

Ćwiczenie 7

OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

1. Wiadomości ogólne

1.1. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

Prąd elektryczny może wywierać ujemne działanie na organizm ludzki. Oddziaływanie to może mieć charakter bezpośredni (przy przepływie prądu przez ciało) lub pośredni (uszkodzeni a wywołane bez przepływu prądu przez organizm). Przykładowymi efektami negatywnego oddziaływania prądu mogą być:

- zaburzenia pracy serca (zatrzymanie pracy serca, migotanie komór serca - fibrylacja),
- utrata przytomności (działanie prądu na mózg i układ nerwowy),
- zaburzenia czynności organów wywołane zmianami elektrolitycznymi,
- poparzenia skóry, mięśni, kości i organów wewnętrznych,
- oślepienie (skutek przebywania w pomieszczeniu, w którym powstał łuk elektryczny),
- uszkodzenia mechaniczne mogące powstać w wyniku wyżej wymienionych oddziaływań.

Czynniki decydujące o stopniu zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym to:

- natężenie prądu rażeniowego - przy przepływie prądu o natężeniu powyżej około 12 mA i częstotliwości 50 Hz człowiek nie może się sam uwolnić spod działania prądu, reakcje skurczowe,
- rodzaj prądu - prąd stały wyczuwalny jest przy większych natężeniach niż przemienny,
- droga przepływu prądu przez organizm,
- czas trwania rażenia.

1.2. Rodzaje napięć powodujących zagrożenie porażenia prądem

Napięcie dotykowe - napięcie pomiędzy dwoma punktami nie należącymi do obwodu elektrycznego, z którymi mogą się jednocześnie zetknąć ręce i stopy człowieka. Taka sytuacja może mieć miejsce, kiedy użytkownik urządzenia elektrycznego dotyka do znajdującej się pod napięciem obudowy urządzenia, a sam stoi na nieizolowanym podłożu. Różnica potencjałów pomiędzy obudową urządzenia, a podłożem jest wtedy napięciem dotykowym (U_z rys. 7.1).

Napięcie rażeniowe - spadek napięcia przy przepływie prądu przez ciało człowieka. Jeżeli dwa punkty ciała człowieka (np. dłoń i stopa) będą dotykały

miejsc o różnych potencjałach, to ich różnica (napięcie) spowoduje przepływ prądu przez organizm ludzki. Iloczyn wartości tego prądu i rezystancji ciała człowieka nosi nazwę napięcia rażeniowego.

Napięcie krokowe - napięcie pomiędzy dwoma miejscami na powierzchni gruntu oddalonymi o długość kroku. W przypadku przepływu prądu przez glebę zostanie w niej wytworzona różnica potencjałów. Różnica potencjałów miejsc oddalonych od siebie o długość kroku człowieka jest właśnie napięciem krokowym.

1.3. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym

Z porażeniem elektrycznym można mieć do czynienia w dwóch przypadkach - jeżeli użytkownik dotknie do metalowej części obwodu elektrycznego w trakcie normalnej pracy urządzenia lub - drugi przypadek - zetknie się z metalową obudową, na której pojawiło napięcie spowodowane awarią urządzenia (najczęściej z powodu uszkodzenia izolacji).

Środki, które chronią przed porażeniem w trakcie normalnej pracy urządzeń, noszą nazwę środków ochrony podstawowej, a środki chroniące użytkowników w przypadkach awarii urządzeń, to środki ochrony dodatkowej.

1.3.1. Środki ochrony podstawowej (dotyku bezpośredniego)

Do środków ochrony podstawowej zalicza się:

- izolację części czynnych obwodów elektrycznych,
- ogrodzenia (przegrody) i obudowy (osłony),
- bariery (przeszkody),
- umieszczenie części czynnych obwodów elektrycznych poza zasięgiem ręki.

Ochrona przez zastosowanie izolowania części czynnych

Części czynne powinny być całkowicie pokryte izolacją, która może być usunięta tylko przez jej zniszczenie. Rezystancja izolacji R_i urządzeń elektrycznych o napięciach 220, 380, 500 V nie powinna być mniejsza niż 1000Ω na 1 V znamionowego napięcia zasilającego U_n .

Wymaganą wartość rezystancji izolacji dla tych urządzeń ustala się na podstawie zależności:

$$R_i \geq 1000 \Omega/V \cdot U_n, (\Omega), \quad (7.1)$$

gdzie: U_n - znamionowe napięcie pracy urządzenia, w V,
 R_i - rezystancja izolacji, w Ω .

Ochrona przy użyciu ogrodzenia (przegrody) lub obudowy (osłony)

Części czynne powinny być umieszczone wewnątrz obudów lub ogrodzeń o stopniu ochrony IP2X (górne powierzchnie - IP4X). Powinny być trwałe, stabilne i niemożliwe do usunięcia bez narzędzi lub odłączenia zasilania. IP4X - ochrona przed przedostaniem się do wnętrza obudowy drutu o średnicy 1 mm i ciał o wymiarach większych niż 1 mm.

Ochrona przy użyciu bariery (przeszkody)

Zastosowanie bariery ma uniemożliwić niezamierzone zbliżenie lub dotknięcie ciałem części czynnych urządzenia.

Ochrona przez umieszczenie części czynnych urządzeń poza zasięgiem ręki

Części jednocześnie dostępne o różnych potencjałach powinny znajdować się w odległości od siebie większej niż 2,5 m. Jeżeli w pomieszczeniu wykonuje się czynności przy użyciu dużych przedmiotów przewodzących, odległości te powinny zostać zwiększone.

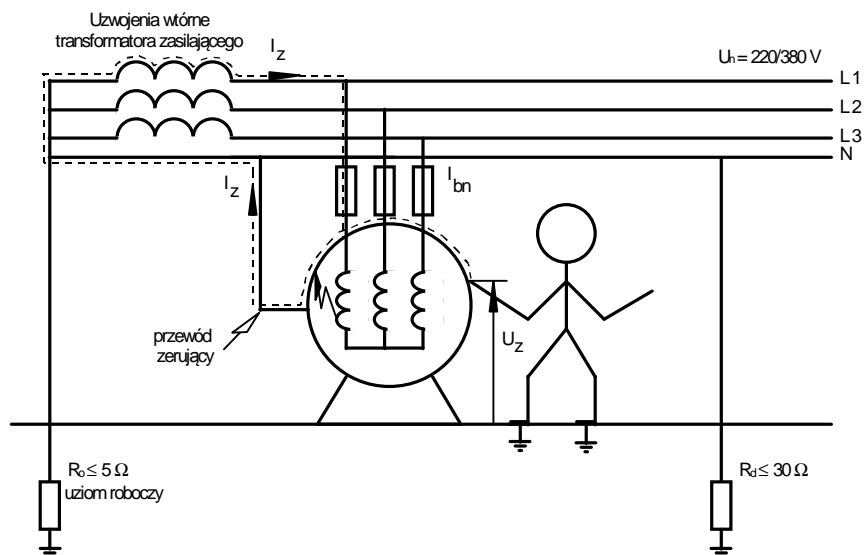
1.3.2. Środki ochrony dodatkowej (dotyku pośredniego)

Wśród środków ochrony dodatkowej można wyróżnić:

- zerowanie ochronne,
- uziemienie ochronne,
- przeciwporażeniowe wyłączniki ochronne,
- obniżenie napięcia roboczego,
- zastosowanie urządzenia II klasy ochronności lub izolacji równoważnej,
- izolowanie stanowiska pracy,
- połączenia wyrównawcze,
- separacja obwodu odbiornika od sieci zasilającej.

Zerowanie ochronne

Zerowanie ochronne polega na połączeniu metalowych części urządzeń elektrycznych, które w warunkach normalnej pracy nie znajdują się pod napięciem (np. obudów), z przewodem neutralnym N (zerowym).



Rys. 7.1. Zabezpieczenie przed porażeniem za pomocą zerowania ochronnego

W przypadku uszkodzenia izolacji obwodu elektrycznego urządzenia, na jego obudowie pojawia się napięcie względem ziemi, powstaje obwód zamknięty (tzw. pętla zwarcia), w którym zaczyna płynąć prąd zwarcia I_z o wartości wynikającej z zależności:

$$I_z = \frac{U_f}{Z_p}, \quad (7.2)$$

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}, \quad (7.3)$$

gdzie: I_z - prąd zwarcia,

U_f - napięcie fazowe sieci zasilającej,

Z_p - impedancja pętli zwarciowej (suma impedancji przewodów: fazowego, neutralnego, zerującego, uzwojenia wtórnego transformatora),

R_p , X_p - składowe impedancji pętli zwarcia, rezystancyjna R_p i reaktancyjna X_p .

Prąd zwarcia powinien w stosunkowo krótkim czasie ($10 \div 15$ s) spowodować zadziałanie zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego i odłączenie uszkodzonej fazy od sieci zasilającej. W przypadku zabezpieczeń topikowych następuje przepalenie wkładki topikowej, natomiast w przypadku bezpiecznika automatycznego - zadziałanie wyzwalacza elektromagnetycznego.

Warunek skuteczności zerowania ochronnego:

$$I_z \geq I_w = k \cdot I_{bn}, \quad (7.4)$$

gdzie: I_w - prąd wyłączający zabezpieczenia,

I_{bn} - prąd znamionowy bezpiecznika,

k - współczynnik zależny od rodzaju stosowanego zabezpieczenia, w przypadku bezpieczników topikowych zależy od rodzaju topika (szybki, zwłoczny) oraz wartości prądu znamionowego, natomiast dla bezpieczników automatycznych od charakterystyki prądowo-czasowej (typu H - działanie szybkie, typu L - działanie zwłoczne) (tabela 7.1).

Warunki stosowania zerowania ochronnego:

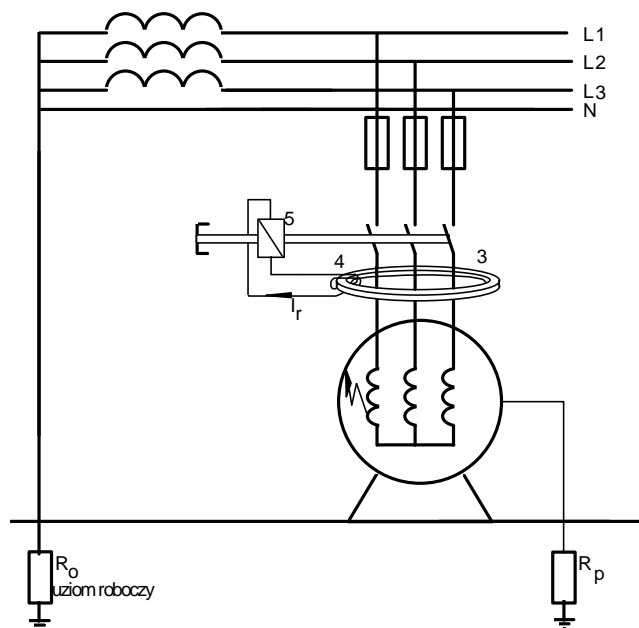
- przewód neutralny (zerowy) powinien być uziemiony w punkcie zasilania (przy transformatorze) za pomocą uziomu o rezystancji $R_0 \leq 5 \Omega$,
- przewód zerowy jest wzdłuż trasy linii, na jej końcach i w punktach odgałęzień dodatkowo uziemiany uziomami o rezystancji $R_d \leq 30 \Omega$,
- w przewodzie zerowym nie ma żadnych zabezpieczeń i aparatów łączeniowych (wyjątek gniazda z bolcem),
- przekrój przewodu zerującego powinien być dostosowany do przekroju przewodów fazowych.

Tabela 7.1.

Rodzaj zabezpieczenia		Prąd wyłączający $I_w = k \cdot I_{bn}$	Prąd znamionowy zabezpieczenia I_n
Bezpiecznik topikowy o działaniu szybkim	do 100 A	$I_w = 2, I_{bn}$	prąd znamionowy wkładki bezpieczni- kowej
	powyżej 100 A	$I_w = 3,0 I_{bn}$	
Bezpiecznik topikowy o działaniu zwłocznym	do 65 A	$I_w = 3,5 I_{bn}$	prąd znamionowy wkładki bezpieczni- kowej
	powyżej 100 A	$I_w = 4,0 I_{bn}$	
Wyłącznik (wyzwalacz) elektromagnetyczny	typu H	$I_w = 3,0 I_{bn}$	prąd znamionowy wyłącznika
	typu L	$I_w = 5,0 I_{bn}$	
	typu B	$I_w = 3,0 I_n$	
	typu C	$I_w = 5,0 I_n$	
	typu D	$I_w = 20,0 I_n$	

Przeciwporażeniowe wyłączniki ochronne

Wyłączniki przeciwporażeniowe wykonywane są jako napięciowe i różnicowo-prądowe.



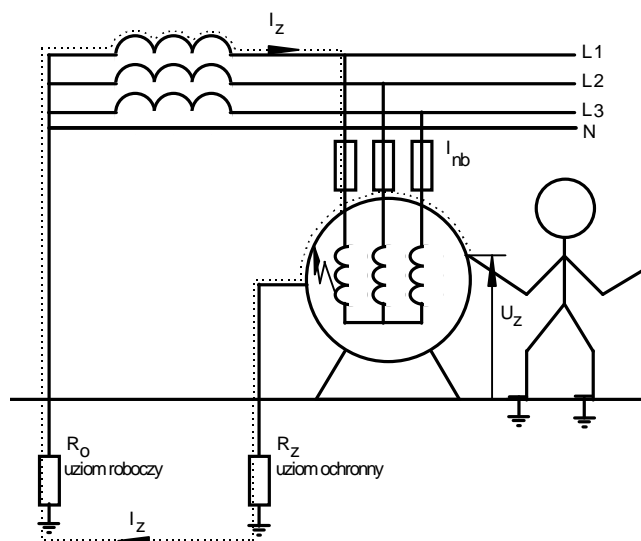
Rys. 7.2. Zasada działania wyłącznika różnicowo-prądowego

W wyłączniku różnicowo-prądowym (rys. 7.2), w przypadku kiedy suma geometryczna prądów płynących przez przekładnik (3) nie jest równa zero (co odpowiada stanowi przebicia izolacji i upływowi prądu doziemnego, a w przypadku porażenia - przepływowi prądu przez ciało człowieka), występuje zaindukowanie napięcia w uzwojeniu przekładnika (4) i przepływ prądu przez cewkę urządzenia wyłączającego zasilanie odbiornika.

Wyłączniki tego typu budowane są jako jednofazowe i trójfazowe z czułościami prądowymi 10, 30, 100, 300 i 500 mA.

Uziemienie ochronne

Uziemienie ochronne polega na połączeniu z uziomem metalowych części urządzeń elektrycznych (rys. 7.3), które w warunkach normalnej pracy nie znajdują się pod napięciem.



Rys. 7.3. Zabezpieczenie przed porażeniem za pomocą uziemienia ochronnego

Uziomy budowane są najczęściej z ocynkowanej taśmy metalowej, zakopywanej w ziemi na głębokości około 0,8 m. Do niedawna jako uziom naturalny wykorzystywano sieć wodociągową z rur metalowych. W ostatnich latach, z uwagi na stosowanie rur polietylenowych, sieci wodociągowych nie wykorzystuje się do uziemienia ochronnego.

Po uszkodzeniu izolacji urządzenia powstaje obwód (rys. 7.3), w którym zaczyna płynąć prąd zwarcia I_z . Prąd zwarcia I_z wywołuje na rezystancji uziemienia ochronnego R_z spadek napięcia U_z :

$$I_z \cdot R_z = U_z, \quad (7.5)$$

który jest równy napięciu dotykowemu.

Warunek skuteczności uziemienia ochronnego:

Uziemienie ochronne jest skuteczne, gdy największa wartość napięcia dotykowego, która może pojawić się na metalowej obudowie urządzenia spełnia warunek:

$$U_{z \max} = I_w \cdot R_z \leq U_L, \quad (7.6)$$

gdzie: $U_{z \max}$ - największa wartość napięcia dotykowego,
 I_w - prąd wyłączający zabezpieczenia,
 R_z - rezystancja uziemienia ochronnego,
 U_L - napięcie bezpieczne.

Wartość napięcia bezpiecznego U_L zależy od rodzaju prądu (stały, przemienny) oraz od warunków środowiskowych.

Dla prądu przemiennego:

$U_L = 50 \text{ V}$ - gdy rezystancja ciała ludzkiego w warunkach otoczenia wynosi co najmniej 1000Ω ,

$U_L = 25 \text{ V}$ - gdy rezystancja ciała ludzkiego w warunkach otoczenia może być mniejsza niż 1000Ω .

Z powyższego wynika, że dla pełnej oceny skuteczności uziemienia ochronnego należy znać dane bezpiecznika oraz ocenić warunki środowiskowe, by określić wartość napięcia bezpiecznego U_L .

Jeżeli w obwodzie zwarciovym (rys. 7.3) pojawi się prąd zwarcia I_z większy od prądu wyłączalnego I_w zastosowanego zabezpieczenia, to wskutek zadziałania zabezpieczenia wyłączającego nastąpi samoczynne wyłączenie zasilania.

Ochronne obniżenie napięcia roboczego

Jako źródło zasilania napięciem obniżonym stosuje się powszechnie transformatory bezpieczeństwa o napięciu znamionowym nie przekraczającym 50 V . W kraju stosowane są transformatory o napięciu wyjściowym 24 V , przy typowym zasilaniu napięciem 220 V . Obwody urządzeń zasilane napięciem obniżonym (24 V) powinny być odizolowane od sieci i od obwodów innych urządzeń. Przewody i sprzęt instalacyjny obwodów o napięciu obniżonym powinny mieć izolację na napięcie znamionowe co najmniej 250 V .

Ochrona przez zastosowanie urządzenia II klasy ochronności lub izolacji równoważnej

Są to urządzenia o izolacji podwójnej wzmocnionej, urządzenia fabrycznie w pełni izolowane (oznaczone \square), urządzenia o izolacji podstawowej z wykonaną w czasie montażu izolacją dodatkową lub wzmocnioną.

Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska

Ochrona taka jest zapewniona, gdy nie można dotknąć równocześnie dwóch części przewodzących, co jest spełnione, gdy części te są oddalone od siebie o więcej niż 2 metry lub umieszczona jest między nimi przegroda. Rezystancja ścian i podłóg nie powinna być mniejsza niż $50 \text{ k}\Omega$ dla napięcia instalacji do 500 V , $100 \text{ k}\Omega$ - dla napięcia znamionowego instalacji powyżej 500 V .

Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych

Wszystkie dostępne jednocześnie części przewodzące powinny być połączone między sobą za pomocą przewodów. Zapobiega to powstaniu niebezpiecznej różnicy potencjałów między tymi częściami. System połączeń wyrównawczych nie powinien być połączony z ziemią.

Ochrona przez zastosowanie separacji ochronnej

Obwód separowany powinien być zasilany ze źródła separacyjnego (np. transformator separacyjny), jego napięcie wyjściowe nie może przekraczać 500 V, a części czynne separowanych obwodów nie powinny być połączone w żadnym punkcie z innym obwodem lub ziemią. Separowane może być jedno urządzenie lub grupa urządzeń.

2. Wykonanie ćwiczenia

Część praktyczna ćwiczenia obejmuje:

- badania izolacji w urządzeniach elektrycznych,
- badania zerowania ochronnego,
- badania uziemienia ochronnego,
- badania wyłącznika ochronnego różnicowo-prądowego.

2.1. Badania izolacji

W ćwiczeniu będzie badana izolacja:

- silnika trójfazowego,
- transformatora bezpieczeństwa,
- instalacji trójfazowej czteroprzewodowej.

W silniku trójfazowym, ze względu na 3 uzwojenia, występuje 6 układów izolacyjnych:

- 3 układy izolacyjne między uzwojeniami - których wartości rezystancji muszą zapewniać bezpieczeństwo przy napięciu przewodowym,
- 3 układy izolacyjne między uzwojeniami i obudową - których wartości rezystancji muszą zapewniać bezpieczeństwo przy napięciu fazowym.

Izolacja silnika będzie dobra jeżeli wszystkie rezystancje układów izolacyjnych spełniają kryterium $R_i \geq 1000 \Omega/V \cdot U_n$. Jeżeli którakolwiek z tych rezystancji jest równa zero, oznacza to, że jest zwarcie metaliczne w układzie izolacyjnym, jeżeli zaś $R_i > 0$, ale mniejsza od wymaganej, to najczęściej występuje zawilgocenie izolacji. W takim przypadku poprawę stanu izolacji można uzyskać przez osuszenie uzwojeń i wnętrza silnika.

W transformatorze bezpieczeństwa występują trzy układy izolacyjne: dwa układy izolacyjne obu uzwojeń względem rdzenia, które muszą odpowiadać

napięciom znamionowym; układ izolujący uzwojenia względem siebie, który musi odpowiadać wyższemu z napięć uzwojeń.

W instalacji trójfazowej występuje sześć układów izolacyjnych: trzy między przewodami fazowymi, trzy pomiędzy przewodami fazowymi a przewodem zerowym.

Pomiary rezystancji zostaną wykonane indukcyjnym miernikiem izolacji IMI o napięciu probierczym 500 V. Dane miernika należy zamieścić w sprawozdaniu.

Przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić poprawność działania miernika. Przy obracaniu korbką przyrządu z prędkością około 160 obr/min przyrząd przy zwartych zaciskach powinien wskazywać "0", a przy rozwartych "∞". Po podłączeniu zacisków do badanych punktów pomiarowych, należy w trakcie obracania korbką induktora, wykonać odczyt wskazania miernika. Wykonać pomiary, a wyniki pomiarów i późniejszych obliczeń zestawić w tabeli 7.2.

Tabela 7.2

Badane urządzenie	Znamionowe napięcie pracy U_n	Wyniki pomiaru rezystancji izolacji R_i		Wymagana rezystancja izolacji R_i
	V	punkty pomiarowe	MΩ	MΩ
trójfazowy silnik asynchroniczny	-	zacisk fazowy - zacisk fazowy	R_{UV}	
			R_{UW}	
			R_{VW}	
	-	zacisk fazowy - obudowa	$R_{U- bud.}$	
			$R_{V- bud.}$	
			$R_{W- bud.}$	
transformator jednofazowy	-	zacisk DN - zacisk GN	R_{GN-DN}	
		zacisk DN - obudowa	$R_{GN-bud.}$	
		zacisk GN - obudowa	$R_{DN-bud.}$	
instalacja elektryczna	-	zacisk fazowy - zacisk zerowy	R_{L1-N}	
			R_{L2-N}	
			R_{L3-N}	
	-	zacisk fazowy - zacisk fazowy	R_{L1-L2}	
			R_{L1-L3}	
			R_{L2-L3}	

GN - górne napięcie transformatora , DN - dolne napięcie transformatora.

- Na podstawie wyników pomiarów rezystancji oraz obliczeń wymaganej wartości rezystancji izolacji (wzór 7.1) wykonanych w oparciu o znajomość napięcia znamionowego badanego urządzenia, odczytaną z tabliczki znamionowej urządzenia, należy określić, czy urządzenie posiada dobrą izolację i czy urządzenie nadaje się do eksploatacji.
- W przypadku negatywnych wyników badań izolacji, należy podać propozycję poprawy jej stanu.

2.2. Badanie zerowania ochronnego

Dla oceny skuteczności zerowania ochronnego należy znać dane zabezpieczenia (np. bezpiecznika) oraz dokonać pomiaru impedancji pętli zwarciowej w celu wyznaczenia spodziewanego prądu zwarcia I_z (dane zabezpieczeń uzgodnić z prowadzącym zajęcia). Niektóre typy mierników pozwalają, oprócz możliwości pomiaru impedancji pętli zwarciowej, na pomiar spodziewanego prądu zwarcia.

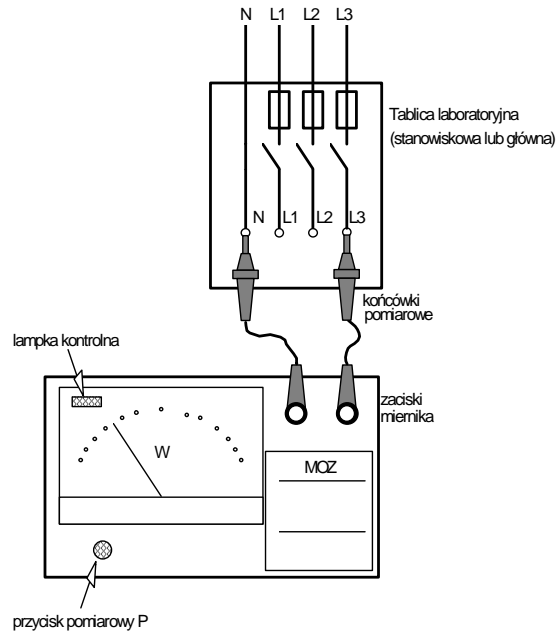
Pomiary impedancji pętli zwarcia, wybranymi spośród dostępnych w laboratorium dwoma typami mierników, wykonać razem z prowadzącym zajęcia. Pomiary powinny obejmować pomiar impedancji pętli zwarcia tablicy laboratoryjnej zasilającej pojedyncze stanowisko laboratoryjne i na tablicy głównej laboratorium. Wyniki pomiarów i obliczeń zestawić w tabeli 7.3.

Tabela 7.3

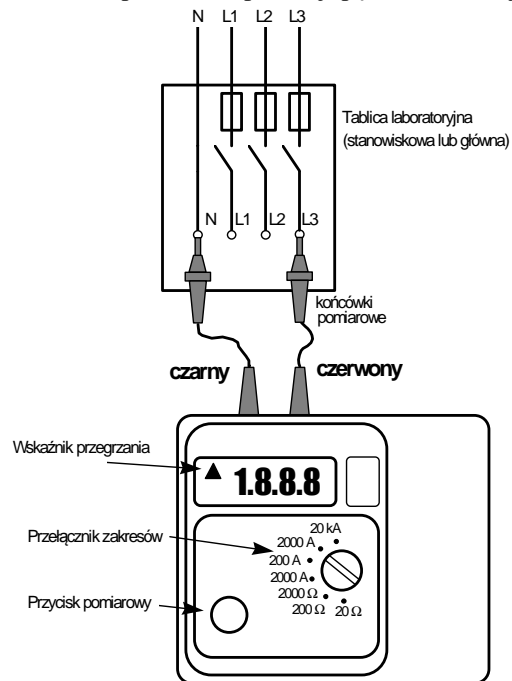
Tablica zasilająca:	Pomiary i dane					Obliczenia	
	U_f	Z_p	I_{bn}	k	I_{wx}	I_z	I_w
	V	Ω	A	-	A	A	A
	typ miernika →					
stanowisko							
laboratorium							
	typ miernika →					
stanowisko							
laboratorium							

gdzie: I_{wx} - wartość prądu zwarciowego w przypadku mierników, które umożliwiają jego pomiar.

- Na podstawie przeprowadzonych badań ocenić skuteczność zerowania ochronnego (zależność 7.4).
- Ocenić przyrządy pomiarowe pod kątem sposobu ich obsługi.



Rys. 7.4. Schemat układu do pomiaru impedancji pętli zwarciowej miernikiem MOZ



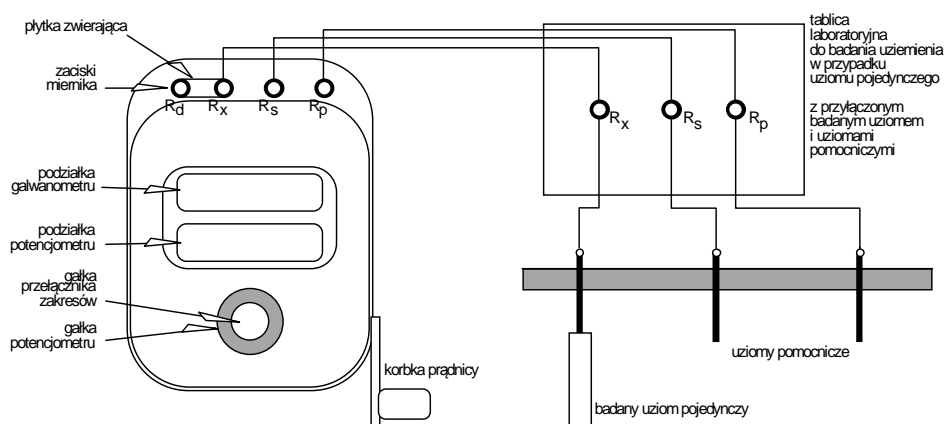
Rys. 7.5. Schemat układu do pomiaru miernikiem SL-3000

Na rys. 7.4 i 7.5 przedstawiono układy pomiarowe do pomiaru impedancji pętli zwarcia miernikami MOZ (miernik oporu zwarcia) i SL 3000.

2.3. Pomiar rezystancji uziemienia ochronnego

Dla oceny skuteczności uziemienia ochronnego należy znać, oprócz samej wartości rezystancji R_z , również dane bezpiecznika. Ocenic warunki środowiskowe, by określić wartość napięcia bezpiecznego U_L .

Badaniu zostanie poddany układ uziemienia pojedynczego. Zaciski pomiarowe badanego uziomu i uziomów pomocniczych zostały umieszczone na tablicy laboratoryjnej. Pomiar zostanie przeprowadzony indukcyjnym miernikiem uziemień IMU wspólnie z prowadzącym zajęcia.



Rys. 7.6. Schemat układu do pomiaru rezystancji uziemienia indukcyjnym miernikiem rezystancji uziemień IMU

Przed przystąpieniem do pomiarów należy gałkę przełącznika zakresów ustawić w pozycji „K”, a płytkę zwierającą umieścić pomiędzy zaciskami R_s i R_p . Następnie należy obracać korbką prądnicy z prędkością około 160 obr/min i zrównoważyć układ (sprowadzić wskazówkę galwanometru na kreskę zerową przez odpowiednie obrócenie gałki potencjometru). W przypadku poprawnej pracy miernika wskazana wartość nie powinna się różnić od wartości 30Ω więcej niż $\pm 0,9 \Omega$.

Po sprawdzeniu poprawności działania miernika, w celu wykonania pomiaru należy podłączyć zaciski miernika, do właściwych punktów pomiarowych tablicy, podłączonej do badanego uziomu i uziomów pomocniczych. Ustawić gałkę przełącznika zakresów w pozycji odpowiadającej przewidywanemu zakresowi

pomiarowemu. Jeżeli zakres jest trudny do przewidzenia, gałkę przełącznika zakresów ustawić w pozycji ($\times 10$). Obracając korbkę indu która ze zmniejszoną prędkością (< 160 obr/min) zrównoważyć wstępnie układ (zmieniając zakres i położenie gałki potencjometru). Zwiększyć prędkość obrotową korbki do 160 obr/min i przez regulację gałką potencjometru zrównoważyć ostatecznie układ. Odczytać wskazaną na podziałce potencjometru wartość i pomnożyć ją przez mnożnik nastawiony gałką przełącznika zakresów. Otrzymany iloczyn jest wartością rezystancji badanego uziemienia, w Ω . Wyniki pomiarów, obliczeń dokonanych na podstawie danych o zabezpieczeniu (rodzaj, prąd znamionowy, k) i danych o warunkach środowiskowych (U_L) zestawić w tabeli 7.4.

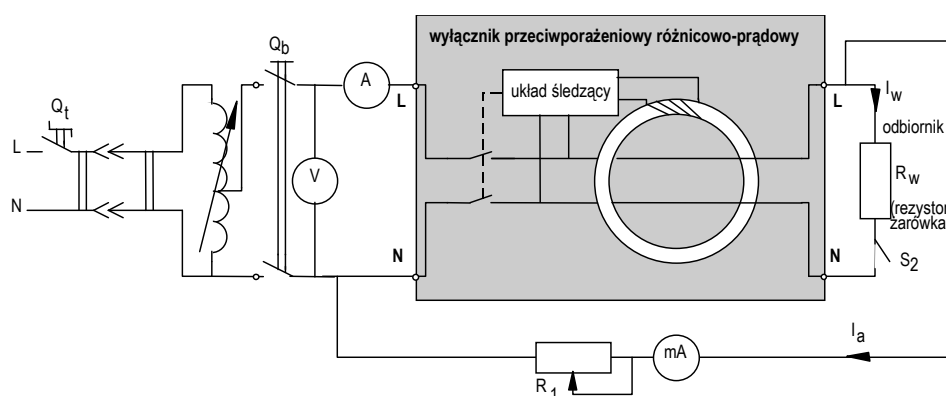
Tabela 7.4.

Pomiary i dane				Obliczenia		
R_z	I_{bn}	k	U_L	I_w	$R_z \cdot I_w$	R_z wymagane
Ω	A	-	V	A	V	Ω

Na podstawie wyników pomiarów, danych i obliczeń ocenić skuteczność uziemienia ochronnego. Wymaganą maksymalną rezystancję uziemienia ochronnego obliczyć wg (7.6).

2.4. Badanie przeciwporażeniowego różnicowego wyłącznika jednofazowego

W ćwiczeniu będzie badany wyłącznik ochronny jednofazowy o czułości 30 mA. Zestawić układ pomiarowy przedstawiony na rys. 7.7.



Rys. 7.7. Schemat układu do badania wyłącznika przeciwporażeniowego różnicowo-prądowego

Przed rozpoczęciem pomiarów R_1 należy nastawić na maksymalną wartość rezystancji. Następnie należy podłączyć odbiornik wskazany przez prowadzącego zajęcia (rezystor, żarówka) i przy włączonym wyłączniku przeciwporażeniowym zasilić go napięciem znamionowym. W trakcie zmniejszania rezystancji R_1 , zaobserwować przy jakiej wartości prądu wyzwalającego I_a wyłącznik odłączy układ. Pomiar powtórzyć przy braku obciążenia wyłącznika (S_2 otwarty, $I_w = 0$). Następnie dokonać pomiarów prądu wyzwalającego I_a przy obniżonym napięciu (np. $U \approx 0,8 U_n$) z załączonym i wyłączonym odbiornikiem. Wyniki pomiarów zestawić w tabeli 7.5.

Tabela 7.5

Dane wyłącznika	U_n [V]	Pomiary			
	I_{nw} [A]	U	I_w	I_a	
	I_{na} [mA]	V	A	mA	
Lp.					
1	$U = U_n$	$I_w = 0$			
2		$I_w \neq 0$			
3	$U < U_n$	$I_w = 0$			
4		$I_w \neq 0$			

- Przyjmując największą wartość prądu różnicowego I_a uzyskaną z badań i przyjmując wartość rezystancji ciała ludzkiego 1000Ω , obliczyć jakie napięcie pojawiłoby się na ciele człowieka w momencie zadziałania wyłącznika przeciwporażeniowego.
- Przeprowadzić dyskusję wpływu napięcia zasilającego i prądu obciążenia (odbiornik wyłączony lub włączony) na działanie wyłącznika przeciwporażeniowego.

2.5. Wykaz przyrządów i aparatów

Należy, zgodnie z wytycznymi umieszczonymi w części ogólnej skryptu, podać wszystkie przyrządy pomiarowe, urządzenia i aparaty wykorzystywane w ćwiczeniu.

Zagadnienia do samodzielnego opracowania

1. Czynniki decydujące o stopniu zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym.
2. Rodzaje napięć rażenia.

3. Ochrona podstawowa od porażień elektrycznych.
4. Ochrona dodatkowa od porażień elektrycznych.
5. Zerowanie ochronne; schemat, zasada działania, warunek skuteczności ochrony.
6. Uziemienie ochronne; schemat, zasada działania, warunek skuteczności ochrony.
7. Wyłącznik ochronny różnicowo-prądowy; zasada działania.
8. Ocena dobroci izolacji w silniku asynchronicznym trójfazowym.
9. Warunki środowiskowe w ustalaniu bezpiecznej wartości napięcia dotykowego.

Literatura:

- [1] Kozłowski J., Wasiak I.: Ochrona przeciwporażeniowa w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wyd. Politech. Łódzkiej, Łódź 1997.
- [2] Lisowski A., Lugowski G.: Ochrona od porażień w instalacjach i urządzeniach elektrycznych o napięciu do 1 kV obiektów budowlanych nie będących budynkami. COSiW SEP, Warszawa 2001.
- [3] Majka K.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego napięcia Wyd. Politech. Lub., Lublin 1998.
- [4] Rogon A.: Ochrona od porażień w instalacjach elektrycznych obiektów budowlanych. COSiW SEP, Warszawa 1998.
- [5] Szpor S., Samuła J.: Ochrona odgromowa. WNT, Warszawa 1983.