

Pomiary eksploatacyjne do 1kV

Literatura:

- 1) PN-IEC 60364-6-61 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie odbiorcze”
- 2) PN/E-04700 „Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych wytyczne przeprowadzania po montażowych badań odbiorczych”
- 3) Z. Konopacki; Z. Gryżewski „Prace pomiarowo-kontrolne przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1kV”, Wyd. COSiW W-Wa, 1994
- 4) Z. Kuśmierk, S. Groszek „Badania i ocena środków ochrony przeciwporażeniowej”, Wyd. PŁ, 2000
- 5) Ustawa o normalizacji 03.04.1999, Dziennik Ustaw nr.55 pozycja 251 z 25.08.1994
- 6) Ustawa „Prawo budowlane” z 07.07.1994, Dziennik Ustaw nr.89 z 25.08.1994
- 7) Ustawa „Prawo energetyczne” z 10.04.1997, Dziennik Ustaw nr.54 pozycja 348 z 1997
- 8) Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci oraz trybu stwierdzania tych kwalifikacji; rodzaju instalacji i urządzeń, przy których eksploatacji wymagane jest posiadanie kwalifikacji; jednostek organizacyjnych, przy których powołuje się komisje kwalifikacyjne oraz wysokości opłat pobieranych za sprawdzenie kwalifikacji, Dziennik Ustaw nr.59 pozycja 377
- 9) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 04.03.1999 w sprawie stosowania niektórych polskich norm, Dziennik Ustaw nr.22 pozycja 209 z 1999
- 10) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 17.09.1999 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych, Dziennik Ustaw nr.80 pozycja 912 z 1999
- 11) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 04.02.1999 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych jaki powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dziennik Ustaw nr.15 pozycja 140 z 1999
- 12) PN-IEC 60364-4-41 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa oraz pozostałe arkusze normy IEC 364”
- 13) J. Kozłowski, I. Wasiak „Ochrona przeciwporażeniowa w sieciach elektroenergetycznych”, Wyd. PŁ, 1997
- 14) S. Wojdat „Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych”, Wyd. COSiW SEP W-Wa, 1993
- 15) R. Buehl, A. Majka, J. Saferna, S. Sakiel, J. Strużyna „Porażenia i oparzenia prądem i łukiem elektrycznym. Etiologia i pomoc przed lekarska”, WNT W-Wa, 1993
- 16) K. Markiewicz „Instalacje elektryczne”, WNT W-Wa, 1996

Ustawa o normalizacji

Rozdział 5, artykuł 19.1

Stosowanie polskich norm jest dobrowolne z zastrzeżeniem ustępu 2 i 3:

Ustęp 2: Ministrowie w sprawach należących do zakresu ich działania i po uzyskaniu opinii lub na wniosek Polskiego Komitetu Normalizacyjnego mogą w drodze rozporządzenia wprowadzić obowiązek stosowania polskiej normy, gdy dotyczy ona w szczególności:

- ochrony życia, zdrowia, mienia, bezpieczeństwa pracy i użytkowania,
- ochrony środowiska,
- wyrobów zamawianych przez organy państwowe.

Ustęp 3: Stosowanie polskich norm jest również obowiązkowe, jeżeli normy zostaną powołane w ustawach.

Ustawa „Prawo budowlane”, Dziennik Ustaw nr.89 z 25.08.1994

Artykuł 62.1.2

Obiekty budowlane powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę okresowej kontroli raz na 5 lat, polegającej na sprawdzeniu stanu sprawności technicznej i wartości użytkowej całego obiektu budowlanego, estetyki obiektu oraz jego otoczenia. Ochroną powinny być objęte również badania instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

Artykuł 62.5, punkt 5

Kontrole stanu technicznego instalacji elektrycznej i piorunochronnej powinny przeprowadzać osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy dokonywaniu dozoru lub usług w zakresie naprawy i konserwacji odpowiednich urządzeń energetycznych określonych w przepisach szczególnych.

Artykuł 12.6

Osoby wykonujące samodzielnie funkcje techniczne w budownictwie są odpowiedzialne za wykonywanie tych funkcji zgodnie z:

- przepisami,
- obowiązującymi polskimi normami,
- zasadami wiedzy technicznej oraz z należytą starannością w wykonywaniu pracy, jej właściwą organizację, bezpieczeństwo i jakość.

Napięcia znormalizowane IEC w PN-IEC 60038, 1999

Niniejsza norma dotyczy:

- sieci przesyłowych rozdzielczych i odbiorczych prądu przemiennego o napięciu powyżej 100V oraz urządzeń stosowanych w tych sieciach,
- sieci trakcyjnych prądu przemiennego i stałego,
- urządzeń prądu przemiennego o napięciu: stałym poniżej 750V, przemiennym poniżej 120V.

Nie dotyczy napięć stosowanych w obwodach i urządzeniach:

- sygnalizacyjnych,
- informacyjnych,
- pomiarowych.

Sieci i urządzenia prądu przemiennego o napięciu znamionowym $100 \leq U_N \leq 1000V$ i $f_N=50Hz$:

Wyróżniamy sieci:

- 3-fazowe i 5-przewodowe,
- 3-fazowe i 4-przewodowe,
- 3-fazowe i 3-przewodowe.

230/400V; 400/690V; 1000V

W normalnych warunkach użytkowania zaleca się, aby napięcie w punkcie dostawy (złącze budynku) nie odbiegało więcej niż $\pm 10\%$ od napięcia znamionowego sieci. W instalacji niskiego napięcia spadek napięcia jest ograniczony do 4%. Napięcie znamionowe 220/380V należy doprowadzić do zalecanej wartości 230/400V w okresie przejściowym do 2003 roku. Napięcia trakcyjne prądu stałego: 750V, 1350V, 3000V. Napięcie 1-fazowe prądu przemiennego: 15kV, 25kV.

Sieci prądu przemiennego i urządzenia o napięciu znamionowym większym od 1kV, ale nieprzekraczające 35kV: 3 – 6 – 10 – (15) – 20 – 35 kV – rozdzielcze

Sieci 3-fazowe o napięciu znamionowym $35 \leq U_N \leq 220V$: (45) – 66 – 110 – 132 – (150) – 220 kV – przesyłowe

„Zakresy napięciowe instalacji elektrycznej w obiektach budowlanych”

Norma PN-91/E-05010 – dotyczy podziału napięć

Napięcia można podzielić na:

- napięcia zakresu I,
- napięcia zakresu II.

Wartości napięć zależą od:

- układu sieci,
- rodzaju prądu (stały, przemienny).

Dla prądu przemiennego podział jest następujący:

Zakres napięcia	Sieci uziemione TN, TT		Sieci izolowane IT
	faza-ziemia	faza-faza	faza-faza
I	$U \leq 50V$	$U \leq 50V$	$U \leq 50V$
II	$50 < U \leq 600V$	$50 < U \leq 1000V$	$50 < U \leq 1000V$

Dla prądu stałego podział jest następujący:

Zakres napięcia	Sieci uziemione		Sieci izolowane
	biegun-ziemia	biegun-biegun	biegun-biegun
I	$U \leq 120V$	$U \leq 120V$	$U \leq 120V$
II	$120 < U \leq 900V$	$120 < U \leq 1500V$	$120 < U \leq 1500V$

Napięcia prądu przemiennego $\leq 50V$ oraz napięcia prądu stałego $\leq 120V$ są napięciami bezpiecznymi.

Klasy ochronności urządzeń elektrycznych z punktu widzenia ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym

Norma PN-92/E 05031

Klasa ochronności urządzenia nie określa stopnia bezpieczeństwa urządzenia, lecz jedynie wskazuje środki, dzięki którym bezpieczeństwo jest zapewnione. Podstawowe określenia:

- 1) **izolacja podstawowa** to izolacja części czynnych do zapewnienia ochrony podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim) przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) **izolacja dodatkowa** to izolacja stosowana dodatkowo oprócz izolacji podstawowej, zapewniająca ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej,
- 3) **izolacja podwójna** jest to jednocześnie izolacja podstawowa i dodatkowa,
- 4) **izolacja wzmocniona** jest to izolacja pojedyncza zastosowana do części czynnych, która zapewnia stopień ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, równoważna izolacji podwójnej.

Wyróżnia się następujące klasy ochronności urządzeń elektrycznych:

- 1) klasa „0” – są to urządzenia, w których ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym polega na zastosowaniu tylko izolacji podstawowej. Charakteryzuje się brakiem zacisku ochronnego. Mogą być one stosowane w środowisku bez mas uziemiających,
- 2) klasa „I” – są to urządzenia, w których ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym polega na zastosowaniu oprócz izolacji podstawowej dodatkowego środka ochrony polegającego na połączeniu przewodzących części dostępnych z przewodem ochronnym. Urządzenia te mają zacisk uziemiający do podłączenia przewodu ochronnego. Oznaczenie zacisku ochronnego:

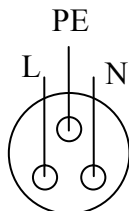


- 3) klasa „II” – są to urządzenia, w których ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym polega nie tylko na zastosowaniu izolacji podstawowej, lecz również na zastosowaniu dodatkowych środków ochrony takich jak izolacja podwójna lub wzmocniona. Urządzenia tego typu oznaczane są symbolem:

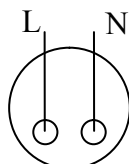


Nie mają one zacisku ochronnego i nie są konieczne żadne inne środki ochronny.

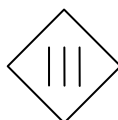
Urządzenia klasy „I” mają trzy przewody zasilające:



Urządzenia klasy „II” mają dwa przewody zasilające:



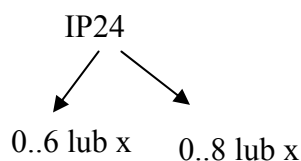
- 4) klasa „III” – są to urządzenia, w których ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym polega na zasilaniu bardzo niskim napięciem bezpiecznym SELV (Safety Extra Low Voltage) lub ochronnym PELV (Protection Extra Low Voltage).
Oznaczenie urządzeń:



Stopnie ochrony zapewnione przez obudowy

Norma PN-92/E-08106

Stopnie ochrony oznaczane są kodem IP (International Protection):



Pierwsza cyfra kodu informuje o możliwości przedostania się obcych ciał do wnętrza obudowy:

- 0 - bez ochrony,
- 1 - o średnicy $\geq 50\text{mm}$,
- 2 - o średnicy $\geq 12,5\text{mm}$,
- 3 - o średnicy $\geq 2,5\text{mm}$,
- 4 - o średnicy $\geq 1\text{mm}$,
- 5 - ograniczona ochrona przed pyłem,
- 6 - pyłoszczelne,
- x - informuje, że nie określa się tego typu ochrony.

Druga cyfra znacząca określa, jaka jest szczelność obudowy pod względem wnikania wody.

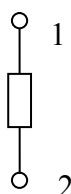
Ochrona przed:

- 0 - bez ochrony
- 1 - wodą kapiącą pionowo
- 2 - wodą kapiącą pod kątem 15°
- 3 - wodą natrykiwaną
- 4 - wodą rozbryzgiwaną
- 5 - wodą laną strugą
- 6 - wodą laną silną strugą
- 7 - przy zanurzeniu krótkotrwałym
- 8 - przy zanurzeniu ciągłym

Oznaczenia identyfikacyjne zacisków urządzeń i zakończeń przewodów oraz ogólne zasady systemu alfanumerycznego

Norma PN-90/E-01242

W systemie oznaczeń za pomocą zapisu alfanumerycznego należy używać liter i cyfr. Powinny być używane tylko duże litery alfabetu łacińskiego i cyfry arabskie. Dwa zakończenia pojedynczego elementu należy oznaczać kolejnymi liczbami tak, aby liczba nieparzysta była mniejsza niż parzysta.



Zaciski urządzeń, które są przeznaczone do bezpośredniego lub pośredniego przyłączenia przewodów o określonym przeznaczeniu powinny być oznaczane literami zgodnie tablicą:

Rodzaj (przeznaczenie) przewodów	Zapis alfanumeryczny	
	Oznaczenie zacisku	Identyfikacja przewodów
Zasilanie prądem przemiennym		
Faza 1	U	L1
Faza 2	V	L2
Faza 3	W	L3
Przewód neutralny	N	N
Zasilanie prądem stałym		
Biegun dodatni	C	L+
Biegun ujemny	D	L-
Przewód środkowy	M	M
Przewód ochronny	PE	PE
Przewód ochronno - neutralny	-	PEN
Przewód uziemiający	E	E
Przewód uziemiający bez zakłóceń	TE	TE
Przewód łączący z obudową	MM	MM
Przewód wyrównawczy	CC	CC

Oznaczenia identyfikacyjne przewodów elektrycznych barwami lub cyframi

Norma PN-90/E-05023

Jako oznaczenia mogą być użyte następujące barwy:

Czarna	BK
Brązowa	BN
Czerwona	RD
Pomarańczowa	OG
Żółta	YE
Niebieska	BU
Fioletowa	VT
Szara	GY
Biała	WH
Różowa	PK
Turkusowa	TQ
Zielonożółta	GNYE
Zielona	GN

Barwa jasnoniebieska jest przeznaczona dla przewodu neutralnego albo środkowego. Kombinacja dwubarwna zielono – żółta powinna być używana tylko do oznaczania i identyfikacji przewodu ochronnego (PE). Przewód PEN powinien być oznaczany barwą zielonożółtą a na końcach barwą jasnoniebieską tak, aby jednocześnie widoczne były wszystkie wymienione barwy.

Barwy wskaźników świetlnych i przycisków

Norma PN-89/E-05028

Barwę wskaźnika lub przycisku należy dobierać w zależności od informacji, jaka ma być przekazywana za pomocą światła operatorowi lub w zależności od operacji zainicjowanej przez naciśnięcie guzika przycisku:

- 1) barwa czerwona – przycisk służący do zatrzymywania. Może być opisany jako: WYŁ, OFF lub STOP. Stan ten powinien powodować:
 - ✓ zatrzymanie urządzenia,
 - ✓ wyłączenie obwodu spod napięcia,
 - ✓ uruchomienie alarmu przeciwpożarowego.
- 2) barwa zielona – dopuszcza się czarną, białą i szarą. Jest to przycisk służący do uruchomienia. Może być opisany jako: START, ZAŁ, ON.
- 3) barwa żółta – interwencyjna
- 4) barwa niebieska – działanie specyficzne np.: reset

Symbole graficzne stosowane w schematach

Norma PN-92/E-01200

Arkusz /02





-	- prąd stały
~	- prąd przemienny
→	- przepływ energii
±	- biegunowość
→ └─┘	- przepływ energii od szyn zbiorczych
└─┘	- oddziaływanie cieplne
└─┘	- oddziaływanie elektromagnetyczne
Ⓜ	- napęd silnikowy z silnikiem elektrycznym
⊥	- uziemienie
⊕	- uziemienie ochronne
⏏	- połączenie z obudową
▽	- ekwipotencjalność
⊖	- idealne źródło prądu
⊕	- idealne źródło napięcia
⚡	- uszkodzenie

Arkusz /03

Przewody i sprzęt łączeniowy






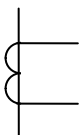
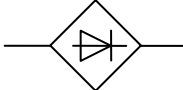
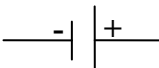
—	- przewód
///	- przewód 3-żyłowy lub
•	- połączenie przewodów
○	- końcówka lub zacisk
├	- odgałęzienie lub
┤	

—/3

-  - gniazdo wtykowe
-  - gniazdo wtykowe ze stykiem ochronnym
-  - wtyczka
-  - gniazdo z wtykiem






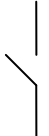

Arkusz /06

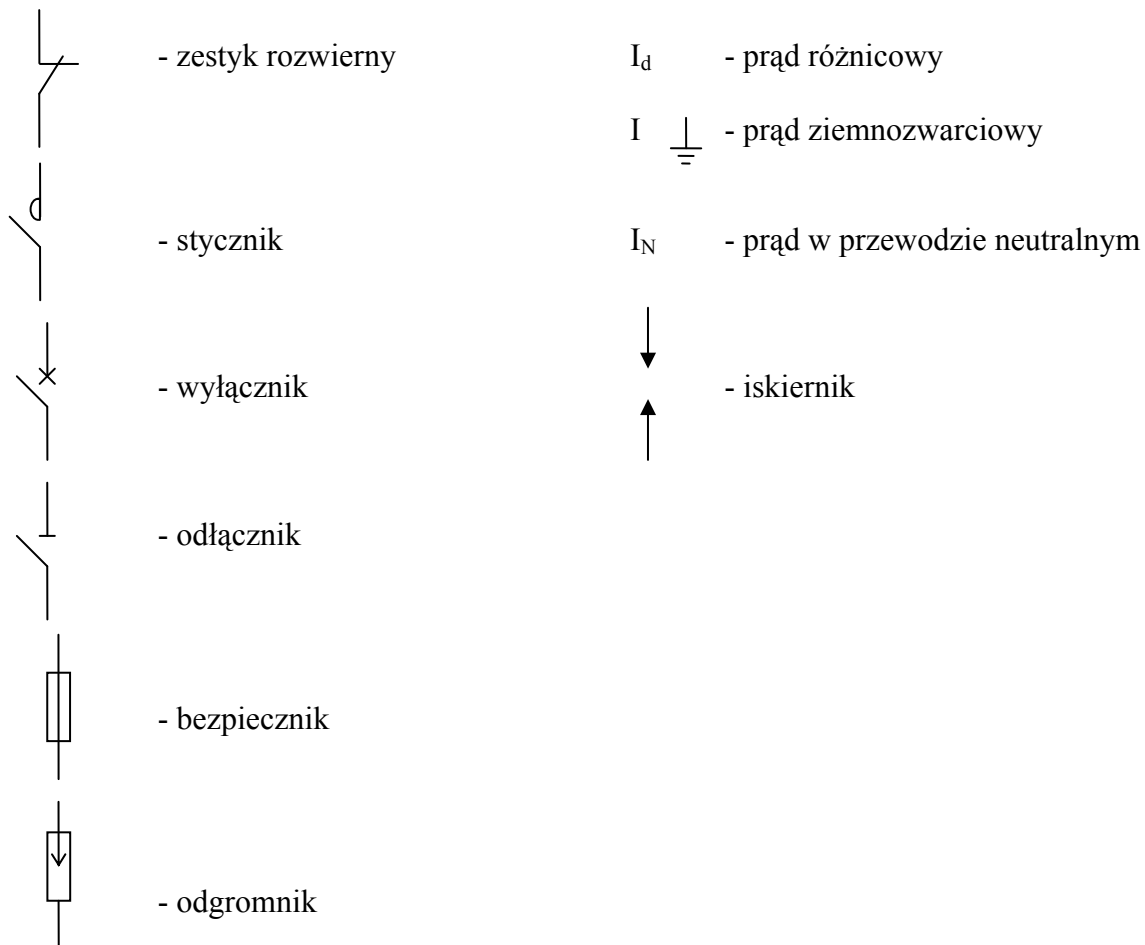
Wytwarzanie i przetwarzanie energii elektrycznej

-  - uzwojenie połączone w trójkąt
-  - uzwojenie połączone w gwiazdę
-  - transformator lub 
-  - autotransformator
-  - przekładnik prądowy
-  - układ Graetza
-  - ogniwo prądu stałego

Arkusz /07

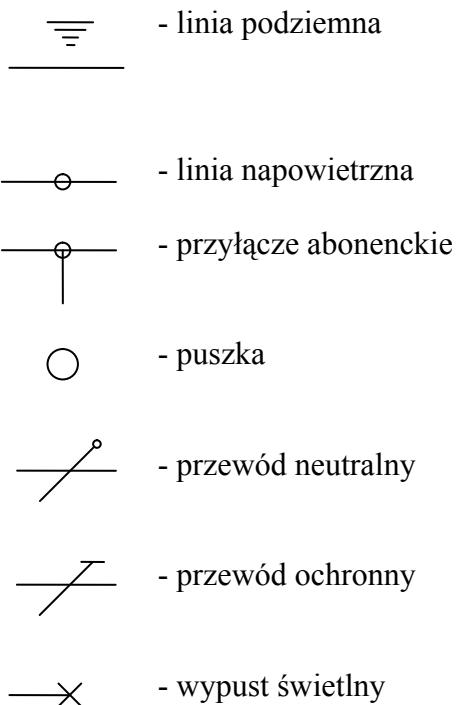
Aparatura łączeniowa sterownicza i zabezpieczająca

-  - funkcja stycznika
-  - funkcja wyłącznika
-  - funkcja odłącznika
-  - funkcja rozłącznika izolacyjnego
-  - funkcja wyzwalacza samoczynnego
-  lub  - zestyk zwierny



Arkusz /11

Schematy i plany instalacji elektrycznych: budowlane i topograficzne



Podział środków ochrony przeciwporażeniowej

Norma PN-IEC 60364-4-41

„Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.”

1. Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim
 - 1.1 Ochrona polegająca na zastosowaniu bardzo niskiego napięcia SELV (bez uziemienia)
 - 1.2 Ochrona za pomocą ograniczenia energii rozładowania
 - 1.3 Obwody FELV (Functional Extra Low Voltage) – bardzo niskie napięcie funkcjonalne
2. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa)
 - 2.1 Ochrona polegająca na izolowaniu części czynnych
 - 2.2 Ochrona przy użyciu ogrodzeń lub obudów
 - 2.3 Ochrona przy użyciu barier
 - 2.4 Ochrona polegająca na umieszczeniu poza zasięgiem ręki
 - 2.5 Ochrona uzupełniająca za pomocą urządzeń różnicowoprądowych
3. Ochrona przed dotykiem pośrednim
 - 3.1 Ochrona za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania
 - 3.2 Ochrona polegająca na zastosowaniu urządzeń drugiej klasy ochronności lub o izolacji równoważnej
 - 3.3 Ochrona polegająca na izolowaniu stanowiska
 - 3.4 Ochrona za pomocą nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych
 - 3.5 Ochrona za pomocą separacji elektrycznej

Kolejność, w jakiej wymienione są środki ochrony nie jest związana w jakikolwiek sposób ze stopniem ich ważności. Środki ochrony mogą dotyczyć całej instalacji, jej części lub tylko jednego urządzenia. Jeżeli zastosowanie jednego środka ochrony nie spełnia wymaganych warunków należy zastosować inne środki, które łącznie z tym środkiem ochrony zapewnią wymagany poziom bezpieczeństwa

Ochrona przez wyłączenie zasilania

Urządzenie ochronne powinno samoczynnie wyłączyć zasilanie chronionego obwodu w taki sposób, aby w następstwie zwarcia między częścią czynną i częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym spodziewane napięcie dotyku przekraczające 50V~ lub 120V– nie spowodowało niebezpiecznych skutków patofizjologicznych dla człowieka dotykającego w chwili zwarcia części przewodzących jednocześnie dostępnych.

Uziemienie – części przewodzące dostępne powinny być połączone przewodem ochronnym zgodnie z wymaganiami określonymi dla każdego układu sieci. Części przewodzące jednocześnie dostępne powinny być przyłączone do tego samego uziemienia indywidualnie, grupowo lub zespołowo.

Połączenia wyrównawcze:

- 1) połączenia wyrównawcze główne – w każdym obiekcie budowlanym połączenia wyrównawcze główne powinny łączyć ze sobą następujące części przewodzące:
 - główny przewód ochronny,
 - główną szynę lub zacisk uziemiający,
 - rury zasilające instalacje wewnętrzne obiektów budowlanych np.: gazu, wody,
 - metalowe elementy konstrukcyjne,

- urządzenia centralnego ogrzewania i systemów klimatyzacyjnych jeżeli występują.

Elementy przewodzące doprowadzone z zewnątrz budynku powinny być połączone w budynku możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia. Połączenia wyrównawcze dla przewodów telekomunikacyjnych powinny być wykonane w porozumieniu z właścicielem i służbami eksploatacyjnymi tych przewodów.

- 2) połączenia wyrównawcze dodatkowe – jeżeli w instalacji lub jej części nie mogą być spełnione warunki samoczynnego wyłączenia zasilania to powinny być wykonane miejscowe połączenia wyrównawcze zwane połączeniami wyrównawczym dodatkowymi. Połączenia wyrównawcze dodatkowe mogą obejmować całą instalację, część instalacji, jedno urządzenie albo określone miejsce.

Układ sieciowy TN

Wszystkie części przewodzące dostępne instalacji w tym układzie powinny być przyłączone do uziemionego punktu sieci zasilającej za pomocą przewodów ochronnych uziemionych na każdym transformatorze lub prądnicy lub w ich możliwie najbliższym sąsiedztwie. Uziemionym punktem zasilania powinien być punkt neutralny. Jeżeli punkt neutralny jest niedostępny lub nie istnieje to powinien być uziemiony przewód fazowy. Przewód fazowy w żadnym przypadku nie może być wykorzystywany jako przewód PEN. W przypadku zwarcia o pomijalnie małej impedancji między przewodem fazowym i przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą dostępną w jakimkolwiek miejscu instalacji charakterystyki urządzeń wyłączających i impedancje obwodów powinny zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w określonym czasie. Zapewnione to jest przy spełnieniu warunku:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

Z_S – impedancja pętli zwarcia obejmującej źródło zasilania, przewód czynny 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_0

U_0 – skuteczna wartość napięcia znamionowego prądu przemiennego względem ziemi

L.p.	$U_L=50V$		$U_L=25V$	
	U_0 [V]	t_w [s]	U_0 [V]	t_w [s]
1	120	0,8	120	0,35
2	230	0,4	230	0,2
3	277	0,4	277	0,2
4	400	0,2	400,480	0,05
5	>400	0,1	580	0,02
Zawarte w normie PN-IEC 60364-4-481				

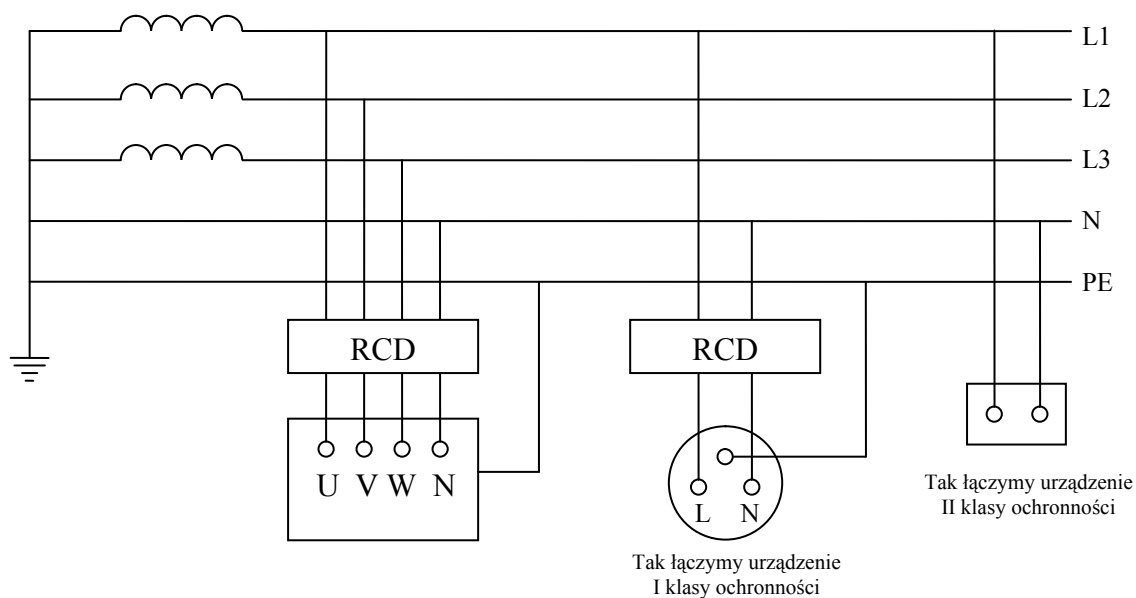
Maksymalny czas wyłączenia $t_w \leq 5s$ może stosowany w obwodach rozdzielczych.

W układzie TN mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:

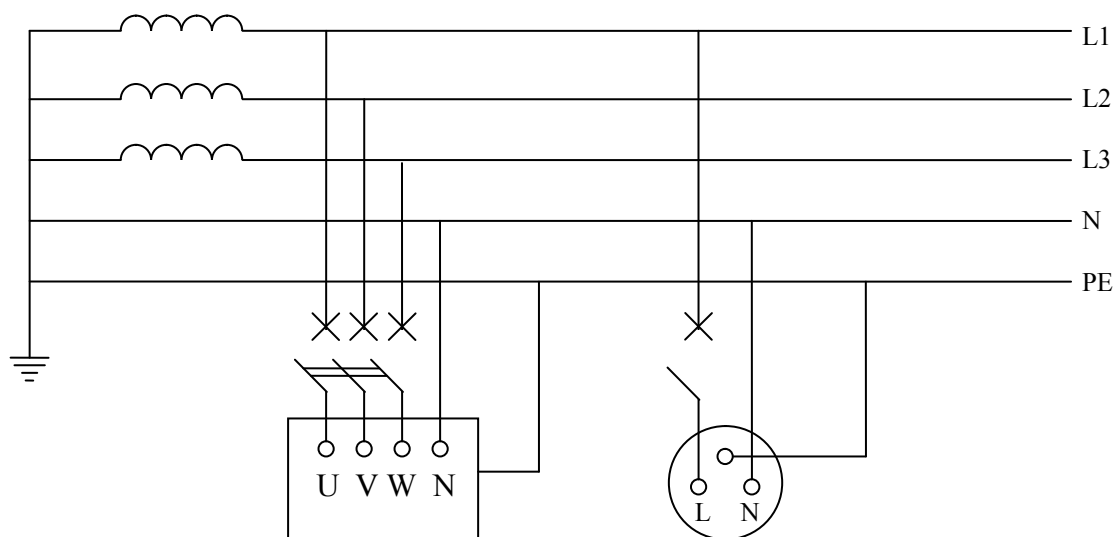
- urządzenia ochronne przetężeniowe, jeżeli spełnienie warunków ochrony jest dla tych urządzeń niemożliwe należy wykonać połączenia wyrównawcze dodatkowe,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe z następującymi zastrzeżeniami:

- urządzenia ochronne różnicowoprądowe nie mogą być stosowane w układzie TNC
- jeżeli urządzenie ochronne różnicowoprądowe zastosowane jest w układzie TNC-S to przewód PEN nie może być stosowany po stronie odbioru. Połączenie przewodu ochronnego z przewodem PEN powinno być wykonane po stronie zasilania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego.

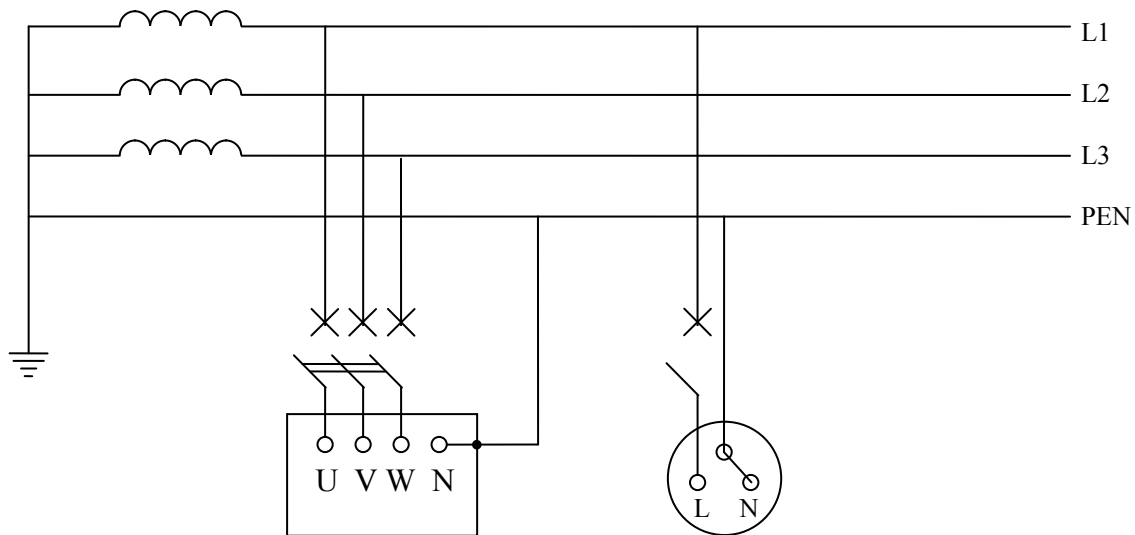
❖ UKŁAD TN-S



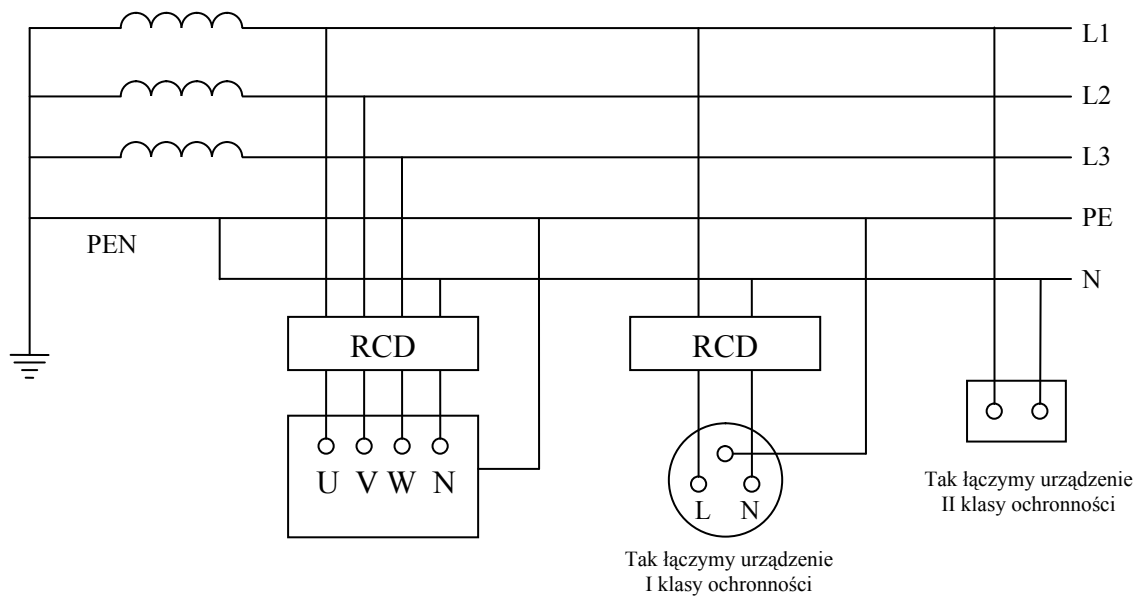
RCD (Residual Current Device) – Urządzenie różnicowoprądowe

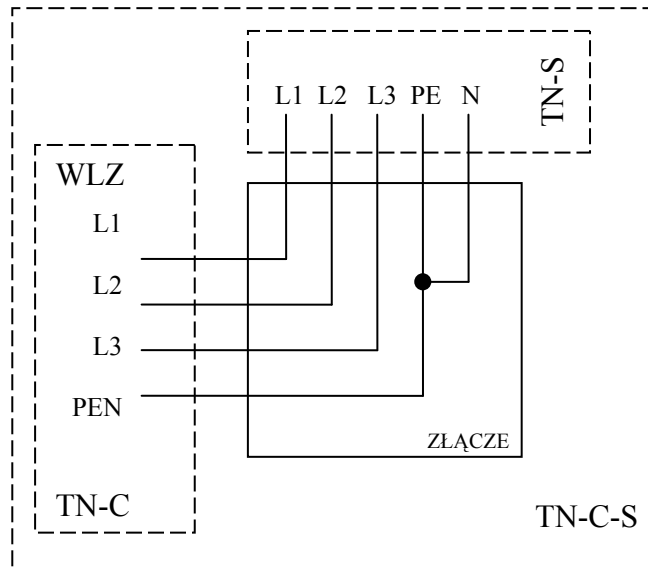


❖ UKŁAD TN-C



❖ UKŁAD TN-C-S





Dla układu TNC przekrój kabli: $S \geq 10\text{mm}^2$ dla Cu
 $S \geq 16\text{mm}^2$ dla Al

Układ sieciowy TT

Wszystkie części przewodzące dostępne chronione wspólnie przez to samo urządzenie powinny być połączone ze sobą przewodami ochronnymi i przyłączone do tego samego uziomu. Jeżeli stosuje się kilka urządzeń ochronnych połączonych szeregowo wymaganie to odnosi się oddzielnie do wszystkich części przewodzących dostępnych chronionych przez każde z tych urządzeń. Punkt neutralny lub w razie jego braku jeden z przewodów fazowych powinien być uziemiony. W każdej prądnicie lub stacji transformatorowej powinien być spełniony warunek:

$$R_a \cdot I_a \leq 50V$$

(w warunkach szczególnego zagrożenia: $R_a \cdot I_a \leq 25V$), gdzie:

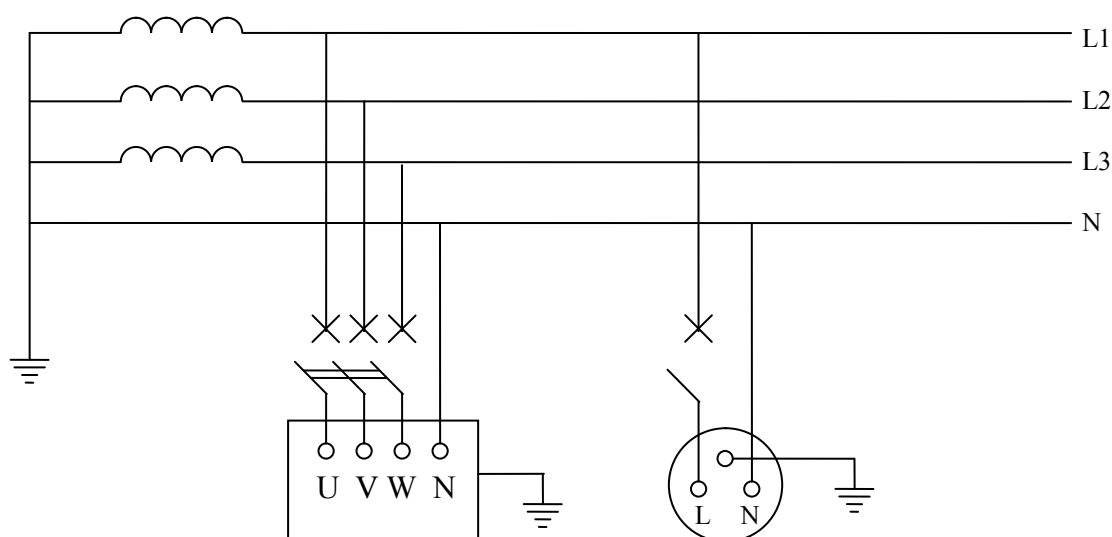
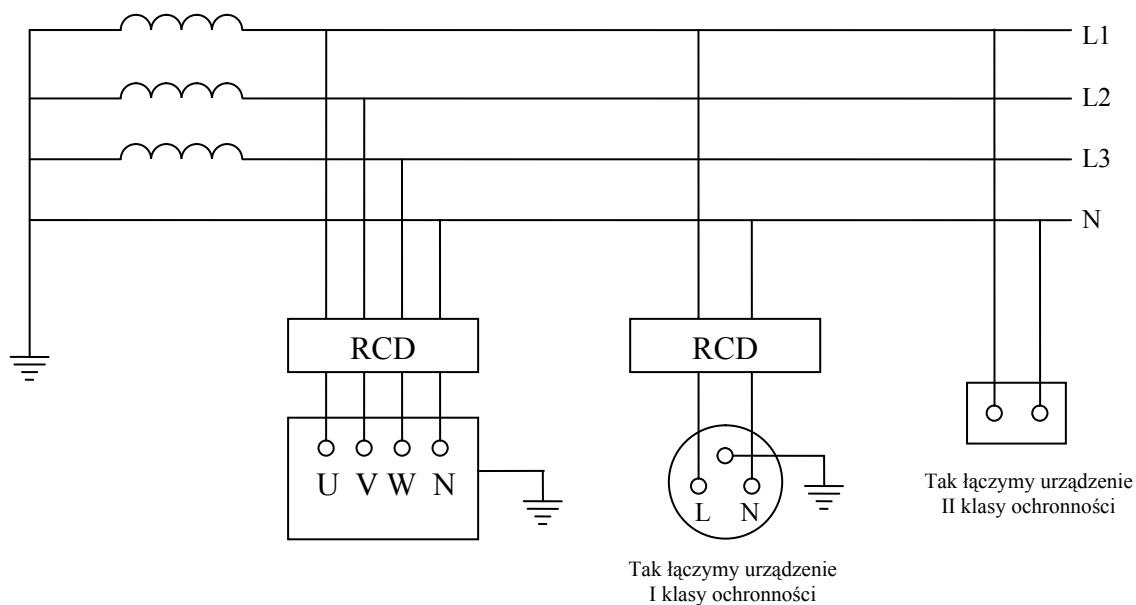
R_a – jest sumą rezystancji uziomów i przewodu ochronnego części przewodzących dostępnych,

I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego.

1. Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie ochronne różnicowoprądowe I_a jest znamionowym prądem zadziałania $I_a = I_{\Delta N}$.
2. Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie przetężeniowe powinno ono być:
 - urządzeniem o zależnej charakterystyce czasowo – prądowej a prąd I_a powinien być prądem zapewniającym samoczynne zadziałanie w czasie nie dłuższym niż 5 sekund.
 - lub urządzeniem o działaniu natychmiastowym a prąd I_a powinien być minimalnym prądem zapewniającym natychmiastowe wyłączenie.

Jeżeli nie można spełnić warunku wyłączenia należy dokonać połączenia wyrównawczego jak w układzie TN. W układzie TT mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:

- urządzenie ochronne różnicowoprądowe,
- urządzenie ochronne przetężeniowe.



Układ sieciowy IT

W układach IT części czynne powinny być odizolowane od ziemi lub połączone z ziemią za pomocą impedancji o dużej wartości. Takie połączenie powinno być wykonane albo w punkcie neutralnym układu albo w sztucznym punkcie neutralnym. Jeżeli nie ma żadnego punktu neutralnego do ziemi przez impedancję może być przyłączony jeden z przewodów fazowych. W przypadku pierwszego doziemienia prąd płynący do części przewodzących dostępnych lub ziemi jest mały i wyłączenie nie jest konieczne. Żaden przewód czynny instalacji nie powinien być bezpośrednio połączony z ziemią. Części przewodzące dostępne powinny być uziemione indywidualnie, grupowo lub zbiorowo. Powinien być spełniony następujący warunek:

$$R_a \cdot I_d \leq 50V$$

gdzie:

- R_a – jest rezystancją uziemienia części przewodzących dostępnych,
- I_d – jest prądem pierwszego doziemienia przy pomijalnej impedancji między przewodem fazowym i częścią przewodzącą dostępną.

Wartość I_d musi uwzględniać prądy upływowe i całkowitą impedancję uziemienia instalacji elektrycznej. Powinno być zastosowane urządzenie do kontroli stanu izolacji celem wykrycia pierwszego doziemienia. Urządzenie to powinno wydawać sygnał dźwiękowy lub optyczny dla szybkiego usunięcia doziemienia. Po wystąpieniu pierwszego doziemienia warunki wyłączenia zasilania w przypadku drugiego doziemienia zależą od tego:

- czy wszystkie części przewodzące dostępne są połączone ze sobą przewodem ochronnym - warunki ochrony są takie jak dla układu TN,
- czy też są one uziemione grupowo lub indywidualnie - warunki ochrony są takie same jak dla układu TT.

Jeżeli nie jest stosowany przewód neutralny, powinien być spełniony następujący warunek:

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3} U_0}{2 I_a}, \text{ a gdy stosowany jest przewód neutralny: } Z'_s \leq \frac{U_0}{2 \cdot I_a}, \text{ gdzie:}$$

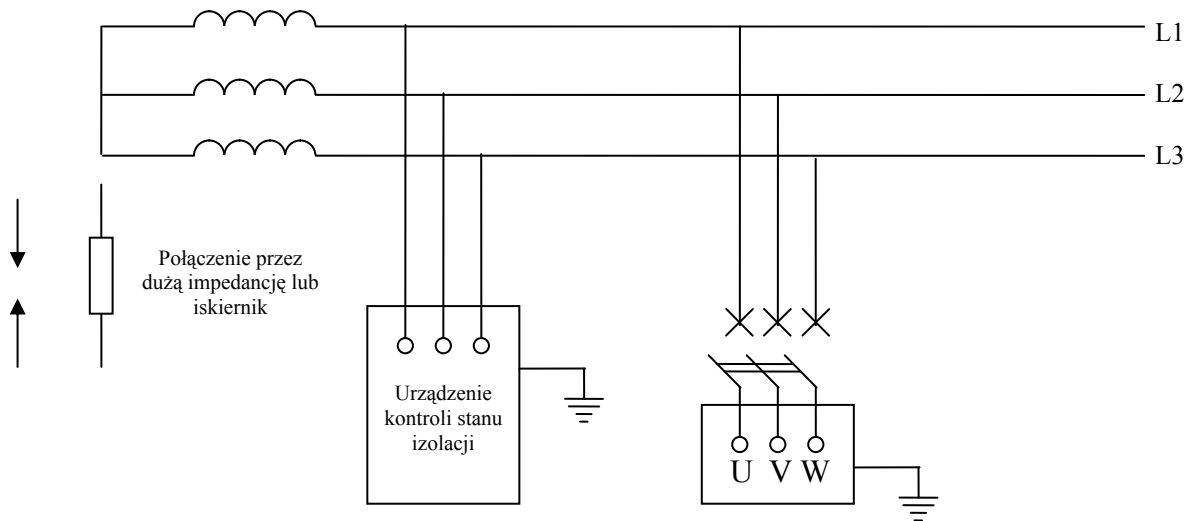
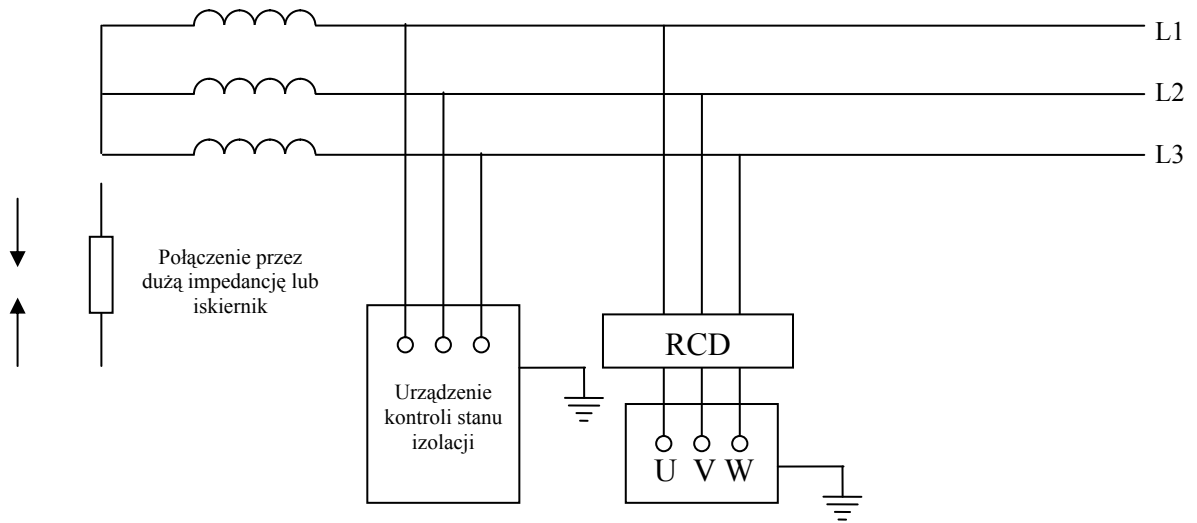
- U_0 – napięcie znamionowe prądu przemiennego między fazą a punktem neutralnym,
- Z_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód fazowy i przewód ochronny obwodu,
- Z'_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny obwodu,
- I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w czasie określonym w tablicy lub w czasie nie dłuższym niż 5 sekund, gdy taki czas jest dopuszczalny.

L.p.	$U_L = 50V$			$U_L = 25V$		
	Napięcie znamionowe instalacji U_0/U [V]	Czas wyłączenia [s]		Napięcie znamionowe instalacji U_0/U [V]	Czas wyłączenia [s]	
		Bez przewodu neutralnego	Z przewodem neutralnym		Bez przewodu neutralnego	Z przewodem neutralnym
1	120/240	0,8	5	120/240 120/210 140/240	0,4	1
2	230/400	0,4	0,8	230/400 277/480	0,2	0,5
3	400/690	0,2	0,4	400/690	0,06	0,2
4	580/1000	0,1	0,3	580/1000	0,02	0,08

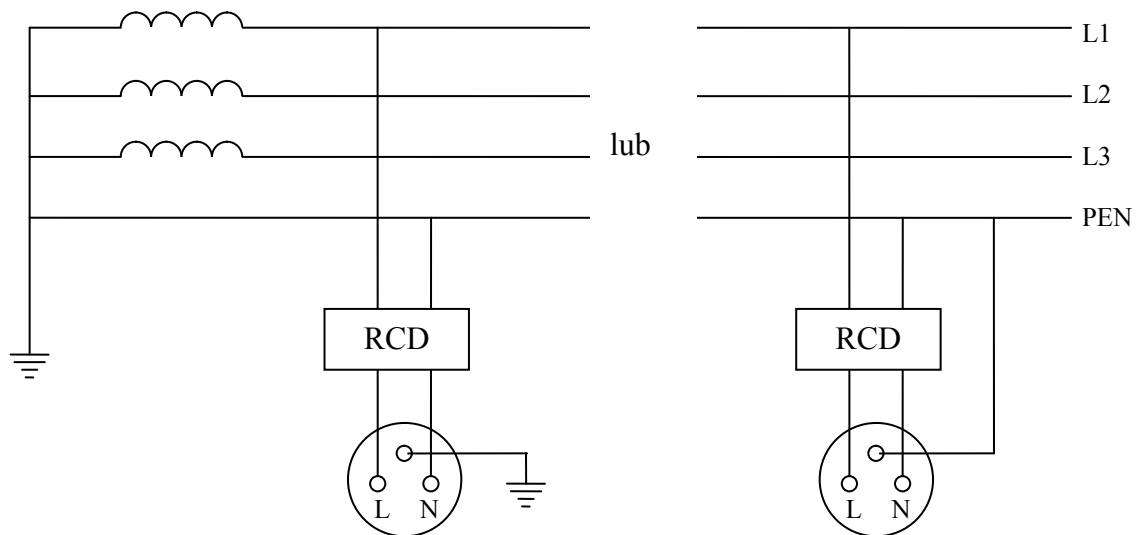
W układzie IT mogą być stosowane następujące urządzenia kontrolne i ochronne:

- urządzenie do stałej kontroli stanu izolacji,
- urządzenie ochronne przetężeniowe,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe.

Układ IT stosowany jest tam gdzie wymagana jest duża pewność zasilania (szpitale, górnictwo).



Podłączenie urządzenia różnicowoprądowego w układzie TN-C



Urządzenia ochronne różnicowoprądowe

Norma PN-IEC 755 Arkusz 1 i 2 z 1996 – „Wymagania ogólne dotyczące urządzeń ochronnych różnicowoprądowych”

Norma PN-IEC 1008-1+A z 1997 – „Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego.”

Oznaczenie: RCCB (Residual Current Circuit Breaker)

Norma PN-IEC 1009-1 z 1996 – „Wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym do użytku domowego i podobnego.”

Oznaczenie RCBO (Residual Current Circuit Breaker with over current)

Podział urządzeń różnicowoprądowych:

- RCD bez źródła pomocniczego (o działaniu niezależnym od sieci),
- RCD ze źródłem pomocniczym (o działaniu zależnym od sieci).

RCD – typ AC – działające przy prądach różnicowoprądowych sinusoidalnych,

RCD – typ A – działające przy prądach sinusoidalnych i stałych pulsujących,

RCD – typ B – działające przy prądach sinusoidalnych, stałych pulsujących i stałych gładkich.

Oznaczenia:

I_N – prąd znamionowy: 6-10-16-20-25-32-40-50-63-80-123-160-200 A

U_N – napięcie znamionowe: 100-110-120-200-220-230-240-380-400-415-440 V

I_{Δ} - prąd różnicowy

$I_{\Delta N}$ – znamionowy prąd różnicowy zadziałania: 0,006-0,01-0,03-0,05-1-3-5-10-20 A

$I_{\Delta N0}$ – znamionowy prąd różnicowy niezadziałania: $I_{\Delta N0} = 0,5 \cdot I_{\Delta N}$

$6 \cdot I_{\Delta N}$ – graniczna wartość prądu niezadziałania

RCD budowane są jako 2-, 3-, 4-biegunowe.

Wyróżniamy RCD o jednym znamionowym prądzie zadziałania oraz o wielu prądach różnicowych zadziałania.

T – manipulator / przycisk członu kontrolnego nie może być barwy czerwonej i zielonej, zaleca się barwę jasną.

Prąd różnicowy po przyciśnięciu przycisku T nie może przekraczać: $2,5 \cdot I_{\Delta N}$

Odporne na przepięcia – oznaczenie:



Selektywne – oznaczenie:



Prąd różnicowy powodujący wyłączenie powinien zawierać się w przedziale:

$$0,5 \cdot I_{\Delta N} < I_{\Delta} \leq I_{\Delta N}$$

RCD spełnia trzy podstawowe funkcje:

- 1) zapewnia wymagania jednoczesnej ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim dla $I_{\Delta N} \leq 0,03A$,
- 2) ochronę przed dotykiem pośrednim,
- 3) ochronę przed pożarem dla $I_{\Delta N} \approx 0,5A$.

Aby zapewnić wybiórczość działania RCD zainstalowanych szeregowo powinny one spełniać jednocześnie dwa następujące warunki:

- 1) charakterystyka prądowo-czasowa RCD zainstalowanego po stronie zasilania powinna znajdować się powyżej charakterystyki prądowo-czasowej zadziałania RCD zainstalowanego po stronie obciążenia,
- 2) znamionowy prąd zadziałania RCD zainstalowanego po stronie zasilania powinien być większy – równy co najmniej trzykrotnej wartości – od znamionowego prądu zadziałania RCD zainstalowanego po stronie obciążenia.

Urządzenia ochronne przetężeniowe (nadmiarowoprądowe)

Podstawowe określenia:

- prąd przetężeniowy – jakikolwiek prąd większy od prądu znamionowego,
- prąd przeciążeniowy – prąd przetężeniowe powstały w nieuszkodzonym obwodzie elektrycznym,
- prąd zwarciovowy – prąd przetężeniowe powstały w wyniku połączenia o względnie niewielkiej impedancji punktu obwodów o różnym potencjale w warunkach normalnej pracy. Powstaje on w wyniku uszkodzenia obwodu elektrycznego lub błędnego w nim połączenia.

Podział urządzeń przetężeniowych:

- 1) wyłączniki nadprądowe

Norma: PN-90/E-093002 „Wyłączniki nadprądowe do instalacji domowych i podobnych”.

- ✓ budowane są jako 1-, 2-, 3-, 4- biegunowe
- ✓ w zależności od prądu zadziałania bezzwłocznego wyróżniamy charakterystyki:

Charakterystyka	Prąd zadziałania bezzwłocznego
B	$(3\div 5) \cdot I_N$
C	$(5\div 10) \cdot I_N$
D	$(10\div 20) \cdot I_N$
L	$(3,6\div 5,25) \cdot I_N$
U	$(5,25\div 12) \cdot I_N$
K	$(7,25\div 10) \cdot I_N$
G	$(4\div 10) \cdot I_N$

- ✓ zalecany prąd znamionowy I_N

6-8-10-13-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125 A

- ✓ znamionowa zwarciova zdolność łączeniowa I_{CN}

1500-3000-4500-6000-10000-20000-25000 A

- ✓ napięcie znamionowe łączeniowe

220/380V - 230/400V - 240/415V

Dobór zabezpieczeń w zależności od charakterystyki:

B – najlepsze zabezpieczenie dla przewodów, typowe zabezpieczenie mieszkaniowe

C – odbiorniki pobierające prąd rozruchowy w momencie załączenia do $5xI_N$ (silniki, transformatory)

D – odbiorniki pobierające duży prąd rozruchowy do $10xI_N$ (duże silniki i transformatory)

- 2) wyłączniki nadprądowe wkrętowe

Norma jak w punkcie 1.

- ✓ napięcie znamionowe łączeniowe: 220/380V
- ✓ zalecany prąd znamionowy I_N : 6-10-16-20-25 A
- ✓ charakterystyka B (stara L i K)

- 3) bezpieczniki topikowe

- a) bezpieczniki topikowe instalacyjne

Norma: PN-87/E-93100 arkusz 5 „Sprzęt elektroinstalacyjny. Instalacyjne bezpieczniki topikowe gwintowane na znamionowe napięcie do 1kV i prąd znamionowy do 200A. Wkładki topikowe i charakterystyki czasowo prądowe”

Oznaczenia stare:

Oznaczenie	Opis	Zastosowanie
BiWts	Bezpieczniki o działaniu szybkim	Służą do zabezpieczenia instalacji elektroenergetycznych przed skutkami zwarć i przeciążeń oraz ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym
BiWtz	Bezpieczniki o działaniu zwłocznym	Przeznaczone są do zabezpieczania obwodów elektrycznych, w których mogą wystąpić chwilowe przeciążenia np.: rozruch silników elektrycznych
Btp	Bezpieczniki o działaniu bardzo szybkim do zabezpieczania diod i tyrystorów	---

Oznaczenia nowe:

a – stosowane głównie jako zabezpieczenie zwarciove, nie mają zabezpieczenia nadmiarowego
 g – pełnozakresowa zdolność wyłączania, służą one do zabezpieczenia następujących urządzeń:

- L – przewodów i kabli,
- M – silników,
- R – elementów elektroenergetycznych (diody, tyrystory),
- B – urządzeń górniczych
- Tr – transformatorów
- G(L) – ogólne przeznaczenie.

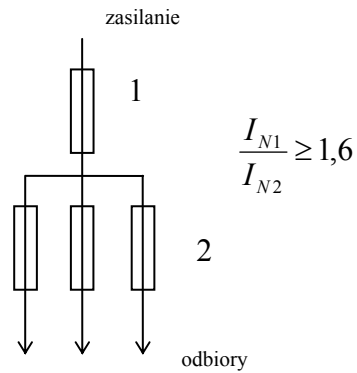
W budynkach mieszkalnych powinny być stosowane bezpieczniki gL. Podział bezpieczników topikowych:

Rodzaj bezpiecznika	Prąd znamionowy	Rodzaj gwintu
D01	2-4-6-10-16 A	E14
D02	20-25-35-50-63 A	E18
D I	2-4-6-10-16-20-25 A	E16
D II	2-4-6-10-16-20-25 A	E27
D III	35-50-63 A	E33
D IV	80-100 A	R1½”
D V	125-160-200A	R2”

Znamionowa zdolność wyłączenia do 50kA

Gniazdo	Wkładka	Gwint	Kolor
25A	2A	E27	różowy
	4A		brązowy
	6A		zielony
	10A		czerwony
	16A		szary
	20A		niebieski
	25A		żółty
63A	35A	E33	czarny
	50A		biały
	63A		miedziany
100A	80A	R1½”	srebrny
	100A		czerwony
200A	125A	R2”	żółty
	160A		miedziany
	200A		niebieski

Przewód fazowy L łączymy do stopki gniazda bezpiecznikowego, zaś przewód neutralny N łączymy do gwintu gniazda bezpiecznikowe. Dla zapewnienia selektywności działania zabezpieczeń bezpiecznik bliżej zasilania powinien być wybierany, co drugi z szeregu, np.: jeżeli od strony odbioru 10A to od strony zasilania 20A.



b) bezpieczniki topikowe przemysłowe

Norma PN-93/E-06160

Oznaczenia wkładek:

gG – bezpiecznik zwłoczny

gF – bezpiecznik o działaniu szybkim

np.: WTN 1/gG-125A,400V, gdzie:

- WTN – typ wkładki
- 1 – wielkość gabarytowa:

00C	1
00C I	2C
00	2
001	3
0	4
1C	4A

- gG – kategoria użytkowania
- 125A – prąd znamionowy
- 400V – napięcie znamionowe

Znamionowa zdolność wyłączenia do 120kA

Napięcie znamionowe: 400-500-690-1000V

Prąd znamionowy: 224-250-280-300-315-355-400-425-450-500-630-710-809-900A

Sprawdzanie instalacji elektrycznej

Norma PN-IEC 60364-6-61 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie odbiorcze”

Każda instalacja podczas montażu lub po jej wykonaniu a przed przekazaniem do eksploatacji powinna być poddana:

- oględzinom,
- próbom.

W celu sprawdzenia czy zostały spełnione wymagania niniejszej normy sprawdzającemu należy udostępnić dokumentację wraz ze schematami. W czasie sprawdzania należy zastosować środki ostrożności w celu zapewnienia:

- bezpieczeństwa osób,
- uniknięcia uszkodzeń.

Sprawdzenie powinno być dokonane przez osobę wykwalifikowaną i powinno kończyć się protokołem. W ramach sprawdzenia należy wykonać oględziny i próby.

Oględziny

Oględziny należy wykonać przed przystąpieniem do prób po odłączeniu zasilania. Mają one na celu potwierdzenie, że zainstalowane na stałe urządzenia elektryczne:

- spełniają wymagania dotyczące bezpieczeństwa podane w odpowiednich normach,
- zostały prawidłowo dobrane i zainstalowane zgodnie z wymaganiami niniejszej normy,
- nie mają widocznych uszkodzeń wpływających na pogorszenie bezpieczeństwa.

W zależności od potrzeb należy sprawdzić, co najmniej:

- ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym łącznie z pomiarami odstępu np.: w przypadku stosowania ochrony z użyciem przegród, obudów, barier lub umieszczeniem poza zasięgiem ręki,
- obecność przegród ogniowych i innych środków zabezpieczających rozprzestrzenianiu się pożaru i ochrony przed skutkami działania ciepła,
- dobór przewodów do obciążalności prądowej i spadku napięcia,
- dobór i nastawienie urządzeń zabezpieczających i sygnalizacyjnych,
- istnienie i prawidłowe umieszczenie odpowiednich urządzeń odłączających i łączących,
- dobór urządzeń i środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych,
- oznaczenie przewodów neutralnych i ochronnych,
- umieszczenie schematów, także informacyjnych lub podobnych informacji,
- oznaczenia obwodów bezpieczników, łączników i zacisków, itp.,
- poprawność połączeń przewodów,
- dostęp do urządzeń umożliwiających wygodną ich obsługę, identyfikację i konserwację.

Próby

W zależności od potrzeb należy przeprowadzić w miarę możliwości w następującej kolejności niżej wymienione próby dotyczące:

- 1) ciągłości przewodów ochronnych w tym połączeń wyrównawczych głównych i dodatkowych,
- 2) rezystancji izolacji instalacji elektrycznej,
- 3) ochrony przez separację,
- 4) rezystancji podłóg i ścian,
- 5) samoczynnego wyłączenia zasilania,
- 6) sprawdzenia biegunowości,
- 7) wytrzymałości elektrycznej,
- 8) działania,
- 9) skutków działania cieplnego,
- 10) spadku napięcia.

Ad. 1)

Ciągłość przewodów ochronnych w tym głównych i dodatkowych połączeń wyrównawczych zaleca się wykonać z użyciem źródła prądu stałego lub przemiennego o napięciu od 4 do 24V w stanie bez obciążeniowym i prądem, co najmniej 0,2A.

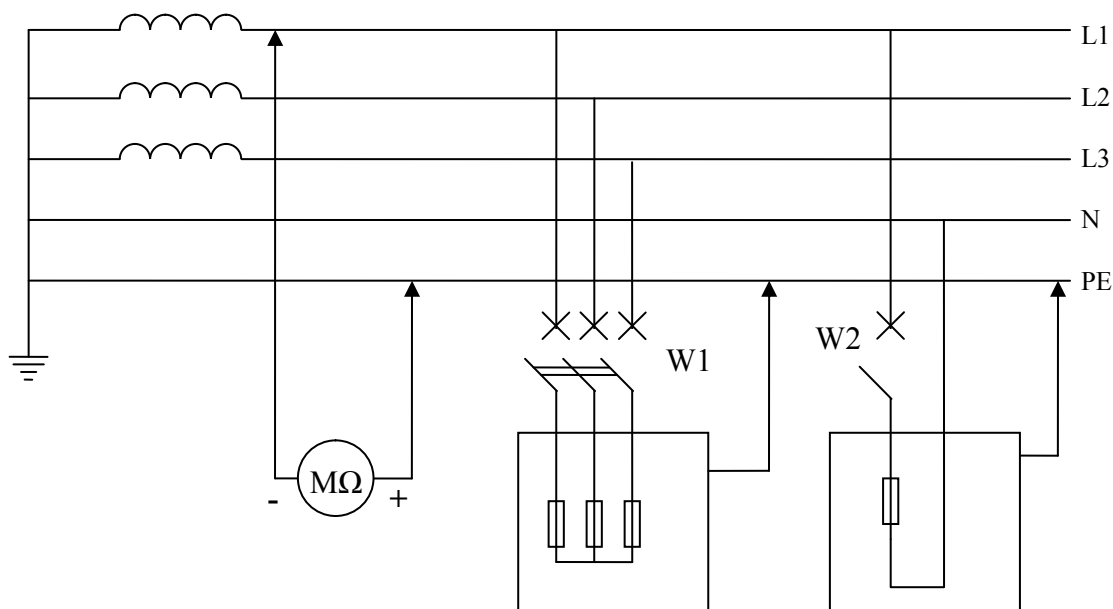
Ad. 2)

Rezystancję izolacji należy zmierzyć:

- a) między kolejnymi parami przewodów czynnych,
- b) między każdym przewodem czynnym a ziemią,

W układach TN-C przewód PEN traktuje się jako część uziemienia. W czasie pomiaru przewody fazowe i neutralny mogą być ze sobą połączone. Jeżeli w obwód są włączone urządzenia elektroniczne to należy wykonać jeden pomiar między przewodami fazowymi połączonymi z przewodem neutralnym a ziemią. Pomiary należy dokonać prądem stałym dobierając napięcie probiercze megaomomierza z tablicy przy obciążeniu prądem 1mA. Mierzac rezystancję izolacji względem ziemi zacisk „+” omomierza łączymy do ziemi ze względu na elektrolityczne przewodnictwo ziemi. Pomiar rezystancji izolacji dokonuje się prądem stałym dla uniknięcia wpływu pojemności układu.

Napięcie znamionowe obwodu [V]	Napięcie probiercze prądu stałego [V]	Rezystancja izolacji [MΩ]
SELV PELV	250V	≥ 0,25
do 500V	500V	≥ 0,5
> 500V	1000V	≥ 1



Sposób postępowania:

- 1) wyłączyć wyłączniki W1 i W2,
- 2) wyłączyć zasilanie instalacji przez usunięcie wkładki bezpiecznikowej, zabezpieczyć obwód przed przypadkowym załączeniem,

- 3) odłączyć wszystkie odbiorniki zainstalowane na stałe, a także odłączyć odbiorniki elektroniczne (komputery, odbiorniki RTV i inne),
- 4) pomiary powinny być wykonane w warunkach zbliżonych do normalnych t.j.:
 - w temperaturze: 10-25°C,
 - wilgotności: 40-70%.
- 5) należy wykonać następujące pomiary:
 - a) dla układu 3-fazowego:

L1-L2	L3-N
L2-L3	L1-PE
L3-L1	L2-PE
L1-N	L3-PE
L2-N	N-PE
 - b) dla układu 1-fazowego:

L-N
L-PE
N-PE

Ad. 3)

Separację części czynnych obwodu od części czynnych innych obwodów i od ziemi należy sprawdzić mierząc rezystancję izolacji. Zmierzone wartości rezystancji w miarę możliwości z przyłączonymi urządzeniami powinny być zgodne z wartościami podanymi w tablicy.

Ad. 4)

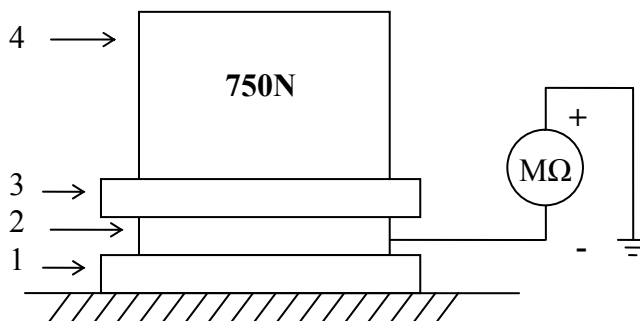
Należy wykonać, co najmniej trzy pomiary w tym samym pomieszczeniu. W tym jeden pomiar w odległości 1m od dostępnych części przewodzących obcych występujących w tym pomieszczeniu. Pozostałe dwa pomiary powinny być wykonane przy większych odległościach. Jako źródło zasilania prądu stałego stosuje się mega omierz lub próbnik izolacji z zasilaniem baterijnym, wytwarzające w stanie bez obciążenia napięcie o wartości:

- a) 500V przy napięciu znamionowym izolacji nieprzekraczającym 500V,
- b) 1000V przy napięciu znamionowym instalacji większym od 500V.

Pomierzona rezystancja izolacji podłóg i ścian w każdym punkcie pomiarowym nie powinna być mniejsza niż:

- a) $R_i \geq 50k\Omega$,
- b) $R_i \geq 100k\Omega$.

Rezystancję należy zmierzyć między elektrodą probierczą i przewodem ochronnym izolacji w następującym układzie:



- 1 – zwilżona szmata bawełniana o wymiarach 280x280mm,
- 2 – metalowa elektroda pomiarowa o wymiarach 250x250mm,
- 3 – płyta izolacyjna dociskowa 280x280mm,
- 4 – obciążenie dociskające elektrodę.

Na mierzoną podłogę nakładamy zwilżoną tkaninę bawełnianą, z której usunięto nadmiar wody. W czasie pomiaru należy przyłożyć siłę 750N w przypadku podłogi i 250N w przypadku ściany.

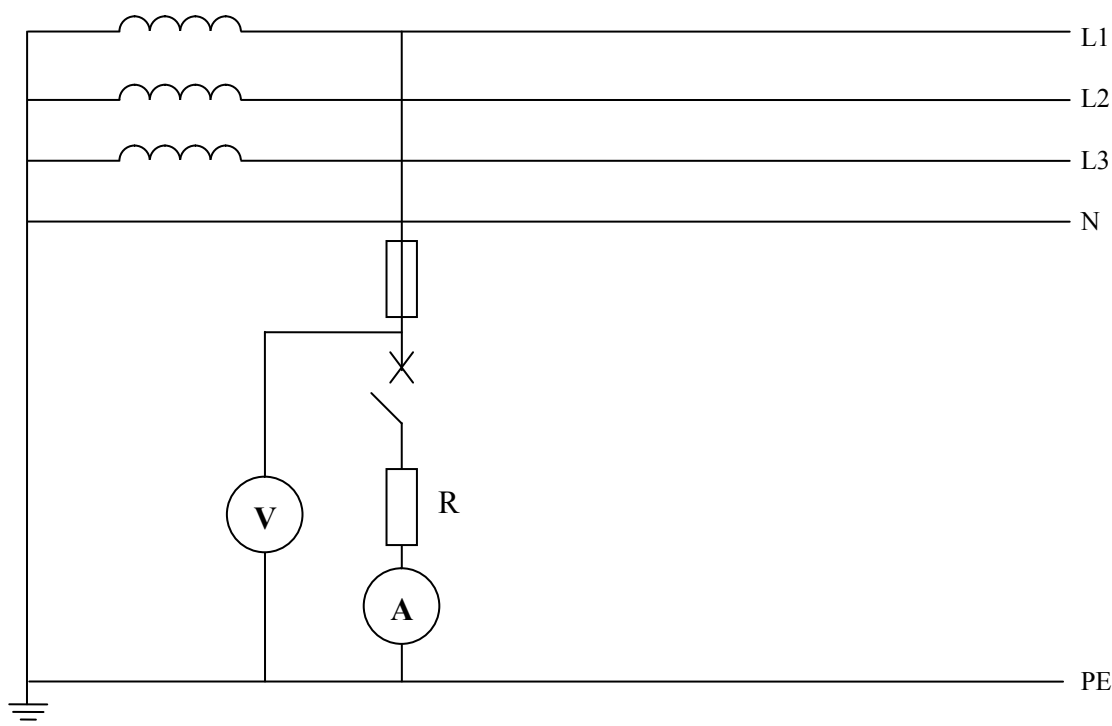
Ad. 5)

Skuteczność środków ochrony przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania należy sprawdzić w następujący sposób:

a) układ sieciowy TN

1) przeprowadzając pomiar impedancji pętli zwarcia jedną z metod:

- spadku napięcia



Napięcie sprawdzone obwodu należy zmierzyć przy włączonym i wyłączonym obciążeniu R. Impedancję pętli zwarcia obliczamy ze wzoru:

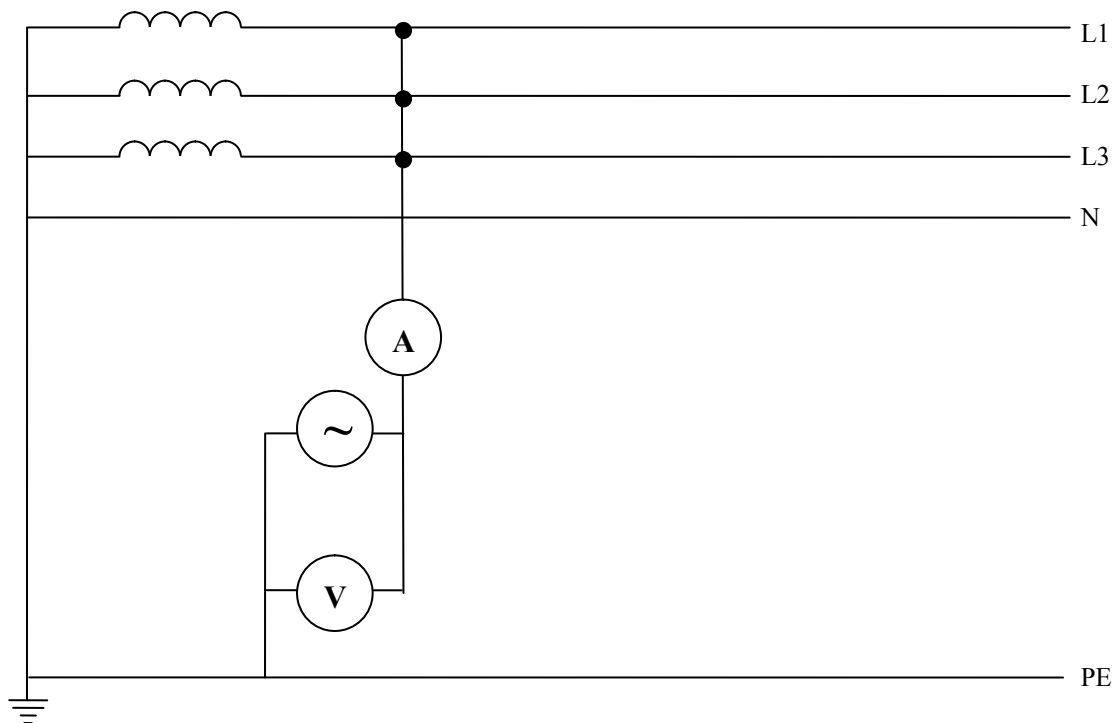
$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R},$$

gdzie:

- U_1 – napięcie zmierzone przy wyłączonej rezystancji obciążenia,
- U_2 – napięcie zmierzone przy włączonej rezystancji obciążenia,
- I_R – prąd płynący przez rezystancję obciążenia.

Zaleca się, aby różnica między U_1 a U_2 była znacząca.

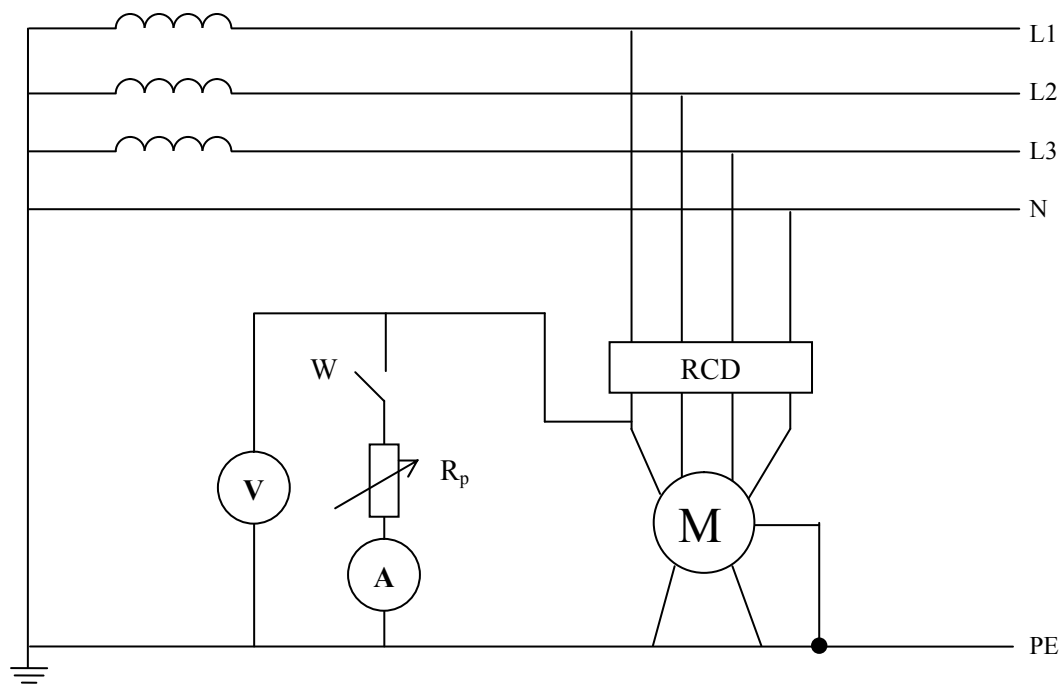
- pomiar impedancji pętli zwarcia z zastosowaniem oddzielnego zasilania



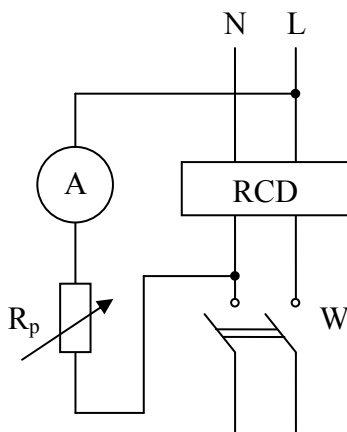
Impedancja pętli zwarcia: $Z = \frac{U}{I}$.

- 2) sprawdzając charakterystyki współdziałającego urządzenia ochronnego tj. oględzin nastawienia prądów powodujących zadziałanie wyłączników i prądu znamionowego bezpiecznika oraz wykonanie prób urządzeń różnicowoprądowych

Sprawdzenie działania urządzenia różnicowoprądowego



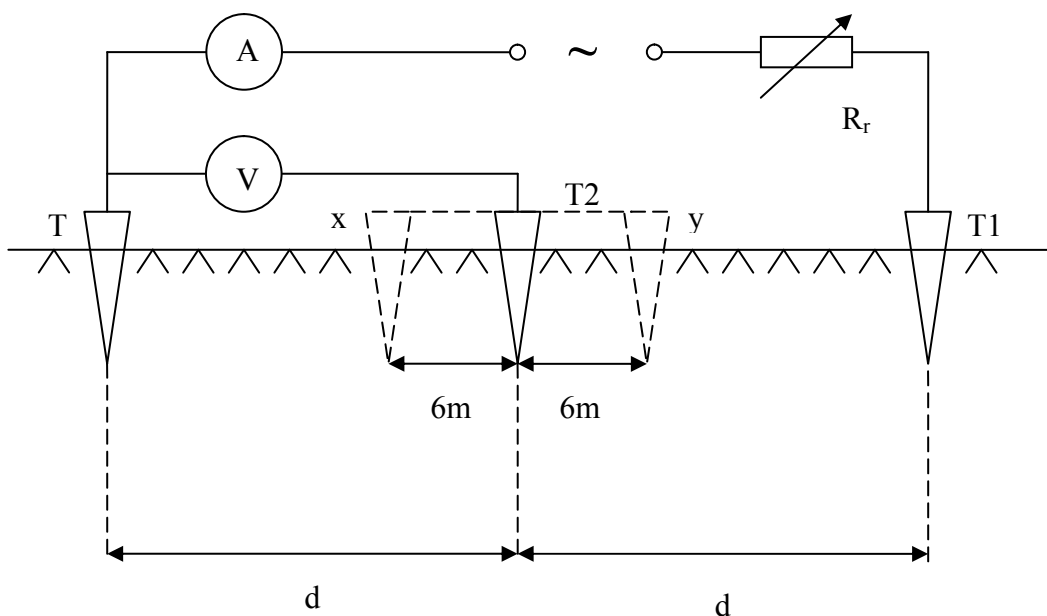
Rezystancję R_p ustawiamy na maksimum. Po zamknięciu wyłącznika W zmniejszamy rezystancję R_p aż do wyłączenia RCD. Wartość prądu I_{Δ} , przy której zadziała RCD nie powinna być większa niż wartość $I_{\Delta N}$: $I_{\Delta} < I_{\Delta N}$. Metoda ta może być stosowana w układach TN-S, TT, IT. W układzie IT w celu uzyskania zadziałania RCD podczas przeprowadzania próby może być konieczne bezpośrednie połączenie z ziemią jednego punktu sieci.



Obciążenie musi być odłączone – W otwarty. R_p włączone na maksimum. Wartość prądu zwiększa się zmniejszając rezystancję R_p . Prąd $I_{\Delta} < I_{\Delta N}$.

b) układ sieciowy TT

- 1) przeprowadzając pomiar rezystancji uziomu i przewodu ochronnego części przewodzących dostępnych. Pomiar rezystancji uziomu może być przykładowo wykonany następującą metodą:



T2 – sonda pomiarowa; T, T1 – uziomy

Prąd pomiarowy o stałej wartości przepływa między uziomy T i T1. Uziom pomocniczy T1 umieszczamy w takiej odległości od T żeby uziomy nie oddziaływały na siebie. Drugi uziom pomocniczy T2, którym może być metalowy pręt umieszczony w ziemi jest umieszczony w połowie odległości między T i T1. Mierzony jest spadek napięcia między T i T2. Rezystancję uziomu obliczamy ze wzoru:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Aby sprawdzić, że rezystancja uziomu jest wartością prawidłową należy wykonać dwa dodatkowe pomiary. Z przesuniętym drugim uziomem pomocniczym T2 raz o 6 metrów dalej od uziomu T a drugi raz odpowiednio w kierunku uziomu T. Jeżeli wyniki trzech pomiarów są w przybliżeniu zgodne to średnią z tych trzech pomiarów przyjmuje się jako rezystancję uziomu. Jeżeli nie ma takiej zgodności próbę należy powtórzyć zwiększając odległość między T a T1. Jeżeli próba jest przeprowadzana prądem o częstotliwości sieciowej to rezystancja woltomierza powinna być przynajmniej $R_V \geq 200 \Omega/V$. Źródło prądu używane do próby powinno być izolowane od sieci energetycznej (np.: transformator dwu uzwojeniowy).

- 2) weryfikując charakterystyki skojarzone urządzenia ochronnego, które należy wykonać:
 - a) dla RCD przeprowadzając oględziny i wykonując próbę,
 - b) dla urządzeń zabezpieczeń nadprądowych przeprowadzając oględziny (nastawy prądów wyłączników i prądów znamionowych bezpieczników),
 - c) dla przewodów ochronnych sprawdzając ich ciągłość.

c) układ sieciowy IT

Należy przeprowadzić obliczenia lub pomiar prądu pierwszego doziemienia. Jeżeli przy drugim doziemieniu powstaną warunki podobne do warunków układu TT to sprawdzenie należy wykonać zgodnie z punktem b, jeżeli powstaną warunki podobne do warunków układu TN to sprawdzenie należy wykonać zgodnie z punktem a.

Pomiar rezystancji przewodów ochronnych

Sprawdzenie polega na pomiarze rezystancji między każdą częścią przewodzącą dostępną a najbliższym punktem głównego przewodu wyrównawczego. Zaleca się, aby pomiary były wykonywane przy zasilaniu źródłem, w stanie bez obciążeniowym, na napięcie od 4 do 24V prądu stałego lub przemiennego przy prądzie 0,2A. Zmierzona rezystancja powinna spełniać warunek określony wzorem:

$$R \leq \frac{U_c}{I_t},$$

gdzie:

- U_C – napięcie dotykowe spodziewane, którego wartość w zależności od czasu wyłączenia podano w tablicy.
- I_t – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w odpowiednim czasie (zależnym od układu i napięcia sieci).

Czas wyłączenia [s]	Napięcie dotykowe spodziewane U_C [V]
0,1	350
0,2	210
0,4	105
0,8	68
5	50

Ad. 6)

Jeżeli przepisy zabraniają instalowania w przewodzie neutralnym łączników to należy skontrolować biegunowość w celu stwierdzenia czy wszystkie łączniki są włączone jedynie w przewody fazowe.

Ad. 7)

Próbe wykonuje się na urządzeniach w miejscu ich zainstalowania. Metoda jest opracowana.

Ad. 8)

Zespoły takie jak rozdzielnice sterownicze, napędy, urządzenia sterownicze, blokady, urządzenia ochronne powinny być poddane próbie działania w celu stwierdzenia czy są one właściwie zmontowane, nastawione i zainstalowane zgodnie z odpowiednimi wymaganiami niniejszej normy.

Ad. 9 i 10)

W opracowaniu.

Sprawdzanie i próby okresowe

Okresowe sprawdzania i próby instalacji elektrycznych przeprowadza się w celu określenia czy całe instalacje lub ich części nie pogorszyły się w takim stopniu, że dalsze ich wykorzystywanie jest niebezpieczne i nie spełniają one wymagań przepisów dotyczących instalacji. Podstawowe informacje dotyczące sprawdzenia odbiorczego są w zasadzie ważne również do okresowego sprawdzania i prób. Okresowe sprawdzania i próby powinny obejmować, co najmniej:

- oględziny dotyczące ochrony przed dotykiem bezpośrednim i ochrony przeciwporażeniowej,
- pomiary rezystancji izolacji
- **badania ciągłości przewodów ochronnych**,
- badania ochrony przed dotykiem pośrednim,
- próby działania RCD.

Z każdego okresowego badania należy sporządzić protokół, który powinien zawierać oprócz wszelkich informacji dotyczących oględzin i wykonanych badań, również zestawienie istotnych wyników a ponadto występujące odchylenia od norm i przepisów wymieniając odpowiednie części instalacji, których to dotyczy.

Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przy zastosowaniu RCD

Należy pomierzyć następujące wielkości:

- napięcie dotyku i porównać z napięciem dopuszczalnym: $U_L=50V$ (dla warunków normalnych), $U_L=25V$ (dla warunków szczególnych),
- czas wyłączenia RCD. Czas wyłączeń mierzy się dla:
 - RCD ogólnego typu przy $I_{\Delta N}$,
 - RCD selektywnych przy $2 I_{\Delta N}$i porównuje się z czasami dopuszczalnymi podanymi dla danych układów sieciowych,
- pomiar rezystancji uziemienia lub rezystancji pętli zwarcia i porównuje się z wartością dopuszczalną:
 - dla ogólnych: $R_A = \frac{U_L}{I_{\Delta N}}$, np.: $R_A = \frac{50V}{10mA} = 1660\Omega$,
 - dla selektywnych: $R_A = \frac{U_L}{2 \cdot I_{\Delta N}}$,
- prąd powodujący wyłączenie RCD: $0,5 \cdot I_{\Delta N} < I_{\Delta} \leq I_{\Delta N}$,

Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie nadprądowe sprawdzamy:

- warunek wyłączenia zasilania:
Układ TN:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$$

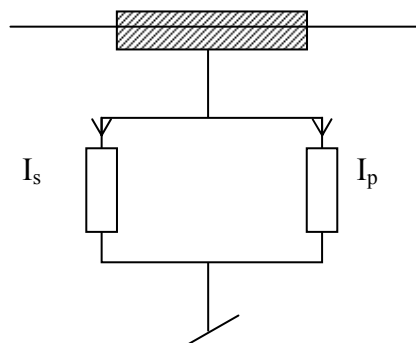
$$U_0 \sim 220V \text{ lub } 230V$$

- badanie stanu izolacji
Każde urządzenie elektryczne musi mieć izolację:
 - dla zapewnienia prawidłowej pracy,
 - dla zapewnienia bezpieczeństwa obsługi.

Dobra izolacja charakteryzuje się odpowiednią wartością rezystancji izolacji podanej w $M\Omega$, $G\Omega$ lub $T\Omega$. Podawana często rezystancja izolacji w postaci wartości jednostkowej $R_i=1000\Omega/V$ stanowi odwrotność największego dopuszczalnego prądu upływu $I_u=1mA$. Rezystancja izolacji zależy od:

- 1) wilgotności,
- 2) temperatury,
- 3) napięcia przy jakim przeprowadzono pomiar,
- 4) czasu przyłożonego napięcia.

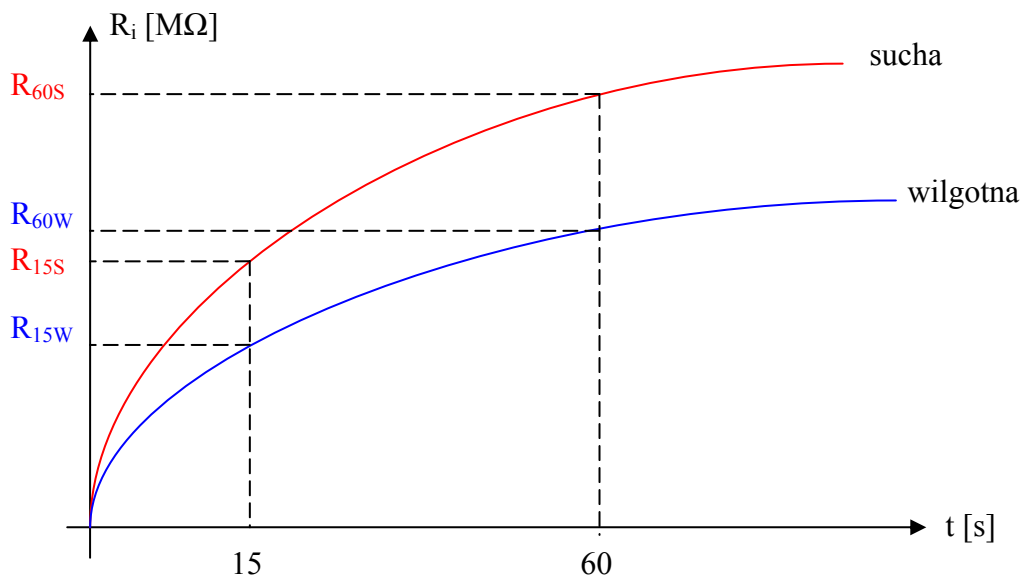
Rezystancja izolacji zależy także od kierunku prądu, szczególnie przy małych wartościach napięcia pomiarowego. Jest ona mierzona napięciem stałym.



$$I_u = I_s + I_p$$

przy $u \leq 1kV \rightarrow I_p \approx 0$,
przy $u > 1kV \rightarrow I_p \neq 0$.
wynika to ze stanu izolacji

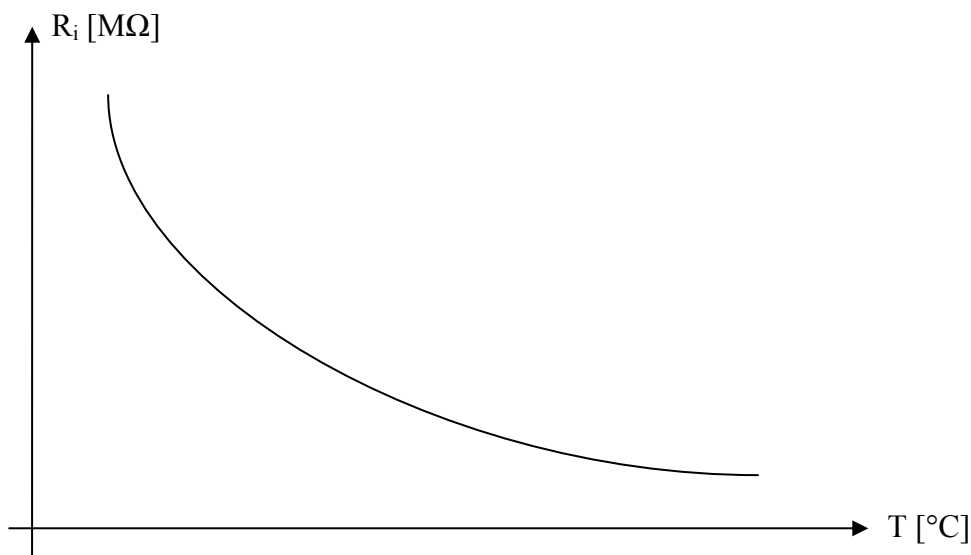
Do pomiaru rezystancji przy napięciu probierczym powyżej 1kV należy używać miernika do pomiaru rezystancji skrośnej z pominięciem prądu powierzchniowego. Pomiar powinien odbywać się dla dwóch wartości czasowych tj. po 15 i 60 sekundach.

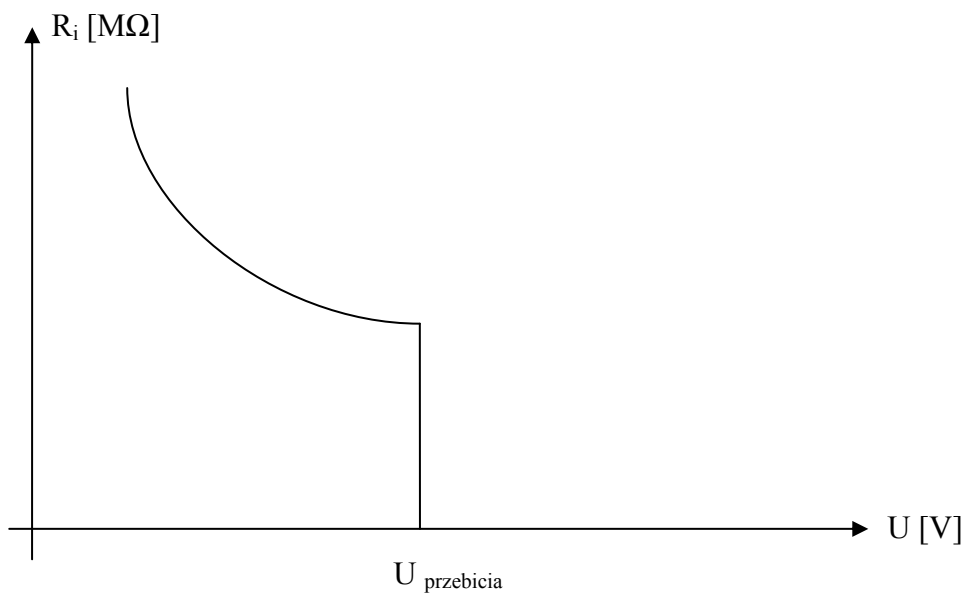


Współczynnik absorpcji (zmiany rezystancji izolacji):

$$k_{abs} = \frac{R_{60}}{R_{15}} > 1,3$$

Dla urządzeń o napięciu probierczym mniejszym lub równym od 1kV wykonujemy jeden pomiar po czasie 60s. Jeżeli rezystancja izolacji zmniejszy się o 50% w stosunku do początkowej wartości należy ją wysuszyć ponieważ urządzenie staje się niebezpieczne.





Pomiary eksploatacyjne kabli

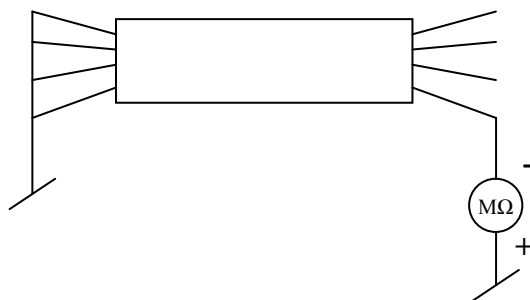
1) Pomiar napięć i obciążeń. Wykonuje się go podczas normalnej pracy:

- a. napięcia należy pomierzyć woltomierzem dostosowanym do wysokości napięcia i rodzaju prądu,
- b. pomiar obciążeń wykonuje się amperomierzem cęgowym lub innym dobranym do rodzaju prądu

Wyniki pomiarów należy uznać za pozytywne, jeżeli nie przekraczają dopuszczalnych wartości określonych w instrukcji eksploatacji.

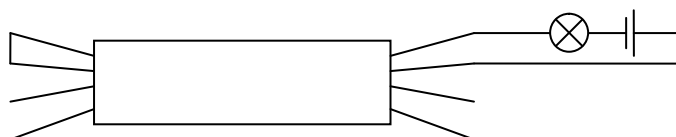
2) sprawdzenie ciągłości żył kabli

- a. megaomierzem

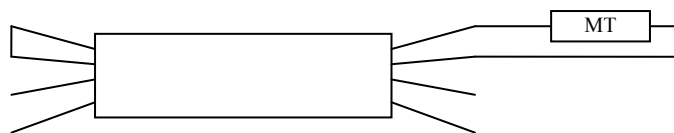


Jeżeli nie ma przerwy w żyłach wskazanie megaomierza jest bliskie zeru.

- b. sprawdzenie źródłem prądu stałego lub przemiennego do napięcia 24V



c. pomiar rezystancji dwóch żył połączonych ze sobą mostkiem Thompsona



$$R = \rho \frac{l}{s}$$

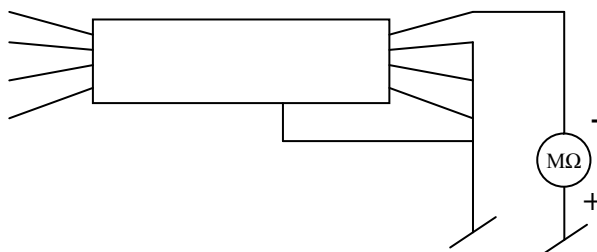
3) pomiar rezystancji izolacji

Kolejność postępowania:

- wyłączyć linię spod napięcia,
- rozładować linię,
- pomierzyć rezystancję izolacji,
- rozładować kabel po pomiarze.

Rezystancję izolacji mierzymy:

- a) między każdą żyłą kabla a pozostałymi żyłami kabla połączonymi ze sobą i z powłoką metalową lub żyłą ochronną kabla do ziemi a ziemią



- b) dla kabli ekranowanych pomiary wykonuje się między każdą żyłą a ekranem. Dla kabli o napięciu znamionowym do 250V mierzy się rezystancję izolacji megaomierzem o napięciu probierczym $U_p=1\text{kV}$. Dla kabli o napięciu znamionowym powyżej 250V mierzy się rezystancję izolacji przy napięciu probierczym $U_p=2,5\text{kV}$. Pomierzona rezystancja kabla przeliczona na temperaturę 20°C w linii o długości 1km nie powinna być mniejsza niż:
- 75 MΩ w przypadku kabla o izolacji gumowej,
 - 20 MΩ dla kabla o izolacji papierowej,
 - 20 MΩ dla kabla o izolacji polwinitowej,
 - 100 MΩ dla kabla o izolacji polietylenowej.

Pomierzoną rezystancję izolacji kabla należy przeliczyć na 1km długości kabla i porównać z wartościami dopuszczalnymi (powyżej).

Pomiary powinny być wykonane w odpowiednich warunkach: w temperaturze $10 - 25^\circ\text{C}$ i przy wilgotność $40 - 70\%$. Jeżeli rezystancja izolacji była pomierzona w temperaturze innej niż 20°C należy wartość rezystancji pomnożyć przez współczynnik korekcji zależny od temperatury:

$$R_{20} = R_p \cdot k_{20}$$

Temperatura [°C]	10	12	16	20	24	26
Izolacja papierowa	0,37	0,42	0,61	1,0	1,57	2,07
Izolacja gumowa	0,62	0,68	0,83	1,0	1,18	1,26
Izolacja polwinitowa	1,12	1,095	1,065	1,0	0,62	0,45

Dla kabli z izolacją polietylenową ze względu na bardzo dużą wartość rezystancji izolacji nie stosuje się współczynnika przeliczeniowego k_{20} . Pomiary dokonujemy prądem stałym, aby wyeliminować wpływ pojemności na wynik pomiaru. Zacisk „+” megaomomierza ze względu na elektrolityczny charakter przewodności ziemi łączymy do ziemi. Wymagana dokładność pomiaru $\pm 20\%$.

Pomiary eksploatacyjne urządzeń napędowych

Norma PN-E-04700 „Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych”

Przez elektryczne urządzenia napędowe należy rozumieć:

- silniki elektryczne prądu przemiennego,
- silniki elektryczne prądu stałego

wraz z układami służącymi do ich zasilania, regulacji sterowania, sygnalizacji zabezpieczeń i pomiarów.

Podział urządzeń napędowych:

- I – dla urządzeń o mocy $P_N > 250\text{kW}$; $U_N > 1\text{kV}$ bez względu na moc,
- II – dla urządzeń o mocy $50\text{kW} \leq P_N < 250\text{kW}$,
- III – dla urządzeń o mocy $5,5\text{kW} \leq P_N < 50\text{kW}$,
- IV – dla urządzeń o mocy $P_N < 5,5\text{kW}$.

Pomiary eksploatacyjne

1) pomiar rezystancji uzwojeń

Wartość rezystancji uzwojeń silników oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych muszą być zgodne z danymi wytwórcy lub wynikami poprzednich pomiarów eksploatacyjnych w granicach dokładności pomiarów. Rezystancję uzwojeń należy pomierzyć oddzielnie dla każdego uzwojenia. Pomiar dokonuje się metodą techniczną miernikami o klasie dokładności, co najmniej 0,5 lub mostkiem Thompsona. Negatywny wynik pomiarów może świadczyć o zwarcjach międzyzwojowych lub złym stanie złącz w badanym uzwojeniu.

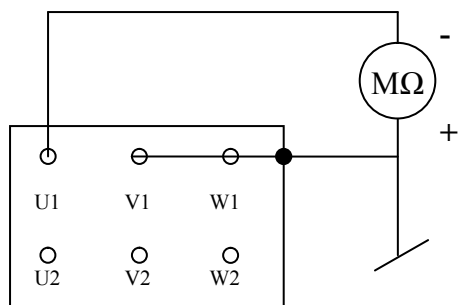
2) pomiar rezystancji izolacji

a. silniki asynchroniczne

Rezystancja izolacji uzwojeń stojana nie powinna być mniejsza niż $5\text{M}\Omega$. Pomiar należy wykonać miernikiem rezystancji o napięciu:

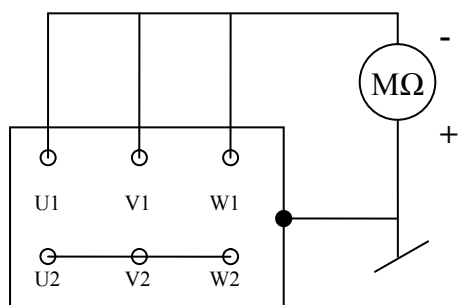
- $U_p = 1\text{kV}$, jeżeli $U_N > 500\text{V}$,
- $U_p = 0,5\text{kV}$, jeżeli $U_N \leq 500\text{V}$.

W przypadku niespełnienia wymagań w skutek zawilgocenia izolacji silnik należy wysuszyć (na biegu jałowym) a następnie ponownie sprawdzić czy spełnione są wymagania. Pomiary wykonuje się po odłączeniu od nich urządzeń pomocniczych i przewodów zasilających, oddzielnie do każdego uzwojenia a dla uzwojeń fazowych oddzielnie dla każdej fazy przy pozostałych fazach połączonych z korpusem i uziemionych.



$$\left. \begin{array}{l} U_1 - PE \\ V_1 - PE \\ W_1 - PE \end{array} \right\} 3 \text{ pomiary}$$

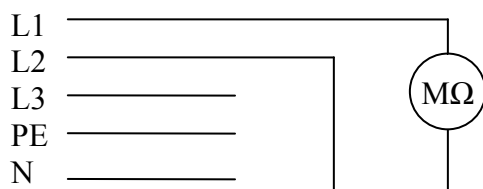
Jeżeli punkt neutralny jest połączony na stałe pomiar można wykonać dla trzech faz razem:



b. maszyny prądu stałego

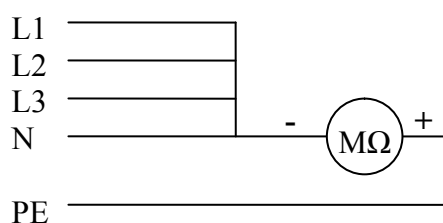
Rezystancja izolacji uzwojeń zmierzona w temperaturze 75°C nie powinna być mniejsza niż 1kΩ/V. Pomiar należy wykonać miernikiem o napięciu probierczym 1kV. Pomiary należy wykonać w temperaturze z przedziału 10 – 85°C. Należy przeliczyć rezystancję izolacji na temperaturę 75°C według następującej zasady: obniżenie bądź podwyższenie temperatury o 10°C powoduje 1,5 zwiększenie bądź zmniejszenie rezystancji izolacji. Dla urządzeń pomocniczych i przewodów zasilających mierzy się wartość rezystancji w następujących układach:

- 1) między poszczególnymi fazami



L1-L2; L2-L3; L3-L1; L1-N; L2-N; L3-N

2) w stosunku do ziemi dla wszystkich faz połączonych razem



należy pomierzyć temperaturę w jakiej wykonywane są pomiary.

Sposób wykonania pomiaru

Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń maszyn oraz urządzeń pomocniczych wykonuje się megaomomierzem o napięciu probierczym:

- a) $U_p=500V$ dla uzwojeń o napięciu znamionowym do 500V,
- b) $U_p=1kV$ dla uzwojeń o napięciu znamionowym $500 < U_N \leq 1kV$,
- c) $U_p=2,5kV$ dla uzwojeń o napięciu znamionowym $U_N > 1kV$.

Napięcie probiercze nie powinno być większe niż $U_p \leq 1,5 \cdot U_N$.

Ocena wyników pomiarów

Pomierzone wartości rezystancji izolacji należy przeliczyć na temperaturę 20°C mnożąc pomierzoną wartość rezystancji przez współczynnik k_{20} .

$$R_{20} = R_p \cdot k_{20}$$

Temperatura [°C]	11	14	17	20	23	26
k_{20}	0,73	0,81	0,9	1	1,1	1,21

- 1) Wyniki pomiarów należy uznać za pozytywne, jeżeli:
 - a. rezystancja izolacji uzwojenia w temperaturze 20°C jest nie mniejsza od 1MΩ/1kV dla urządzeń I grupy,
 - b. rezystancja izolacji uzwojeń wirnika silnika synchronicznego w temperaturze 20°C jest nie mniejsza od 0,5MΩ,
 - c. współczynnik absorpcji jest większy od 1,3
 $k_{abs} > 1,3$
- 2) Rezystancja izolacji uzwojeń silników II, III i IV grupy oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych zmierzona w temperaturze 20°C jest nie mniejsza od 1kΩ/V.
- 3) Rezystancja izolacji innych elementów urządzeń jest zgodna z danymi wytwórcy a przy ich braku jest większa lub równa od 1kΩ/V.

Pomiary eksploatacyjne urządzeń oświetlenia elektrycznego

- 1) Pomiar rezystancji izolacji – rezystancję izolacji mierzymy megaomierzem o napięciu probierczym 500V,
- 2) Badanie natężenia oświetlenia mierzymy luksomierzem w poszczególnych punktach pomieszczenia na wysokości punktu pracy (luksomierz może być przemieszczany na wózku),
- 3) Badanie średniego natężenia oświetlenia – dane pomieszczenie dzielimy na n równych pól (prostokątów lub kwadratów) i mierzymy natężenie oświetlenia w środkach wyznaczonych pól (bok kwadratu 1m)

$$E_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia przyjmuje się za zadowalające, jeżeli natężenie oświetlenia jest zgodne z normą PN-84/E-02033 „Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym”. Dopuszcza się obniżenie średniego natężenia oświetlenia o 10% wartości natężenia zainstalowanych źródeł światła przyjętych do eksploatacji z uwzględnieniem czasu pracy urządzenia oraz stopień i szybkość osadzania się zanieczyszczeń. Płaszczyznę roboczą przyjmuje się na wysokości 0,85m od podłogi. Praca przy przeciętnych wymaganiach wzrokowych wymaga natężenia 300 lx. Rodzaj oświetlenia należy dobrać w zależności od wymaganego średniego natężenia oświetlenia. Skalowanie luksomierza powinno być sprawdzane, co najmniej raz na dwa lata.

Pomiar rezystancji izolacji obwodów oświetleniowych

- 1) Wyłączyć oświetlenie sprawdzanego obwodu
- 2) Wyłączyć zabezpieczenie badanego obwodu
- 3) Usunąć źródła światła z opraw lub odłączyć oprawy od zacisków świecznikowych
- 4) Pomierzyć rezystancję izolacji obwodu oświetleniowego

Czasokresy wykonywania pomiarów i badań

W zależności od warunków środowiskowych, w jakich eksploatowane są urządzenia elektryczne należy stosować różne okresy badań i przeglądów. Wynikają one z:

- 1) z prawa budowlanego,
- 2) z prawa energetycznego,
- 3) przepisów o ochronie przeciwporażeniowej,
- 4) przepisów o ochronie przeciwpożarowej.

Wszystkie instalacje i urządzenia elektryczne można podzielić na następujące grupy w zależności od zakresu i częstości badań:

- gr.1 – instalacje i urządzenia badane w pełnym okresie co 1 rok
- gr.2 – instalacje i urządzenia badane pod względem bezpieczeństwa porażeniowego co 1 rok, rezystancji i izolacji co 5 lat,
- gr.3 – instalacje i urządzenia badane pod względem bezpieczeństwa porażeniowego co 5 lat, rezystancji i izolacji co 1 rok,
- gr.4 – instalacje i urządzenia badane w pełnym okresie co 5 lat.

Prace pomiarowo-kontrolne powinny być zakończyć się wystawieniem protokołu z wykonanych pomiarów zakończony opinią co do skuteczności zastosowanej ochrony. Protokół powinien zawierać:

- zleceniodawcę wykonanych pomiarów,
- nazwę badanego urządzenia (jego dane znamionowe),
- miejsce pracy urządzenia (warunki środowiskowe),
- rodzaj wykonanych pomiarów,
- nazwisko i imię osoby wykonującej pomiary oraz numer uprawnień,
- datę wykonania pomiarów,
- wykaz przyrządów oraz ich numery,
- szkice rozmieszczenia podanych urządzeń, uziomów i obwodów w celu ich identyfikacji,
- liczbowe wyniki pomiarów,
- uwagi dotyczące skuteczności ochrony,
- wnioski.

Protokoły z wszystkich kontroli i badań powinny być załącznikiem do wpisu w książce obiektu budowlanego.

Metody pomiaru rezystancji uziemienia i rezystywności gruntu

Rezystywność uziomów mierzy się prądem przemiennym a rezystywność izolacji prądem stałym

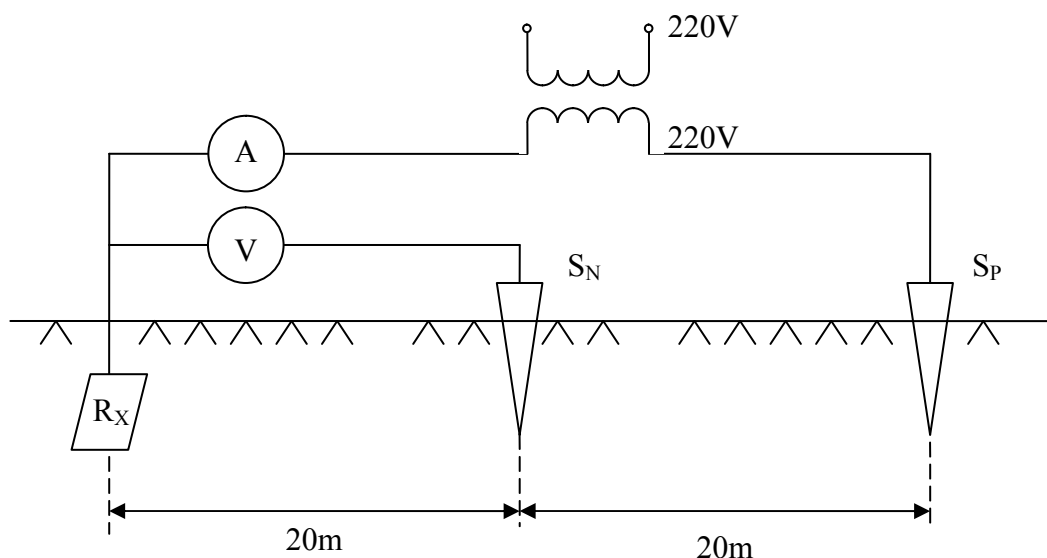
Pomiar rezystancji uziemienia można wykonać dwiema metodami:

- 1) metodą techniczną,
- 2) metodą kompensacyjną.

Wymagania stawiane tym metodą są następujące:

- błąd pomiaru nie powinien przekraczać $\pm 5\%$,
- metoda powinna umożliwiać pomiar małych rezystancji,
- powinien być bezpośredni odczyt pomiaru,
- wpływ sond pomiarowych jak najmniejszy na wynik pomiaru,
- możliwość eliminacji prądów błędnych w ziemi,
- proste w obsłudze.

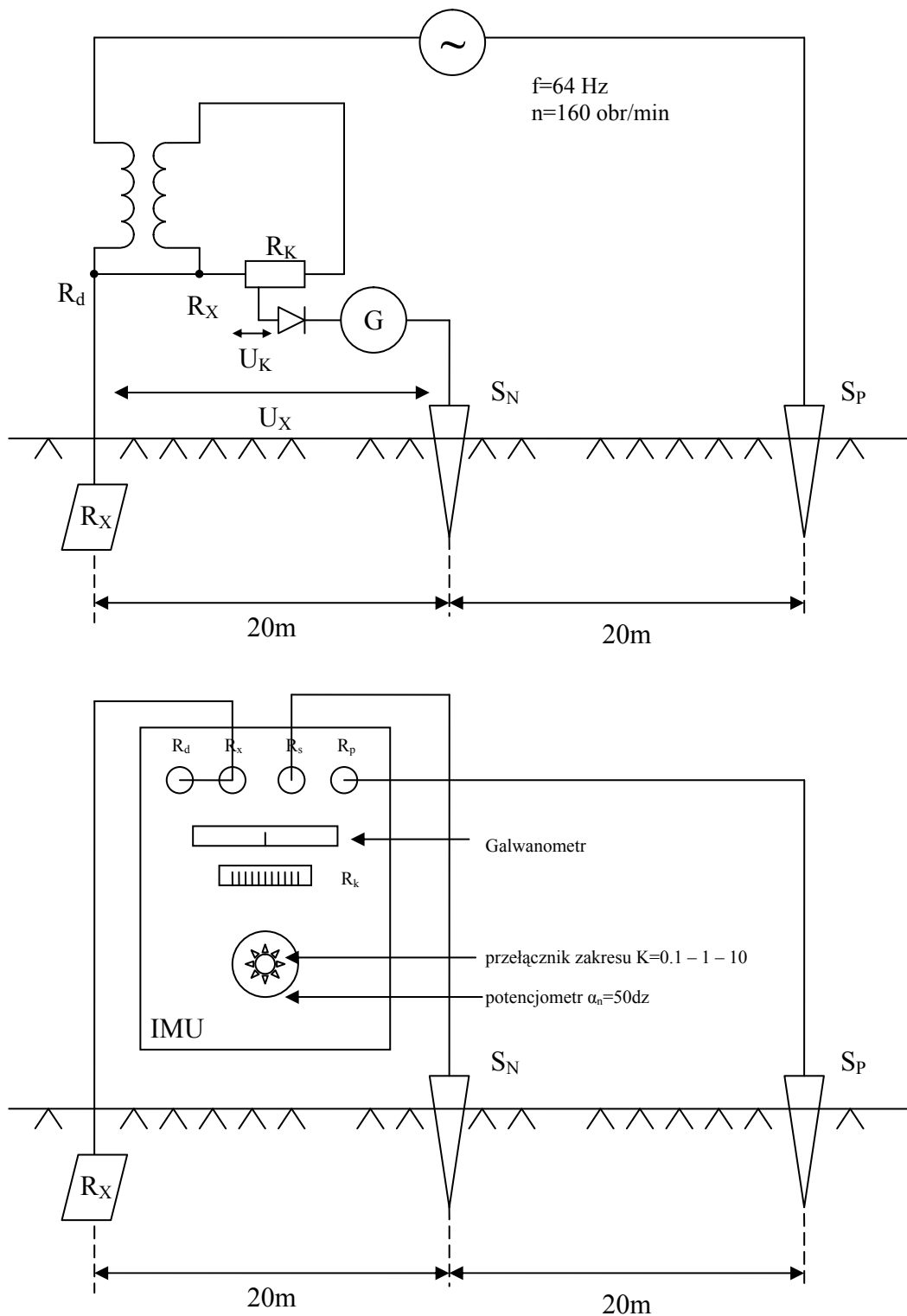
Ad. 1) Metoda techniczna (stosuje się układ do pomiaru małych rezystancji)



Prąd pomiarowy $5 \div 30A$, R_V – duża, $R_X = U/I$

W odległości 20m od uziomu prąd nie ma wpływu na rozkład potencjału w ziemi. W tym miejscu wbijamy sondę napięciową – jest to punkt odniesienia ziemi. Sondę prądową wbijamy w odległości 40m od uziomu.

Ad. 2) Metoda kompensacyjna zwana metodą Behrendta



IMU – induktorowy miernik napięcia

Przed wykonaniem pomiaru sprawdza się czy miernik jest dobry. Zworę przekładamy na zaciski R_s - R_p . Kręcimy induktorem z prędkością 160 obr/min (3 obr/s) i potencjometrem szukamy stanu równowagi. Jeżeli stan równowagi jest dla $\alpha=30\pm 0,9$ dz to uważamy, że miernik jest sprawny i można wykonać pomiary.

$$R_{x\max} = k_p \cdot R_p,$$

gdzie: R_p – rezystancja pomierzona.

Rodzaj uziomu (zakopany na głębokości)	k_p dla gruntu		
	suchy	wilgotny	mokry
0,6÷1m	1,4	2,2	3
≤ 5m	1,2	1,6	2
> 5m	1,1	1,2	1,3

Pomiary powinny być wykonywane w miesiącach najbardziej suchych, tj. wrzesień, październik.

Pomiary rezystywności gruntu

Rezystywność gruntu określa rezystancję $1m^3$ gruntu między przeciwległymi ścianami wyrażona w Ωm . Na rezystancję ma wpływ:

- rodzaj gleby,
- wilgotność,
- temperatura.

W literaturze podawane są wartości rezystywności gruntu, które są przyjmowane do obliczeń:

L.p.	Rodzaj gruntu	Wartość średnia rezystywności [Ωm]
1	Grunty ilaste, lepkie, średnie, różnego pochodzenia geologicznego	75
2	Ziemie czarne utworzone z glin oraz czarnoziemy utworzone z lessów	90
3	Iły i gliny ciężkie pochodzenia polodowcowego	140
4	Torfy i piaski akumulacji rzecznej	175
5	Gleby utworzone z piasków luźnych, słabo gliniastych i gliniastych	225
6	Piaski i żwiry suche	3500

Pomiar rezystywności gruntu jest konieczny w przypadku:

- 1) określenia rezystancji uziemienia w fazie projektowania,
- 2) sprawdzenia czy przyjęta rezystywność odpowiada przyjętej do obliczeń.

Metody pomiaru rezystywności

- 1) laboratoryjne – na próbkach
- 2) polowe – wykonywane w warunkach rzeczywistych
 - a) Metoda uziomów próbnych
 - b) Metoda czterouziomowa

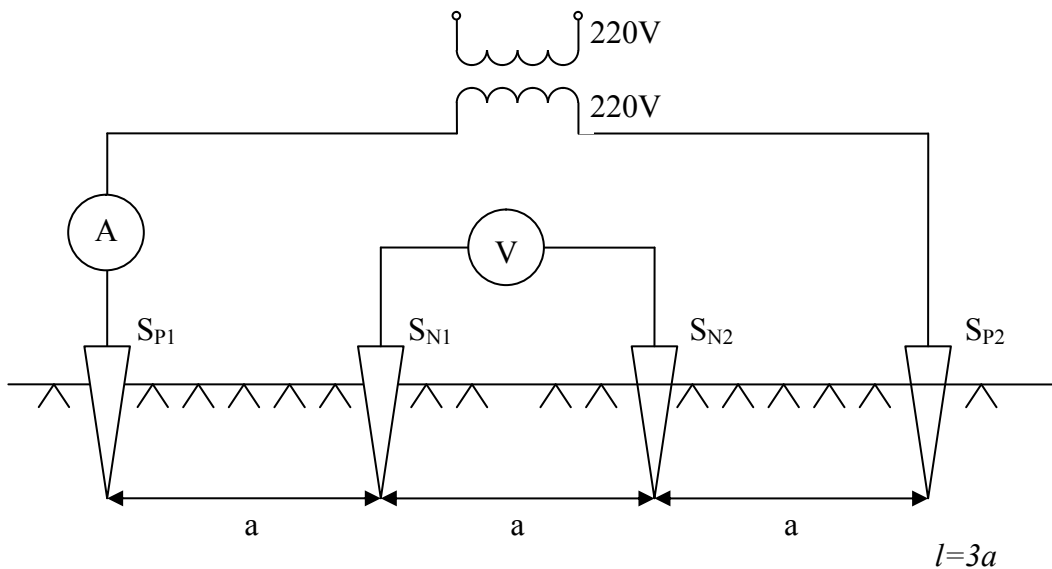
Obie metody mogą być wykonywane:

- metodą techniczną,
- metodą kompensacyjną.

Wśród metod technicznych wyróżnia się:

- układ Wennera – jednakowa odległość sond,
- układ Schlumbergera – różne odległości sond.

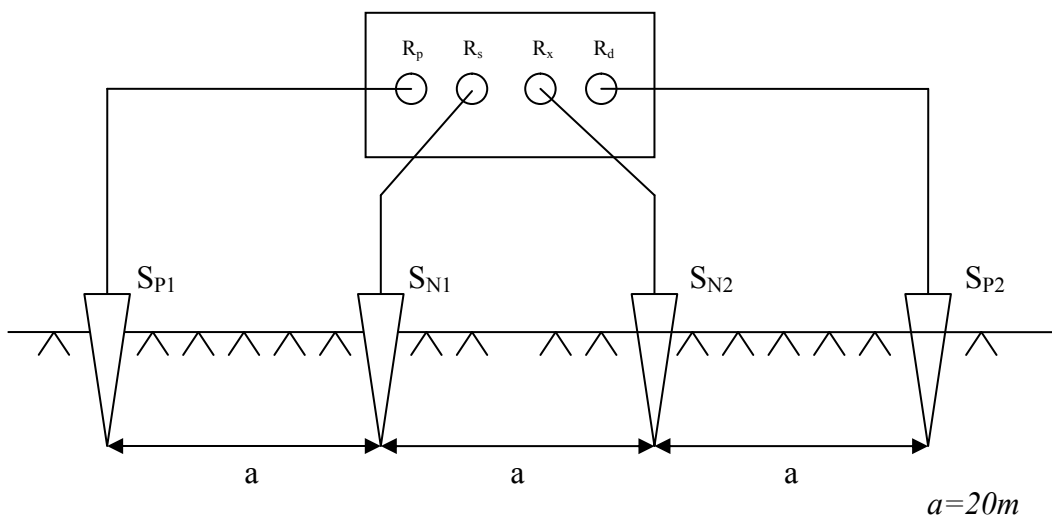
Najczęściej stosuje się układ Wennera:



Rezystywność gruntu oblicza się ze wzoru:

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \frac{\pi(l^2 - a^2)}{2a} [\Omega m]$$

Metoda kompensacyjna:



Rezystywność gruntu oblicza się ze wzoru:

$$\rho = 2\pi \cdot Ra$$

Uziemienia i przewody ochronne

Norma PN-IEC-60364-5-54

Uziemienia można podzielić na:

- 1) robocze – punktu neutralnego transformatora,
- 2) odgromowe – odprowadzanie udarowych prądów wyładowań atmosferycznych do ziemi,
- 3) bezpieczeństwa – ochrona przeciwporażeniowa,
- 4) funkcjonalne – dla prawidłowego działania urządzeń.

Rodzaj i głębokość uziomu powinna być taka, aby wysychanie i zamarzanie gruntu nie powodowało zwiększenia rezystancji uziemienia powyżej wartości wymaganej. Uziemienie powinno spełniać wymagania bezpieczeństwa i funkcjonalne dotyczące instalacji elektrycznej. Mogą być one wykonywane jako wspólne lub oddzielne w zależności od przeznaczenia izolacji. Dobór i montaż wyposażenia instalacji uziemiających powinien być taki, aby:

- wartość rezystancji uziemień odpowiadała trwale wartościom wynikającym z wymagań bezpieczeństwa i funkcjonalnych,
- prądy zwarciove i upływowe nie powodowały zagrożenia wynikającego zwłaszcza z oddziaływania cieplnego i dynamicznego,
- zabezpieczenia przed uszkodzeniami mechanicznymi w danych warunkach środowiskowych miały wystarczającą wytrzymałość lub dodatkową ochronę,
- na skutek korozji elektrolitycznej istnieje możliwość powstania uszkodzeń innych części metalowych, należy więc przewidzieć środki zabezpieczające.

Uziomy

Jako uziomy mogą być stosowane:

- pręty lub rury metalowe w ziemi,
- taśmy lub druty metalowe w ziemi,
- płyty metalowe w ziemi,
- elementy metalowe umieszczone w fundamentach,
- zbrojenia metalowe betonu,
- systemy metalowych rur wodociagowych pod warunkiem uzyskania zgody jednostki eksploatującej wodociągi a także zapewnienia uzgodnienia z użytkownikiem instalacji elektrycznej każdej planowanej zmiany
- systemy innych rur metalowych jak np.:
 - gazów
 - cieczy palnych
 - ogrzewania nie powinny być stosowane jako uziomy przeznaczone do celów ochronnych. Wymaganie to nie wyklucza wykonywania połączeń wyrównawczych z innymi instalacjami i elementami,
- ołowiane i metalowe osłony kabli nie narażone na uszkodzenia w skutek nadmiernej korozji pod warunkiem uzyskania zgody jednostki eksploatującej kable a także zapewnienie zawiadomienia użytkownika instalacji elektrycznej o każdej planowanej zmianie kabli, która mogłaby wpływać na przydatność kabli jako uziomu.

Przewody uziemiające

Powinny spełniać takie same wymagania jak dla przewodów ochronnych a jeżeli zakopane są w ziemi powinny mieć przekrój mniejszy niż:

	Zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi	Niezabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi
Zabezpieczone przed korozją	jak przewody ochronne	16 mm ² Cu 16mm ² Fe
Niezabezpieczone przed korozją	25mm ² Cu	50mm ² Fe

Połączenie przewodu uziemiającego z przewodem ochronnym powinno być wykonane w sposób pewny o trwały pod względem mechanicznym i elektrycznym.

Główne szyny uziemiające lub główne zaciski uziemiające

Duży obiekt – szyny

Mały obiekt – zaciski

W skład każdej instalacji elektrycznej powinna wchodzić główna szyna lub zacisk uziemiający, do których należy przyłączyć:

- 1) przewody uziemiające,
- 2) przewody ochronne,
- 3) połączenia wyrównawcze,
- 4) przewody uziemień funkcjonalnych jeżeli są wymagane.

W dostępnym miejscu przy głównej szynie lub zacisku uziemiającym powinny być przewidziane połączenie umożliwiające odłączenie przewodu uziemiającego w celu wykonania pomiaru rezystancji uziemień.

Przewody ochronne

Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

- 1) żyły w przewodach wielożyłowych,
- 2) izolowane lub gołe przewody prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami czynnymi,
- 3) ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane,
- 4) metalowe osłony, jak np.: powłoki, ekrany i pancerze niektórych przewodów,
- 5) metalowe rury lub inne metalowe osłony przewodów,
- 6) odpowiednie części przewodzące obce,
- 7) wchodzące w skład izolacji wykonane fabrycznie metalowe obudowy i konstrukcje wsporcze lub metalowe obudowy przewodów szynowych jeżeli spełnione są jednocześnie trzy wymagania:
 - a. zapewniona jest ciągłość elektryczna i zabezpieczenie przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi i elektrochemicznymi,
 - b. zapewniona jest odpowiednia konduktancja,
 - c. możliwość połączenia z innymi przewodami ochronnymi,
- 8) metalowe osłony przewodów pod warunkiem spełnienia jednocześnie wymagań a i b z punktu 7, inne rury stanowiące wyposażenie elektryczne nie powinny być stosowane jako przewody ochronne,
- 9) części przewodzące obce jeżeli spełnione są jednocześnie następujące warunki:
 - a. zapewniona jest ciągłość elektryczna jak w punkcie 7a i konduktancja jak w punkcie 7b,
 - b. jeżeli zastosowane elementy kompensujące zabezpieczone są przed usunięciem,
 - c. przewidziane są do takiego zastosowania lub zostały odpowiednio przystosowane.

Minimalne przekroje przewodów ochronnych powinny być:

1) obliczone ze wzoru:

$$s = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} [\text{mm}^2],$$

gdzie:

- I – skuteczna wartość prądu zwarciovego przy zwarciu o pomijalnej impedancji płynącego przez zabezpieczenie [A]
- t – czas zadziałania urządzenia zabezpieczającego [s]
- k – współczynnik, którego wartość zależy od:
 - o materiału żyły,
 - o izolacji i innych elementów przewodu ochronnego,
 - o oraz od temperatury początkowej i końcowej.

2) dobrane z tablicy:

Przekrój przewodu fazowego instalacji [mm ²]	Minimalny przekrój odpowiadający przewodom ochronnym
$s \leq 16$	s
$16 < s \leq 35$	16
$s > 35$	s/2

Przekroje przewodów ochronnych podawane są dla tego samego materiału, co przewody fazowe. Przekrój każdego przewodu ochronnego niebędącego częścią wspólną układu przewodów lub jego osłoną nie powinien być w żadnym przypadku mniejszy niż:

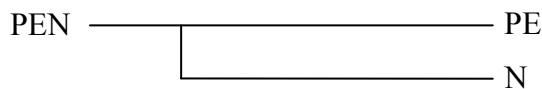
- 2,5 mm² w przypadku stosowania ochrony przed uszkodzeniem mechanicznym,
- 4 mm² w przypadku braku ochrony przed uszkodzeniem mechanicznym.

Zapewnienie ciągłości przewodów ochronnych

- 1) Przewody ochronne powinny być odpowiednio zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi i siłami elektrodynamicznymi
- 2) Połączenia przewodów ochronnych powinny być dostępne w celu przeprowadzenia pomiarów i badań
- 3) W przewodach ochronnych nie należy umieszczać żadnej aparatury łączeniowej
- 4) W przewodach ochronnych nie należy instalować cewek urządzeń kontrolnych

Przewody ochronno-neutralne PEN

Części przewodzące obce nie powinny być wykorzystywane jako przewody PEN. W układach TN w instalacjach ułożonych na stałe ten sam przewód może pełnić jednocześnie funkcję przewodu ochronnego i neutralnego pod warunkiem, że przekrój tego przewodu jest nie mniejszy niż: $s \geq 10\text{mm}^2$ dla Cu i $s \geq 16\text{mm}^2$ dla Al oraz, że dane części instalacji nie są zabezpieczone za pomocą RCD. W przewodach współosiowych minimalny przekrój żyły PEN może wynosić 4mm² z tym, że wszystkie połączenia i przyłączenia tej żyły powinny być dublowane tj. żyła w miejscu łączenia powinna mieć dwa niezależne od siebie połączenia lub przyłączenia. Jeżeli w określonym punkcie instalacji przewiduje się rozdzielenie przewodu neutralnego od ochronnego nie dopuszcza się łączenia tych przewodów w żadnym następnym punkcie. W punkcie rozdzielenia należy przewidzieć oddzielne zaciski lub szyny przewodów neutralnych i ochronnych. Przewód PEN powinien być przyłączony do zacisku lub szyny spełniającej funkcję przewodu ochronnego.



Przewody połączeń wyrównawczych

- 1) Przewody połączeń wyrównawczych głównych powinny mieć przekroje nie mniejsze niż połowa największego przekroju przewodu ochronnego w danej instalacji i nie mniejszy niż 6mm^2 : $6\text{mm}^2 \leq s \leq 25\text{mm}^2$ dla Cu a w przypadku innego metalu od przekroju zapewniającego, co najmniej taką samą obciążalność prądową
- 2) Przewody połączeń wyrównawczych dodatkowych:
 - a. łączące ze sobą części przewodzące dostępne powinny mieć przekrój nie mniejszy niż połowa przekroju przewodu ochronnego przyłączonego do tych części przewodzących dostępnych,
 - b. łączące części przewodzące dostępne z częściami przewodzącymi obcymi powinny mieć przekrój nie mniejszy niż połowa przekroju odpowiedniego przewodu ochronnego

Jako połączenia wyrównawcze dodatkowe mogą być wykorzystane części przewodzące obce o trwałym charakterze takie, jak stalowe konstrukcje budowlane lub przewody dodatkowe. Rurociągi wykorzystywane są do uziemień jako przewody ochronne, wówczas wodomierz powinien być zmostkowany. Przekrój przewodu mostkującego powinien być odpowiedni w zależności od tego czy pełni on funkcję przewodu ochronnego, wyrównawczego czy też uziemienia funkcjonalnego.

Ochrona odgromowa obiektów budowlanych

Norma PN-86/E-05003

Rodzaje ochrony odgromowej:

- a) podstawowa,
- b) obostrzona,
- c) w wykonaniu specjalnym.

Ad. a)

Jest to zespół środków do ochrony budynków, w których wyładowania piorunowe mogą powodować ograniczone skutki.

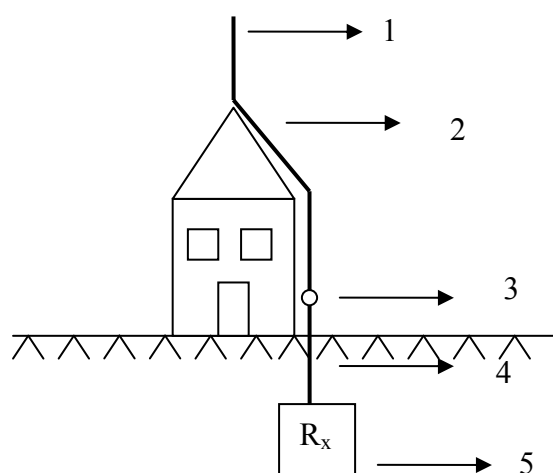
Ad. b)

Jest to zespół środków do ochrony budynków, w których skutki wyładowań piorunowych mogą się łatwo rozprzestrzeniać.

Ad. c)

Jest to zespół środków do ochrony obiektów budowlanych niebędących budynkami.

Części składowe urządzenia piorunochronnego



- 1) zwód – część urządzenia piorunochronnego przeznaczona do bezpośredniego przyjmowania wyładowań atmosferycznych
- 2) przewód doprowadzający – łączy zwód z przewodem uziemiającym za pomocą zacisku probierczego
- 3) zacisk probierczy – jest to rozłączalne połączenie śrubowe przewodu odprowadzającego z przewodem uziemiającym w celu umożliwienia pomiaru rezystancji uziomu lub sprawności ciągłości galwanicznej części nadziemnej,
- 4) przewód uziemiający – łączy przewód odprowadzający z uziomem
- 5) uziemienie:

Uziom jest to przedmiot metalowy lub zespół przedmiotów metalowych umieszczony w ziemi zapewniający elektryczne z nim połączenie. Uziomy mogą być:

- a) naturalne,
- b) sztuczne,
- c) fundamentalne.

Uziomy sztuczne mogą być:

- a) pionowe,
- b) poziome,
- c) otokowe.

Najczęściej części składowe urządzenia piorunochronnego wykonane są ze stali ocynkowanej w postaci drutu o średnicy minimum 6mm lub taśmy o wymiarach 20x3mm.

Rozróżnia się następujące rodzaje badań:

- a) badania częściowe (w czasie budowy obiektu),
- b) badania odbiorcze,
- c) badania okresowe,

Zależnie od rodzaju i przeznaczenia urządzenia piorunochronnego badania powinny obejmować jedną lub więcej następujących czynności:

- 1) oględziny części nadziemnej,
- 2) sprawdzenie ciągłości połączeń części nadziemnej,
- 3) pomiar rezystancji uziemienia,
- 4) sprawdzenie stanu uziomu po ich odkopaniu.

Ad.1)

Polegają na sprawdzeniu zgodności z wymaganiami normy rozmieszczenia poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego oraz na sprawdzeniu wymiarów i rodzaju połączeń.

Ad.2)

Sprawdzenie ciągłości połączeń należy wykonać za pomocą omomierza lub mostka do pomiaru rezystancji przyłączonego z jednej strony do zwodu z drugiej do przewodu uziemiającego na wybranych losowo gałęziach urządzenia piorunochronnego.

Ad.3)

Pomiar rezystancji uziemienia należy wykonać mostkiem do pomiaru rezystancji uziemień lub metodą techniczną. Wymagane wartości rezystancji uziemienia:

Rodzaj uziomu	Rodzaj gruntu		
	podmokły, bagienny, próchniczny, torfiasty, gliniasty	pośrednie	kamieniste i skaliste
Poziomy, pionowy, mieszany, stopy fundamentalne	10	20	40
Otokowe (dookoła budynku) i ławy fundamentalne	15	30 (najczęściej stosowany)	50

Ad.4)

Sprawdzenie stanu uziomu polega na losowym wybraniu, co najmniej 10% połączeń przewodu uziemiającego z uziomem, odkopaniu go i sprawdzenia stopnia skorodowania. Jeżeli stopień skorodowania przekracza 40% przekroju należy wykonać nowy uziom lub przewód uziemiający. Badania okresowe należy wykonać nie rzadziej, niż co 6 lat.

Budynki:

- o powierzchni zabudowy powyżej 500m²,
- przewidziane do przebywania dużej liczby ludzi na małych powierzchniach,
- o szczególnej wartości zabytkowej lub użytkowej

powinny mieć:

- metryki urządzenia piorunochronnego,
- protokoły badania urządzenia piorunochronnego.

Zasady doboru urządzeń przed prądem przetężeniowym

Norma PN-IEC-60364-4-43 oraz PN-IEC-60364-4-473

Wyróżnia się trzy rodzaje urządzeń zabezpieczających:

- 1) jednoczesna ochrona przed prądem zwarciovym i przeciążeniowym:
 - bezpiecznik topikowy z pełnozakresową charakterystyką (gL),
 - wyłącznik nadprądowym z wyzwalaczem termicznym i elektromagnetycznym,

- 2) chroniące tylko przed prądem przeciążeniowym:
 - zabezpieczenia bimetalowe,
 - wyzwalacze termiczne,
- 3) chroniące tylko przed prądem zwarciovym
 - bezpiecznik dobezpieczeniowy z niepełnozakresową charakterystyką (aM),
 - wyzwalacz elektromagnetyczny,

Zarówno zabezpieczenia przeciążeniowe jak i zwarciovie stosowane są do ochrony przewodów i urządzeń elektrycznych przed skutkami zwarć i przeciążeń. Powinny być zastosowane w miejscach, w których następuje zmiana:

- a) przekroju przewodu na mniejszy,
- b) rodzaju przewodu na przewód o mniejszej obciążalności prądowej,
- c) sposobu ułożenia przewodu pogarszającego warunki chłodzenia.

Do ochrony przed skutkami zwarć najlepszy jest bezpiecznik, ponieważ:

- a) ma bardzo dużą wytrzymałość zwarciovą,
- b) ogranicza prąd zwarciovym.

Do ochrony instalacji przed przeciążeniem najlepsze są wyłączniki nadprądowe, ponieważ najlepiej chronią przewody.

Ochrona przed prądem przetężeniowym

Należy tak dobrać zabezpieczenie, aby wyłączenie zasilania nastąpiło zanim powstanie niebezpieczeństwo uszkodzenia:

- izolacji
- połączeń
- zacisku

na skutek nadmiernego wzrostu temperatury.

Zabezpieczenie przeciążeniowe powinno spełniać następujące warunki:

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

gdzie:

- I_B – prąd obliczeniowy w obwodzie elektrycznym,
- I_N – prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego,
- I_z – obciążalność prądowa długotrwała przewodu,
- I_2 – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego odczytany z charakterystyki czasowej bezpiecznika topikowego dla 1÷4 godzin jako maksymalny prąd zadziałania lub podawany dla tych samych czasów przez producenta

Zabezpieczeń przed prądem przeciążeniowym nie stosuje się, gdy:

- a) przewody chronione są przez inne urządzenie usytuowane od strony zasilania,
- b) w przewodach nie może wystąpić prąd przeciążeniowy a przewody są skutecznie chronione przed zwarciem,
- c) spełnione są jednocześnie trzy warunki:
 - długość odcinka nie przekracza 3 m
 - możliwość wystąpienia przeciążeń i zwarć ograniczona jest do minimum,
 - nie ma w pobliżu materiałów łatwopalnych.

Ochrona przed prądem zwarciovym

Zabezpieczenie zwarciovowe powinno być tak dobrane, aby wyłączenie zasilania (przerwanie prądu zwarciovego) nastąpiło zanim powstanie niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych lub mechanicznych przewodów lub ich połączeń. Spodziewaną wartość prądu zwarciovego należy pomierzyć lub obliczyć. Urządzenie zabezpieczające powinno mieć zdolność przenoszenia prądu zwarciovego większą niż spodziewany prąd zwarciovowy. Dopuszcza się, aby ta zdolność była mniejsza wtedy, gdy:

- a) od strony zasilania jest inne urządzenie zabezpieczające o wystarczającej zdolności przzerwania prądu zwarciovego
- b) przewody i urządzenia znajdujące się poza tym zabezpieczeniem wytrzymują przepływ spodziewanego prądu zwarciovego bez uszkodzeń.

Dla prądów zwarciovych o czasie trwania nieprzekraczającym 5s ($t_z \leq 5s$) czas potrzebny do podwyższenia temperatury przewodów od temperatury granicznej dopuszczalnej długotrwale do temperatury granicznej dopuszczalnej przy zwarciach można obliczyć ze wzoru:

$$t = k^2 \cdot \left(\frac{s}{I}\right)^2$$

gdzie:

- t – czas zwarcia [s]
- s – przekrój przewodu [mm²]
- I – wartość skuteczna prądu [A]
- k – współczynnik charakterystyczny dla danego typu przewodu równy:
 - 135 – dla przewodów miedzianych z izolacją gumową,
 - 115 – dla przewodów miedzianych z izolacją polwinitową,
 - 87 – dla przewodów aluminiowych z izolacją gumową,
 - 74 – dla przewodów aluminiowych z izolacją polwinitową,

Dla czasów powyżej 0,1s, dla których znaczącą rolę odgrywa składowa nieokresowa oraz dla urządzeń ograniczających wartość prądu iloczyn k^2s^2 dla przewodu chronionego powinien być większy od wartości całki Joule I^2t , którą według producenta przenosi urządzenie zabezpieczające:

$$k^2s^2 > I^2t$$

Zabezpieczenia zwarciovowe nie muszą być stosowane, gdy:

- przewody łączące generatory, transformatory, baterie itp są urządzeniami rozdzielczymi mającymi zabezpieczenia,
- nie zamierzone wyłączenie obwodów może spowodować zagrożenie np.: obwody wzbudnic, elektromagnesy dźwignic itp.,
- w obwodach pomiarowych przy spełnieniu wymagań:
 - ograniczona jest do minimum możliwość powstania zwarć,
 - w pobliżu nie ma materiałów łatwopalnych.

Zabezpieczenia przewodu neutralnego

1) Układ TN i TT

- a. Jeżeli przekrój przewodu neutralnego jest, co najmniej równy lub równoważny przekrojowi przewodów fazowych nie wymaga się stosowania w tym przewodzie zabezpieczeń przed prądem przetężeniowym i wyposażania go w urządzenie przerywające przepływ prądu.

b. Jeżeli przekrój przewodu neutralnego jest mniejszy niż przekrój przewodu fazowego wymagane jest zastosowanie w tym obwodzie zabezpieczenia przed prądem przetężeniowym, odpowiedniego do jego przekroju. W przewodzie neutralnym można nie stosować zabezpieczeń przed prądem przetężeniowym, jeżeli spełnione są jednocześnie dwa warunki:

1. przewód neutralny zabezpieczony jest przed prądem zwarciovym przez urządzenie zabezpieczające usytuowane w przewodach fazowych
2. największa wartość prądu w przewodzie neutralnym przewidywana w normalnych warunkach pracy jest wyraźnie mniejsza niż obciążalność prądowa długotrwała określona dla tego przewodu.

2) Układ IT

W układzie IT nie zaleca się stosowania przewodu neutralnego a jeżeli jest, to w każdym obwodzie powinno być urządzenie zabezpieczające przewód neutralny przed prądem przetężeniowym przerywające przepływ prądu we wszystkich przewodach danego obwodu łącznie z przewodem neutralnym. Zabezpieczenia można niestosować o ile:

- a) przewód neutralny jest skutecznie zabezpieczony od strony zasilania przed prądem zwarciovym lub
- b) jeżeli dany obwód jest zabezpieczony RCD, którego prąd zadziałania przekracza 0,15 wartości obciążalności prądowej długotrwałej przewodu neutralnego znajdującego się w danym obwodzie. Zabezpieczenie to powinno przerwać prąd we wszystkich przewodach roboczych w tym także w przewodzie neutralnym.

3) Jeżeli przewiduje się załączanie i rozłączanie przewodu neutralnego to rozłączenie przewodu neutralnego powinno odbywać się wcześniej niż przewodów fazowych, zaś załączenie przewodu neutralnego powinno odbywać się w tym samym czasie lub wcześniej niż przewodów fazowych.

Aparatura łączeniowa i sterownicza

Norma PN-IEC 60364-53

- 1) Styki ruchome wszystkich biegunów urządzeń wielobiegunowych powinny być sprzężone mechanicznie tak, aby rozwierały i zwiierały się jednocześnie z wyjątkiem styków przeznaczonych do łączenia przewodu neutralnego, które mogą zwiierać się wcześniej a rozwierać później niż inne styki
- 2) RCD powinny zapewniać odłączenie wszystkich przewodów roboczych w zabezpieczonym obwodzie
- 3) Przez obwód magnetyczny RCD nie powinien przechodzić przewód ochronny
- 4) Zastosowanie RCD włączanego w obwody niemające przewodu ochronnego nie może być uznane jako wystarczający środek ochrony przed dotykiem pośrednim, nawet w przypadku, gdy $I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$ (układ TN-C)
- 5) W układzie TN części przewodzące dostępne mogą być przyłączone do uziomu o rezystancji odpowiedniej dla prądu wyzwalającego RCD. Tak chroniony obwód powinien być traktowany jako układ TT (z TN-C)
- 6) Gniazda bezpieczników wkrętowych powinny być tak przyłączone, aby ich styk dolny znajdował się po stronie zasilania gniazda
- 7) RCD powinno być zdolne do wytrzymania bez uszkodzenia oddziaływania cieplne i napięcia mechaniczne, które mogą wystąpić w miejscu zainstalowania w przypadku zwarcia po stronie odbioru

- 8) RCD nie powinno również ulec uszkodzeniu w przypadku zwarć nawet wtedy, gdy w wyniku asymetrii prądów lub przepływu prądu do ziemi urządzenie otwiera się samoczynnie

Zasady doboru WLZ (Wewnętrzna Linia Zasilająca)

WLZ należy dobierać do wzrostu obciążeń w okresie około 25 lat. Zakłada się, że po tym okresie powinna nastąpić modernizacja lub remont instalacji elektrycznej (wymiana przewodów). Moc potrzebna do użytkowania mieszkania zależy jednocześnie od dwóch czynników:

- sposobu zaspokajania podstawowych potrzeb energetycznych mieszkania (zgazyfikowane czy niezgazyfikowane),
- liczby osób, na które zostało mieszkanie zaprojektowane i zbudowane

Moc potrzebną dla jednego mieszkania można określić jako:

$$P = P_1 + M \cdot P_2$$

gdzie:

- P – ogólne zapotrzebowanie mocy przez mieszkanie,
- P₁ – moc w kW największego odbiornika w mieszkaniu,
- P₂ – zapotrzebowanie mocy na jedną osobę,
- M – liczba osób, na które zostało mieszkanie zaprojektowane.

P₁ – dla mieszkań niezgazyfikowanych jest równa mocy kuchenki elektrycznej z piekarnikiem (7÷10kW). W mieszkaniach zgazyfikowanych jest równa mocy pralki elektrycznej (~2kW).

Moc przypadającą na jedną osobę przyjmuje się na 1kW. Mieszkania zgazyfikowane powinny być zasilane 1-fazowo, zaś mieszkania niezgazyfikowane 3-fazowo. Należy przyjmować współczynnik jednoczesności do mieszkań zasilanych 1- lub 3- fazowo:

Liczba mieszkań	Zasilanie 1-fazowe	Liczba mieszkań	Zasilanie 3-fazowe
1-3	1	1	1
4-6	0,8	2	0,9
7-9	0,65	3	0,8
10-12	0,5	4	0,7
>100	0,27	>100	0,27

$$P_{wlz} = k_j \cdot \sum_{i=1}^n P_i$$

Minimalny przekrój WLZ:

- 2,5 mm² przy zasilaniu nie więcej niż dwóch instalacji odbiorczych,
- 4 mm² przy zasilaniu trzech i więcej instalacji odbiorczych.

Odgąlenia do najbliższego zabezpieczenia powinny mieć przekrój niemniejszy niż 2,5mm². Odgąlenia 1-fazowe powinny być dobrane żeby nie powodowały asymetrii napięć.

Obciążalność prądowa długotrwała przewodu

Norma PN-IEC 60364-5-523

Wymagania normy mają na celu zapewnienie odpowiedniej trwałości żył i izolacji poddawanych działaniu cieplnemu płynącego długotrwale prądu w warunkach normalnej eksploatacji. Na dobór przekroju żył mają również wpływ:

- wymagania ochrony przeciwporażeniowej,
- ochrony przed skutkami działania cieplnego,
- ochrony przed prądem przetężeniowym,
- wymagania dotyczące spadku napięcia
- wymagania dotyczące temperatur granicznych zacisków urządzeń, do których są przyłączone żyły.

Prąd długotrwały w dowolnej żyłce przewodu w warunkach normalnej eksploatacji powinien mieć taką wartość, aby nie została przekroczona temperatura graniczna:

- 1) dla polichlorku winylu (PVC) – 70 °C
- 2) dla polietylenu usieciowanego (XLPE) – 90 °C
- 3) dla gumy etylenowo propylenowej (EPR) – 90 °C

Przyjmuje się następującą temperaturę otoczenia: – w powietrzu 30°C
– w gruncie 20°C.

Obciążalność prądowa długotrwała kabli ułożonych w ziemi odnosi się do rezystywności cieplnej gruntu równej 2,5 Km/W.

Sposoby wykonania instalacji:

- A1 – przewody jednożyłowe w rurze instalacyjnej w ścianie,
- A2 – przewody wielożyłowe w rurze instalacyjnej w ścianie,
- B1 – przewody jednożyłowe w rurze instalacyjnej na ścianie drewnianej,
- B2 – przewody wielożyłowe w rurze instalacyjnej na ścianie drewnianej,
- C – przewód jednożyłowy lub wielożyłowy zamocowany w odległości mniejszej niż 0,3 średnicy tego przewodu na ścianie drewnianej,
- D – kabel wielożyłowy w osłonie w ziemi na głębokości 0,7m
- E, F, G – przewód jedno- lub wielożyłowy w powietrzu.

Przy wyznaczaniu obciążalności nie uwzględnia się żył służących jedynie do ochrony (PE). Żyły PEN powinny być uwzględnione tak samo jak żyły neutralne. W obwodzie bierze się pod uwagę jedynie liczbę żył obciążonych prądem. Jeżeli można przyjąć, że rozptyw prądów w żyłach obwodów wielożyłowych jest symetryczny nie wymaga się uwzględnienia żyły neutralnej. Zależność między obciążalnością długotrwałą prądową a przekrojem żyły jest następująca:

$$I = A \cdot s^m - B \cdot s^n$$

gdzie:

- I – obciążalność długotrwała prądowa [A],
- s – przekrój znamionowy żyły [mm²],
- A, B – współczynniki,
- n, m – współczynniki zależne od przewodu i sposobu wykonania instalacji.

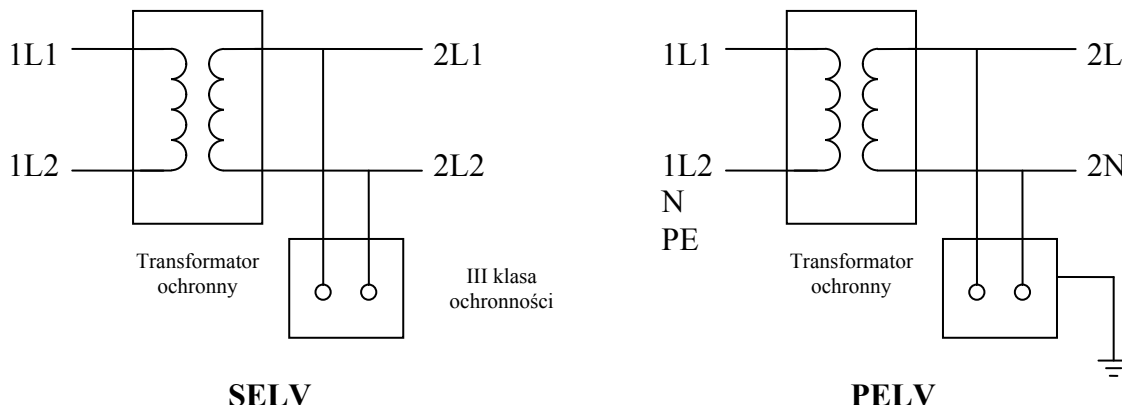
Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

- I. Ochrona polegająca na zastosowaniu bardzo niskiego napięcia SELV (bez uziemień) i PELV (z uziemieniem). Ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym uważa się za zapewnioną, jeżeli:
 - 1) napięcie nie przekracza górnej granicy zakresu I tj.: 50V~, 120V-,
 - 2) źródłem zasilania tych obwodów jest:
 - o transformator bezpieczeństwa lub
 - o źródło prądu zapewniające stopień bezpieczeństwa równoważny transformatorowi bezpieczeństwa np.: przetwornica dwumaszynowa z uzwojeniem zapewniającymi równoważną izolację,
 - o źródło elektrochemiczne np.: bateria akumulatorów,

- niektóre urządzenia elektroniczne spełniające wymagania odpowiednich norm, w których zastosowano takie środki żeby na ich wyjściu nie pojawiło się napięcie wyższe od napięcia zakresu I w przypadku uszkodzenia wewnętrznego,
- 3) są spełnione warunki dodatkowe:
- części czynne obwodów SELV i PELV powinny być elektrycznie oddzielone od obwodów wyższego napięcia nie gorzej niż między obwodem pierwotnym i wtórnym transformatora bezpieczeństwa
 - przewody obwodów SELV i PELV powinny być prowadzone oddzielnie od wszystkich innych obwodów, jeżeli nie jest to możliwe należy spełnić warunki dodatkowe:
 - gniazda i wtyczki nie powinny pasować do innych napięć,
 - gniazda wtyczkowe nie powinny mieć styku ochronnego.

Wymagania dodatkowe dla SELV:

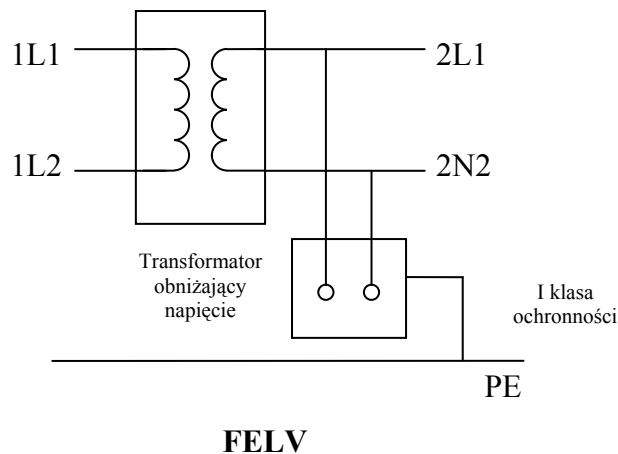
- części czynne i przewodzące dostępne obwodów SELV nie powinny być połączone z uziemieniem ani z częściami czynnymi i przewodami ochronnymi wchodzącymi w skład innych obwodów.



II. Ochrona za pomocą ograniczenia energii rozładowania (w opracowaniu)

III. Obwody FELV

Są to takie obwody, w których ze względów funkcjonalnych stosuje się napięcia nieprzekraczające wartości napięć zakresu I, ale nie są spełnione wszystkie wymagania obwodów SELV i PELV.



Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (podstawowa)

1) Ochrona przez zastosowanie izolowania części czynny.

Części czynne powinny być całkowicie pokryte izolacją, która może być usunięta tylko przez jej zniszczenie. W urządzeniach produkowanych fabrycznie izolacja powinna spełniać postanowienia odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń. W innych urządzeniach ochronę należy zapewnić przez zastosowanie izolacji, która będzie mogła długotrwale wytrzymać:

- obciążenia mechaniczne,
- wpływy chemiczne,
- wpływy elektryczne,
- wpływy termiczne.

2) Ochrona przy użyciu ogrodzenia (przegrody lub obudowy, osłony).

Części czynne powinny być umieszczone wewnątrz obudów lub ogrodzeń zapewniających stopień ochrony, co najmniej IP2X, z wyjątkiem przypadku, gdy niższy stopień ochrony występuje podczas wymiany np.: żarówek, gniazd wtyczkowych, bezpieczników lub, gdy niższy stopień ochrony jest niezbędny do właściwego funkcjonowania urządzenia, lecz w tym przypadku należy:

- przedsięwziąć odpowiednie środki ostrożności w celu zapobieżenia przypadkowemu dotknięciu części czynnych przez ludzi i zwierzęta domowe,
- ostrzeżenie ludzi przed świadomym dotknięciem części czynnych.

3) Ochrona przy użyciu barier (przeszkód).

Bariery powinny uniemożliwiać:

- niezamierzone zbliżenie ciała do części czynnych,
- niezamierzone dotknięcie części czynnych w trakcie obsługi urządzeń.

Bariery powinny być usuwane bez użycia narzędzi oraz powinny być zabezpieczone, przed niezamierzonym usunięciem.

4) Ochrona przez umieszczenie poza zasięgiem ręki. Części jednocześnie dostępne o różnych potencjałach nie powinny znajdować się w zasięgu ręki. Ochrona przez umieszczenie poza zasięgiem ręki ma na celu zapobieżenie niezamierzonemu dotknięciu części czynnych. Dwie części uważa się za jednocześnie dostępne, jeżeli znajdują się w odległości od siebie nie większej niż 2,5m kierunku pionowym – zasięg ręki wynosi 2,5m od powierzchni stanowiska. Długość zasięgu ręki odnosi się do bezpośredniego dotknięcia ręką gołą bez uwzględniania środków pomocniczych np.: stołek, drabina, itp.

5) Uzupełnienie ochrony przed dotykiem bezpośrednim przy użyciu RCD. Stosowanie RCD o prądzie wyzwalającym nieprzekraczającym 30mA uważa się za uzupełnienie ochrony w przypadku nieskuteczności działania innych środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim lub w przypadku nieostrożności użytkownika. Urządzenia te nie mogą być jedynym środkiem ochrony a jedynie dodatkowym środkiem ochrony do wymienionych w punktach 1-4.

Ochrona przed dotykiem pośrednim

- 1) Ochrona przez wyłączenie zasilania
- 2) Ochrona przez zastosowanie urządzeń o II klasie ochronności lub izolacji równoważnej.

Środek ten ma na celu zapobieżenie pojawienia się niebezpiecznego napięcia na częściach przewodzących dostępnych w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej. Ochronę tą należy zapewnić przez zastosowanie:

- 1) urządzeń mających izolację podwójną lub wzmocnioną,
- 2) zespołu urządzeń elektrycznych wykonywanych fabrycznie w pełni izolowanych. Urządzenia te są oznaczane symbolem:



Urządzenia te zasilane są tylko przewodem L i N.

Ochrona przez izolowanie stanowiska

Środek ten ma na celu zapobieżeniu równoczesnemu dotknięciu części, które mogą mieć różny potencjał w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych. Części przewodzące dostępne powinny być tak rozmieszczone, aby w normalnych warunkach człowiek nie mógł dotknąć jednocześnie:

- 1) dwóch części przewodzących dostępnych,
- 2) jednej części przewodzącej dostępnej i jakiejkolwiek części przewodzącej obcej jeżeli części te mogą się znaleźć pod różnymi potencjałami w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych.

Na izolowanym stanowisku nie można umieszczać przewodu ochronnego. Wymóg jednoczesnego dotknięcia części przewodzących jest spełniony, gdy stanowisko ma podłogi i ściany izolacyjne oraz zastosowany jest jeden lub więcej następujących środków:

- 1) wystarczające jest oddalenie części przewodzących dostępnych od części przewodzących obcych jeżeli odległość między nimi jest nie mniejsza niż 2m. Odległość ta może być zmniejszona do 1,25m poza strefą zasięgu ręki.
- 2) umieszczenie skutecznych barier między częściami przewodzącymi czynnymi a częściami przewodzącymi obcymi powinny być wykonane z materiałów izolacyjnych
- 3) izolowanie części przewodzących obcych – izolacja powinna mieć dostępną wytrzymałość mechaniczną i wytrzymać próbę napięciem co najmniej 2kV. Prąd upływu w normalnych warunkach nie powinien przekraczać 1mA. Rezystancja izolacji podłóg, ścian nie powinna być mniejsza niż:
 - o 50kΩ przy U_N izolacji $\leq 500V$,
 - o 100 kΩ przy U_N izolacji $> 500V$.

Izolacja podłogi i ścian nie powinna podlegać działaniu wilgoci. Należy przewidzieć środki ostrożności zapobiegające przenoszeniu potencjału z zewnątrz na stanowisko przez części przewodzące obce.

Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych

Przewody połączeń wyrównawczych miejscowych powinny łączyć między sobą wszystkie części przewodzące jednocześnie dostępne i części przewodzące obce. System połączeń wyrównawczych miejscowych nie powinien mieć połączenia elektrycznego z ziemią przez części przewodzące dostępne lub części przewodzące obce. Należy przewidzieć środki ostrożności zapobiegające narażeniu na niebezpieczną różnicę potencjałów osób wchodzących do przestrzeni z połączeniami wyrównawczymi miejscowymi. Szczególnie w tym przypadku, gdy przewodząca podłoga izolowana od ziemi jest połączona z nieziemionym systemem połączeń wyrównawczych.

Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej

Separacja elektryczna pojedynczego obwodu ma na celu zabezpieczenie przed prądem wrażliwym przy dotyku do części przewodzących dostępnych, które mogą znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji funkcjonalnej obwodu. Ochrona przez separacją dla:

- 1) pojedynczego urządzenia – części przewodzące dostępne obwodu odseparowanego nie powinny być przyłączone do przewodu ochronnego oraz do części przewodzących dostępnych innych obwodów,
- 2) zasilanie więcej niż jednego urządzenia – zaleca się aby w obwodzie separowanym iloczyn napięcia znamionowego i łącznej długości oprzewodowania w metrach nie przekraczał 100000 i aby łączna długość oprzewodowania nie przekraczała 500m. Obwód powinien być zasilany ze źródła separacyjnego tzn.:
 - a. transformatora separacyjnego,
 - b. źródła równoważnego np.: przetwornica.

Napięcie obwodu separowanego nie powinno przekraczać 500V. Części czynne obwodu separowanego nie powinny być połączone w żadnym punkcie z innym obwodem lub ziemią. Zaleca się stosowanie oddzielnego oprzewodowania obwodów separowanych. Jeżeli jest to niemożliwe przewody prowadzone wspólnie nie mogą być prowadzone w płaszczu metalowym a izolacja przewodów musi wytrzymać największe napięcie, jakie może wystąpić w tym obwodzie oraz każdy obwód musi być zabezpieczony przed prądem przetężeniowym. Część przewodzące dostępne obwodu separowanego powinny być połączone między sobą przez izolowane nieuziemiowane przewody wyrównawcze. Przewody tego obwodu nie powinny być połączone z przewodami ochronnymi lub częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów ani częściami przewodzącymi obcymi. Wszystkie gniazda wtyczkowe powinny mieć styki ochronne przyłączone do systemu połączeń wyrównawczych.

Ochrona przeciwporażeniowa w warunkach szczególnego zagrożenia

Norma PN-IEC-60364-7-701 (norma arkuszowa) „Pomieszczenia wyposażone w wannę lub basen natryskowy”

W pomieszczeniach tych zwiększone jest niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym z powodu zawilgocenia ciała. W pomieszczeniach tych wyróżnia się cztery strefy:

- 1) strefa 0 – wnętrze wanny,
- 2) strefa 1 – przebiega wzdłuż zewnętrznej krawędzi wanny,
- 3) strefa 2 – 60 cm od strefy 1,
- 4) strefa 3 – 2,4m od strefy 2.

Wymagania

- 1) W strefie 0 można stosować tylko napięcie bezpieczne 12V. Źródło zasilania tego napięcia powinno być poza tą strefą.
- 2) Sprzęt powinien mieć stopień ochrony nie mniejszy niż:
 - w strefie 0 – IPX7,
 - w strefie 1 – IPX5,
 - w strefie 2 – IPX4,
 - w strefie 3 – IPX1.
- 3) W strefie 1, 0, 2 nie wolno instalować:
 - puszek,
 - rozgałęźników,
 - odgałęźników,

- urządzeń rozdzielczych,
 - sprzętu łączeniowego.
- 4) W strefie 3 można instalować gniazda wtyczkowe, jeżeli są one:
 - zasilane indywidualnie z transformatora separacyjnego,
 - zasilane napięciem bezpiecznym,
 - zabezpieczone RCD o prądzie wyzwalającym $I_{\Delta} \leq 30\text{mA}$.
 - 5) W strefie 0 można instalować jedynie odbiorniki przeznaczone specjalnie do używania w wannie lub brodziku.
 - 6) W strefie 1 można instalować jedynie podgrzewacze wody.
 - 7) W strefie 2 można instalować jedynie oprawy oświetleniowe drugiej klasy ochronności oraz podgrzewacze wody.

Arkusz 702 „Baseny pływackie”

- 1) Wyróżnia się trzy strefy:
 - strefa 0 – wewnątrz basenu,
 - strefa 1 – 2m od zewnętrznej powierzchni basenu,
 - strefa 2 – 1,5m od strefy 1.
- 2) W strefach 0, 1, 2 należy wykonać lokalne połączenia wyrównawcze.
- 3) W strefie 0 można stosować jedynie napięcia bezpieczne 12V. Źródło zasilania tego napięcia poza strefą.
- 4) Wyposażenie elektryczne powinno mieć stopień ochrony, co najmniej:
 - strefa 0 – IPX8,
 - strefa 1 – IPX4,
 - strefa 2 – IPX2 (pomieszczenie),
 - strefa 2 – IPX4 (basen otwarty).
- 5) W strefach 0 i 1 nie należy instalować – patrz punkt 3 arkusza 701.
- 6) W strefie 2 dopuszcza się instalowanie gniazd wtyczkowych, jeżeli – patrz punkt 4 arkusza 701.
- 7) W strefie 0 mogą być instalowane jedynie urządzenia i oprawy oświetleniowe zasilane napięciem bezpiecznym nieprzekraczającym 12V.
- 8) W strefie 1 urządzenia powinny być zasilane napięciem bezpiecznym lub w przypadku zainstalowania na stałe urządzeniami drugiej klasy ochronności.
- 9) W strefie 2 mogą być stosowane urządzenia:
 - drugiej klasy ochronności,
 - pierwszej klasy ochronności jeżeli są zabezpieczone RCD o prądzie wyzwalającym $I_{\Delta} \leq 30\text{mA}$ lub zasilane z transformatora separacyjnego.

Arkusz 703 „Pomieszczenia wyposażone w urządzenia do sauny”

- 1) Niedopuszczalne jest stosowanie przed dotykiem bezpośrednim:
 - barier,
 - przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki.
- 2) Niedopuszczalne jest stosowanie ochrony przed dotykiem pośrednim przez:
 - izolowanie stanowiska,
 - nieuziemione połączenia wyrównawcze.
- 3) Urządzenia elektryczne powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy jak IP24
- 4) Określa się cztery strefy:
 - Strefa 1 – należy instalować tylko urządzenia służące do ogrzewania sauny,
 - Strefa 2 – nie ma specjalnych wymagań, co do odporności cieplnej urządzeń,
 - Strefa 3 – w której urządzenia powinny mieć wytrzymałość cieplną co najmniej 125°C a izolacja przewodów co najmniej 170°C

- Strefa 4 – należy instalować tylko urządzenia sterujące ogrzewaczami sauny o wytrzymałości cieplnej jak w strefie 3

Arkusz 704 „Instalacje placów budów i robót rozbiórkowych”

- 1) Napięcie bezpieczne ograniczone jest do 25V~ i 60V-
- 2) Gniazda wtyczkowe – patrz punkt 4 arkusza 701
- 3) Stopień ochrony co najmniej IP44
- 4) Odbiorniki energii elektrycznej powinny być zasilane z zestawów rozdzielczych wyposażonych w:
 - urządzenia zabezpieczające przed prądem przetężeniowym,
 - środki ochrony przed dotykiem pośredni,
 - gniazda wtyczkowe.

Arkusz 705 „Instalacje elektryczne w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych”

- 1) Napięcie dotykowe bezpieczne nie powinno przekraczać 25V.
- 2) Obwody zasilania gniazd wtyczkowych należy zabezpieczyć RCD o prądzie znamionowym zadziałania $I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$.
- 3) Zaleca się stosowanie połączeń wyrównawczych uziemionych
- 4) Dla ochrony przeciwpożarowej zaleca się stosowanie RCD o znamionowym natężeniu prądu zadziałania $I_{\Delta N} \leq 0,5\text{A}$.
- 5) Urządzenia elektryczne powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP35.

Arkusz 707 „Wymagania dotyczące uziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych”

Urządzenia przetwarzania danych wyposażone są w filtry przeciwko zakłóceniom radioelektrycznymi, które mogą wywołać znaczne prądy upływowe do ziemi. W takich przypadkach przerwanie ciągłości uziemiającego przewodu ochronnego może spowodować pojawieniem się napięcia dotykowego o niebezpiecznej wartości. Dla zapewnienia ciągłości przewodu ochronnego należy stosować układy ochronne o wysokiej niezawodności – przez zastosowanie wytrzymałych mechanicznie przewodów lub dwóch przewodów równoległych wraz z trwałymi połączeniami lub wzmocnionymi zaciskami. Przewody ochronne powinny spełniać następujące wymagania:

- a) Przekrój pojedynczego przewodu ochronnego nie powinien być mniejszy niż 10mm^2 ($s \geq 10\text{mm}^2$). W przypadku stosowania dwóch równoległych przewodów ochronnych każdy z nich powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 4mm^2 i przyłączony za pomocą oddzielnych zacisków,
- b) jeżeli żyła przewodu ochronnego prowadzona jest w jednym przewodzie wielożyłowym z żyłami przewodów zasilających suma przekroju wszystkich żył nie powinna być mniejsza niż 10mm^2 (z tego powodu przewody zasilające powinny mieć przekrój niemniejszy niż $4\text{mm}^2 - 3 \times 4\text{mm}^2$),
- c) jeżeli przewód ochronny połączony jest równolegle ze sztywną lub elastyczną metalową rurą, która jest prowadzona należy zastosować przewód o przekroju niemniejszym niż $2,5\text{mm}^2$,
- d) sztywne i elastyczne metalowe rury, metalowe podłoża i osłony, metalowe ekrany i pancerze kabli wykorzystywane jako przewody ochronne powinny spełniać wymagania dla tego typu przewodów.

Arkusz 708 „Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji (campingi i pojazdy wycieczkowe)”

- 1) Nie należy stosować:
 - ochrony za pomocą barier,
 - umieszczenia poza zasięgiem ręki
 - izolowania stanowiska.
- 2) Przewody ułożone w ziemi powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi a ich trasa powinna przebiegać poza stanowiskiem postojowym oraz poza jakąkolwiek powierzchnią przeznaczoną dla namiotów i zakotwienia linek mocujących. Przewody napowietrzne powinny być zawieszane na wysokości, co najmniej 6m nad powierzchnią, na której odbywa się ruch pojazdów.
- 3) Gniazda wtyczkowe powinny być zainstalowane na wysokości od 0,8÷1,5m od ziemi do najniższej części gniazda wtyczkowego. Prąd znamionowy gniazd $I_N \leq 16A$. Gniazda wtyczkowe powinny być zabezpieczone RCD o $I_{\Delta N} \leq 30mA$. Jedno RCD powinno zabezpieczać nie więcej niż 6 gniazd wtyczkowych.
- 4) Sprzęt łączący złącze zasilające z pojazdem wycieczkowym powinno stanowić:
 - wtyczka ze stykiem ochronnym,
 - gniazdo wtyczkowe ze stykiem ochronnym.
 - przewód giętki o długości 25m i przekroju zależnym od prądu znamionowego:
 - $I_N \leq 16A - 2,5mm^2$,
 - $I_N \leq 25A - 4mm^2$,
 - $I_N \leq 32A - 6mm^2$,
 - $I_N \leq 63A - 16mm^2$,
 - $I_N \leq 100A - 35mm^2$.

Wykonanie instalacji elektrycznej

„Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 4 lutego 1999 r. w sprawie jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.” – Dziennik Ustaw Nr. 15 poz. 140 z 25.02.99

Instalacje i urządzenia elektryczne powinny zapewniać:

- 1) ciągłą dostawę energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych stosowanie do potrzeb użytkowych,
- 2) bezpieczeństwo użytkownika a przede wszystkim ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
- 3) ochronę środowiska przed skażeniem, emitowaniem niedopuszczalnego poziomu drgań, hałasu oraz oddziaływaniem pola elektromagnetycznego,
- 4) spełnienie wymagań przepisów dotyczących projektowania i budowy instalacji i urządzeń elektrycznych oraz polskich norm

Budynek, w którym zanik napięcia elektrycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia zwierząt lub ludzi, poważne zagrożenie środowiska a także znaczne straty materialne należy zasiląć, co najmniej z dwóch niezależnych samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej oraz wyposażyć w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (bezpieczeństwa i ewakuacyjne). W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być agregat prądowórczy. Oświetlenie awaryjne należy stosować w:

- 1) pomieszczeniach produkcyjnych i magazynowych oraz przeznaczonych na pobyt ludzi, w których poruszanie się ludzi w ciemnościach może spowodować wybuch i pożar lub inne zagrożenie dla życia lub zdrowia a także mających powierzchnię użytkową ponad 2000m²,
- 2) w budynkach użyteczności publicznej:
 - a. wysokich i wysokościowych,
 - b. kinach, teatrach, filharmoniach, muzeach,
 - c. szpitalach,
- 3) częściach budynków użyteczności publicznej obejmujących:
 - a. sale sportowe, widowiskowe z widowniami na ponad 300 osób,
 - b. sale wystawowe, lokale rozrywkowe, sale konsumpcyjne o powierzchni ponad 500m²,
 - c. sale zebrań i audytoria o 300 lub więcej miejscach,
 - d. pomieszczenia handlowe o powierzchni ponad 2000m²,
 - e. bankowe sale operacyjne o powierzchni ponad 300m² oraz skarbcce,
 - f. hale pasażerskie dworców o powierzchni ponad 1000m²,
- 4) w budynkach zamieszkania zbiorowego przeznaczonych dla więcej niż 200 osób,
- 5) w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi oraz na drogach komunikacji wewnętrznej oświetlonych wyłącznie światłem sztucznym,
- 6) w garażach oświetlonych wyłącznie światłem sztucznym o powierzchni powyżej 1000m²,
- 7) innych budynkach i pomieszczeniach nie wymienionych w punktach 1÷6, w których nawet krótkotrwałe wyłączenie oświetlenia podstawowego może spowodować następstwa wymienione w punkcie 1.

W pomieszczeniu, które jest użytkowane przy zgaszonym oświetleniu podstawowym należy stosować oświetlenie przeszkodowe zasilane napięciem bezpiecznym, służące uwidocznieniu przeszkód wynikających z układu budynku, drogi komunikacyjnej lub sposobów jego użytkowania a także podświetlane znaki wskazujące kierunek ewakuacji. Oświetlenie bezpieczeństwa, ewakuacyjne i przeszkodowe należy wykonać zgodnie z polskimi normami. W instalacjach elektrycznych należy stosować:

- 1) złącza instalacji elektrycznej budynku umożliwiające odłączenie od sieci zasilającej, usytuowane w miejscu dostępnym dla dozoru i obsługi oraz zabezpieczone przed uszkodzeniami, wpływami atmosferycznymi a także ingerencją osób niepowołanych,
- 2) oddzielny przewód ochronny i neutralny,
- 3) wyłączniki RCD,
- 4) wyłączniki nadmiarowe w obwodach odbiorczych,
- 5) połączenia wyrównawcze główne i miejscowe łączące przewody ochronne z częściami przewodzącymi innych instalacji i konstrukcji budynku,
- 6) zasadę prowadzenia tras przewodów elektrycznych w liniach prostych równoległych do krawędzi ścian i stropów,
- 7) żyły przewodów elektrycznych o przekroju do 10mm² wykonane wyłącznie z miedzi,
- 8) urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej.

Jako uziomy instalacji elektrycznej należy wykorzystywać przede wszystkim metalowe konstrukcje budynków, zbrojenia fundamentowe i ścian oraz przewodzących prąd instalacji wodociągów i centralnego ogrzewania pod warunkiem uzyskania zgody jednostki eksploatującej. Instalacja odbiorcza w budynku i w samodzielny lokal powinna być wyposażona w urządzenia do pomiaru zużycia energii elektrycznej usytuowane w miejscu łatwo dostępnym, zabezpieczone przed uszkodzeniami i ingerencją osób niepowołanych. W budynku wielorodzinnym liczniki pomiaru zużycia energii elektrycznej należy umieszczać poza lokalami mieszkalnymi w zamykanych szafkach. Prowadzenie instalacji i rozmieszczenie urządzeń elektrycznych w budynkach powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie odległości i wzajemnego usytuowania. Odległość między przewodami instalacji gazowej a innymi przewodami powinna umożliwiać

wykonywanie prac konserwacyjnych. Poziome odcinki instalacji gazowej powinny być usytuowane w odległości co najmniej 0,1m powyżej innych przewodów instalacyjnych. Natomiast, jeżeli gęstość gazu jest większa od gęstości powietrza poniżej przewodów elektrycznych i urządzeń iskrzących. Przewody instalacji gazowej krzyżujące się z innymi przewodami instalacyjnymi powinny być od nich oddalone co najmniej o 20mm. Gazomierze do przepływu gazu lżejszego od powietrza należy umieszczać powyżej licznika zużycia energii elektrycznej a gazu cięższego od powietrza poniżej licznika zużycia energii elektrycznej. Główne pionowe ciągi instalacji elektrycznej w budynkach wielorodzinnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy prowadzić poza mieszkaniem i pomieszczeniami użytkowymi w wydzielonych kanałach lub szynach instalacyjnych odpowiadających wymaganiom polskich norm. Przewody i kable elektryczne należy prowadzić w sposób umożliwiający ich wymianę bez potrzeby naruszenia konstrukcji budynku. Dopuszcza się prowadzenie przewodów elektrycznych wtynkowych pod warunkiem pokrycia ich warstwą tynku o grubości co najmniej 5mm. Obwody instalacji elektrycznej w budynku wielorodzinnym należy prowadzić w obrębie każdego mieszkania lub lokalu użytkowego. W instalacji elektrycznej w mieszkaniu należy stosować wyodrębnione obwody:

- 1) oświetlenia górnego (sufitowego),
- 2) gniazd wtykowych ogólnego przeznaczenia,
- 3) gniazd wtykowych do pralki,
- 4) gniazd wtykowych do urządzeń odbiorczych w kuchni,
- 5) obwody do odbiorników zainstalowanych na stałe.

Pomieszczenia w mieszkaniu należy wyposażyć w wypusty oświetleniowe górne (sufitowe) oraz niezbędną liczbę gniazd wtyczkowych. Instalacja oświetleniowa w pokojach powinna umożliwiać załączanie za pomocą wyłączników wieloobwodowych. W budynkach wielorodzinnych oświetlenie i odbiorniki w pomieszczeniach komunikacji ogólnej oraz technicznych i gospodarczych powinny być zasilane z tablic administracyjnych. Mieszkania w budynku wielorodzinnym i odrębne mieszkania w obrębie zamieszkania wielorodzinnego należy wyposażyć w instalację wejściowej sygnalizacji dźwiękowej a w razie przeznaczenia ich dla osób niepełnosprawnych również w odpowiednią sygnalizację alarmowo-przyzywową. Budynek wielorodzinny zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej powinien być przystosowany do wyposażenia w instalację telekomunikacyjną oraz instalacje zbiorczych anten RTV odpowiadające przepisom szczególnym i polskim normom a stosownie do przeznaczenia budynku również w instalację sygnalizacji dzwonek lub domofonowej. W budynku wymagającym przystosowania do wyposażenia w instalacje telekomunikacyjne i RTV główne ciągi tych instalacji powinny być prowadzone poza lokalami mieszkalnymi oraz pomieszczeniami użytkowymi, których sposób użytkowania może spowodować przerwy lub zakłócenia przekazywanego sygnału. Miejsce lub pomieszczenia przeznaczone na urządzenia techniczne związane z instalacją telekomunikacyjną lub RTV powinno być łatwo dostępne i zabezpieczone przed ingerencją osób nieuprawnionych.

Oznaczenia przewodów i kabli

Norma: PN-87/E-90056 „Przewody elektroenergetyczne ogólnego przeznaczenia do układania na stałe. Przewody o izolacji i podłodze polwinitowej – okrągłej.”

Przewody:

D – żyła miedziana jednodrutowa

A – żyła aluminiowa jednodrutowa

L – żyła miedziana wielodrutowa

Y – na początku symbolu – powłoka polwinitowa

Y – na końcu symbolu – izolacja polwinitowa

O – przewód oponowy

W – przewód warsztatowy
S – przewód sygnalizacyjny
G – przewód górniczy
St – przewód sterowniczy
G – izolacja gumowa
g – przewód giętki
d – izolacja wzmocniona (o powiększonej grubości)
p – przewód płaski
u – przewód uzbrojony
g – osłona gumowa
b – izolacja ciepłoodporna
t – przewód tynkowy
s – przewód samonośny
żo – przewód z żyłą ochronną (barwy zielonożółtej)

Przykłady:

- 1) YDY – przewód o żyłę miedzianej jednodrutowej (D) w izolacji z polwinitu (Y końcowe) i powłoce polwinitowej (Y początkowe),
- 2) YDYżo – jak w pkt. 1, lecz z żyłą ochronną zielonożółtą,
- 3) YDYp – jak w pkt. 1, płaski,
- 4) LY – przewód jednożyłowy o żyłę miedzianej wielodrutowej (L) i izolacji z polwinitu (Y)
- 5) LgY – przewód jednożyłowy o żyłę miedzianej giętkiej (g) izolacji polwinitowej (Y)

Kable:

K – kabel elektroenergetyczny
Y – powłoka polwinitowa – czerwona
X – powłoka polietylenowa – czarna
Xn – powłoka polietylenowa nierozprzestrzeniająca tłumienia – czerwona
R – uszczelnienie promieniowe polega na zastosowaniu pod polietylenową powłoką kabla wzdłużnie ułożonej taśmy aluminiowej pokrytej jednostronnie warstwą kopolimeru
U – uszczelnienie wzdłużne polega na zastosowaniu w wolnych przestrzeniach pomiędzy drutami żyły roboczej specjalnego proszku pęczniejącego pod wpływem wody około 10-krotnie a tym samym blokujący jej dalszą penetrację w głąb kabla
XS – izolacja z polietylenu usieciowionego
A – żyła robocza aluminiowa
Ftl – pancierz z taśm stalowych lakierowanych
A – osłona włóknista
n – izolacja papierowa nasycona syciwem nieściekającym

Przykłady:

- 1) YKY – kabel elektroenergetyczny miedziany (K) o izolacji polwinitowej (Y końcowe) i powłoce polwinitowej (Y początkowe)
- 2) YAKY – kabel elektroenergetyczny z żyłami aluminiowymi
- 3) YKYFtly – jak w pkt. 1, opancerzony taśmami stalowymi lakierowanymi (Ftl) z wtłoczoną na pancierz polwinitową osłoną ochronną (y)

Sprzęt ochronny

Sprzęt ochronny dzieli się na następujące rodzaje:

- 1) sprzęt izolacyjny stanowią:
 - drażki izolacyjne i manipulacyjne,
 - drażki izolacyjne do zakładania uziemiaczy,
 - drażki izolacyjne pomiarowe,
 - kleszcze i uchwyty izolacyjne do bezpieczników,
 - wskaźniki napięcia,
 - rękawice dielektryczne,
 - półbuty dielektryczne,
 - kalosze dielektryczne,
 - pomosty izolacyjne,
 - dywaniki i chodniki gumowe,
 - hełmy ochronne izolacyjne,
 - narzędzia izolowane,
- 2) sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia:
 - przenośne uziemiacze ochronne,
 - zarzutki,
- 3) sprzęt zabezpieczający przed działaniem łuku elektrycznego, produktów spalania lub przed obrażeniami mechanicznymi:
 - okulary ochronne przeciwodpryskowe,
 - rękawice ochronne,
 - maski przeciwgazowe,
 - pasy bezpieczeństwa,
 - drabiny i podnośniki,
 - słupolazy
- 4) sprzęt pomocniczy:
 - przenośne ogrodzenia i płyty izolacyjne,
 - barierki i linki,
 - nakładki izolacyjne,
 - tablice ostrzegawcze,
 - siatki ochronne.

Izolacyjny sprzęt ochronny dzieli się na:

- a) sprzęt zasadniczy za pomocą którego można w sposób bezpieczny dotykać części urządzeń znajdujących się pod napięciem,
- b) sprzęt dodatkowy, który użyty sam nie stanowi pełnego zabezpieczenia, ale użyty łącznie ze sprzętem zasadniczym zwiększa pewność bezpieczeństwa pracy.

Przy napięciu do 1kV sprzęt zasadniczy stanowią:

- drażki,
- kleszcze,
- uchwyty izolacyjne,
- wskaźniki napięcia,
- rękawice dielektryczne,
- narzędzia izolowane

zaś sprzęt dodatkowy stanowią:

- kalosze izolacyjne,
- dywaniki i chodniki gumowe,
- pomosty izolacyjne.

Isolacyjny sprzęt ochronny należy poddawać okresowo próbom wytrzymałości elektrycznej. Sprzęt, którego termin ważności próby okresowej został przekroczony nie nadaje się do dalszego zastosowania i należy go natychmiast wycofać z użycia. Próby wytrzymałości elektrycznej należy wykonać w terminach ustalonych w normach przedmiotowych sprzętu ochronnego.

Terminy badań okresowych:

- 1) co 6 miesięcy:
 - rękawice dielektryczne,
 - półbuty dielektryczne,
 - kalosze dielektryczne,
 - wskaźniki napięcia,
 - drążki izolacyjne pomiarowe,
- 2) co 2 lata:
 - drążki izolacyjne (za wyjątkiem drążków pomiarowych),
 - kleszcze izolacyjne,
 - uchwyty izolacyjne,
 - dywaniki,
 - chodniki gumowe,
- 3) co 3 lata:
 - pomosty izolacyjne.

Przed każdym użyciem sprzętu ochronnego należy sprawdzić:

- 1) napięcie do jakiego sprzęt jest przeznaczony,
- 2) stan sprzętu przez szczegółowe oględziny,
- 3) termin ważności próby okresowej,
- 4) działanie wskaźnika napięcia.

W przypadku ujemnego wyniku sprawdzenia nie wolno go stosować. Na sprzęcie ochronnym należy w sposób trwały zaznaczyć:

- numer ewidencyjny,
- napięcie robocze w kV,
- termin ważności próby okresowej.

Organizacja bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektrycznych

Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych mogą być wykonywane:

- a) bez polecenia,
- b) na polecenie ustne,
- c) na polecenie pisemne.

Ad. a)

Bez polecenia mogą być wykonane:

- 1) czynności związane z ratowaniem życia lub zdrowia ludzkiego,
- 2) czynności związane z ratowaniem urządzeń przed zniszczeniem,
- 3) czynności eksploatacyjne oraz związane z uniknięciem i likwidacją przerw w dostawie energii elektrycznej określone w szczegółowych instrukcjach stanowiskowych i w instrukcjach eksploatacji.

Wykonywane:

- w warunkach nie powodujących szczególnego zagrożenia dla życia i zdrowia ludzkiego,
- w warunkach szczególnego zagrożenia dla życia i zdrowia ludzkiego jeżeli do wykonywania czynności w tych warunkach nie jest wymagane polecenie pisemne.

Prace wykonywane bez polecenie nie wymagają uzyskania zgody na ich rozpoczęcie od osób sprawujących dozór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.

Ad. b)

Na polecenie ustne mogą być wykonywane wszystkie prace z wyjątkiem prac, dla których wymagane jest polecenie pisemne. Za polecenie ustne przyjmuje się polecenie wykonane bezpośrednio, telefonicznie lub w inny sposób przez osobę sprawującą kierownictwo lub dozór nad eksploatacją podległych sobie urządzeń elektroenergetycznych.

Ad. c)

Polecenie pisemne na pracę należy wystawiać dla prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego takich jak:

- 1) prac wewnątrz filtrów,
- 2) wymagających wyjęcia wirnika generatora oraz naprawy i wyważenia wirnika,
- 3) przy zastosowaniu spawania oraz inne prace wymagające posługiwania się otwartym źródłem ognia, wykonywanych w pomieszczeniach zagrożonych niebezpieczeństwem pożaru lub zagrożone wybuchem,
- 4) konserwacyjne lub remontowe przy urządzeniach elektroenergetycznych znajdujących się całkowicie lub częściowo pod napięciem z wyjątkiem prac polegających na wymianie w obwodach do napięcia 1 kV :
 - o bezpieczników,
 - o żarówek (światłówek) o nieuszkodzonej obudowie i oprawach,

jeżeli czynności te nie wiążą się z wchodzeniem na słupy lub inne konstrukcje wsporcze (nie dotyczy to czynności wykonywanych z drabin samojezdnych lub drabin drewnianych dostawczych) bądź nie należą do prac wykonywanych w pobliżu nieosłoniętych urządzeń elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem.

Polecenia na wykonanie pracy mogą wydawać:

- pisemne – osoby kierownictwa lub dozoru upoważnione imiennie przez kierownika zakładu do wykonywania poleceń pisemnych w odniesieniu do urządzeń określonych przez kierownika przy upoważnieniu. Zarówno osoba kierownictwa jak i osoba dozoru musi posiadać aktualne zaświadczenie kwalifikacyjne dozoru – **D**,
- ustne – osoby kierownictwa lub dozoru w odniesieniu do urządzeń elektroenergetycznych, nad którymi sprawują dozór w czasie eksploatacji i posiadają aktualne zaświadczenie kwalifikacyjne dozoru .

W każdym zakładzie pracy powinien się znajdować aktualny wykaz osób upoważnionych przez kierownika zakładu do wykonywania poleceń pisemnych ze ścisłym określeniem kompetencji co do zakresu tych poleceń.

Gospodarka elektroenergetyczna – racjonalne użytkowanie energii

Systemem elektroenergetycznym nazywamy zespół współpracujących z sobą elektrowni, linii przesyłowych i rozdzielczych, stacji elektroenergetycznych oraz urządzeń odbiorczych energii elektrycznej. W Polsce przemysł w coraz większym stopniu korzysta z energii elektrycznej

wytwarzanej w energetyce zawodowej, wytwarzanej głównie przez elektrownie ciepłone opalane węglem kamiennym i brunatnym. Z innych paliw (gaz ziemny, koksowniczy olej opałowy) wytwarza się około 2 – 3% energii. Udział elektrowni wodnych nie przekracza kilku procent. Nie mamy energii wytwarzanej w elektrowni jądrowej. Udział energii elektrycznej wytwarzanej w zakładach przemysłowych stale maleje.

Straty energii można podzielić na:

- 1) straty wynikające z marnotrawstwa,
- 2) straty wynikające ze złej konserwacji,
- 3) straty związane z eksploatacją.

Ad. 1)

Przykładem tych strat jest zbędne użytkowanie oświetlenia, grzejników i napędów. Można wpływać na ich wielkość przez działania organizacyjne oraz kontrole.

Ad. 2)

Straty te mogą powstać w samych urządzeniach elektrycznych jak i czerpiących energię z sieci elektrycznej np.: straty w sieci rozdzielczej w skutek osłabionej izolacji; tarcie w ruchomych elementach wywołane niewłaściwym smarowaniem itp. Zmniejszenie tych strat jest możliwe przez prowadzenie prawidłowej konserwacji (pomiaru rezystancji izolacji, czasu wybiegu maszyn itp.)

Ad. 3)

Straty te można podzielić na:

- a) straty w przewodach (straty obciążeniowe) – straty te są związane głównie z przepływem prądu przez rezystancję $P = I^2 \cdot R$,
- b) straty w transformatorach – straty mocy w transformatorze dzieli się na dwie grupy:
 - o straty w rdzeniu – jałowe,
 - o straty w przewodach – uzwojenia.

Żeby ograniczyć te straty należy maksymalnie ograniczyć pracę maszyn na biegu jałowym.

Kompensacja mocy biernej

Moc bierna obciąża prądowo elementy układu elektrycznego a więc ogranicza przepustowość urządzeń lub wywołuje spadki napięci i powoduje straty mocy czynnej. Te ujemne skutki dla systemu elektroenergetycznego są tym większe im mniejszy jest współczynnik mocy ($\cos\phi$). Straty mocy biernej występują głównie w obwodach z żelazem. Silniki asynchroniczne są główną przyczyną poboru mocy biernej (około 70 % zapotrzebowania). Należy dążyć do ograniczenia pracy jałowej silników i transformatorów oraz właściwego doboru silnika do obciążenia. Wymagana przez energetykę wartość $\cos\phi = 0,93$ (wówczas można stosować mniejsze kable, mniejsze są również straty).

Kompensację mocy biernej można realizować przez:

- 1) kompensację centralną – polega ona na przyłączeniu kondensatorów do szyn zbiorczych głównej stacji zasilającej,
- 2) kompensację grupową – kondensatory przyłączone są do rozdzielni oddziałowych,
- 3) kompensację indywidualną – kondensatory przyłączone są bezpośrednio do zacisków odbiornika.

Racjonalne oświetlenie wewnątrz polega na:

- 1) stosowaniu źródeł światła o wysokiej sprawności,
- 2) systematycznym czyszczeniu opraw,
- 3) dzieleniu oświetlenia na strefy,
- 4) powszechnym stosowanie oświetlenia mieszanego (ogólne + miejscowe),
- 5) stosowanie opraw o wysokiej sprawności,
- 6) wyłączenie zbędnego oświetlenia,
- 7) stosowanie energooszczędnych źródeł światła.

Ochrona przepięciowa

Źródła zagrożeń:

- 1) wyładowania atmosferyczne,
- 2) stany nieustalone w systemie elektroenergetycznym,
- 3) wyładowania elektrostatyczne.

Ad. 1)

Przepięcia atmosferyczne mogą być wywołane przez:

- 1) bezpośrednie uderzenie pioruna,
- 2) uderzenie w bliskim sąsiedztwie – przepięcia indukowane przez impulsowe pole elektromagnetyczne wywołane przez prąd piorunowy oraz przez część prądu piorunowego dopływającego do podziemnych kabli lub uziemień budynków,
- 3) wyładowanie w chmurach lub między chmurami,
- 4) wyładowania poprzedzające wyładowania doziemne,
- 5) odległe wyładowania doziemne.

Ad. 2)

Stany nieustalone w sieciach energetycznych są źródłem przepięć wewnętrznych. Powstają one podczas nagłych zmian napięcia zasilającego lub konfiguracji układu połączeń poszczególnych elementów w systemie elektroenergetyczny. Mogą to być:

- 1) przepięcia łączeniowe,
- 2) przepięcia dorywcze wywołane nagłymi zmianami obciążenia i zjawiskami rezonansu,
- 3) przepięcia zwarciovowe –zwarcia doziemne,
- 4) przepięcia powstałe po zadziałaniu układów ochrony przepięciowej.

Ad. 3)

Wyładowania elektrostatyczne są to przepięcia powstające podczas wyładowań wywołanych przez gromadzących ładunki statyczne ludzi i urządzeń. Proces rozładowania zależy od charakteru przedmiotu, do którego ono następuje oraz jego usytuowania w środowisku. Rozładowanie może przebiegać bardzo gwałtownie i najczęściej przybiera formę przeskoku iskrowego.

Strefy zagrożenia przepięciowego

Oznaczone od 0 do 4. Najbardziej zagrożone obszary są w strefie 0, najmniejsze zaś w strefie 4.

W każdej z wyodrębnionych stref należy określić dopuszczalne wartości parametrów charakteryzujących te strefy:

- impulsowe pole elektromagnetyczne,

- przepięcia i przetężenia dochodzące do urządzenia pracującego w danej strefie.
- 1) Strefa 0A – zagrożone są urządzenia i systemy pracujące na wolnym powietrzu nieekranowane przed polem elektromagnetycznym i niezabezpieczone przed udarami napięciowymi i prądowymi. Urządzenia pracujące w tej strefie narażone są na bezpośrednie działanie impulsu pola elektromagnetycznego oraz prądu piorunowego o nieograniczonej amplitudzie.
- 2) Strefa 0B – są to urządzenia zainstalowane w nieekranowanych obiektach pozbawione własnych ekranów elektromagnetycznych oraz niezabezpieczone przed udarami napięciowymi i prądowymi. Urządzenia narażone są tak jak w strefie 0A.
- 3) Strefa 1 – urządzenia pracujące w tej strefie chronione są przed bezpośrednim działaniem impulsowego pola elektromagnetycznego przez pojedynczy ekran, który tworzą najczęściej połączone ze sobą przewodzące elementy konstrukcji budynku.

Kategorie przepięć

Norma PN-IEC-60364-4-443

Rozróżnia się cztery kategorie przepięć:

- 1) kategoria IV – dla sieci 220/380V przepięcia powinny być ograniczone do 6kV – dotyczy ona urządzeń znajdujących się na początku instalacji,
- 2) kategoria III – ograniczenie przepięć do 4kV – dotyczy urządzeń nienarażonych bezpośrednio na przepięcia atmosferyczne,
- 3) kategoria II – ograniczenie przepięć do 2,5kV – urządzenia narażone na przepięcia łączeniowe oraz atmosferyczne zredukowane,
- 4) kategoria I – ograniczenie przepięć do 1,5kV – dotyczy ona urządzeń, w których poziom przepięć jest kontrolowany przez ochronniki.

W każdej strefie napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane przez zainstalowane urządzenia powinno być wyższe od wartości udarowego napięcia dopuszczalnego dla danej strefy. W celu zapewnienia poprawnej pracy urządzeń elektrycznych i elektronicznych należy zapewnić ograniczenie przepięć w instalacjach zasilających do wartości dopuszczalnej w kategorii I.

Ochrona przeciwprzepięciowa w instalacji elektrycznej

Zapewnienie bezawaryjnej pracy urządzeń elektrycznych i elektronicznych wymaga zainstalowania w instalacji elektrycznej odgromników i ochronników przeciwprzepięciowych ograniczających przepięcia do wartości wytrzymywanych przez urządzenia.

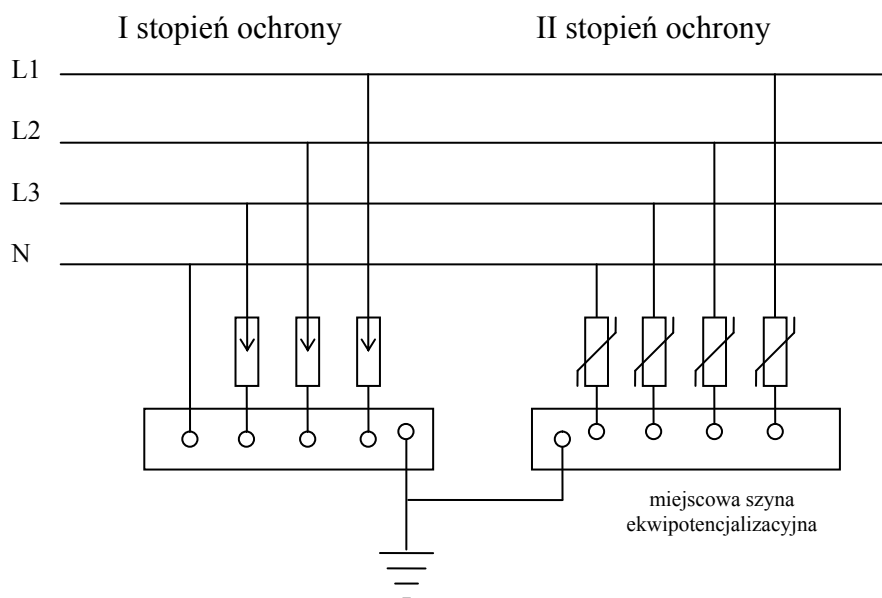
Elementy zabezpieczające przed przepięciami

- 1) Ochronniki przepięciowe z wyładowaniem iskrowym:
 - o iskierniki powietrzne,
 - o ochronniki gazowe,
 - o ochronniki z wyładowaniem ślizgowym.

Wykorzystywane jest zjawisko przewodzenia przez zjonizowany gaz. Przyłożenie do elektrod napięcia o amplitudzie równej lub większej od napięcia przebicia powoduje zjonizowanie gazu międzyelektrodowego, który tracąc właściwości jonizacyjne bocznikuje niepożądane przepięcia. W przypadku odgromników gazowych używanych najczęściej do ochrony układów telekomunikacyjnych, sterowania i zasilających stosuje się średnie ciśnienie gazu rzędu 1 atmosfery.

2) Elementy półprzewodnikowe

Ochronne elementy półprzewodnikowe charakteryzuje nieliniowa charakterystyka prądowo napięciowa. Są to elementy o dużej impedancji, której istnienie nie powoduje zakłóceń w chronionym systemie. Powyżej napięcia ograniczenia elementy przechodzą w stan przewodzenia, ich impedancja gwałtownie maleje. Zaczyna przez nie płynąć prąd udarowy, którego wartość na jednostkę objętości jest mniejsza w porównaniu z ochronnikiem gazowym. Podstawowymi elementami półprzewodnikowymi są warystory i diody zabezpieczające.



Działanie prądu na organizm ludzki

1) Rezystancja ciała ludzkiego

Człowiek jest przewodnikiem elektro-biologicznym – zbiór elektrolitów, zasad i soli. Jest to, zatem przewodnictwo o charakterze jonowym. Przyjmuje się, że rezystancja człowieka wynosi w przybliżeniu 1000Ω . Przepływ prądu przez człowieka może wywołać:

- rażenie elektryczne : nie wywołuje ujemnych skutków,
- porażenie elektryczne : wywołuje zmiany fizyczne, chemiczne lub biologiczne.

Stopień porażenia elektrycznego zależy od:

1. wartości prądu,
2. czasu przepływu prądu,
3. rodzaju prądu,
4. drogi przepływu,
5. stanu psychicznego,
6. stanu fizycznego.

Ad. 1)

Czynnikiem rażącym jest prąd a nie napięcie. Efekty działania prądu elektrycznego o częstotliwości 50Hz na organizm dorosłej osoby o dobrym stanie zdrowia przez czas nieokreślony przedstawiają się następująco:

- $0,5\text{mA}$ – brak reakcji organizmu,
- 1mA – próg odczuwania,
- $1\div 3\text{mA}$ – odczuwanie bezbolesne,

- 3÷10mA – odczuwanie bolesne
- 10mA – początek skurczu mięśni,
- 30mA – początek paraliżu dróg oddechowych,
- 75mA – początek migotania komór serca,
- 220mA – migotanie komór serca w 99,5%,
- 4A – paraliż i zatrzymanie pracy serca,
- >5A – zwęglenie tkanek organizmu.

Przy przepływie prądu 30mA nie ma szkodliwych efektów dla człowieka. Stąd też wszystkie urządzenia różnicowoprądowe stanowiące ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym mają prądy zadziałania poniżej 30mA.

Ad. 2)

Czas przepływu z punktu widzenia fizjologicznego dzielimy na:

- a) krótki $t_r < 1s$,
- b) długi $t_r > 1s$.

Ad. 3)

Mamy do czynienia z prądem stałym i przemiennym.

Ad. 4)

Droga przepływu przez ciało człowieka ma istotny wpływ na skutki rażeń, przy czym największe znaczenie ma to, jaka część prądu przepływa przez serce i przez układ oddechowy.

Ad. 5)

Stan podniecenia badanego wzmacnia wydzielanie potu zmniejszając rezystancję ciała ludzkiego. Roztargnienie, zdenerwowanie i wpływ alkoholu zmniejszają zdolność reagowania i zwiększają możliwość wypadku.

Ad. 6)

Zdrowy organizm jest odporniejszy. Chore serce, pocenie się, osłabienie, wyczerpanie chorobą zmniejsza wytrzymałość organizmu.

Skutki działania prądu elektrycznego na organizm ludzki

- 1) Na układ krążenia
- 2) Na układ oddychania
- 3) Na układ nerwowy
- 4) Na układ ciepłny

Ad. 1)

Krążenie krwi jest warunkiem koniecznym do życia. Poprzez skurcze i rozkurcze serca ~70/min. Czas skurczu i rozkurczu jest równy 0.8s, z czego skurcz trwa 0.3s a rozkurcz 0.5s. Przepływ prądu przez serce powoduje:

- osłabienie pracy serca,
- zanik pracy serca,
- migotanie komór serca.

Jeżeli krew nie dochodzi do mózgu w przeciągu 3÷4 min dochodzi do uwiąznięcia mózgu.

Ad. 2)

Bez tlenu nie ma życia. Skurczami i rozkurczami serca reguluje centralny ośrodek kierowniczy znajdujący się między mózgiem a kręgosłupem.

Ad. 3)

Zależy od wartości prądu i czasu przepływu. Objawia się:

- 1) utratą przytomności,
- 2) zaburzeniami czucia,
- 3) zaburzeniami psychicznymi – nerwice lękowe, niepokój wewnętrzny, podniecenie, bezsenność.

Ad. 4)

Płynący prąd wydziela ciepło powodując porażenia I, II, III stopnia.

- Przepływ prądu przez układ kostny powoduje powstanie pępek kostnych w przegubach, co jest bardzo bolesne przy zgięciach
- Blizny po ranach nie chcą się goić
- Działanie dynamiczne prądu na mięśnie powoduje ich zerwanie
- Może nastąpić parowanie szpiku kostnego

Pierwsza pomoc przy porażeniach prądem elektrycznym

Zasada uwalniania porażonego:

- 1) Przerwanie obwodu elektrycznego od strony zasilania przez:
 - a. Otwarcie wyłącznika,
 - b. Usunięcie wkładek bezpiecznikowych,
 - c. Przecięcie przewodów zasilających nożycami izolowanymi,
 - d. Zwarcie przewodów zarzutką w liniach napowietrznych.
- 2) Przez odciążenie porażonego. Należy używać sprzętu elektroizolacyjnego jak chodniki, pomosty, suche drewno, tworzywa sztuczne.
- 3) Przez izolowanie porażonego od podłoża podstawiamy pod nogi materiał izolacyjny. Przy skurczu mięśni dłoni rękawicami izolacyjnymi odginamy palce porażonego podkładając materiał izolacyjny.

Osoba ratująca musi mieć na względzie własne bezpieczeństwo. Osoba nie udzielająca pomocy poszkodowanemu podlega karze.

Zasada udzielania pomocy przed lekarskiej

Życie ludzkie zależy od szybkości udzielenia pomocy przed lekarskiej. Statystycznie raz w życiu człowiek jest ratującym drugiego człowieka. Decyzja należy podejmować:

- natychmiastowo,
- zdecydowanie,
- trafnie.

Bezpośrednio po uwolnieniu należy udzielić poszkodowanemu pomocy przed lekarskiej. Należy działać: szybko, sprawnie i spokojnie. W miarę upływu czasu prawdopodobieństwo uratowania poszkodowanego maleje.

- Po 1 min prawdopodobieństwo uratowania wynosi 98%
- Po 3 min – 72%
- Po 5 min – 25%
- Po 8 min – 5%

Czynności po uwolnieniu

Położyć porażonego wygodnie na boku. Jeżeli krwawi zatrzymać krwotok. Sprawdzić czy nie ma ciała obcych w jamie ustnej (sztucznej szczęki, cukierka itp.). Poluźnić ubranie w pobliżu klatki piersiowej, szyi i brzucha. Dalszy zakres i sposób udzielania pomocy zależy od stanu porażonego. W tym celu należy przeprowadzić rozpoznanie stanu porażonego:

1. Porażony jest przytomny
2. Porażony jest nie przytomny, lecz oddycha
3. Porażony jest nie przytomny, nie oddycha, krążenie trwa
4. Porażony jest nie przytomny, nie oddycha, nie ma krążenia

Ad. 1)

Porażonemu zadajemy proste pytanie – jeśli jest przytomny to powinien na nie odpowiedzieć. Dreszcze są normalnym objawem. Należy przykryć porażonego kładąc na boku, dając do picia herbatę lub kawę. Przypadek jest nie groźny, czekamy na przybycie pogotowia.

Ad. 2)

Należy przywrócić nieprzytomnego do przytomności:

- a. podkładamy pod nos i usta butelkę z amoniakiem lub watę nasączoną amoniakiem,
- b. metoda mechaniczna: polega na uderzeniu ręką w twarz, z jednej i drugiej strony – spoliczkowanie

Życie nie jest zagrożone, nie podawać nic do picia, czekamy na przybycie pogotowia.

Ad. 3)

Życie jest w niebezpieczeństwie. Do organizmu nie dochodzi tlen. Przykładamy do nosa lub ust usterko lub metalowy przedmiot i patrzymy czy pokrywa się on parą wodną. Należy obserwować klatkę piersiową i brzuch czy się rusza. Jeżeli porażony nie oddycha należy zastosować sztuczne oddychanie dla doprowadzenia tlenu do organizmu.

Ad. 4)

Życie bezpośrednio zagrożone. Brak krążenia w przeciągu 3÷4 minut powoduje uwięź mózgu. Sprawdzamy tętno na głównej tętnicy szyjnej. Brak tętna oznacza przypadek 4. Źrenice oczu powiększają się prawie dwukrotnie, na twarzy pojawia się sinica. Do organizmu nie dochodzi tlen z braku krążenia. Trzeba zastosować sztuczne oddychanie i pośredni masaż serca. W przypadku, gdy jest jeden ratownik na 15 ucisków (80x/min) wykonuje się 2 wdechy, gdy jest dwóch ratowników 5 ucisków (80x/min) na 1 wdech (12x/min).