w gospodarstwach rolniczych) stosuje się ostrzejsze wymagania (zawarte są one w innych arkuszach normy PN-E-05009).

Istota omawianego sposobu ochrony przed dotykiem pośrednim polega na spowodowaniu, aby przy zwarcu między częścią czynną urządzenia i częścią przewodzącą dostępną (czyli np. przewodzącą obudową odbiornika) popłynąć tak duży prąd zwarciovowy, że spowoduje on samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego polegające na wyłączeniu zasilania (czyli odłączeniu urządzenia od napięcia). Dla omawianej sieci typu TN będzie to zapewnione przy spełnieniu warunku:

$$Z_p I_a \leq U_o$$

w którym:

- Z_p – impedancja pętli zwarciovowej obejmującej źródło zasilania, przewód roboczy aż do punktu zwarcia i przewód ochronny między punktem zwarcia a źródłem
- I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia wyłączającego w czasie zależnym od napięcia znamionowego U_o
- U_o – napięcie znamionowe względem ziemi

Dla sieci o układzie TN i napięciu znamionowym 230/400 V ($U_o=230$ V) czas wyłączania nie powinien przekraczać 0,4 s. Oznacza to, że do momentu wyłączenia na częściach urządzeń podlegających ochronie (częściach przewodzących dostępnych) może pojawić się napięcie dotykowe przekraczające 50V.

Urządzeniem ochronnym wyłączającym zwarcie może być:

- o urządzenie ochronne przetężeniowe (nadmiarowoprądowe - np. wyłącznik samoczynny, bezpieczniki),
- o urządzenie ochronne różnicowoprądowe (wyłącznik różnicowoprądowy).

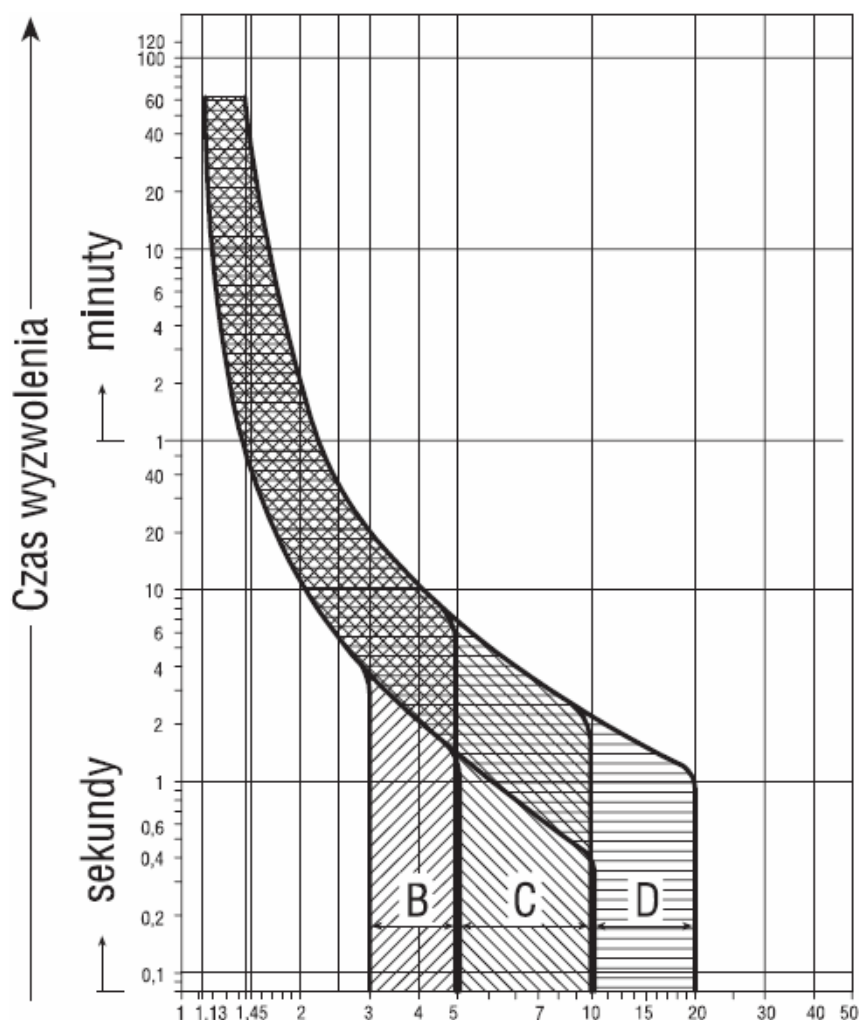
Ponieważ istota tego środka ochrony polega na uzyskaniu odpowiednio małej impedancji pętli zwarciovowej, zatem musi być zachowana ciągłość przewodów ochronnych (w sieciach TN-C i TN-C-S również przewodów ochronno-neutralnych). Wobec tego w przewodach tych nie można instalować biegunów łączników, bezpieczników oraz cewek urządzeń kontrolnych. Przewody ochronne powinny mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną (np. wytrzymywać obciążenia wywołane siłami elektrodynamicznymi) i cieplną. Np. w instalacjach ułożonych na stałe przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć wg [2] przekrój żyły nie mniejszy niż 10 mm² Cu lub 16mm² Al. Dawne przepisy nie były tak rygorystyczne i wymagały jedynie, aby konduktancja przewodu zerowego nie była mniejsza niż przewodów fazowych. Przewody ochronne powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi. Połączenia przewodów ochronnych przeznaczone do wykonywania badań powinny być rozłączalne jedynie przy użyciu narzędzi.

Jako przewody ochronne mogą być stosowane :

- żyły w przewodach (kablach) wielożyłowych,
- izolowane lub gołe przewody prowadzone we wspólnej obudowie z przewodami roboczymi,
- ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane,
- metalowe osłony, jak np. powłoki, ekrany i pancerze niektórych rodzajów przewodów (kabli),
- rury lub inne metalowe osłony przewodów,
- odpowiednie części przewodzące obce.

Bardziej szczegółowe informacje zawarte są w normie [6].

Aby sprawdzić czy bezpieczniki lub wyłącznik, dobrane ze względu na ochronę samego obwodu (jego przewodów i urządzeń) przed zakłóceniami, chronią przed porażeniem należy określić z ich charakterystyk prądowo-czasowych prąd I_a niezbędny dla dostatecznie szybkiego wyłączenia (0,4s dla sieci 220/380V). Przykładowe charakterystyki przedstawione są na rys. 1.3 i 1.4.



Rys. 1.4. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników instalacyjnych o charakterystykach: B, C i D.

Z charakterystyki (rys. 1.3.) dla bezpiecznika 25 A czas wyłączania nie przekroczy 0,4 s dla $I \geq 130$ A. Dopuszczalna wartość impedancji zwarciowej wyniesie:

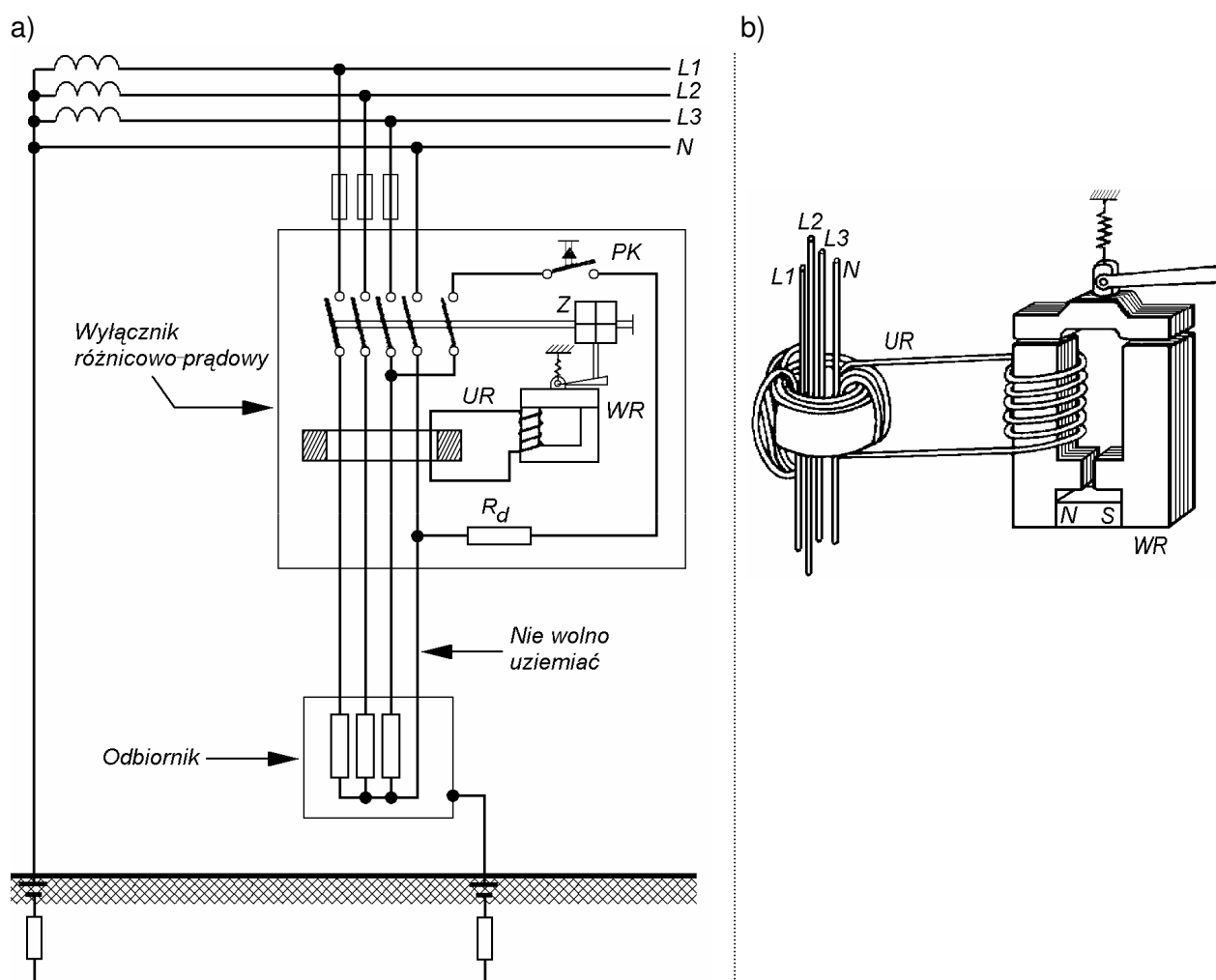
$$Z_p \leq \frac{U_o}{I_a} = \frac{230 \text{ V}}{130 \text{ A}} = 1,77 \Omega$$

Uzyskanie małej wartości impedancji pętli zwarcia może być trudne szczególnie w obwodach z odbiornikami większej mocy, w których trzeba zastosować bezpieczniki lub wyłączniki o dużym prądzie znamionowym.

Od 1 stycznia 1993 r. obowiązują nowe normy w zakresie ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych o napięciu do 1kV. Obok znanych i stosowanych w kraju środków ochrony przeciwporażeniowej wprowadzono wyłącznik różnicowoprądowy. Wyłącznik ten zapewnia ochronę przeciwporażeniową, a także stanowi ochronę przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci z wyjątkiem układu TN-C.

Zasada działania wyłącznika różnicowo-prądowego przedstawiona jest na rys.1.5.



Rys. 1.5. Wyłącznik różnicowo-prądowy: a) schemat układu połączeń, b) zasada działania wyzwalacza różnicowego

PK – przekładnik prądowy Ferrantiego; UR – uzwojenie różnicowe przekładnika; WR – wyzwalacz różnicowy; Z – zamek; PK – przycisk kontrolny (test)

Przez przekładnik Ferrantiego przeprowadzone są wszystkie przewody zasilające (łącznie z przewodem neutralnym), za wyjątkiem przewodu ochronnego, który musi być poprowadzony poza przekładnikiem. Jeżeli nie płynie prąd doziemny ($I_R=0$), to suma prądów

przepływających przewodami przewleczonymi przez rdzeń przekładnika jest równa zero - wyłącznik nie odłącza. Jeżeli natomiast w wyniku uszkodzenia izolacji w chronionym obwodzie zaistnieje upływ prądu do ziemi ($I_R > 0$) to suma prądów płynących przez przewody objęte przekładnikiem staje się różna od zera, w rdzeniu powstanie strumień magnetyczny, który zaindukuje prąd w uzwojeniu wtórnym. Pod wpływem tego prądu zadziała wyzwalacz nadprądowy, który spowoduje, działając na zamek wyłącznika, jego otwarcie.

Wyłącznik przeciwporażeniowy różnicowo prądowy zadziała, jeśli prąd upływający do ziemi przekroczy określoną wartość, np. 15, 30, 100, 300 lub 500 mA; wartość ta nazywana jest znamionowym prądem wyzwalającym.

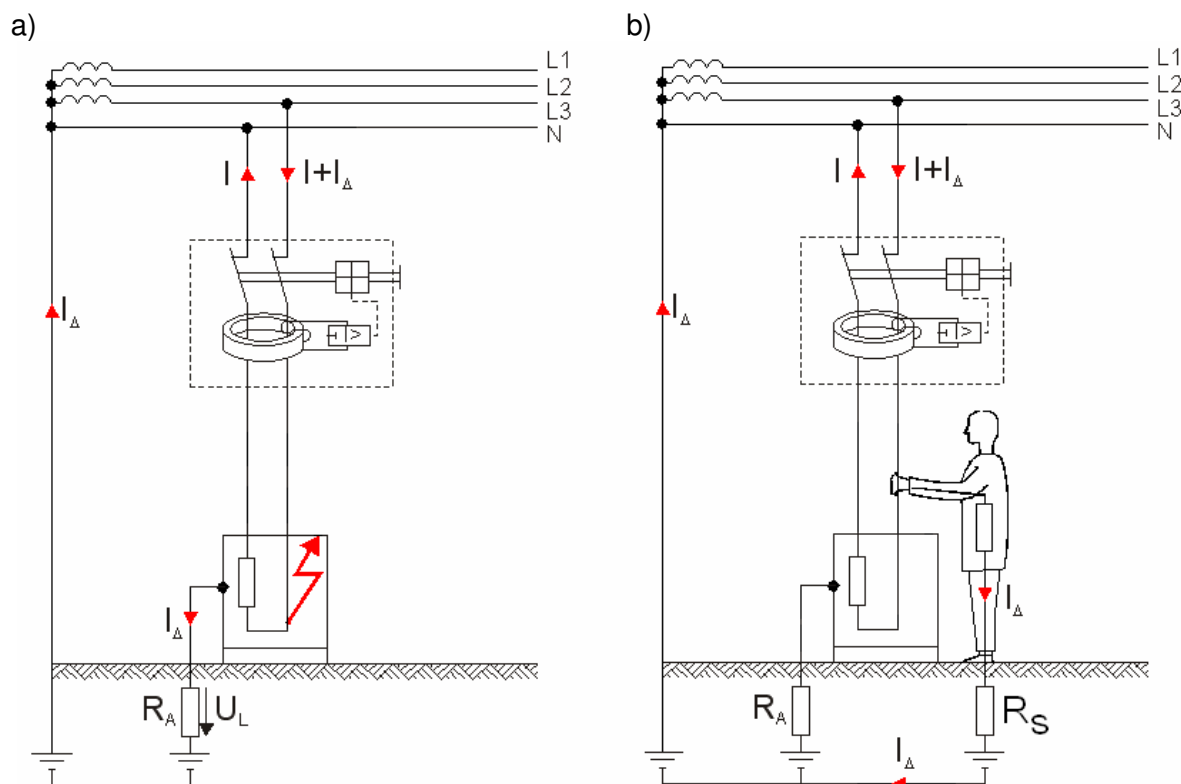
Znamionowy prąd różnicowy wyłącznika $I_{\Delta n}$ tj. najmniejszy prąd upływowy, który na pewno spowoduje wyłączenie wyłącznika dobiera się w zależności od naturalnego prądu upływu zabezpieczanego obwodu, musi być spełniona zależność:

$$I_{\Delta n} > 2I_n \quad (1.2)$$

gdzie: I_n - największy spodziewany i akceptowany prąd upływu w nieuszkodzonym chronionym obwodzie.

Jeżeli obwód jest rozległy, zasila dużą ilość odbiorników, znajduje się w pomieszczeniu wilgotnym lub mokrym należy zastosować wyłącznik o dużej wartości znamionowego prądu różnicowego ($I_{\Delta n} = 300...500\text{mA}$), ponieważ I_n ma dużą wartość.

Schemat zainstalowania wyłącznika różnicowo-prądowego w obwodzie zasilanym z sieci typu TN-C-S przedstawiony jest na rys.1.6.



Rys.1.6. Działanie wyłącznika różnicowoprądowego w sieci TN-C-S:

a) przy dotknięciu pośrednim, b) przy dotyku bezpośrednim

W przypadku uszkodzenia izolacji przewodu fazowego lub neutralnego lub izolacji odbiornika obydwa (rys. 1.6a) prądy nie są równe. W układzie z rys. 1.5. pojawia się prąd upływu płynący w przewodzie ochronnym PE. Prowadzi to do niezrównoważenia wypadkowego strumienia magnetycznego i w konsekwencji pojawia się prąd różnicowy I_{Δ}

w uzwojeniu wtórnym wyzwalacza nadprądowego. Jeżeli prąd różnicowy przekroczy wartość progową $I_{\Delta n}$ to wówczas nastąpi zadziałanie mechanizmu zapadkowego i otwarcie wyłącznika.

W przypadku stosowania wyłączników ochronnych różnicowoprądowych na znamionowe prądy zadziałania 30 mA lub mniejsze, dodatkowo zapewnia się ochronę przed dotykiem bezpośrednim do części pod napięciem. Ta dodatkowa ochrona przed dotykiem bezpośrednim (dodatkowa ochrona podstawowa) konieczna jest gdy:

- nastąpi uszkodzenie izolacji podstawowej narzędzi lub urządzeń, lub gdy nastąpi uszkodzenie izolacji przewodów doprowadzających .
- nastąpi uszkodzenie przewodu ochronnego.
- nastąpi zmiana przewodu fazowego z przewodem ochronnym, co spowoduje, że na obudowie urządzenia pojawi się pełne napięcie sieci.
- przewód pod napięciem (w czasie remontu czy naprawy) dotknie do nieziemionego elementu urządzenia lub obudowy.

We wszystkich wyżej wymienionych przypadkach, wyłącznik ochronny różnicowoprądowy wyłączy natychmiast, gdy wartość prądu płynącego do ziemi przekroczy wartość niebezpieczną dla człowieka, czyli 30 mA.

Zainstalowanie wyłącznika o prądzie np. $I_{\Delta n}=300$ mA nie oznacza, że człowiek narażony jest na długotrwały przepływ prądu poniżej 300 mA, ponieważ długotrwale może jedynie przepływać prąd poniżej 300 mA będący sumą prądu płynącego przez człowieka I_c i prądu w przewodzie ochronnym I_R , a prąd I_c jest znacznie mniejszy od prądu I_R . Poza tym sytuacja przedstawiona na rys.1.6b może mieć miejsce jedynie wówczas, gdy uszkodzenie nastąpi w momencie, gdy człowiek dotyka przewodzącej obudowy odbiornika (części czynnej dostępnej chronionego urządzenia).

Istotną zaletą wyłączników różnicowoprądowych jest możliwość ich działania również przy dotyku bezpośrednim, czyli przy dotknięciu nieizolowanej części chronionego obwodu, jeżeli $I_{\Delta} > I_{\Delta n}$ (rys. 1.6b) . Jeżeli prąd $I_{\Delta n}$ wyłącznika nie przekracza 30 mA to norma [2] traktuje taki wyłącznik jako uzupełniający środek ochrony przeciwporażeniowej podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim).

Jak widać z przedstawionych przykładów wyłączniki różnicowo-prądowe mogą być jedynie stosowane w obwodach trójfazowych pięcioprzewodowych oraz jednofazowych trójprzewodowych (z odrębnymi przewodami neutralnym N i ochronnym PE). Ponadto musi być również spełniony warunek, aby za wyłącznikiem różnicowo-prądowym przewód neutralny N był całkowicie izolowany.

Literatura

- [1] IEC Report 479-1, 1984. Effect of current passing through the human body. Part 1, General aspects.
- [2] PN-92/E-05009/41 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Ochrona przeciwporażeniowa.
- [3] Koziński S. Zastosowanie wyłączników przeciwporażeniowych różnicowoprądowych oraz wyłączników instalacyjnych nadmiarowych. Proekol Warszawa 1992.
- [4] Boczkowski A., Siemek S., Wiaderek B. Nowoczesne elementy zabezpieczeń i środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV. Wskazówki projektowania i montażu. "Elektromontaż", Warszawa 1992.
- [5] PN 88/E-4300 Instalacje elektryczne na napięcie nie przekraczające 1000V w budynkach. Badania techniczne przy odbiorach.
- [6] PN-92/E-05009/54 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne.
- [7] PN-91/E-06160/10 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Ogólne wymagania i badania.
- [8] PM-90/E-93002 Wyłączniki nadprądowe do instalacji domowych i podobnych.
- [9] PN-90/E-05023 Oznaczenia identyfikacyjne przewodów elektrycznych barwami lub cyframi.
- [10] Masny J. Pomiary impedancji pętli zwarciovych. Gospodarka Paliwami i energia 1987, nr 10.
- [11] Masny J. Zwiększenie dokładności pomiarów skuteczności zerowania. Gospodarka Paliwami i Energia, 1977, nr 2.
- [12] Miernik oporu zwarciovego typu MOZ. Instrukcja obsługi. Zakłady Wytwórcze Przyrządów Pomiarowych i Systemów Minikomputerowych. Warszawa 1982.