

Ochrona przeciwporażeniowa w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia

1. Ważniejsze określenia

Aparatura rozdzielcza i sterownicza – urządzenia przeznaczone do włączania w obwody elektryczne, spełniające jedną lub więcej z następujących funkcji : zabezpieczenie, rozdzielenie, sterowanie, odłączanie i łączenie.

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

Część czynna – przewód lub część przewodząca urządzenia lub instalacji elektrycznej przeznaczona do pracy pod napięciem w warunkach normalnych, w tym przewód neutralny N. Częścią czynną nie jest przewód ochronny PE, przewód ochronno – neutralny PEN, przewód ochronno – środkowy PEM, ani przewód ochronno – liniowy PEL.

Część czynna niebezpieczna – część czynna, która w określonych okolicznościach może spowodować porażenie elektryczne.

Części jednocześnie dostępne – przewody lub części przewodzące, które mogą być dotknięte jednocześnie przez człowieka lub zwierzę. Mogą nimi być części czynne, części przewodzące dostępne, części przewodzące obce, przewody ochronne, grunt lub podłoga przewodząca.

Część przewodząca – część która może przewodzić prąd elektryczny.

Część przewodząca dostępna – część przewodząca urządzenia lub instalacji elektrycznej, która może być dotknięta, i która w warunkach normalnej pracy instalacji nie znajduje się pod napięciem, lecz w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej może znaleźć się pod napięciem.

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

Dotyk bezpośredni – dotknięcie przez człowieka lub zwierzę części czynnych.

Dotyk pośredni – dotknięcie przez człowieka lub zwierzę części przewodzących dostępnych, które w stanie uszkodzenia znalazły się pod napięciem.

Doziemienie – powstanie niezamierzonej ścieżki przewodzącej między przewodem czynnym a ziemią.

Droga ziemnopowrotna – droga elektrycznie przewodząca, tworzona przez ziemię, przewody lub części przewodzące, między instalacjami uziemiającymi.

Ekran ochronny elektryczny – ekran przewodzący, stosowany do oddzielenia obwodu elektrycznego i/lub przewodów od części czynnych niebezpiecznych.

Ekranowanie ochronne elektryczne – oddzielenie obwodów elektrycznych i/lub przewodów od części czynnych niebezpiecznych za pomocą elektrycznego ekranu ochronnego, połączonego z układem połączeń wyrównawczych ochronnych, przeznaczonego do ochrony przed porażeniem elektrycznym.

Ekran przewodzący – część przewodząca, która otacza lub oddziela obwody elektryczne i/lub przewody.

Impedancja uziemienia – impedancja, przy danej częstotliwości, między określonym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a ziemią odniesienia.

Instalacja elektryczna – zespół połączonych ze sobą urządzeń elektrycznych o skoordynowanych parametrach technicznych, przeznaczonych do określonych funkcji.

Instalacja uziemiająca – zespół wszystkich połączeń elektrycznych i elementów służących do uziemienia sieci, instalacji i/lub urządzenia.

Izolacja podstawowa – izolacja części czynnych niebezpiecznych zastosowana w celu zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej podstawowej.

Izolacja dodatkowa – niezależna izolacja zastosowana jako uzupełnienie izolacji podstawowej w celu zapewnienia ochrony przy uszkodzeniu.

Izolacja podwójna – izolacja składająca się z izolacji podstawowej oraz izolacji dodatkowej.

Izolacja wzmocniona – izolacja części czynnych niebezpiecznych, zapewniająca ochronę przeciwporażeniową w stopniu równoważnym izolacji podwójnej.

Klasa ochronności – umowne oznaczenie cech budowy urządzenia elektrycznego według PN-EN 61140:2005, określające możliwości objęcia go ochroną przeciwporażeniową.

Napięcie nominalne instalacji elektrycznej – wartość napięcia, na które instalacja elektryczna lub jej część została wykonana i oznaczona.

Napięcie międzyprzewodowe – napięcie między dwoma przewodami liniowymi w danym punkcie obwodu elektrycznego.

Napięcie fazowe – napięcie między przewodem liniowym a przewodem neutralnym w danym punkcie obwodu prądu przemiennego.

Napięcie względem ziemi U_0 – napięcie między przewodem liniowym a ziemią odniesienia w danym punkcie obwodu elektrycznego.

Napięcie przy uszkodzeniu – napięcie między punktem w którym wystąpiło uszkodzenie a ziemią odniesienia, powstałe w wyniku uszkodzenia izolacji.

Napięcie dotykowe spodziewane – napięcie między dostępnymi jednocześnie częściami przewodzącymi, gdy części te nie są dotykane ani przez człowieka ani przez zwierzę.

Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale U_L (napięcie dotykowe spodziewane dopuszczalne) – największa wartość napięcia dotykowego spodziewanego, której nieograniczone utrzymywanie jest dopuszczalne w określonych warunkach oddziaływań zewnętrznych.

Napięcie dotykowe rzeczywiste (napięcie dotykowe rażeniowe) – napięcie między częściami przewodzącymi podczas ich równoczesnego dotyku przez człowieka lub zwierzę. Wartość napięcia dotykowego rażeniowego może w dużym stopniu zależeć od impedancji ciała człowieka lub zwierzęcia mającego kontakt z tymi częściami przewodzącymi.

Napięcie bardzo niskie (ELV) – napięcie przemienne sinusoidalne o wartości skutecznej nieprzekraczającej 50 V lub napięcie stałe o pomijalnym tętnieniu, o wartości średniej nieprzekraczającej 120 V.

Napięcie krokowe – napięcie między dwoma punktami na powierzchni ziemi, odległymi od siebie o 1m, co jest przyjmowane jako długość kroku człowieka.

Obciążalność prądowa długotrwała – największa wartość prądu elektrycznego, który może bez przerwy przepływać przez przewód, urządzenie lub aparat, w określonych warunkach, w stanie ustalonym, nie powodując przekraczania określonej temperatury.

Obszar o ograniczonym dostępie – strefa dostępna jedynie dla osób wykwalifikowanych i osób poinstruowanych w zakresie elektryki.

Obudowa – osłona zapewniająca rodzaj i stopień ochrony odpowiedni do zamierzonego zastosowania.

Obudowa elektryczna – obudowa zapewniająca ochronę przed przewidywanym zagrożeniem elektrycznym.

Obudowa ochronna elektryczna – obudowa przeciwporażeniowa otaczająca wewnętrzne części urządzenia w celu ochrony przed dostępem, z dowolnego kierunku, do części czynnych niebezpiecznych.

Obwód instalacji elektrycznej – zespół elementów instalacji elektrycznej chronionych przed skutkami przetężeń wspólnym zabezpieczeniem.

Obwód odbiorczy (obiektu budowlanego) – obwód elektryczny przeznaczony do bezpośredniego zasilania urządzeń elektrycznych lub gniazd wtyczkowych.

Obwód rozdzielczy – obwód elektryczny zasilający co najmniej jedną rozdzielnicę.

Obwód FELV – obwód elektryczny bardzo niskiego napięcia (ELV), w którym nie są spełnione wymagania odnoszące się do obwodów SELV lub PELV, stosowany ze względów funkcjonalnych. W obwodzie FELV należy zapewnić ochronę podstawową przez zastosowanie izolacji podstawowej, albo obudowy lub przegrody, natomiast ochronę przy uszkodzeniu taką, jaką zastosowano w obwodzie pierwotnym.

Obwód PELV – obwód elektryczny bardzo niskiego napięcia (ELV), stosowany jako środek ochrony przeciwporażeniowej we wszystkich sytuacjach. Ten środek ochrony wymaga zastosowania separacji ochronnej elektrycznej od wszystkich innych obwodów i izolacji podstawowej między obwodami SELV i PELV. Obwód PELV jest uziemiony.

Obwód SELV – obwód elektryczny bardzo niskiego napięcia (ELV), stosowany jako środek ochrony przeciwporażeniowej we wszystkich sytuacjach. Ten środek ochrony wymaga zastosowania separacji ochronnej elektrycznej od wszystkich innych obwodów i izolacji podstawowej między obwodami SELV i PELV oraz izolacji podstawowej między obwodem SELV i ziemią.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym (ochrona przeciwporażeniowa) – zespół środków technicznych zapobiegających porażeniom prądem elektrycznym ludzi i zwierząt w normalnych i uszkodzeniowych warunkach pracy urządzeń elektrycznych. W urządzeniach niskiego napięcia rozróżnia się ochronę podstawową, ochronę przy uszkodzeniu oraz ochronę uzupełniającą.

Ochrona przeciwporażeniowa podstawowa – zespół środków technicznych chroniących przed zetknięciem się człowieka lub zwierzęcia z częściami czynnymi w warunkach braku uszkodzenia.

Ochrona przeciwporażeniowa przy uszkodzeniu – zespół środków technicznych chroniących przed porażeniem prądem elektrycznym przy pojedynczym uszkodzeniu, głównie z uwagi na uszkodzenie izolacji podstawowej.

Ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca – zespół środków technicznych uzupełniających ochronę podstawową i/lub ochronę przy uszkodzeniu.

Odbiornik energii elektrycznej – urządzenie przeznaczone do przetwarzania energii elektrycznej w inną formę energii (np. światło, ciepło, energia mechaniczna).

Odłączenie izolacyjne – działanie mające na celu odcięcie od zasilania, ze względów bezpieczeństwa, całej instalacji lub jej określonej części przez odseparowanie od wszystkich źródeł energii elektrycznej.

Oprzewodowanie – zestaw składający się z jednego lub większej liczby izolowanych przewodów, kabli lub przewodów szynowych i części zapewniających ich umocowanie oraz, jeżeli jest to konieczne, odpowiednich osłon mechanicznych.

Osoba poinstruowana w zakresie elektryki – osoba wystarczająco pouczona lub nadzorowana przez osoby wykwalifikowane, co pozwala jej stwierdzić zagrożenie i uniknąć zagrożeń.

Osoba postronna – osoba nie będąca ani osobą wykwalifikowaną, ani osobą poinstruowaną.

Osoba wykwalifikowana w zakresie elektryki – osoba tak przeszkolona i doświadczona, aby mogła stwierdzić zagrożenie i uniknąć niebezpieczeństwa, jakie może stwarzać elektryczność.

Połączenie wyrównawcze – połączenie elektryczne między częściami przewodzącymi dokonane w celu wyrównania potencjałów.

Połączenie wyrównawcze dodatkowe – połączenie wyrównawcze, wykonane w innym miejscu niż połączenie wyrównawcze główne.

Połączenie wyrównawcze główne – połączenie wyrównawcze, wykonane najczęściej w przyziemnej kondygnacji budynku, w pobliżu miejsca wprowadzenia sieci lub instalacji elektrycznej do budynku (na przykład w pobliżu złącza).

Połączenie wyrównawcze ochronne – połączenie wyrównawcze, wykonane dla celów bezpieczeństwa (na przykład ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym).

Połączenie wyrównawcze funkcjonalne – połączenie wyrównawcze, wykonane dla celów funkcjonalnych innych niż bezpieczeństwo.

Porażenie prądem elektrycznym (porażenie elektryczne) – skutki patofizjologiczne wywołane przepływem prądu elektrycznego przez ciało człowieka lub zwierzęcia.

Prąd dotykowy (prąd rażeniowy) – prąd elektryczny, który przepływa przez ciało człowieka lub

zwierzęcia, gdy ciało styka się co najmniej z jedną częścią przewodzącą dostępną elektrycznego urządzenia lub instalacji.

Prąd obliczeniowy obwodu elektrycznego – prąd elektryczny równy spodziewanemu prądowi obciążenia w normalnych warunkach pracy obwodu.

Prąd przeciążeniowy obwodu elektrycznego – prąd przetężeniowy w obwodzie elektrycznym niespowodowany zwarciem lub doziemieniem.

Prąd przetężeniowy – dowolna wartość prądu większa od wartości znamionowej. Wartością znamionową jest obciążalność prądowa długotrwała.

Prąd przewodu ochronnego – prąd elektryczny w przewodzie ochronnym pojawiający się jako prąd upływowy lub prąd powstały w wyniku uszkodzenia izolacji.

Prąd różnicowy – prąd o wartości chwilowej równej sumie algebraicznej wartości chwilowych prądów płynących we wszystkich przewodach czynnych w określonym miejscu sieci lub instalacji elektrycznej. W urządzeniach prądu przemiennego wartość skuteczna prądu różnicowego jest sumą geometryczną (wektorową) wartości skutecznej prądów płynących we wszystkich przewodach czynnych.

Prąd różnicowy zadziałania - wartość prądu różnicowego, który powoduje zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego w określonych warunkach.

Prąd różnicowy niezadziałania - wartość prądu różnicowego, przy której i poniżej której wyłącznik różnicowoprądowy nie zadziała w określonych warunkach.

Prąd upływowy – prąd, który w urządzeniu niedotkniętym zwarciem płynie od części czynnych do ziemi. W wielofazowym urządzeniu prądu przemiennego wypadkowy prąd upływowy jest geometryczną (wektorową) sumą prądów upływowych poszczególnych faz. Zawiera on składową czynną wynikającą z upływności izolacji oraz składową pojemnościową wynikającą z pojemności doziemnych urządzenia i pojemności przyłączonych kondensatorów.

Prąd uszkodzeniowy – prąd który przepływa w danym punkcie uszkodzenia, będący wynikiem uszkodzenia izolacji.

Prąd wyłączający – najmniejszy prąd wywołujący w wymaganym czasie zadziałanie urządzenia zabezpieczającego, powodującego samoczynne wyłączenie zasilania.

Prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego (umowny) – określona wartość prądu elektrycznego wywołującego zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w określonym czasie, zwanym czasem umownym zadziałania.

Prąd zwarcia – prąd przetężeniowy powstały w wyniku połączenia ze sobą bezpośrednio lub przez impedancję o pomijalnie małej wartości przewodów, które w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej mają różne potencjały.

Przegroda ochronna elektryczna – część zapewniająca ochronę przed dotykiem bezpośrednim ze wszystkich dostępnych kierunków.

Przewód (element przewodzący) – część przewodząca przeznaczona do przewodzenia określonego prądu elektrycznego.

Przewód liniowy L (przewód fazowy w układach AC, przewód biegunowy w układach DC) – przewód, który w czasie normalnej pracy sieci lub instalacji jest pod napięciem, przewidziany do przesyłu i rozdziału energii elektrycznej, ale niebędący ani przewodem neutralnym ani przewodem środkowym.

Przewód neutralny N – przewód połączony elektrycznie z punktem neutralnym i mogący brać udział w rozdziale energii elektrycznej.

Przewód ochronny PE – przewód przeznaczony do zapewnienia bezpieczeństwa, na przykład do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. W instalacji elektrycznej przewód PE jest uważany za przewód ochronny uziemiający.

Przewód ochronno – liniowy PEL – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz przewodu liniowego L.

Przewód ochronno – neutralny PEN – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz przewodu neutralnego N.

Przewód ochronno – środkowy PEM – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz przewodu środkowego M.

Przewód ochronny uziemiający – przewód ochronny przeznaczony do uziemienia ochronnego.

Przewód ochronny wyrównawczy – przewód ochronny przeznaczony do połączenia wyrównawczego ochronnego.

Przewód środkowy – przewód połączony elektrycznie z punktem środkowym, przewidziany w rozdziale energii elektrycznej.

Przewód uziemiający – przewód stanowiący drogę przewodzącą, lub jej część, między danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem lub układem uziomowym. W instalacji elektrycznej budynku danym punktem jest zwykle główna szyna uziemiająca (główny zacisk uziemiający), a przewód uziemiający łączy ten punkt z uziomem lub układem uziomowym.

Przewód uziemiający funkcjonalny – przewód uziemiający przeznaczony do uziemienia funkcjonalnego.

Przewód uziemiający ochronno-funkcjonalny – przewód łączący funkcję przewodu ochronnego uziemiającego oraz przewodu uziemiającego funkcjonalnego.

Przewód uziemiający równoległy – przewód ułożony zwykle wzdłuż trasy kabla w celu uzyskania połączenia o małej impedancji między układami uziomowymi na krańcach trasy kabla.

Przewód wyrównawczy funkcjonalny – przewód przeznaczony do połączenia wyrównawczego funkcjonalnego.

Przyłącze – jest to linia łącząca zasilany obiekt z rozdzielczą siecią zasilającą. Przyłącze może być wykonane jako napowietrzne lub kablowe, przewodami izolowanymi lub gołymi.

Punkt neutralny – wspólny punkt połączonego w gwiazdę układu wielofazowego albo uziemiony punkt środkowy układu jednofazowego.

Punkt środkowy – wspólny punkt między dwoma symetrycznymi elementami obwodu elektrycznego, których przeciwległe końce są przyłączone do różnych przewodów liniowych należących do tego samego obwodu.

Rażenie prądem elektrycznym – zdarzenie polegające na przepływie prądu rażeniowego.

Rezystancja stanowiska – rezystancja między ziemią odniesienia a elektrodą odwzorowującą (elektrodami odwzorowującymi) styczność ze stanowiskiem bosych stóp człowieka.

Rezystancja uziemienia – rezystancja między określonym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a ziemią odniesienia.

Rozdzielnica – urządzenie zawierające różnego typu aparaturę rozdzielczą i sterowniczą, co najmniej z jednym elektrycznym obwodem odbiorczym, zasilane co najmniej z jednego elektrycznego obwodu rozdzielczego, łącznie z zaciskami do przewodów ochronnych i neutralnych.

Rozdzielnica mieszkaniowa (tablica rozdzielcza mieszkaniowa) – urządzenie rozdzielcze zlokalizowane w mieszkaniu, w którym następuje rozdział energii elektrycznej na poszczególne obwody odbiorcze danej instalacji elektrycznej, zasilane jedną linią bezpośrednio z urządzenia pomiarowego. Rozdzielnica mieszkaniowa grupuje zabezpieczenia przetężeniowe tych obwodów, urządzenia ochronne różnicowoprądowe oraz niektóre urządzenia sterownicze danej instalacji elektrycznej, jeśli jest ona w takie urządzenia wyposażona.

Samoczynne wyłączenie zasilania – przerwanie ciągłości co najmniej jednego przewodu liniowego, spowodowane samoczynnym zadziałaniem urządzenia zabezpieczającego w przypadku uszkodzenia.

Separacja elektryczna – środek ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu polegający na zasilaniu urządzenia elektrycznego za pomocą źródła separacyjnego (transformator separacyjny lub inne źródło, zapewniające poziom bezpieczeństwa nie mniejszy niż transformator separacyjny), przy czym części czynne niebezpieczne obwodu separowanego są odizolowane od wszystkich innych obwodów elektrycznych, od części przewodzących dostępnych i części przewodzących obcych oraz od ziemi lokalnej.

Separacja podstawowa – separacja między elektrycznymi obwodami lub między obwodem elektrycznym i ziemią lokalną uzyskana za pomocą izolacji podstawowej.

Separacja ochronna elektryczna – rozdzielenie jednego obwodu elektrycznego od innych obwodów za pomocą:

- izolacji podwójnej, lub
- izolacji podstawowej i ekranowania ochronnego elektrycznego, lub
- izolacji wzmocnionej.

Sieć elektroenergetyczna rozdzielcza – sieć elektroenergetyczna przeznaczona do rozdziału energii elektrycznej.

Stanowisko dostępne – stanowisko, na którym człowiek o przeciętnej sprawności fizycznej może się znaleźć bez korzystania ze środków pomocniczych, takich jak drabina lub słupolazy.

Sterowanie rozkładem potencjału – sterowanie rozkładem potencjału ziemi, szczególnie potencjału na powierzchni ziemi, za pomocą uziomów.

Stopień ochrony obudowy IP – umowna miara ochrony zapewnianej przez obudowę przed dotknięciem części czynnych i poruszających się mechanizmów, przed dostawianiem się ciał stałych, wnikaniem wody, ustalona zgodnie z PN-EN 60529:2003.

Szyna uziemiająca (główna lub miejscowa), (zacisk uziemiający główny lub miejscowy) – szyna lub zacisk, które są częścią instalacji uziemiającej i zapewniają połączenia elektryczne pewnej liczby przewodów celem ich uziemienia.

Szyna połączeń wyrównawczych (główna lub miejscowa) – szyna, która jest częścią układu połączeń wyrównawczych i umożliwia wykonanie elektrycznych połączeń pewnej liczby przewodów układów połączeń wyrównawczych.

Środek ochrony wzmacnionej – środek ochrony zapewniający niezawodność ochrony nie niższą niż uzyskiwana za pomocą dwóch niezależnych środków ochrony.

Środowisko nieprzewodzące – zespół czynników zapewniający człowiekowi lub zwierzęciu dotykającemu części przewodzącej dostępnej, która stała się częścią czynną niebezpieczną, ochronę wynikającą z dużej impedancji środowiska (na przykład izolowanych ścian i izolowanych podłóg) oraz w wyniku braku uziemionych części przewodzących.

Transformator bezpieczeństwa – transformator ochronny o napięciu wtórnym nie wyższym od napięcia bardzo niskiego w normalnych warunkach pracy.

Transformator ochronny – transformator wykonany zgodnie z PN-EN-61558, zapewniający niezawodne oddzielenie elektryczne obwodu wtórnego od obwodu pierwotnego.

Transformator separacyjny – transformator ochronny o napięciu wtórnym wyższym od napięcia bardzo niskiego w normalnych warunkach pracy.

Układ TN – układ sieci w którym punkt neutralny układu jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są z nim połączone przewodami ochronnymi PE lub przewodami ochronno-neutralnymi PEN, w wyniku czego pętla zwarciorowa jest w całości metaliczna.

Układ TT – układ sieci w którym punkt neutralny jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są połączone z osobnym uziemieniem, w wyniku czego pętla zwarciorowa z częścią przewodzącą dostępną zamyka się przez ziemię.

Układ IT – układ sieci w którym punkt neutralny jest izolowany od ziemi, albo uziemiony przez bezpiecznik iskiernikowy lub przez dużą impedancję, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są uziemione:

- indywidualnie, albo
- grupowo, albo
- zbiorowo.

Układ połączeń wyrównawczych EBS – wzajemne powiązanie części przewodzących, tworzące połączenie wyrównawcze między tymi częściami. Jeżeli układ połączeń wyrównawczych jest uziemiony, stanowi on część instalacji uziemiającej.

Układ ochronnych połączeń wyrównawczych PEBS – układ połączeń wyrównawczych tworzących połączenie wyrównawcze ochronne.

Układ funkcjonalnych połączeń wyrównawczych FEBS – układ połączeń wyrównawczych tworzących połączenie wyrównawcze funkcjonalne.

Układ wspólnych połączeń wyrównawczych CBN – układ połączeń wyrównawczych tworzących zarazem połączenie wyrównawcze ochronne i połączenie wyrównawcze funkcjonalne.

Układ rezerwowy zasilania elektrycznego – układ zasilania zapewniający funkcjonowanie instalacji elektrycznej lub jej części z przyczyn innych niż bezpieczeństwo, przeznaczony do zapewnienia zasilania w przypadku zaniku zasilania podstawowego.

Układ uziomowy – część instalacji uziemiającej obejmująca tylko uziomy i ich wzajemne połączenia.

Urządzenie elektryczne – urządzenie przeznaczone do wytwarzania, przekształcania, przesyłu, magazynowania, rozdziału lub wykorzystania energii elektrycznej. Urządzeniami elektrycznymi są na przykład maszyny elektryczne, transformatory, aparatura rozdzielcza i sterownicza, przyrządy pomiarowe, urządzenia zabezpieczające, oprzewodowanie i odbiorniki energii elektrycznej.

Urządzenie pomiarowe – licznik energii elektrycznej lub inne, jeśli jest wymagane przez dystrybutora energii.

Urządzenie ruchome (urządzenie przenośne) – urządzenie elektryczne, które jest przemieszczane podczas użytkowania lub które może być łatwo przemieszczane z jednego miejsca na drugie przy przyłączonym zasilaniu.

Urządzenie ręczne – urządzenie elektryczne ruchome przeznaczone do trzymania w ręce podczas jego normalnego użytkowania.

Urządzenie różnicowoprądowe (wyłącznik różnicowoprądowy) – urządzenie mechaniczno-elektryczne reagujące na wartość prądu różnicowego w danym obwodzie, większego od prądu wyzwalającego. Urządzenia te służą do ochrony przed niebezpiecznymi prądami rażeniowymi i przed pożarem instalacji.

Urządzenie stacjonarne – urządzenie elektryczne nieruchome lub urządzenie elektryczne bez uchwytów, mające taką masę (co najmniej 18 kg w odniesieniu do zastosowań domowych), że nie może być łatwo przemieszczane.

Urządzenie stałe – urządzenie elektryczne przytwierdzone do podłoża lub przymocowane w inny sposób w określonym miejscu.

Uziemienie – połączenie elektryczne z ziemią. Uziemieniem nazywa się też urządzenie uziemiające obejmujące uziom, przewód uziemiający oraz, jeśli występują, zacisk uziemiający i szynę uziemiającą.

Uziemienie ochronne – uziemienie jednego punktu lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów bezpieczeństwa.

Uziemienie otwarte – połączenie części uziemiającej z uziomem za pomocą bezpiecznika iskiernikowego.

Uziemienie funkcjonalne (uziemienie robocze) – uziemienie jednego punktu lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla innych celów niż bezpieczeństwo.

Uziemienie sieci elektroenergetycznej – uziemienie spełniające jednocześnie funkcje uziemienia funkcjonalnego i ochronnego w jednym punkcie lub wielu punktach sieci elektroenergetycznej.

Uziom – część przewodząca, którą można umieścić w gruncie lub w określonym przewodzącym ośrodku, na przykład w betonie, znajdująca się w kontakcie elektrycznym z ziemią.

Uziom fundamentowy – część przewodząca umieszczona w gruncie pod fundamentem budynku lub w betonie fundamentu budynku, zwykle w formie zamkniętej pętli. Rozróżnia się uziom fundamentowy naturalny (stalowe zbrojenie betonowego fundamentu) lub uziom fundamentowy sztuczny (taśma lub pręt stalowy, zatopione w betonowym fundamencie).

Uziom naturalny – uziom, który stanowi przedmiot metalowy, wykonany w innym celu niż uziemienie, wykorzystywany do celów uziemienia.

Uziom niezależny – uziom wystarczająco oddalony od innych uziomów, tak że na jego potencjał elektryczny nie wpływają w znaczący sposób prądy elektryczne między ziemią a innymi uziomami.

Uziom sztuczny – uziom wykonany do celów uziemienia.

Wewnętrzna linia zasilająca (wlz) – element instalacji elektrycznej mający za zadanie połączenie instalacji ze źródłem (napowietrznym lub kablowym) bezpośrednio lub za pośrednictwem rozdzielnic głównej budynku.

Wyłączenie awaryjne – czynność mająca na celu otwarcie łącznika w celu usunięcia zasilania elektrycznego z instalacji elektrycznej, aby zapobiec wystąpieniu niebezpiecznej sytuacji lub zmniejszyć to niebezpieczeństwo.

Wyłączenie w celu konserwacji mechanicznej – wyłączenie, mające na celu unieruchomienie elementu lub elementów urządzenia zasilanego energią elektryczną, w celu zapobieżenia niebezpieczeństwu innemu niż porażenie prądem elektrycznym lub łukiem elektrycznym, podczas pracy nie związanej z wyposażeniem elektrycznym.

Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy – wyłącznik samoczynny wyposażony w człon pomiarowy i człon wyzwalający. Działanie wyłącznika następuje w przypadku wystąpienia prądów

różnicowych większych od prądu wyzwalającego. Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy wysokoczuły jest wyłącznikiem o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

Wyłącznik różnicowoprądowy typu A

Wyłącznik różnicowoprądowy, którego wyzwalanie jest zapewnione przy prądach różnicowych sinusoidalnie przemiennych i pulsujących stałych, doprowadzonych w sposób nagły albo wolno narastających.

Wyłącznik różnicowoprądowy typu AC

Wyłącznik różnicowoprądowy, którego wyzwalanie jest zapewnione przy prądach różnicowych sinusoidalnie przemiennych, doprowadzonych w sposób nagły albo wolno narastających.

Zabezpieczenie nadprądowe (zabezpieczenie przetężeniowe) – urządzenie służące do ochrony przewodów instalacyjnych określonego obwodu i odbiorników energii elektrycznej zasilanych z tego obwodu przed skutkami przepływu prądów przetężeniowych. Zabezpieczeniem nadprądowym jest zwykle wyłącznik nadprądowy lub bezpiecznik topikowy.

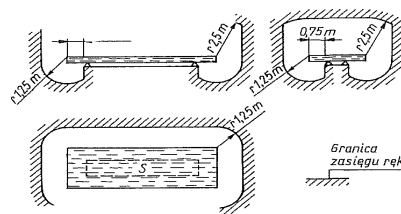
Zabezpieczenie przedlicznikowe – ostatnie zabezpieczenie nadprądowe przed urządzeniem pomiarowym, patrząc od strony źródła zasilania, chroniące daną instalację odbiorczą od skutków przetężeń.

Zacisk połączenia wyrównawczego – zacisk na urządzeniu lub przyrządzie, przeznaczony do połączenia elektrycznego z układem połączeń wyrównawczych.

Zasięg ręki – przestrzeń (obszar) zawarta między dowolnym punktem powierzchni stanowiska, na którym człowiek zwykle stoi lub się porusza, a powierzchnią, której może dosięgnąć ręką w dowolnym kierunku bez stosowania środków pomocniczych.

Minimalne odległości części czynnych, znajdujących się poza zasięgiem ręki, od stanowiska na którym może przebywać człowiek, podano na rys. nr 1.

Granice zasięgu ręki zwiększa się odpowiednio w miejscach, w których normalnie wykonuje się czynności przy użyciu przewodzących elementów pomocniczych o dużych wymiarach.



Rysunek 1.

Minimalne odległości części czynnych znajdujących się poza zasięgiem ręki

S - powierzchnia stanowiska, na której może przebywać człowiek

Zatrzymanie awaryjne – czynność mająca na celu zatrzymanie, tak szybko jak to jest możliwe, ruchu, który staje się niebezpieczny.

Ziemia odniesienia – część ziemi, rozpatrywana jako ośrodek przewodzący, której potencjał elektryczny jest przyjmowany umownie jako równy zeru, pozostająca poza strefą wpływu jakichkolwiek instalacji uziemiających.

Ziemia lokalna – część ziemi będąca w kontakcie elektrycznym z uziomem, której potencjał elektryczny może być różny od zera.

Złącze instalacji elektrycznej – urządzenie elektryczne, w którym następuje połączenie wspólnej sieci elektroenergetycznej rozdzielczej z instalacją elektryczną odbiorcy i z którego energia elektryczna jest dostarczana do instalacji elektrycznej.

Zwarcie – przypadkowa lub zamierzona ścieżka przewodząca między dwiema lub wieloma częściami przewodzącymi, wymuszająca różnice potencjałów między tymi częściami przewodzącymi równe lub bliskie zera.

Źródło rezerwowe energii elektrycznej – elektryczne źródło zapewniające zasilanie instalacji elektrycznej lub jej części z przyczyn innych niż bezpieczeństwo, przeznaczone do zapewnienia zasilania w przypadku zaniku zasilania podstawowego.

2. Działanie prądu elektrycznego na ciało ludzkie

Przepływ prądu elektrycznego przez ciało ludzkie może powodować szkodliwe skutki, a nawet śmierć. Rodzaj i zakres tych skutków zależy od:

- rodzaju prądu (przemienny czy stały),
- wartości płynącego prądu,
- czasu i drogi przepływu tego prądu.

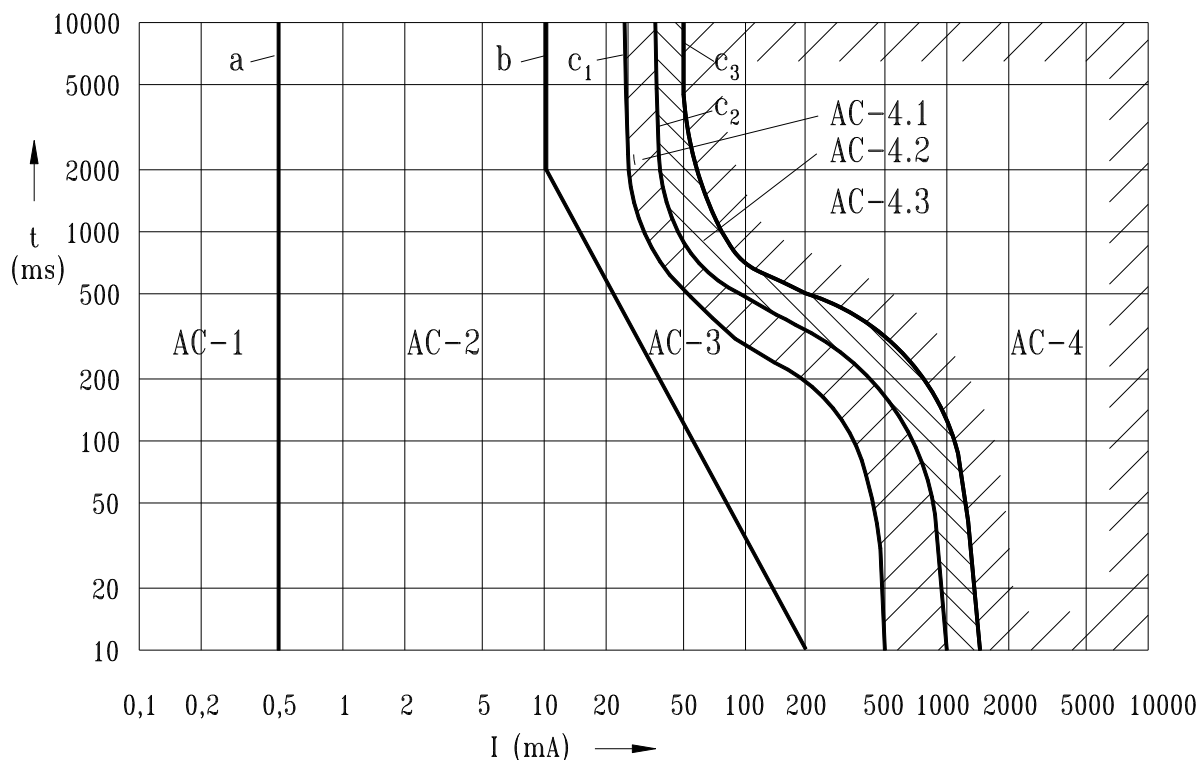
Ciało ludzkie stanowi dla prądu określoną impedancję, która nie jest wartością stałą. Zależy ona od częstotliwości prądu, wilgotności skóry, wartości napięcia dotykowego, warunków w których nastąpił dotyk elementów znajdujących się pod napięciem oraz miejsca dotyku tych elementów ciałem. Przy niskich napięciach dotykowych impedancja skóry ma znaczny wpływ na impedancję ciała. W miarę wzrostu napięcia dotykowego wpływ ten staje się coraz mniejszy i jest pomijalnie mały przy napięciach dotykowych wyższych niż 150V. Impedancja skóry maleje ze zwiększaniem się zarówno częstotliwości prądu jak i zawilgocenia powierzchni ciała. Przy wilgotności względnej otaczającego powietrza przekraczającej 75%, jak również przy wyższych napięciach dotykowych impedancja ciała praktycznie zależy tylko od impedancji wewnętrznej.

Przepisy ochrony przeciwporażeniowej, zawarte w normie PN-IEC (HD) 60364, są przede wszystkim odzwierciedleniem rozpoznania skutków przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie, dostępnych środków ochrony oraz warunków ekonomicznych.

W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w rozpoznaniu skutków rażenia człowieka prądem. Prowadzone w tym zakresie badania na ludziach i zwierzętach były przedmiotem szczegółowych analiz oraz raportów Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC). W kolejnych wydaniach raportu 479 Komisji IEC opublikowane zostały uzgodnione poglądy, dotyczące reakcji organizmu człowieka na przepływ prądu przemiennego i stałego.

Skutki oddziaływania prądu przemiennego o częstotliwości 50/60 Hz na ciało ludzkie zależą od wartości prądu I , przepływającego przez ciało ludzkie oraz czasu przepływu t .

Ze względu na prawdopodobieństwo występowania określonych skutków można wyróżnić następujące strefy przedstawione na rysunku nr 2:



Rys. 2. Strefy skutków oddziaływania prądu przemiennego o częstotliwości 50/60 Hz na ciało ludzkie, na drodze lewa ręka - stopy

- AC-1 zazwyczaj brak reakcji organizmu,
- AC-2 zazwyczaj nie występują szkodliwe skutki patofizjologiczne. Linia b jest progiem samodzielnego uwolnienia człowieka od kontaktu z częścią pod napięciem,
- AC-3 zazwyczaj nie występują uszkodzenia organiczne. Prawdopodobieństwo skurczu mięśni i trudności w oddychaniu przy przepływie prądu w czasie dłuższym niż 2 s. Odwracalne zakłócenia powstawania i przenoszenia impulsów w sercu, włącznie z migotaniem przedsionków i przejściową blokadą pracy serca, bez migotania komór serca, wzrastające wraz z wielkością prądu i czasem jego przepływu,
- AC-4 dodatkowo, oprócz skutków charakterystycznych dla strefy AC-3, pojawia się wzrastające wraz z wartością prądu i czasem jego przepływu niebezpieczeństwo skutków patofizjologicznych, np. zatrzymanie czynności serca, zatrzymanie oddychania i ciężkie oparzenia.

Ze względu na prawdopodobieństwo wywołania migotania komór serca wyróżnia się następujące strefy:

AC-4.1 5 % przypadków migotania komór serca,

AC-4.2 nie więcej niż 50 % przypadków,

AC-4.3 powyżej 50 % przypadków.

Przyjęto, że graniczna bezpieczna wartość prądu rażeniowego, płynącego w dłuższym czasie przez ciało ludzkie, wynosi 30 mA dla prądu przemiennego.

Znajomość współczynnika prądu serca F pozwala na obliczanie prądów I_d na innych drogach przepływu niż lewa ręka – stopy, które stanowią to samo niebezpieczeństwo wystąpienia migotania komór serca w odniesieniu do prądu I lewa ręka - stopy, przedstawionego na rysunku nr 2. Jego wartość jest stosunkiem:

$$F = \frac{I}{I_d}, \Rightarrow I_d = \frac{I}{F}$$

gdzie:

- I — prąd płynący przez ciało ludzkie na drodze lewa ręka - stopy przedstawiony na rysunku nr 2,
- I_d — prąd płynący przez ciało ludzkie na drogach przedstawionych w tablicy nr1, wywołujący te same skutki jak prąd I ,
- F — współczynnik prądu serca, o wartościach dla różnych dróg przepływu prądu I_d podanych w tablicy nr 1.

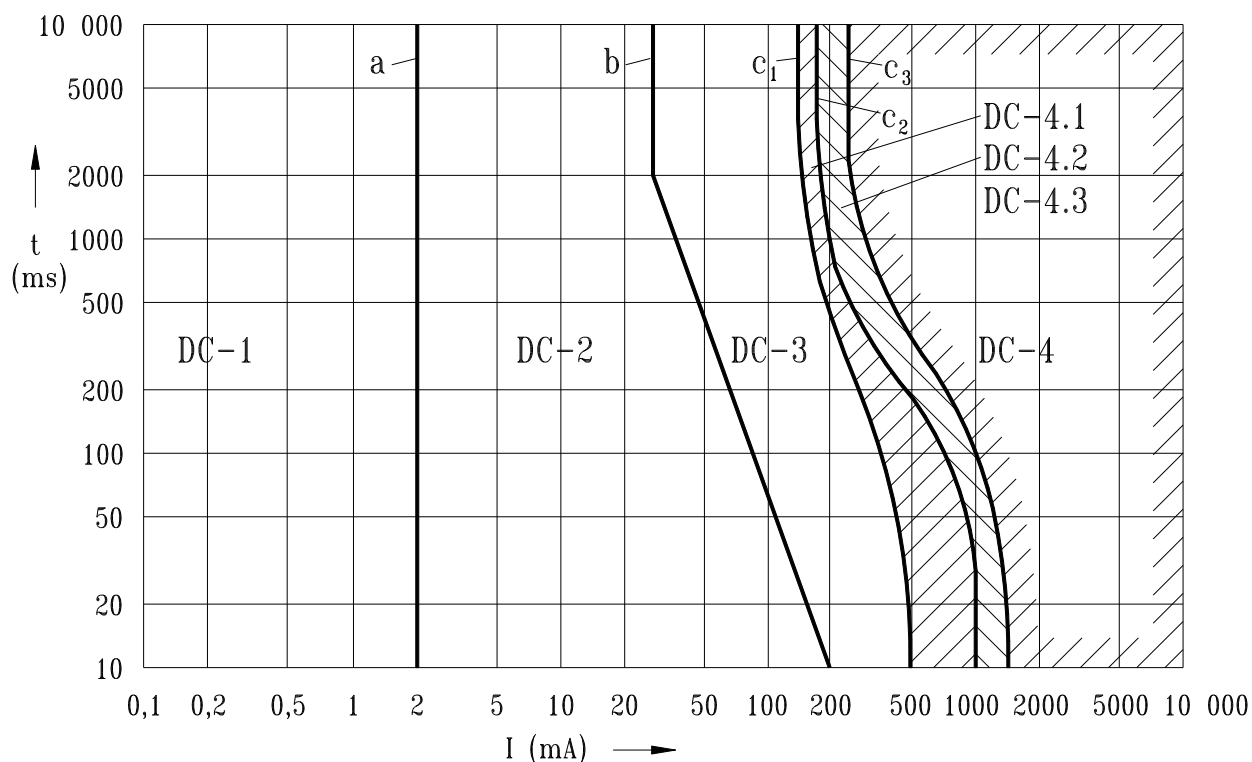
Tablica 1. Współczynnik prądu serca dla różnych dróg przepływu prądu przez ciało ludzkie

Droga przepływu prądu przez ciało ludzkie	Współczynnik prądu serca F
Lewa ręka do lewej stopy, prawej stopy lub obydwu stóp	1,0
Obydwie ręce do obydwu stóp	1,0
Lewa ręka do prawej ręki	0,4
Prawa ręka do lewej stopy, prawej stopy lub obydwu stóp	0,8
Plecy do prawej ręki	0,3
Plecy do lewej ręki	0,7
Klatka piersiowa do prawej ręki	1,3
Klatka piersiowa do lewej ręki	1,5
Pośladek do lewej ręki, prawej ręki lub obydwu rąk	0,7

Przykład: prąd 200 mA płynący przez ciało ludzkie na drodze lewa ręka do prawej ręki powoduje taki sam skutek, jak prąd 80 mA płynący na drodze lewa ręka do obydwu stóp.

Skutki oddziaływania prądu stałego na ciało ludzkie zależą od wartości prądu I , przepływającego przez ciało ludzkie oraz czasu przepływu t .

Ze względu na prawdopodobieństwo występowania określonych skutków można wyróżnić następujące strefy przedstawione na rysunku nr 3.



Rys. 3. Strefy skutków oddziaływania prądu stałego (prąd wznoszący) na ciało ludzkie, na drodze lewa ręka - stopy

- DC-1 zazwyczaj brak reakcji organizmu,
- DC-2 zazwyczaj nie występują szkodliwe skutki patofizjologiczne,
- DC-3 zazwyczaj nie występują uszkodzenia organiczne. Prawdopodobieństwo odwracalnych zakłóceń powstawania i przewodzenia impulsów w sercu, wzrastających wraz z natężeniem prądu i czasem ,
- DC-4 prawdopodobieństwo wywołania migotania komór serca oraz wzrastające wraz z natężeniem prądu i czasem inne szkodliwe skutki patofizjologiczne, np. ciężkie oparzenia.

Ze względu na prawdopodobieństwo wywołania migotania komór serca wyróżnia się następujące strefy:

- DC-4.1 5 % przypadków migotania komór serca,
- DC-4.2 nie więcej niż 50 % przypadków,
- DC-4.3 powyżej 50 % przypadków.

Informacje dotyczące wypadków porażenia prądem stałym oraz przeprowadzone badania wskazują, że:

- niebezpieczeństwo migotania komór serca jest w zasadzie związane z prądami wzdłużnymi (prąd płynący wzdłuż tułowia ciała ludzkiego, np. od ręki do stóp). Dla prądów poprzecznych (prąd płynący w poprzek tułowia ciała ludzkiego, np. od ręki do ręki) migotania komór serca mogą pojawiać się przy większych natężeniach prądu,
- próg migotania komór serca dla prądów opadających (prąd płynący przez ciało ludzkie, dla którego stopa stanowi biegun ujemny) jest około dwa razy wyższy, niż dla prądów wznoszących (prąd płynący przez ciało ludzkie, dla którego stopa stanowi biegun dodatni).

Przyjęto, że graniczna bezpieczna wartość prądu rażeniowego, płynącego w dłuższym czasie przez ciało ludzkie, wynosi 70 mA dla prądu stałego.

Na podstawie określonych wartości impedancji i rezystancji ciała ludzkiego oraz wartości prądu rażeniowego, wyznaczono wartości napięć dotykowych dopuszczalnych długotrwale w różnych warunkach środowiskowych.

W warunkach środowiskowych normalnych, wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego.

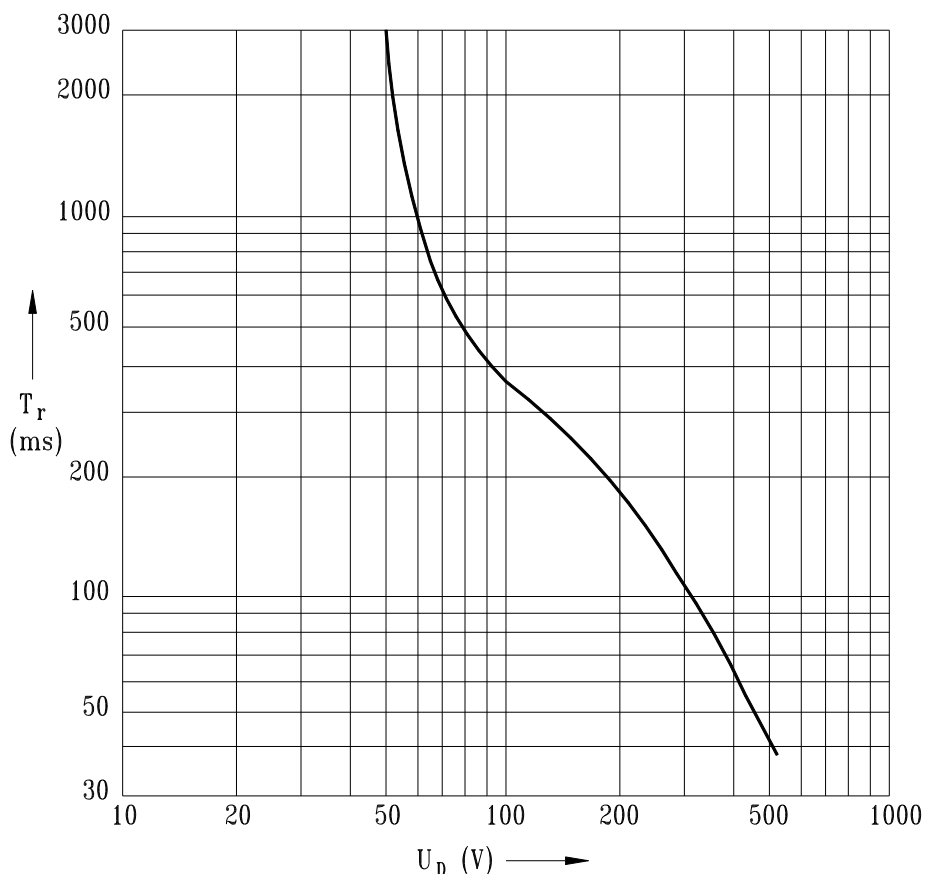
Do środowisk o warunkach normalnych zalicza się lokale mieszkalne i biurowe, sale widowiskowe i teatralne, klasy szkolne (z wyjątkiem niektórych laboratoriów) itp.

W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu, wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L wynosi 25 V dla prądu przemiennego i 60 V dla prądu stałego.

Do środowisk o zwiększonym zagrożeniu zalicza się łazienki i natryski, sauny, pomieszczenia dla zwierząt domowych, bloki operacyjne szpitali, hydrofornie, wymiennikownie ciepła, przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi, kanały rewizyjne, kempingi, tereny budowy i rozbiórki, tereny otwarte itp.

W warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym, jakie może nastąpić przy zetknięciu się ciała ludzkiego zanurzonego w wodzie z elementami znajdującymi się pod napięciem, wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L wynosi 12 V dla prądu przemiennego i 30 V dla prądu stałego.

Określono również dla prądów rażeniowych przemiennych, odpowiadających krzywej C_1 na rysunku nr 2. oraz impedancji ciała ludzkiego, które nie są przekroczone dla 5% populacji, czasy utrzymywania się napięć dotykowych, przekraczających wartości napięć dotykowych dopuszczalnych długotrwale, bez powodowania zagrożenia dla ciała ludzkiego. Dane te przedstawione są na rysunku nr 4.



Rys. 4. Największe dopuszczalne napięcia dotykowe U_D w zależności od czasu rażenia T_r

Powyższe dane stanowiły podstawę do ustalenia maksymalnych czasów samoczynnego wyłączenia zasilania w warunkach środowiskowych normalnych oraz w warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu.

3. Warunki środowiskowe

3.1. Klasyfikacja warunków środowiskowych

Warunki środowiskowe, nazywane również wpływami środowiskowymi lub wpływami zewnętrznymi, są to miejscowe warunki, w których mają pracować urządzenia i instalacje elektryczne. Urządzenia i instalacje elektryczne muszą być przystosowane do pracy w tych warunkach.

Przystosowanie to polega na doborze:

- odpowiednich materiałów, z których są wykonane,
- rodzaju budowy,
- rodzaju i sposobu wykonania instalacji,
- wartości napięć roboczych,
- rodzaju ochrony przeciwporażeniowej.

Ponadto w niektórych warunkach środowiskowych urządzenia elektryczne mogą być obsługiwane, nadzorowane i konserwowane jedynie przez osoby odpowiednio przeszkolone, których kwalifikacje są kontrolowane okresowo.

Poszczególne rodzaje warunków środowiskowych zostały usystematyzowane i oznaczone za pomocą kodu literowo-cyfrowego.

Rozróżnia się następujące rodzaje wpływów środowiskowych:

AA1-AA8 - temperatura otoczenia,
 AB1-AB8 - temperatura i wilgotność otoczenia,
 AC1-AC2 - wysokość nad poziomem morza,
 AD1-AD8 - obecność wody,
 AE1-AE6 - obecność obcych ciał stałych,
 AF1-AF4 - obecność substancji powodujących korozję lub zanieczyszczenie,
 AG1-AG3 - narażenie na uderzenia,
 AH1-AH3 - narażenie na wibrację,
 AJ - inne narażenia mechaniczne,
 AK1-AK2 - obecność flory lub/i pleśni,
 AL1-AL2 - obecność fauny,
 AM1-AM6 - oddziaływanie elektromagnetyczne, elektrostatyczne, jonizujące,
 AN1-AN3 - wielkość promieniowania słonecznego,
 AP1-AP4 - wielkość spodziewanych wstrząsów sejsmicznych,
 AQ1- AQ3 - wyładowania atmosferyczne,
 AR1-AR3 - ruch powietrza,
 AS1-AS3 - wiatr,
 BA1-BA5 - rodzaj (zdolność) osób mogących przebywać w danym środowisku, np. dzieci, osoby upośledzone, osoby z kwalifikacjami,
 BB - wartość rezystancji ciała ludzkiego,
 BC1-BC4 - kontakt (styk) ludzi z potencjałem ziemi,
 BD1-BD4 - warunki ewakuacji ludzi,
 BE1-BE4 - rodzaj produkowanych lub magazynowanych materiałów,
 CA1-CA2 - rodzaj materiałów konstrukcyjnych; niepalne lub palne,
 CB1-CB4 - konstrukcja budynku.
 Szczegółową klasyfikację warunków środowiskowych podano w normie PN-IEC 60364-3.

3.2. Dobór środków ochrony od porażeń w zależności od warunków środowiskowych

Norma PN-IEC (HD) 60364 określa postanowienia w zakresie ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV.

Przyjęto zasadę, że ogólne postanowienia normy dotyczą normalnych warunków środowiskowych i rozwiązań instalacji elektrycznych, natomiast w warunkach środowiskowych stwarzających zwiększone zagrożenie wprowadza się odpowiednie obostrzenia i stosuje się specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych.

O doborze środków ochrony przeciwporażeniowej, w praktyce decydują następujące warunki środowiskowe:

- BA - rodzaj (zdolność) osób,
- BB - wartość rezystancji ciała ludzkiego,
- BC - kontakt (styk) ludzi z potencjałem ziemi.

Doboru środków ochrony przeciwporażeniowej dla normalnych warunków środowiskowych należy dokonywać w oparciu o normę PN-HD 60364-4-41.

Natomiast obostrzenia i specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych obejmują arkusze normy PN-IEC (HD) 60364 grupy 700.

Obostrzenia te polegają głównie na:

- zakazie umieszczania urządzeń elektrycznych w odpowiednich miejscach (strefach),
- zakazie stosowania niektórych środków ochrony; np. przeszkód, umieszczania poza zasięgiem ręki, izolowania stanowiska, nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych,

- stosowaniu urządzeń o odpowiednich stopniach ochrony IP,
- konieczności stosowania dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych,
- konieczności obniżenia napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale w określonych warunkach otoczenia do wartości 25 V i 12 V prądu przemiennego oraz odpowiednio 60 V i 30 V prądu stałego,
- konieczności stosowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

4. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych

Klasa ochronności urządzeń elektrycznych nie określa stopnia bezpieczeństwa urządzeń, lecz wskazuje środki, które należy zastosować w celu zapewnienia bezpieczeństwa przeciwporażeniowego.

Klasyfikacja urządzeń elektrycznych ze względu na ochronę przeciwporażeniową jest podana w normie PN-EN 61140:2005.

Rozróżnia się cztery klasy ochronności urządzeń: 0, I, II i III.

Urządzenia klasy ochronności 0 - urządzenia, których ochrona przeciwporażeniowa polega na zastosowaniu izolacji podstawowej jako środka ochrony podstawowej i bez warunków dla ochrony przy uszkodzeniu. Urządzenia te mogą być stosowane w instalacjach, w których jako ochronę przeciwporażeniową przy uszkodzeniu przyjęto izolowanie stanowiska lub separację elektryczną obejmującą tylko jedno urządzenie.

Urządzenia klasy ochronności I - urządzenia, których ochrona przeciwporażeniowa polega na zastosowaniu izolacji podstawowej jako środka ochrony podstawowej. Urządzenia wyposażone są w zaciski połączenia ochronnego umożliwiające przyłączenie przewodu ochronnego, zapewniającego ochronę przy uszkodzeniu polegającą na samoczynnym wyłączeniu zasilania.

Zacisk połączenia ochronnego urządzenia należy oznaczać symbolem nr 5019 wg IEC 60417-2 lub literami PE, lub kombinacją kolorów zielonego i żółtego.

Urządzenia klasy ochronności II - urządzenia, których ochrona przeciwporażeniowa podstawowa polega na zastosowaniu izolacji podstawowej, a ochrona przeciwporażeniowa przy uszkodzeniu polega na zastosowaniu izolacji dodatkowej, lub ochrona przeciwporażeniowa podstawowa i ochrona przy uszkodzeniu polega na zastosowaniu izolacji wzmocnionej.

Urządzenia klasy ochronności II należy oznaczać symbolem nr 5172 wg IEC 60417-2 (podwójny kwadrat).

Urządzenia klasy ochronności III - urządzenia, których napięcie znamionowe jest ograniczone do wartości napięcia bardzo niskiego nie przekraczającego 50 V prądu przemiennego i 120 V nietętniącego prądu stałego, wyposażone w ochronę podstawową i nie wyposażone w ochronę przy uszkodzeniu. Urządzenia należy przyłączać tylko do obwodów SELV lub PELV.

Urządzenia klasy ochronności III należy oznaczać symbolem nr 5180 wg IEC 60417-2 (rzymska cyfra III w rombie).

5. Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy urządzeń elektrycznych

Urządzenia elektryczne powinny być chronione przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska. Urządzenia te mogą również stwarzać zagrożenie dla obsługi i otoczenia. Wyposaża się je więc w obudowy, które powinny być dobrane w ten sposób, aby spełniały odpowiednie wymagania.

Właściwy dobór stopnia ochrony ma zapewnić wysoką niezawodność pracy i bezpieczeństwo użytkowania urządzeń elektrycznych. Obudowa powinna być tak wykonana, aby przypisany jej stopień ochrony był niezmienny w czasie, w całym okresie eksploatacji.

Stopień ochrony obudowy, zgodnie z normą PN-EN 60529:2003, oznaczony jest literami IP oraz dwoma cyframi, które określają cechy obudowy.

W oznaczeniu stopnia ochrony mogą występować również duże litery na trzecim i czwartym miejscu po literach IP, które zawierają dodatkowe informacje o ochronie przed dostępem do części niebezpiecznych oraz informacje o rodzaju urządzenia i jego odporności na różne warunki pogodowe.

Stopnie ochrony przedstawione są w tablicach nr 2; 3 i 4.

Tablica 2. Stopnie ochrony urządzeń przed dotknięciem przez człowieka oraz przed przedostawaniem się do ich wnętrza obcych ciał stałych, oznaczone pierwszą cyfrą w kodzie IP

Stopień ochrony	Ochrona ludzi przed dostępem do części będących pod napięciem lub ruchomych	Ochrona urządzeń przed przedostawaniem się do ich wnętrza obcych ciał stałych
0	brak ochrony	brak ochrony
1	przed przypadkowym dotknięciem wierzchem dłoni	o średnicy ≥ 50 mm
2	przed dotknięciem palcem	o średnicy $\geq 12,5$ mm
3	przed dotknięciem narzędziem	o średnicy $\geq 2,5$ mm
4	przed dotknięciem drutem	o średnicy ≥ 1 mm
5		ograniczona ochrona przed pyłem
6		pyłoszczelne

Tablica 3. Stopnie ochrony urządzeń przed przedostawaniem do ich wnętrza wody, oznaczone drugą cyfrą w kodzie IP

Stopień ochrony	Sposób działania wody, przy których obudowa zapewnia ochronę
0	brak ochrony
1	krople opadające pionowo
2	krople opadające pionowo na urządzenia odchylone o 15 ⁰ od położenia pionowego
3	natryskiwane wodą pod kątem 60 ⁰ od pionu
4	rozbryzgiwanie wody na obudowę z dowolnego kierunku
5	oblewanie strumieniem wody z dowolnego kierunku
6	oblewanie silną strugą wody
7	krótkotrwałe zanurzenie urządzenia w wodzie o określonym ciśnieniu
8	długotrwałe zanurzenie w wodzie

Tablica 4. Stopnie ochrony urządzeń oznaczone symbolami literowymi

Litera		Zakres ochrony przed dostępem do części niebezpiecznych	Wymagania ochrony lub zakres stosowania
Dodatkowe na trzecim miejscu po literach IP	A	ochrona przed dostępem wierzchem dłoni	mają być zachowane odpowiednie odstępy do części niebezpiecznych przy wciskaniu próbnika dostępu w postaci kuli o średnicy 50 mm, w każdy otwór obudowy
	B	ochrona przed dostępem palcem	jw., lecz z zastosowaniem próbnika w postaci palca probierczego o średnicy 12,5 mm i długości 80 mm
	C	ochrona przed dostępem narzędziem	jw., lecz z zastosowaniem próbnika w postaci pręta o średnicy 2,5 mm i długości 100 mm
	D	ochrona przed dostępem drutem	jw., lecz z zastosowaniem próbnika w postaci drutu o średnicy 1 mm i długości 100 mm
Uzupełniające na czwartym miejscu po literach IP	H	-	aparat wysokiego napięcia
	M	-	ochrona przed wnikaniem wody, gdy części ruchome urządzenia są w ruchu
	S	-	ochrona przed wnikaniem wody, gdy części ruchome urządzenia są nieruchome
	W	-	urządzenie nadaje się do stosowania w określonych warunkach pogodowych po zapewnieniu dodatkowych środków ochrony lub zabiegów

6. Napięcia

Napięcia zostały podzielone na dwa zakresy w sposób podany w tablicy nr 5.

Tablica 5. Zakresy napięć

Zakres napięcia	Napięcia prądu przemiennego			Napięcia prądu stałego		
	Układy z uziemieniami		Układy izolowane lub z uziemieniami pośrednimi	Układy z uziemieniami		Układy izolowane lub z uziemieniami pośrednimi
	Faza-Ziemia	Faza-Faza	Faza-Faza	Biegun-Ziemia	Biegun-Biegun	Biegun-Biegun
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
	$U \leq 25$	$U \leq 25$	$U \leq 25$	$U \leq 60$	$U \leq 60$	$U \leq 60$
	$U \leq 12$	$U \leq 12$	$U \leq 12$	$U \leq 30$	$U \leq 30$	$U \leq 30$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$50 < U \leq 1000$	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$	$120 < U \leq 1500$

U - napięcie nominalne instalacji (V)

Schemat podziału wyżej wymienionych napięć jest następujący:

a) napięcia zakresu I:

bardzo niskie napięcie SELV,

bardzo niskie napięcie PELV,

bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV.

b) napięcia zakresu II:

napięcie w układzie sieci TN,

napięcie w układzie sieci TT,

napięcie w układzie sieci IT,

napięcie separowane.

7. Układy sieci

Sieci napięcia zakresu II, w zależności od sposobu uziemienia dzielą się na różnego rodzaju układy sieci.

Poszczególne układy sieci oznacza się z pomocą symboli literowych, przy czym:

- pierwsza litera oznacza związek pomiędzy układem sieci a ziemią:

- T:** bezpośrednie połączenie jednego punktu układu sieci z ziemią. Najczęściej jest łączony z ziemią punkt neutralny,
- I:** wszystkie części czynne, to znaczy mogące się znaleźć pod napięciem w warunkach normalnej pracy są izolowane od ziemi, lub jeden punkt układu sieci jest połączony z ziemią poprzez impedancję lub bezpiecznik iskiernikowy (uziemienie otwarte),

- druga litera oznacza związek pomiędzy częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią:

- N:** bezpośrednie połączenie (chodzi tu o połączenie metaliczne) podlegających ochronie części przewodzących dostępnych, z uziemionym punktem układu sieci; zazwyczaj z uziemionym punktem neutralnym,
- T:** bezpośrednie połączenie z ziemią (chodzi tu o uziemienie) podlegających ochronie części przewodzących dostępnych, niezależnie od uziemienia punktu układu sieci; zazwyczaj uziemienia punktu neutralnego.

- następna litera (litery) oznacza związek pomiędzy przewodem (żyłą) neutralnym N i przewodem (żyłą) ochronnym PE:

- C:** funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego spełnia jeden przewód, zwany przewodem ochronno-neutralnym PEN,
- S:** funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego spełniają osobne przewody - przewód N i przewód PE,
- C-S:** w pierwszej części sieci, licząc od strony zasilania zastosowany jest przewód ochronno-neutralny PEN, a w drugiej osobny przewód neutralny N i przewód ochronny PE.

W tabelicy nr 6 podano, zgodnie z PN-EN 60445:2010, oznaczenia zacisków urządzeń przeznaczonych do przyłączenia określonych żył przewodów oraz zakończeń tych żył.

Tablica 6. Oznaczenia zacisków urządzeń przeznaczonych do przyłączenia określonych żył przewodów

Oznaczenie żyły przewodu	Oznaczenie zacisku urządzenia	Znak graficzny ^b
Przewody a.c. (napięcie przemienne)		
Faza 1 (L1)	U	
Faza 2 (L2)	V ^a	
Faza 3 (L3)	W ^a	
Przewód środkowy	M	
Przewód neutralny	N	
Przewody d.c. (napięcie stałe)		
Przewód dodatni (L+)	+	
Przewód ujemny (L-)	-	
Przewód ochronny (PE)	PE	
- Przewód PEN (PEN)	PEN	
- Przewód PEL (PEL)	PEL	
- Przewód (PEM)	PEM	
Przewód ochronny wyrównawczy (ekwipotencjalny) (PB) ^c	PB	
- uziemiony (PBE)	PBE	
- nieziemiony (PBU)	PBU	
Przewód uziemiający funkcjonalny (FE) ^d	FE	
Przewód ekwipotencjalny funkcjonalny (FB)	FB	

a Wymagane tylko w systemach z więcej niż jedną fazą

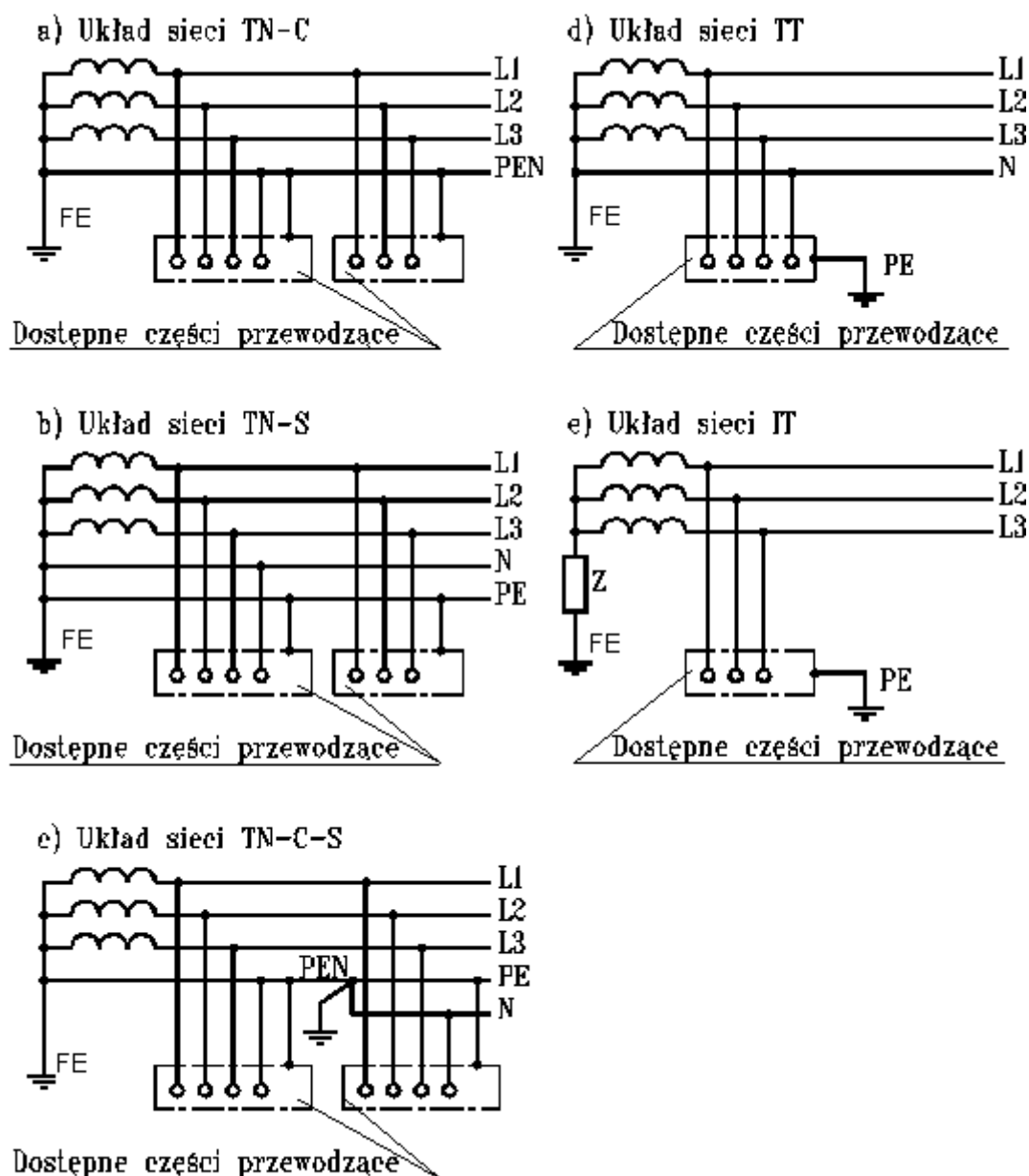
b Znaki graficzne odpowiadają symbolom stosowanym w IEC 60417 o numerach

	IEC 60417-5032		IEC 60417-5019
	IEC 60417-5031		IEC 60417-5018
	IEC 60417-5005		IEC 60417-5020
	IEC 60417-5006		IEC 60417-5021

c Przewód ochronny wyrównawczy jest w większości przypadków uziemionym ochronnym przewodem wyrównawczym. Nie jest konieczne oznaczanie go przez PBE. W przypadku gdy zastosowano rozróżnienie między przewodem ochronnym wyrównawczym uziemionym a przewodem ochronnym wyrównawczym nieziemionym, to w celu jednoznacznego ich rozróżnienia, (np. w instalacjach elektrycznych) oznaczenie PBE i PBU powinno być zastosowane

d Żadne wyróżnienie FE ani znak graficzny 5018 normy IEC 60417 nie powinien być zastosowany dla przewodu lub zacisku spełniającego funkcję ochronną

Schematy układów sieci przedstawiono na rysunku nr 5.



Oznaczenia: L1; L2; L3 - przewody fazowe prądu przemiennego; N - przewód neutralny; PE - przewód ochronny; PEN - przewód ochronno-neutralny; FE - przewód uziemiający funkcjonalny; Z - impedancja

Rys. 5. Schematy stosowanych układów sieci TN (TN-C; TN-S; TN-C-S), TT oraz IT

Układy sieci TN są najczęściej stosowanymi układami w Polsce. W sieciach elektroenergetycznych zasilających są z reguły stosowane układy TN-C.

W układzie sieci TN-C występuje przewód ochronno-neutralny PEN.

Zgodnie z postanowieniami normy PN-HD 60364-5-54, w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe, przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć przekrój żyły nie mniejszy niż $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ lub $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$.

W związku z powyższym, szczególnie w instalacjach odbiorczych budynków, w których dostosowanie przekroju przewodu PEN do postanowień określonych normą jest trudne lub wręcz niemożliwe oraz dążeniem do poprawy stanu bezpieczeństwa przeciwporażeniowego użytkowników, koniecznością staje się stosowanie układu sieci TN-S lub TN-C-S.

Układy te zapewniają rozdzielanie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N oraz likwidują szereg niepożądanych zjawisk, takich jak:

- pojawienie się napięcia fazowego na obudowach metalowych odbiorników, wywołane przerwą ciągłości przewodu PEN,
- pojawienie się na przewodzie PEN napięcia niekorzystnego dla użytkowanych odbiorników, wywołanego przepływem przez ten przewód prądu wyrównawczego, spowodowanego zaistnieniem asymetrii prądowej w instalacji.

Rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N, w przypadku układu sieci TN-C-S, powinno następować w złączu lub w rozdzielnicy głównej budynku, a punkt rozdziału powinien być uziemiony.

Zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodzie ochronnym PE przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

Możliwie licznie uziemiane powinny być również przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN.

Wielokrotne uziemianie przewodu ochronnego PE i ochronno-neutralnego PEN w układzie sieci TN, w którym stosowane jest samoczynne wyłączenie zasilania, jako ochrona przy uszkodzeniu, powoduje:

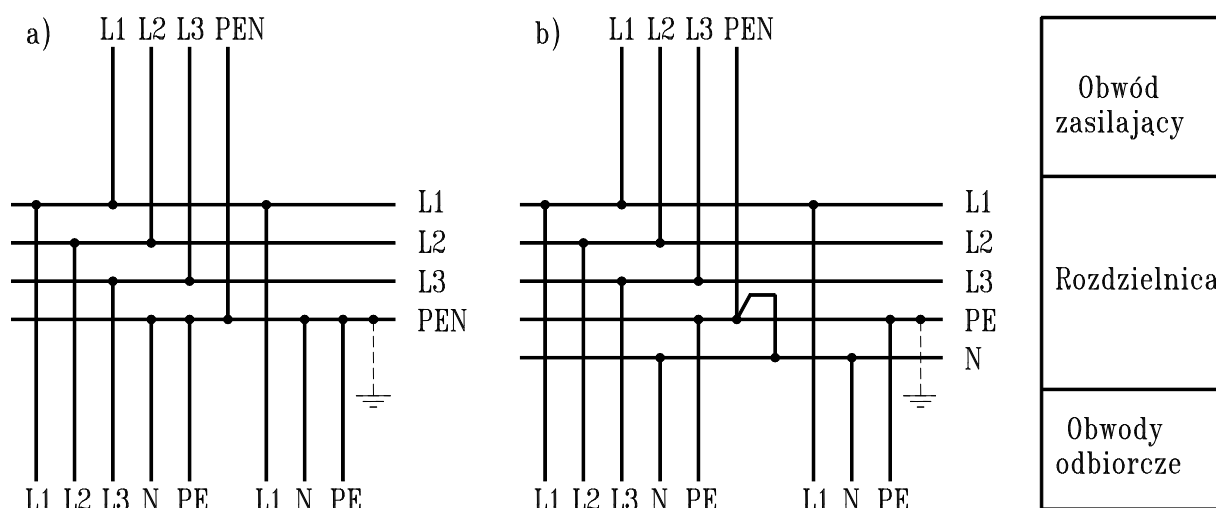
- obniżenie napięcia na nieuszkodzonym przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN, połączonym z miejscem zwarcia,
- utworzenie drogi zastępczej prądu zwarciovego w przypadku przerwania przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN,
- obniżenie napięcia na przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN, który został przerwany (odłączony od punktu neutralnego sieci) i który jest jednocześnie połączony z miejscem zwarcia,
- obniżenie napięcia, które może pojawić się na przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN podczas zwarć doziemnych w stacji zasilającej po stronie wyższego napięcia, gdy w stacji wykonano wspólne uziemienie urządzeń wysokiego i niskiego napięcia,
- ograniczenie asymetrii napięć podczas zwarć doziemnych.

Instalacja elektryczna w budynkach powinna być realizowana w układzie sieci TN-S (przewody L1; L2; L3; N; PE). Nie wyklucza to stosowania w szczególnie uzasadnionych przypadkach układu sieci TT lub IT.

Możliwe są dwa rozwiązania rozdzielnic (złącze, rozdzielnica główna) w układzie TN-C-S:

- z zastosowaniem czterech szyn zbiorczych,
- z zastosowaniem pięciu szyn zbiorczych.

Rozwiązania te przedstawiono na rysunku nr 6.

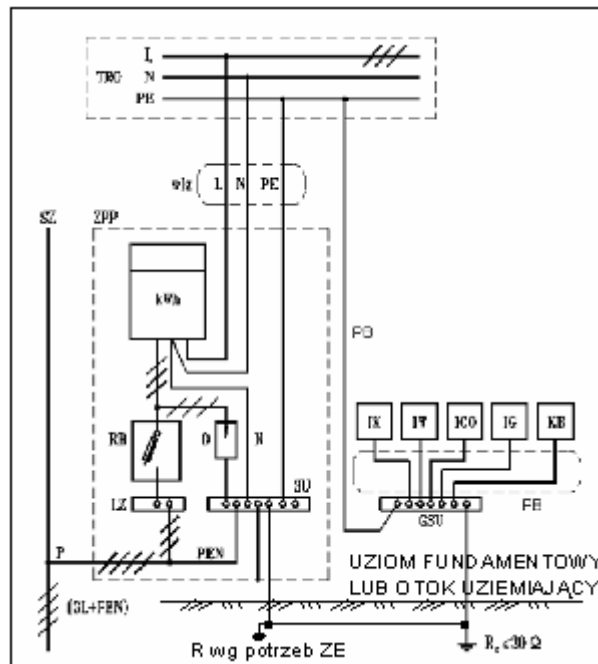


Rys. 6. Rozdzielnice w układzie TN-C-S

Rozdzielnica przedstawiona na rysunku nr 6a może pracować w układzie TN-C lub TN-C-S, natomiast rozdzielnica przedstawiona na rysunku nr 6b może pracować we wszystkich układach TN, a także w układach TT lub IT po odpowiednim, dla danego układu sieci, połączeniu lub rozłączeniu szyny PE z szyną N.

Na rysunku nr 7 przedstawiono schemat zasilania pojedynczego budynku (indywidualnego odbiorcy) poprzez zestaw przyłączeniowo-pomiarowy, usytuowany w linii ogrodzenia zewnętrznego posesji. Zestaw ten mieści się w zamkniętej oraz zabezpieczonej przed wpływami atmosferycznymi i osobami niepowołanymi skrzynce. Składa się z dwóch modułów, z których jeden pełni funkcję zakończenia przyłącza, drugi pełni funkcję złącza końcowego. Zestaw umożliwia zainstalowanie listwy zaciskowej do połączenia przewodów przyłącza sieci zasilającej i przewodów instalacji, zabezpieczenia przedlicznikowego w postaci rozłącznika bezpiecznikowego lub wyłącznika nadprądowego selektywnego – zapewniających selektywność w działaniu urządzeń zabezpieczających, licznika energii elektrycznej oraz ochrony przed przepięciami pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych i łączy w sieci zasilającej (ograniczniki przepięć stanowiące pierwszy stopień ochrony przeciwprzepięciowej).

Bardzo ważną rolę w ekwipotencjalizacji części przewodzących jednocześnie dostępnych w budynku pełni uziemienie przewodu ochronnego PE instalacji elektrycznej. Określa ono potencjał strefy ekwipotencjalnej w budynku. Uziemienie to powinno być wykonane w budynku, a nie z dala od niego, z wykorzystaniem przede wszystkim uziomu fundamentowego.



Oznaczenia: SZ – sieć zasilająca niskiego napięcia; P – przyłączy; ZPP – zestaw przyłączeniowo-pomiarowy; LZ – listwa zaciskowa; RB – rozłącznik bezpiecznikowy lub wyłącznik nadprądowy selektywny; L – przewody fazowe; O – ogranicznik przepięć; SU – szyna uziemiająca; kWh – licznik energii elektrycznej; TRO – rozdzielnica tablicowa odbiorcy; wlv – wewnętrzna linia zasilająca; GSU – główny zacisk (szyna) uziemiający budynku; IK, IW, ICO, IG – instalacje odpowiednio w kolejności: kanalizacyjna, wodna, centralnego ogrzewania, gazowa; KB – konstrukcja metalowa (elementy metalowe konstrukcji budynku, związane na przykład z fundamentem, ścianami); N, PEN, PE, PB – przewody odpowiednio: neutralny, ochronno-neutralny, ochronny, ochronny wyrównawczy.

Rys. 7. Schemat zasilania w energię elektryczną pojedynczego budynku (indywidualnego odbiorcy)

8. Uziomy

Jako uziomy stosuje się:

- pręty lub rury umieszczone w ziemi,
- taśmy lub druty umieszczone w ziemi,
- płyty umieszczone w ziemi,
- podziemne metalowe elementy umieszczone w fundamentach,
- spawane zbrojenie betonu (poza zbrojeniem naprężanym) umieszczone w ziemi,
- metalowe powłoki i inne osłony metalowe kabli zgodnie z lokalnymi warunkami lub wymaganiami,
- inne, odpowiednie metalowe elementy podziemne, zgodnie z lokalnymi warunkami lub wymaganiami.

Rury metalowe do płynów palnych lub gazów nie powinny być wykorzystane jako uziom.

Uziom nie powinien zawierać elementów zanurzonych w wodzie.

W nowych obiektach budowlanych należy stosować przede wszystkim sztuczne uziomy fundamentowe.

Tam gdzie elektrody są otoczone otuliną betonową, zaleca się stosowanie betonu o odpowiedniej jakości i grubości otuliny betonowej wynoszącej co najmniej 5 cm, aby uniknąć korozji tych elektrod.

Uziomy fundamentowe mogą być wykonane z:

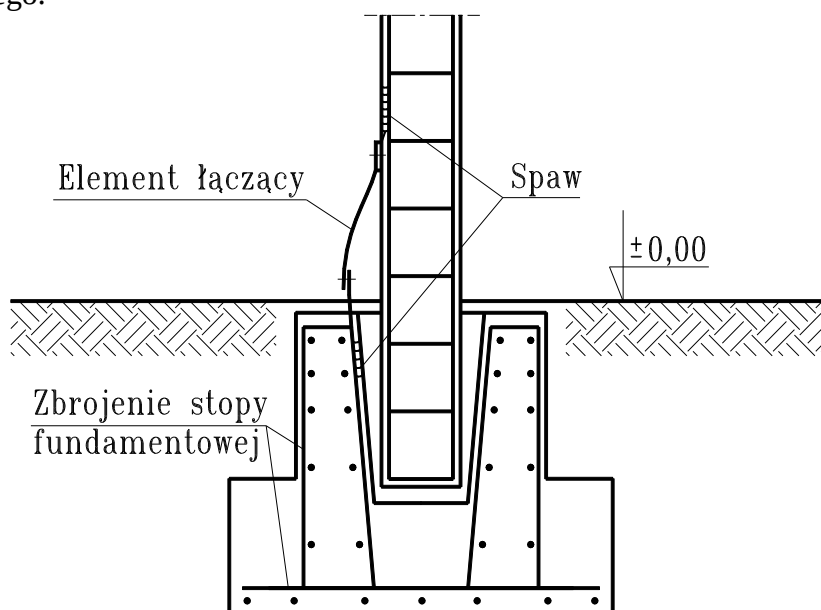
- taśm lub drutów stalowych,
- drutów miedzianych.

Elementy stalowe gołe lub cynkowane na gorąco, znajdujące się w otulinie betonowej mogą być wykorzystane jako uziomy fundamentowe.

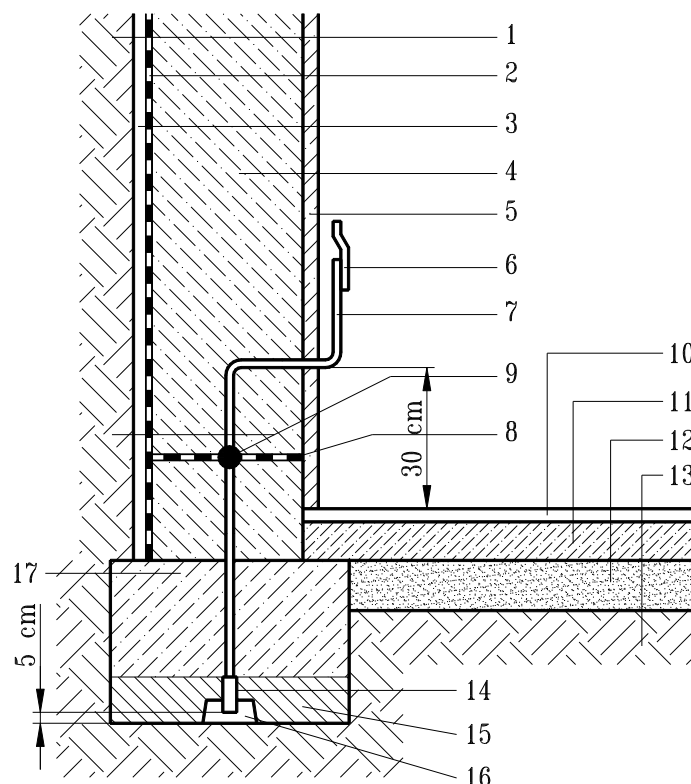
Zaleca się, aby przewody uziemiające przyłączone do uziomów fundamentowych były wprowadzone do betonu od wewnętrznej strony obiektu budowlanego, a w przypadku gdy są one wprowadzone do betonu od zewnętrznej strony to miejsce ich wprowadzenia powinno znajdować się nad powierzchnią ziemi.

Zaleca się wzajemne łączenie sztucznego uziomu fundamentowego i stalowego zbrojenia żelbetowych konstrukcji z wyjątkiem zbrojenia naprężanego.

Na rysunku nr 8 przedstawiono przykład wykorzystania zbrojenia stopy fundamentowej dla celów uziemienia, a na rysunku nr 9 przykład wykonania sztucznego uziomu fundamentowego.



Rys. 8. Przykład wykorzystywania zbrojenia stopy fundamentowej dla celów uziemienia



Oznaczenia: 1 - ziemia; 2- izolacja pionowa; 3 - wyprawa zewnętrzna; 4 - ściana piwniczna; 5 - tynk wewnętrzny; 6 - połączenie (element łączeniowy); 7 - przewód uziemiający; 8 - izolacja pozioma; 9 - uszczelnienie przejścia przewodu uziemiającego; 10 - posadzka; 11 - podłóże betonowe; 12 - warstwa izolacji termicznej; 13 - ziemia; 14 - sztuczny uziom fundamentowy (np. bednarka); 15 - warstwa betonu około 10 cm; 16 - podkładka dystansowa; 17 - ława fundamentowa

Rys.9. Przykład wykonania sztucznego uziomu fundamentowego

Uziomy sztuczne pionowe z rur, prętów lub kształtowników umieszcza się w ziemi w taki sposób, aby ich najniższa część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 3 m, natomiast najwyższa część na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią ziemi. Uziomy sztuczne poziome z taśm lub drutów układa się na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią ziemi.

Wymiary powyższe uwzględniają zarówno ochronę uziomów przed uszkodzeniami mechanicznymi, jak i zwiększanie się ich rezystancji w wyniku zamarzania i wysychania ziemi. Trwałą wartość rezystancji uziomów zarówno naturalnych, jak i sztucznych należy zapewnić także poprzez:

- odpowiednio trwałe połączenia np. poprzez spawanie, połączenia śrubowe, zaciskanie lub nitowanie,
- ochronę antykorozyjną połączeń.

Minimalne wymiary materiałów, ze względu na korozję i wytrzymałość mechaniczną, powszechnie stosowanych do wykonywania uziomów umieszczonych w ziemi podane są w tablicy nr 7.

Tablica 7. Minimalne wymiary materiałów, ze względu na korozję i wytrzymałość mechaniczną, powszechnie stosowanych do wykonywania uziomów umieszczonych w ziemi

Materiał	Powierzchnia	Kształt	Minimalny wymiar				
			Średnica mm	Przekrój mm ²	Grubość mm	Grubość powłoki/osłony	
						Wartość mini- malna μm	Wartość średnia μm
Stal	Cynkowana na gorąco ^a lub nierdzewna ^{a,b}	Taśma ^c		90	3	63	70
		Kształ- townik		90	3	63	70
		Pręt okrągły do uziomów głębokich	16			63	70
		Drut okrągły do uziomów poziomych	10				50 ^e
		Rura	25		2	47	55
	Osłona miedziana	Pręt okrągły do uziomów głębokich	15			2000	
	Z miedzianą powłoką galwaniczną	Pręt okrągły do uziomów głębokich	14			90	100
Miedź	Nieosłonięta ^a	Taśma		50	2		
		Drut okrągły do uziomów poziomych		25 ^f			
		Linka	1,8 dla każdej skrętki	25			
		Rura	20		2		
	Powleczona cynkiem	Linka	1,8 dla każdej skrętki	25		1	5
	Powleczona cynkiem	Taśma ^d		50	2	20	40
	a Odpowiednie także dla elektrod w otulinie betonowej b Powłoka nie jest stosowana c Jako taśma walcowana lub taśma cięta z zaokrąglonymi krawędziami d Taśma z zaokrąglonymi krawędziami e W przypadku ciągłego powlekania w kąpeli jest możliwe uzyskanie grubości 50 μm f Gdy doświadczenie wskazuje, że ryzyko korozji i mechanicznego uszkodzenia jest niezwykle małe można stosować przekrój 16 mm²						

Rezystancja uziemienia zależy od jego wymiaru, kształtu i rezystywności gruntu, w którym się uziemienie znajduje.

W tablicy nr 8 podano wartości rezystywności dla różnych rodzajów gruntu, natomiast w tablicy nr 9 podano przeciętne wartości rezystywności gruntu

Tablica 8. Wartości rezystywności dla różnych rodzajów gruntu

Rodzaj gruntu	Rezystywność $\Omega \cdot m$
Grunty bagienne	od kilku do 30
Aluwium	20 do 100
Humus	10 do 150
Torf wilgotny	5 do 100
Gliny plastyczne	50
Magle i zagęszczone gliny	100 do 200
Magle jurajskie	30 do 40
Piaski gliniaste	50 do 500
Piaski krzemionkowe	200 do 3000
Grunty kamieniste odsłonięte	1500 do 3000
Grunty kamieniste pokryte trawnikiem	300 do 500
Wapień miękki	100 do 300
Wapień zagęszczony	1000 do 5000
Wapień spękany	500 do 1000
Łupek	50 do 300
Łupek mikowy	800
Granit i piaskowiec	1500 do 10000
Zgodnie ze starzeniem starego granitu i starego piaskowca	100 do 600

Tablica 9. Przeciętne wartości rezystywności gruntu

Rodzaj gruntu	Przeciętna wartość rezystywności $\Omega \cdot m$
Muliste grunty rolne, wilgotny zagęszczony nasyp	50
Słaby grunt rolny, żwir, twardy nasyp	500
Grunt kamienisty odsłonięty, suchy piasek, skały nieprzepuszczalne	3000

Rezystancja R uziemienia, w przypadku uziomu wykonanego z przewodów ułożonych poziomo w ziemi, może być w przybliżeniu obliczona z zależności:

$$R = 2 \cdot \rho / L$$

gdzie:

ρ rezystywność gruntu w $\Omega \cdot m$,

L długość rowu przeznaczanego na przewody w m.

Rezystancja R uziemienia, w przypadku uziomu wykonanego z umieszczonych pionowo w ziemi płyt o wymiarach 0,5 m x 1 m lub 1 m x 1 m i o grubości co najmniej 2 mm jeżeli są wykonane z miedzi lub 3 mm jeżeli są wykonane ze stali ocynkowanej, może być w przybliżeniu obliczona z zależności:

$$R=0,8 \cdot \rho /L$$

gdzie:

ρ rezystywność gruntu w $\Omega \cdot m$,

L obwód płyty w m.

Rezystancja R uziemienia, w przypadku uziomu wykonanego z umieszczonych pionowo w ziemi elementów, może być w przybliżeniu obliczona z zależności:

$$R=\rho /L$$

gdzie:

ρ rezystywność gruntu w $\Omega \cdot m$,

L długość elementów pionowych w m.

Rezystancja R uziemienia, w przypadku uziomu wykonanego z metalowych słupów umieszczonych w ziemi, może być w przybliżeniu obliczona z zależności:

$$R=0,366 \cdot \rho /L \cdot \log_{10} 3L/d$$

gdzie:

ρ rezystywność gruntu w $\Omega \cdot m$,

L długość umieszczonych w ziemi części słupów w m,

d średnica walca opisanego na słupie w m.

9. Przewody uziemiające

Przewody uziemiające stanowią drogę przewodzącą, lub jej część, między danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem lub układem uziomowym. W instalacji elektrycznej budynku danym punktem jest zwykle główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca), a przewód uziemiający łączy ten punkt z uziomem lub układem uziomowym.

Minimalne przekroje przewodów uziemiających umieszczonych w ziemi podano w tablicy nr 10.

Tablica 10. Minimalne przekroje przewodów uziemiających umieszczonych w ziemi

Przewód uziemiający	Przekrój minimalny, w mm ² Chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi		Przekrój minimalny, w mm ² Niechroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi	
	Miedź	Stal	Miedź	Stal
Chroniony przed korozją	2,5	10	16	16
Niechroniony przed korozją	25	50	25	50

10. Główny zacisk uziemiający

W każdej instalacji elektrycznej, w której stosowane jest połączenie wyrównawcze ochronne powinien znajdować się główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca), do którego należy przyłączyć:

- przewody ochronne wyrównawcze,
- przewody uziemiające,
- przewody ochronne,
- przewody uziemiające funkcjonalne, jeżeli występują.

Powinna być możliwość odłączenia każdego przewodu przyłączonego do głównego zacisku (szyny) uziemiającego. To połączenie powinno być wykonane w sposób pewny, a jego rozłączenie może nastąpić tylko z użyciem narzędzi. Elementy rozłączalne powinny być łączone z głównym zaciskiem (szyną) uziemiającym w sposób umożliwiający pomiar rezystancji uziemienia.

11. Przewody ochronne

Przekrój każdego przewodu ochronnego powinien spełniać warunki samoczynnego wyłączenia zasilania oraz powinien wytrzymywać spodziewany prąd zwarciovowy.

Przekrój przewodu ochronnego powinien być albo obliczony albo dobrany zgodnie z zasadami podanymi w tablicy nr 11.

Tablica 11. Minimalny przekrój przewodów ochronnych

Przekrój przewodów fazowych S mm ²	Minimalny przekrój odpowiadającego przewodu ochronnego, jeżeli przewód ochronny jest z tego samego materiału jak przewód fazowy mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	0,5 S

W układach sieci TT, przekrój przewodów ochronnych może być ograniczony do:

- 25 mm², wykonanych z miedzi,
- 35 mm², wykonanych z aluminium,

pod warunkiem, że uziomy punktu neutralnego źródła i części przewodzących dostępnych są elektrycznie niezależne.

Przekrój każdego przewodu ochronnego, w tym przeznaczonego do dodatkowego połączenia wyrównawczego ochronnego, który nie jest częścią przewodu wielożyłowego lub kabla, a także nie jest we wspólnej osłonie z przewodem fazowym, nie powinien być mniejszy niż:

- 2,5 mm² Cu lub 16 mm² Al w przypadku stosowania ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- 4 mm² Cu lub 16 mm² Al w przypadku niestosowania ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi uważana jest za skuteczną, jeżeli przewód ochronny leży w rurze, kanale i listwie instalacyjnej lub jeżeli jest on chroniony w podobny sposób.

Przewód ochronno-neutralny PEN może być używany w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe i, z przyczyn mechanicznych, powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 10 mm² dla żył miedzianych i 16 mm² dla żył aluminiowych.

Przewód PEN powinien mieć izolację odpowiednią dla napięcia nominalnego układu.

Metalowe obudowy oprzewodowania oraz części przewodzące obce nie mogą być stosowane jako przewody PEN, z wyjątkiem obudów przewodów szynowych.

Jeżeli począwszy od jakiegokolwiek punktu instalacji elektrycznej, funkcje neutralne i ochronne są zapewnione przez oddzielne przewody, połączenie przewodu neutralnego z jakąkolwiek częścią uziemioną w instalacji (np. z przewodem ochronnym z przewodu PEN) jest niedopuszczalne.

Dopuszcza się utworzenie z przewodu PEN więcej niż jednego przewodu neutralnego i więcej niż jednego przewodu ochronnego. Oddzielne zaciski lub szyny powinny być przeznaczone dla przewodów ochronnych i przewodów neutralnych. W tym przypadku przewód PEN powinien być przyłączony do zacisku lub szyny przeznaczonych dla przewodu ochronnego.

Gdy stosowane są zabezpieczenia nadprądowe jako element ochrony przeciwporażeniowej, przewód ochronny powinien być częścią tego samego układu oprzewodowania jak przewody fazowe lub powinien być umieszczony w ich bezpośredniej bliskości.

Przewody ochronne wzmocnione, dla przyłączonych na stałe odbiorników w których prąd w przewodzie ochronnym przekracza 10 mA, powinny być zaprojektowane w sposób następujący:

- przewód ochronny powinien mieć przekrój co najmniej 10 mm^2 Cu lub 16 mm^2 Al, na całej jego długości, lub
- drugi przewód ochronny, co najmniej o takim samym przekroju jak wymagany w ochronie przy uszkodzeniu, powinien być ułożony do punktu, w którym przewód ochronny ma przekrój nie mniejszy niż 10 mm^2 Cu lub 16 mm^2 Al. Wymaga to w urządzeniu oddzielnego zacisku dla drugiego przewodu ochronnego.

Przekrój przewodów ochronnych wyrównawczych, które są przeznaczone do głównego połączenia wyrównawczego ochronnego i które są połączone z głównym zaciskiem (szyną) uziemiającym, nie powinien być mniejszy niż:

- 6 mm^2 Cu, lub
- 16 mm^2 Al., lub
- 50 mm^2 Fe.

Przekroje przewodów ochronnych wyrównawczych, które są przeznaczone do dodatkowego połączenia wyrównawczego ochronnego powinny spełniać następujące warunki:

- przewód ochronny wyrównawczy łączący dwie części przewodzące dostępne powinien mieć przewodność nie mniejszą niż przewód ochronny o mniejszym przekroju, przyłączony do części przewodzących dostępnych,
- przewód ochronny wyrównawczy łączący części przewodzące dostępne z częściami przewodzącymi obcymi powinien mieć przewodność nie mniejszą niż połowa przekroju odpowiedniego przewodu ochronnego.

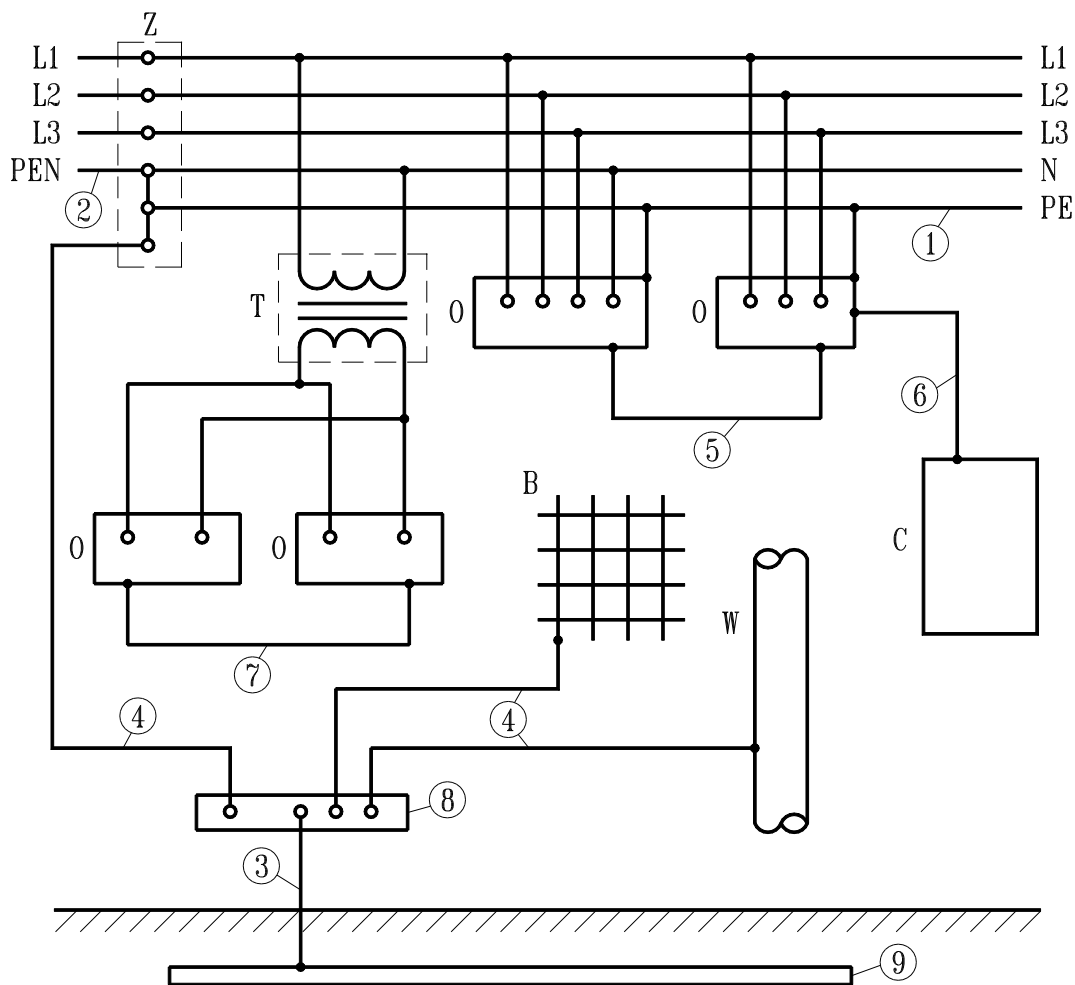
Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

- żyły w przewodach wielożyłowych lub kablach,
- izolowane lub gołe przewody prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami fazowymi,
- ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane,
- metalowe powłoki, ekrany i pancerze kabli, metalowe osłony przewodów oraz metalowe rury i kanały instalacyjne pod warunkiem, że zapewniona jest ciągłość elektryczna tych elementów przez konstrukcję lub przez odpowiednie połączenie.

Nie są dopuszczone do stosowania jako przewody ochronne lub jako przewody ochronne wyrównawcze następujące metalowe elementy:

- rury wodociągowe,
- rury zawierające łatwopalne gazy lub płyny,
- części konstrukcyjne narażone na naprężenia mechaniczne w czasie normalnej pracy,
- giętkie lub sprężyste metalowe kanały, chyba że są zaprojektowane do tych celów,
- giętkie części metalowe,
- elementy podtrzymujące oprzewodowania,
- korytka i drabinki instalacyjne.

Na rysunku nr 10 przedstawiono schemat połączeń ochronnych



Oznaczenia: 1- przewód ochronny PE; 2 - przewód ochronno-neutralny PEN; 3 – przewód uziemiający; 4 – przewód ochronny wyrównawczy główny; 5 – przewód ochronny wyrównawczy dodatkowy łączący z sobą dwie części przewodzące dostępne; 6 – przewód ochronny wyrównawczy dodatkowy łączący z sobą część przewodzącą dostępną oraz część przewodzącą obcą; 7 – izolowany, nieuziemiony przewód ochronny wyrównawczy; 8 – główny zacisk (szyna) uziemiający; 9 - uziom; Z - złącze; T - transformator separacyjny; O - odbiornik w obudowie przewodzącej I klasy ochronności; C - część przewodząca obca; W - rura metalowa wodociągowa główna; B - zbrojenie lub/i konstrukcje metalowe budynku.

Rys. 10. Schemat połączeń ochronnych

Przewody ochronne, ochronno-neutralne, uziemienia ochronnego lub ochronno-funkcjonalnego oraz połączeń wyrównawczych powinny być oznaczone kombinacją kolorów zielonego i żółtego, przy zachowaniu następujących postanowień:

- kolor zielono-żółty może służyć tylko do oznaczenia i identyfikacji przewodów mających udział w ochronie przeciwporażeniowej,

- zaleca się, aby oznaczenie stosować na całej długości przewodu. Dopuszcza się stosowanie oznaczeń nie na całej długości z tym, że powinny one znajdować się we wszystkich dostępnych i widocznych miejscach,
- przewód ochronno-neutralny powinien być oznaczony kolorem zielono-żółtym, a na końcach kolorem niebieskim. Dopuszcza się, aby wyżej wymieniony przewód był oznaczony kolorem niebieskim, a na końcach kolorem zielono-żółtym.

Przewód neutralny i środkowy powinien być oznaczony kolorem niebieskim w sposób taki, jak opisany dla przewodów ochronnych.

12. Główne i dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne

Zastosowanie połączeń wyrównawczych ochronnych ma na celu ograniczenie do wartości dopuszczalnych długotrwale w danych warunkach środowiskowych napięć występujących pomiędzy różnymi częściami przewodzącymi.

Każdy budynek powinien mieć główne połączenie wyrównawcze ochronne.

Główne połączenie wyrównawcze ochronne realizuje się przez umieszczenie w najniższej (przyziemnej) kondygnacji budynku głównego zacisku (szyny) uziemiającego, do którego są przyłączone przewody uziemiające, przewody ochronne, przewody uziemiające funkcjonalne jeżeli występują, oraz następujące części przewodzące obce:

- metalowe rury oraz metalowe urządzenia wewnętrznych instalacji wody zimnej, wody gorącej, kanalizacji, centralnego ogrzewania, gazu, klimatyzacji, metalowe powłoki i pancerze kabli elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych itp.,
- metalowe elementy konstrukcyjne budynku, takie jak np. zbrojenia itp.

Elementy przewodzące wprowadzane do budynku z zewnątrz (rury, kable) powinny być przyłączone do głównego zacisku (szyny) uziemiającego możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia.

W pomieszczeniach o zwiększonym zagrożeniu porażeniem, jak np. w łazienkach wyposażonych w wannę i/lub prysznic, hydroforniach, pomieszczeniach wymienników ciepła, kotłowniach, pralniach, kanałach rewizyjnych, pomieszczeniach rolniczych i ogrodniczych oraz w przestrzeniach, w których nie ma możliwości zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania we właściwym czasie, powinny być zastosowane dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne.

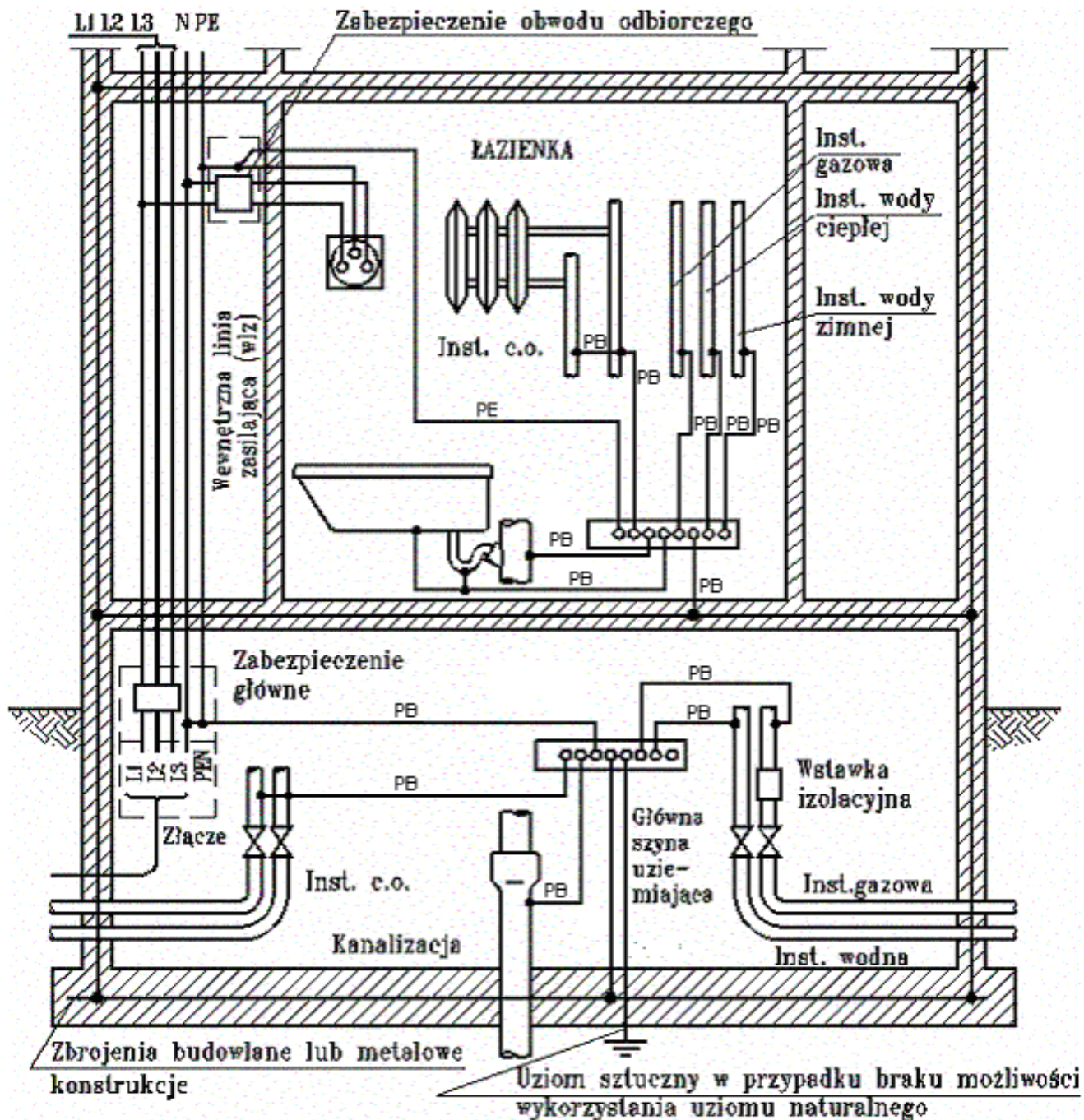
Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne powinny obejmować wszystkie części przewodzące jednocześnie dostępne, takie jak:

- części przewodzące dostępne,
- części przewodzące obce,
- przewody ochronne wszystkich urządzeń, w tym również gniazd wtyczkowych i wypustów oświetleniowych,
- metalowe konstrukcje i zbrojenia budowlane.

Wszystkie połączenia i przyłączenia przewodów biorących udział w ochronie przeciwporażeniowej powinny być wykonane w sposób pewny, trwałe w czasie, chroniący przed korozją.

Przewody należy łączyć ze sobą przez zaciski przystosowane do materiału, przekroju oraz liczby łączonych przewodów, a także środowiska, w którym połączenie to ma pracować.

Na rysunku nr 11 przedstawiono przykład głównych połączeń wyrównawczych ochronnych w piwnicy, oraz dodatkowych w łazience budynku mieszkalnego.



Rys. 11. Połączenia wyrównawcze ochronne w budynku mieszkalnym - główne w piwnicy, oraz dodatkowe w łazience

Bardzo ważne jest rozróżnienie głównych połączeń wyrównawczych ochronnych od uziemień. Aby określone elementy mogły być wykorzystane jako uziomy, muszą spełniać określone wymagania i musi być zgoda właściwej jednostki na ich wykorzystanie. Dotyczy to na przykład kabli itp.. Niektóre elementy jak na przykład rury metalowe zawierające łatwopalne gazy lub płyny itp. nie mogą być wykorzystywane jako uziomy.

Natomiast wszystkie wyżej wymienione elementy powinny być w danym budynku połączone ze sobą poprzez główny zacisk (szynę) uziemiający, celem stworzenia ekwipotencjalizacji. Aby zrealizować połączenia wyrównawcze ochronne nie wykorzystując metalowych rur gazowych jako elementów uziemienia, za wystarczające uważa się zainstalowanie wstawki

izolacyjnej na wprowadzeniu rury gazowej do budynku jak to przedstawiono na rysunku nr 11.

13. Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

Zadaniem ochrony przeciwporażeniowej podstawowej jest ochrona ludzi i zwierząt przed zagrożeniami, które mogą powstać w wyniku dotyku do części czynnych instalacji elektrycznej.

Ochrona ta może być osiągnięta przez:

- zapobieganie przepływowi prądu przez ciało człowieka lub zwierzęcia,
- ograniczenie do niegroźnej wartości prądu, który może przepłynąć przez ciało.

Zadaniem ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu jest ochrona ludzi i zwierząt przed zagrożeniami, które mogą powstać w wyniku dotyku do części przewodzących dostępnych instalacji elektrycznej.

Ochrona ta może być osiągnięta przez:

- zapobieganie przepływowi przez ciało człowieka lub zwierzęcia prądu wynikającego z uszkodzenia,
- ograniczenie do niegroźnej wartości prądu wynikającego z uszkodzenia, który może przepłynąć przez ciało,
- ograniczenie do niegroźnej wartości czasu trwania prądu wynikającego z uszkodzenia, który może przepłynąć przez ciało.

Podstawową zasadą ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym jest, że części niebezpieczne nie mogą być dostępne, a dostępne części przewodzące nie mogą być niebezpieczne, zarówno w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej jak i w przypadku pojedynczego uszkodzenia.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej jest zapewniona przez środki ochrony podstawowej, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia jest zapewniona przez środki ochrony przy uszkodzeniu.

Alternatywnie, ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym jest zapewniona przez środek ochrony wzmocnionej, który zapewnia ochronę zarówno w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej, jak i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.

Środek ochrony powinien składać się z:

- odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu, lub
- wzmocnionego środka ochrony, który zapewnia zarówno ochronę podstawową jak i ochronę przy uszkodzeniu.

Ochrona uzupełniająca jest określona jako zespół środków technicznych uzupełniających ochronę podstawową i/lub ochronę przy uszkodzeniu w specjalnych warunkach wpływów zewnętrznych i w niektórych specjalnych instalacjach lub lokalizacjach określonych w arkuszach normy PN-IEC (HD) 60364 grupy 700.

Postanowienia dotyczące ochrony przy uszkodzeniu mogą być pominięte dla następującego wyposażenia:

- metalowe wsporniki izolatorów linii napowietrznych, które są przytwierdzone do budynku i są umieszczone poza zasięgiem ręki,

- zbrojenie żelbetowych słupów linii napowietrznych, w których zbrojenie stalowe nie jest dostępne,
- części przewodzące, ze względu na ich niewielkie rozmiary (około 50×50 mm) lub ze względu na ich właściwości nie mogą być uchwycone, a także nie może dojść do znaczącego zetknięcia ich z częścią ciała ludzkiego i pod warunkiem, że połączenie z przewodem ochronnym mogłoby być trudne do wykonania lub być zawodne. Dotyczy to np. zasuwek, nitów, tabliczek informacyjnych, uchwytów przewodów,
- metalowe rury lub inne metalowe osłony chroniące urządzenie o podwójnej lub wzmocnionej izolacji.

Rodzaje i środki ochrony przeciwporażeniowej podano w tablicy nr 12.

Tablica 12. Rodzaje i środki ochrony przeciwporażeniowej

Rodzaj ochrony	Środek ochrony	
Ochrona podstawowa	Izolacja podstawowa części czynnych	Powszechnie stosowane środki ochrony
	Przegrody lub obudowy	
	Przeszkody	Środki ochrony stosowane tylko w instalacjach dostępnych dla osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych, lub osób będących pod nadzorem wyżej wymienionych osób
	Umieszczenie poza zasięgiem ręki	
Ochrona przy uszkodzeniu	Samoczynne wyłączenie zasilania	Powszechnie stosowane środki ochrony
	Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona	
	Separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika	
	Izolowanie stanowiska	Środki ochrony stosowane tylko wtedy, gdy instalacja jest pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych tak, że nieautoryzowane zmiany nie mogą być dokonywane
	Nieuziemiene połączenia wyrównawcze miejscowe	
	Separacja elektryczna do zasilania więcej niż jednego odbiornika	
Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia	Obwody SELV lub PELV	Środek ochrony stosowany we wszystkich sytuacjach
Ochrona uzupełniająca	Urządzenia ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA	Środek ochrony uzupełniającej, stosowany w układach a.c. w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu, a także w przypadku nieostrożności użytkowników
	Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne	Środek ochrony uzupełniającej stosowany jako uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu

14. Samoczynne wyłączenie zasilania

Samoczynne wyłączenie zasilania jest środkiem ochrony, w którym:

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych lub przez przegrody lub obudowy,
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez połączenia wyrównawcze ochronne i samoczynne wyłączenie zasilania w przypadku uszkodzenia.

Części przewodzące dostępne powinny być przyłączone do przewodu ochronnego na warunkach określonych dla każdego układu sieci.

Każdy obwód powinien mieć odpowiedni przewód ochronny przyłączony do właściwego zacisku (szyny) uziemiającego.

Jednocześnie dostępne części przewodzące dostępne powinny być przyłączone do tego samego uziemienia indywidualnie, w grupach lub zbiorowo.

W przypadku powstania zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym w obwodzie, urządzenie ochronne powinno samoczynnie przerwać zasilanie przewodu liniowego obwodu lub urządzenia w maksymalnym czasie wyłączenia podanym w tablicy nr 13 dla normalnych warunków środowiskowych oraz w maksymalnym czasie wyłączenia podanym w tablicy nr 14 dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu.

Tablica 13. Maksymalne czasy wyłączenia dla normalnych warunków środowiskowych

Układ sieci	50 V < U _o ≤ 120 V		120 V < U _o ≤ 230 V		230 V < U _o ≤ 400 V		U _o > 400 V	
	s		s		s		s	
	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0,8	Wyłączenie może być wymagane z innych przyczyn niż ochrona przeciwporażeniowa	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

U_o- nominalne napięcie a.c. lub d.c. przewodu liniowego względem ziemi

Uwagi:

1. Dłuższe czasy wyłączenia mogą być dopuszczone w sieciach rozdzielczych oraz elektrowniach i w sieciach przesyłowych systemów.
2. Krótsze czasy wyłączenia mogą być wymagane dla specjalnych instalacji lub lokalizacji objętych arkuszami normy PN-IEC (HD) 60364 grupy 700.
3. Dla układu sieci IT samoczynne wyłączenie zasilania nie jest zwykle wymagane po pojawieniu się pojedynczego zwarcia z ziemią.
4. Maksymalne czasy wyłączenia podane w tablicy nr 13 powinny być stosowane do obwodów odbiorczych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A.
5. Jeżeli w układzie sieci TT wyłączenie jest realizowane przez zabezpieczenia nadprądowe, a połączenia wyrównawcze ochronne są przyłączone do części przewodzących obcych

znajdujących się w instalacji, to mogą być stosowane maksymalne czasy wyłączenia przewidywane dla układu sieci TN.

6. W układach sieci TN czas wyłączenia nieprzekraczający 5 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w pkt. 4.
7. W układach sieci TT czas wyłączenia nieprzekraczający 1 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w pkt. 4.
8. Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania nie może być uzyskane we właściwym czasie, to powinny być zastosowane dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne.

W normie PN-IEC 364-4-481:1994 podane są maksymalne czasy wyłączenia dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu. Dotyczą one specjalnych instalacji lub lokalizacji objętych arkuszami normy PN-IEC (HD) 60364 grupy 700. Czasy te podano w tablicy nr 14.

Tablica 14. Maksymalne czasy wyłączenia dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu w układzie sieci TN

U_0	Dla napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale $U_L \leq 25 \text{ V } \sim ; U_L \leq 60 \text{ V } =$
V	s
120	0,35
230	0,20
277	0,20
400	0,05
480	0,05
580	0,02

W układach a.c. powinna być zastosowana ochrona uzupełniająca za pomocą urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA:

- w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są przewidziane do powszechnego użytkowania i do obsługi przez osoby niewykwalifikowane, oraz
- w obwodach zasilających urządzenia ruchome o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A, używane na zewnątrz.

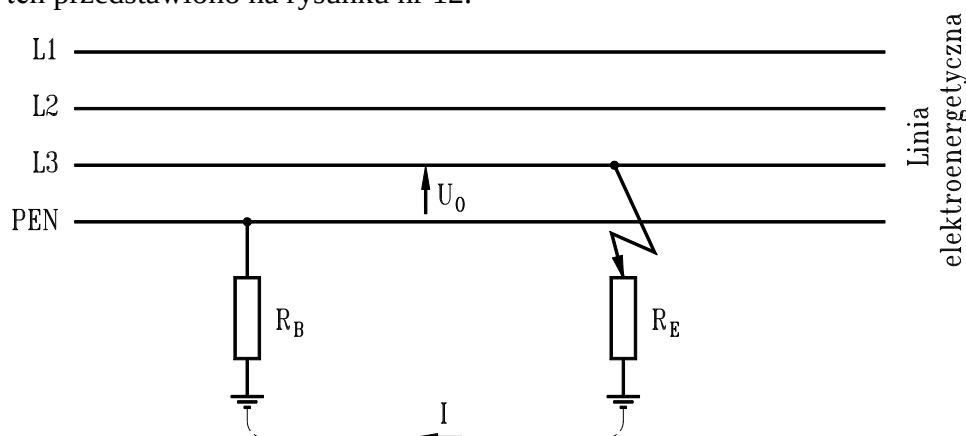
14.1. Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TN

W układzie sieci TN integralność uziemienia instalacji elektrycznej zależy od niezawodnych i skutecznych połączeń przewodów PEN lub PE z ziemią. Tam gdzie uziemienie jest zapewnione z sieci elektroenergetycznej zasilającej, spełnienie koniecznych warunków na zewnątrz instalacji elektrycznej jest obowiązkiem operatora sieci zasilającej.

Przykładami tych warunków są:

- przewód PEN jest połączony z ziemią w wielu miejscach i jest instalowany w taki sposób, aby zminimalizować ryzyko powstania przerwy w przewodzie PEN,
- w przypadku możliwości bezpośredniego zwarcia przewodu fazowego z ziemią, np. w liniach napowietrznych, napięcie pomiędzy przewodem ochronnym (ochronno- neutralnym) i przyłączonymi do niego częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią, nie powinno przekroczyć wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L .

Przykład ten przedstawiono na rysunku nr 12.



Oznaczenia: R_B - wypadkowa rezystancja wszystkich połączonych równolegle uziomów;
 R_E - najmniejsza możliwa rezystancja styku z ziemią części przewodzących obcych, nie przyłączonych do przewodu ochronnego, przez które może nastąpić zwarcie pomiędzy fazą a ziemią.

Rys. 12. Zwarcie z ziemią w linii elektroenergetycznej

Wobec powyższego, aby nie została przekroczona, w przypadku zwarcia takiego rodzaju, wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L , powinna być spełniona zależność:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_0 - U_L}$$

Jeśli $U_L = 50$ V, powyższy wzór przybierze postać:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$$

Części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej powinny być połączone przewodem ochronnym do głównego zacisku (szyny) uziemiającego instalacji, który powinien być połączony z uziemionym punktem układu zasilania.

Zaleca się dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych, w możliwie równomiernych odstępach, dla zapewnienia aby ich potencjał w przypadku zwarcia był bliski potencjałowi ziemi.

Przewody ochronne powinny być również uziemiane w miejscu wprowadzenia ich do każdego z budynków lub obiektów. Zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodzie ochronnym przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

W dużych budynkach dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych nie jest możliwe ze względów praktycznych. W takich budynkach połączenia wyrównawcze ochronne między przewodami ochronnymi i częściami przewodzącymi obcymi spełniają podobną funkcję.

Dla zapewnienia samoczynnego wyłączenia zasilania powinno być spełnione wymaganie:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

gdzie:

- Z_s — impedancja pętli zwarciorowej, obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia i przewód ochronny od miejsca zwarcia do źródła zasilania,
- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie (wyłącznika lub bezpiecznika). W zależności od zastosowanego urządzenia jest to prąd:
- przetężeniowy, albo
 - różnicowy, to jest stanowiący różnicę pomiędzy prądem płynącym w przewodzie L i przewodzie N.

Maksymalne czasy zadziałania urządzenia zabezpieczającego podano w tablicach nr 13 i 14.

W układzie sieci TN do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane:

- zabezpieczenia nadprądowe, albo
- zabezpieczenia ochronne różnicowoprądowe.

14.2. Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TT

Wszystkie części przewodzące dostępne chronione wspólnie przez to samo urządzenie zabezpieczające powinny być połączone przewodem ochronnym do wspólnego uziomu dla wszystkich tych części. W przypadku, gdy jest użytkowanych kilka urządzeń zabezpieczających szeregowo, wymagania te dotyczą oddzielnie wszystkich części przewodzących dostępnych chronionych przez każde z urządzeń zabezpieczających.

Punkt neutralny lub punkt środkowy układu zasilania powinien być uziemiony.

Ochronę przeciwporażeniową realizowaną przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TT należy uznać za skuteczną, jeżeli spełniony zostanie jeden z poniższych warunków:

- a) jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez wyłącznik ochronny różnicowoprądowy o znamionowym prądzie różnicowym $I_{\Delta n}$

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

gdzie:

- R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,
- $I_{\Delta n}$ — znamionowy prąd różnicowy,
- U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Obwód w tym przypadku powinien być również chroniony przed przetężeniami przez zabezpieczenia nadprądowe.

b) jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez zabezpieczenie nadprądowe o prądzie wyłączającym I_a :

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

gdzie:

- Z_s — impedancja pętli zwarciowej, obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia, przewód ochronny części przewodzących dostępnych, przewód uziemiający, uziom instalacji oraz uziom źródła zasilania,
- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w wymaganym czasie określonym w tablicy nr 13.

Zabezpieczenie nadprądowe może być użyte pod warunkiem, że będzie zapewniona odpowiednio mała wartość impedancji pętli zwarciowej Z_s

14.3. Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci IT

W układzie sieci IT części czynne powinny być izolowane od ziemi lub połączone z ziemią przez odpowiednio dużą impedancję. To połączenie może być wykonane albo w punkcie neutralnym lub w punkcie środkowym układu albo w sztucznym punkcie neutralnym.

Przy pojedynczym zwarciu z ziemią w układzie sieci IT prąd uszkodzeniowy jest mały i samoczynne wyłączenie zasilania nie jest bezwzględnie wymagane pod warunkiem, że spełnione jest następujące wymaganie:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

gdzie:

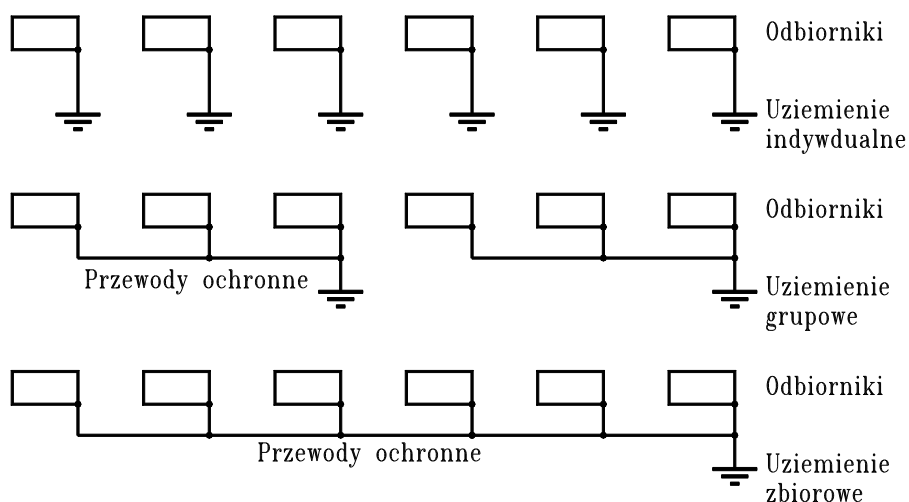
- R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,
- I_d — prąd uszkodzeniowy pojedynczego zwarcia z ziemią o pomijalnej impedancji między przewodem liniowym i częścią przewodzącą dostępną. Przy wyznaczaniu wartości prądu I_d należy uwzględnić prądy upływowe oraz całkowitą impedancję uziemienia instalacji elektrycznej,
- U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W warunkach środowiskowych normalnych wartość U_L wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego. W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu wartość U_L wynosi 25 V i 12 V dla prądu przemiennego oraz 60V i 30V dla prądu stałego.

W przypadkach, w których układ sieci IT jest użyty z uwagi na ciągłość zasilania, należy zastosować urządzenie monitorujące stan izolacji w celu ujawnienia pojedynczego zwarcia z ziemią. Urządzenie to powinno uruchomić sygnalizację akustyczną i/lub wizualną podtrzymywaną przez cały czas trwania zwarcia. Jeżeli zastosowano obie sygnalizacje, akustyczną i wizualną, to sygnalizacja akustyczna może ulegać kasowaniu.

Zaleca się, aby pojedyncze zwarcie z ziemią było usuwane możliwie szybko. Zwarcie takie powoduje wzrost napięcia w pozostałych fazach w stosunku do ziemi o $\sqrt{3}$ i stwarza zagrożenie porażeniem w przypadku zwarcia z ziemią drugiej fazy. Przy zwarcu z ziemią drugiej fazy, które może wystąpić w zupełnie innym miejscu układu, zwarcie przekształca się w podwójne zwarcie z ziemią, podczas którego przepływający prąd osiąga dużą wartość.

Warunki samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku podwójnego zwarcia z ziemią zależą od sposobu uziemienia części przewodzących dostępnych, przedstawionego na rysunku nr 13.



Rys. 13. Sposoby uziemień części przewodzących dostępnych

Przy uziemieniu indywidualnym lub grupowym, warunki samoczynnego wyłączenia zasilania są analogiczne jak dla układu TT. Przy uziemieniu zbiorowym, warunki samoczynnego wyłączenia zasilania są analogiczne jak dla układu TN.

Przy podwójnym zwarcu z ziemią w układzie sieci IT muszą być spełnione następujące warunki samoczynnego wyłączenia zasilania:

- a) jeżeli części przewodzące dostępne są połączone przewodem ochronnym i wspólnie uziemione przez ten sam układ uziemiający (uziemienie zbiorowe), warunki stają się podobne jak dla układu sieci TN i powinny być w sposób następujący spełnione:

$$2 \cdot I_a \cdot Z_s \leq U \quad \text{dla układu IT bez przewodu neutralnego}$$

$$2 \cdot I_a \cdot Z'_s \leq U_0 \quad \text{dla układu IT z przewodem neutralnym}$$

gdzie:

- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TN,
- Z_s — impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód liniowy i przewód ochronny obwodu,

- Z'_s — impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód neutralny i przewód ochronny obwodu.
- U_o — nominalne napięcie przewodu liniowego względem przewodu neutralnego.
- U — nominalne napięcie między przewodami liniowymi

b) jeżeli części przewodzące dostępne są uziemione grupowo lub indywidualnie, warunki stają się podobne jak dla układu sieci TT i powinny być w sposób następujący spełnione:

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

gdzie:

- R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,
- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TT,
- U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W układzie sieci IT do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane:

- nadprądowe urządzenia zabezpieczające,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe,
- urządzenia stałej kontroli stanu izolacji,
- systemy lokalizacji uszkodzenia izolacji.

15. Izolacja podstawowa części czynnych

Izolacja jest przeznaczona do zapobiegania dotknięciu części czynnych, zastosowana w celu zapewnienia ochrony podstawowej.

Części czynne powinny być całkowicie pokryte izolacją, która może być usunięta tylko przez jej zniszczenie.

W przypadku urządzeń elektrycznych, izolacja powinna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń.

16. Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona

Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona jest środkiem ochrony, w którym:

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową, a ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację dodatkową, lub
- ochrona podstawowa i ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację wzmocnioną między częściami czynnymi a częściami dostępnymi.

Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona może być stosowana jako środek ochrony we wszystkich sytuacjach, z wyjątkiem sytuacji objętych ograniczeniami podanymi w odpowiedniej normie PN-IEC(HD) 60364 grupy 700.

Urządzenia elektryczne powinny być:

- urządzeniami klasy ochronności II mającymi podwójną lub wzmocnioną izolację,
- urządzeniami deklarowanymi w odpowiednich normach produktu jako równoważne urządzeniom klasy ochronności II, mającymi całkowitą izolację.

Takie urządzenia oznaczone są symbolem 

Urządzenia elektryczne mające tylko izolację podstawową powinny mieć wykonaną w czasie montażu instalacji izolację dodatkową, zapewniającą stopień bezpieczeństwa równoważny urządzeniom klasy ochronności II. Takie urządzenia oznaczone są symbolem



umieszczonym w widocznym miejscu na zewnątrz i wewnątrz obudowy.

Urządzenia elektryczne mające nieizolowane części czynne powinny mieć wykonaną w czasie montażu instalacji izolację wzmocnioną, zapewniającą stopień bezpieczeństwa równoważny urządzeniom klasy ochronności II, ale tylko tam gdzie elementy konstrukcyjne uniemożliwiają zastosowanie izolacji podwójnej. Takie urządzenia oznaczone są symbolem



umieszczonym w widocznym miejscu na zewnątrz i wewnątrz obudowy.

Urządzenia elektryczne, mające wszystkie części przewodzące oddzielone od części czynnych tylko izolacją podstawową, powinny być umieszczone w obudowach izolacyjnych zapewniających stopień ochrony, co najmniej IPXXB lub IP2X. Przez obudowę izolacyjną nie powinny przechodzić części przewodzące mogące przenieść potencjał.

Jeżeli pokrywy lub drzwiczki obudowy izolacyjnej mogą być otwierane bez użycia narzędzia lub klucza, wszystkie części przewodzące, które są dostępne po otwarciu pokrywy lub drzwiczek powinny znajdować się za przegrodą izolacyjną, zapewniającą stopień ochrony co najmniej IPXXB lub IP2X, chroniącą osoby przed przypadkowym dotknięciem tych części przewodzących. Te przegrody izolacyjne mogą być usuwane tylko przy użyciu narzędzia lub klucza.

17. Przegrody lub obudowy

Przegrody lub obudowy są przeznaczone do zapobiegania dotknięciu części czynnej, zastosowane w celu zapewnienia ochrony podstawowej.

Części czynne powinny być umieszczone wewnątrz obudów lub za ogrodzeniami zapewniającymi stopień ochrony, co najmniej IPXXB lub IP2X, z wyjątkiem przypadków, gdy zdarzają się większe otwory podczas wymiany części jak np. w przypadku niektórych opraw oświetleniowych, lub bezpieczników albo, gdy większe otwory są konieczne dla właściwego funkcjonowania urządzenia zgodnie z odpowiednimi wymaganiami dotyczącymi tego urządzenia.

Poziome górne powierzchnie przegród lub obudów, które są łatwo dostępne powinny mieć zapewniony stopień ochrony, co najmniej IPXXD lub IP4X.

Przegrody lub obudowy powinny być trwale zamocowane, mieć dostateczną stabilność i trwałość, zapewniające utrzymanie wymaganego stopnia ochrony i dostateczne oddzielenie części czynnych w określonych warunkach normalnej eksploatacji, z uwzględnieniem miejscowych warunków środowiskowych.

Jeżeli konieczne jest usunięcie przegród, otwarcie obudów lub usunięcie części obudów, to czynności te powinny być możliwe do wykonania tylko za pomocą klucza lub narzędzia.

18. Separacja elektryczna

Separacja elektryczna jest środkiem ochrony, w którym:

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych lub przez przegrody lub obudowy,
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez separację podstawową obwodu od innych obwodów i od ziemi.

Separowany obwód powinien być zasilany ze źródła, z co najmniej separacją podstawową, a napięcie separowanego obwodu nie powinno przekraczać 500 V.

Części czynne separowanego obwodu nie powinny być połączone z żadnym punktem innego obwodu lub z ziemią lub z przewodem ochronnym.

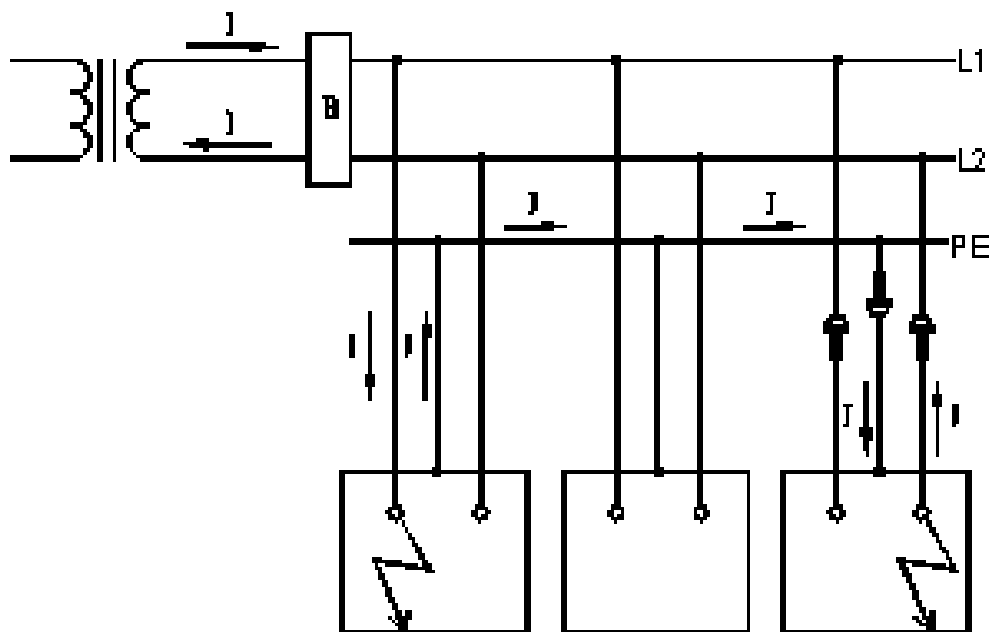
Zaleca się stosowanie oddzielnego oprzewodowania obwodów separowanych. Jeżeli jest konieczne stosowanie obwodów separowanych z innymi obwodami w tym samym oprzewodowaniu, należy wówczas stosować przewody wielożyłowe bez metalowego płaszcza lub przewody izolowane w izolacyjnych rurach lub listwach, pod warunkiem, że:

- napięcie znamionowe obwodów separowanych jest nie niższe od najwyższego napięcia nominalnego,
- każdy obwód jest zabezpieczony przed prądem przetężeniowym.

Części przewodzące dostępne obwodu separowanego nie powinny być połączone ani z przewodem ochronnym ani z częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów ani z ziemią.

Separacja elektryczna powinna być ograniczona do zasilania jednego odbiornika elektrycznego.

W przypadku gdy więcej niż jeden odbiornik elektryczny jest zasilany z obwodu separowanego należy zastosować izolowane, nieuziemione przewody ochronne wyrównawcze łączące części przewodzące dostępne tych odbiorników. Takie połączenia nie powinny być przyłączone do przewodów ochronnych lub części przewodzących dostępnych innych obwodów lub jakiegokolwiek części przewodzącej obcej. Przypadek taki przedstawiono na rysunku nr 14.



Oznaczenia: B - wyłącznik lub bezpiecznik
 Rys. 14. Zwarcie podwójne w obwodzie separowanym

Przewody ochronne wyrównawcze w przypadku wystąpienia zwarcia podwójnego w dwóch różnych odbiornikach umożliwiają przepływ prądu I , powodującego samoczynne wyłączenie zasilania.

W przypadku podwójnego zwarcia dwóch części przewodzących dostępnych z przewodami o różnej biegunowości, jak to pokazano na rysunku nr 14, urządzenie zabezpieczające powinno zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od podanego w tablicy nr 13 lub 14.

Zaleca się, aby iloczyn nominalnego napięcia podanego w woltach i długości oprzewodowania podanej w metrach nie przekraczał wartości 100 000 i aby długość oprzewodowania nie przekraczała 500 m.

19. Bardzo niskie napięcie SELV lub PELV

Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia jest środkiem ochrony, który składa się z jednego z dwóch różnych obwodów bardzo niskiego napięcia:

- SELV lub
- PELV.

Ten środek ochrony wymaga:

- ograniczenia napięcia w obwodach SELV lub PELV do górnej granicy Zakresu I to jest 50 V a.c. lub 120 V d.c., oraz
- separacji ochronnej obwodu SELV lub PELV od wszystkich obwodów innych niż obwody SELV lub PELV oraz izolacji podstawowej między obwodem SELV lub PELV i innymi obwodami SELV lub PELV, oraz
- tylko dla obwodu SELV, izolacji podstawowej między obwodem SELV i ziemią.

Stosowanie SELV lub PELV jest uważane jako środek ochrony we wszystkich sytuacjach.

Następujące źródła zasilania mogą być stosowane dla obwodów SELV lub PELV:

- transformator ochronny,

- źródło prądu zapewniające stopień bezpieczeństwa równy do stopnia bezpieczeństwa transformatora ochronnego (np. przetwornica dwumaszynowa z uzwojeniem zapewniającym równoważną izolację).
- elektrochemiczne źródło (np. bateria) lub inne źródło niezależne od obwodu wyższego napięcia (np. prądnica z napędem dieslowskim).
- niektóre urządzenia elektroniczne spełniające wymagania odpowiednich norm, w których zastosowano środki zabezpieczające, że nawet w przypadku wewnętrznego uszkodzenia, napięcie na zaciskach wyjściowych nie przekroczy górnej granicy Zakresu I.

Obwody SELV lub PELV powinny mieć:

- izolację podstawową między częściami czynnymi i innymi obwodami SELV lub PELV, oraz
- separację ochronną od części czynnych obwodów niebędących SELV lub PELV zapewnioną przez podwójną lub wzmocnioną izolację lub przez izolację podstawową i ekranowanie ochronne dla istniejącego najwyższego napięcia.

Obwody SELV powinny mieć izolację podstawową między częściami czynnymi a ziemią. Obwody PELV i /lub części przewodzące dostępne urządzenia zasilanego przez obwody PELV mogą być uziemione.

Separacja ochronna oprzewodowania obwodów SELV i PELV od części czynnych innych obwodów, które mają co najmniej izolację podstawową, może być osiągnięta przez zastosowanie jednego z następujących rozwiązań:

- przewody obwodów SELV lub PELV powinny być ułożone w niemetalowej osłonie lub izolacyjnej obudowie jako uzupełnienie izolacji podstawowej,
- przewody obwodów SELV lub PELV powinny być odseparowane od przewodów obwodów o napięciu wyższym niż Zakres I przez uziemioną metalową osłonę lub uziemiony metalowy ekran,
- przewody obwodu o napięciu wyższym niż Zakres I mogą występować w wielożyłowym przewodzie lub innym zestawie przewodów, jeżeli przewody SELV lub PELV są izolowane na najwyższe występujące napięcie.

Wtyczki i gniazda wtyczkowe w obwodach SELV i PELV powinny spełniać następujące wymagania:

- wtyczki powinny uniemożliwiać włożenie do gniazd wtyczkowych innych układów napięciowych,
- gniazda wtyczkowe powinny uniemożliwiać włożenie w nie wtyczek innych układów napięciowych,
- wtyczki i gniazda wtyczkowe w obwodach SELV nie powinny mieć styku ochronnego.

Części przewodzące dostępne obwodów SELV nie powinny być połączone z ziemią lub z przewodami ochronnymi lub dostępnymi częściami przewodzącymi innych obwodów.

Jeżeli napięcie nominalne przekracza 25 V a.c. lub 60 V d.c. lub urządzenie jest zanurzone, powinna być przewidywana ochrona podstawowa obwodów SELV i PELV za pomocą:

- izolacji podstawowej części czynnych, lub
- przegród lub obudów.

Ochrona podstawowa jest w ogóle niekonieczna w normalnych suchych warunkach dla:

- obwodów SELV gdzie napięcie nominalne nie przekracza 25 V a.c. lub 60 V d.c.,
- obwodów PELV gdzie napięcie nominalne nie przekracza 25 V a.c. lub 60 V d.c. i części przewodzące dostępne i/lub części czynne są połączone przez przewód ochronny do głównego zacisku (szyny) uziemiającego.

We wszystkich innych przypadkach, ochrona podstawowa nie jest wymagana, jeżeli napięcie nominalne obwodów SELV lub PELV nie przekracza 12 V a.c. lub 30 V d.c.

20. Bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV

Jeżeli ze względów funkcjonalnych jest stosowane napięcie nominalne nieprzekraczające 50 V a.c. lub 120 V d.c, lecz wymagania odnoszące się do SELV lub do PELV nie są spełnione i gdzie SELV lub PELV nie są niezbędne, do zapewnienia ochrony podstawowej i ochrony przy uszkodzeniu powinny być przyjęte dodatkowe środki. Ta kombinacja środków ochrony jest określona jako FELV.

Ochrona podstawowa powinna być zapewniona przez:

- izolację podstawową części czynnych odpowiadającą napięciu nominalnemu obwodu pierwotnego źródła zasilania, albo
- przegrody lub obudowy.

Części przewodzące dostępne urządzenia obwodu FELV powinny być połączone z przewodem ochronnym obwodu pierwotnego źródła zasilania, pod warunkiem, że pierwotny obwód jest chroniony przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Źródłem zasilania obwodu FELV może być transformator, z co najmniej separacją podstawową między uzwojeniami.

Jeżeli obwód FELV jest zasilany z obwodu wyższego napięcia przez takie urządzenia, jak autotransformatory, potencjometry, urządzenia półprzewodnikowe itp., które nie zapewniają minimum separacji podstawowej między tymi obwodami, to obwód FELV powinien być uznany jako przedłużenie obwodu wejściowego i zabezpieczony przez środki ochrony zastosowane w obwodzie wejściowym.

Wtyczki i gniazda wtyczkowe w obwodzie FELV powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

- wtyczki powinny uniemożliwiać włożenie do gniazd wtyczkowych innych układów napięciowych,
- gniazda wtyczkowe powinny uniemożliwiać włożenie w nie wtyczek innych układów napięciowych,
- gniazda wtyczkowe powinny mieć styk ochronny.

21. Przeszkody

Przeszkody są środkiem ochrony podstawowej, przeznaczone do ochrony przed przypadkowym dotknięciem części czynnych, lecz nie chronią przed zamierzonym dotykiem spowodowanym rozmyślnym obejściem przeszkody.

Przeszkody powinny uniemożliwiać

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

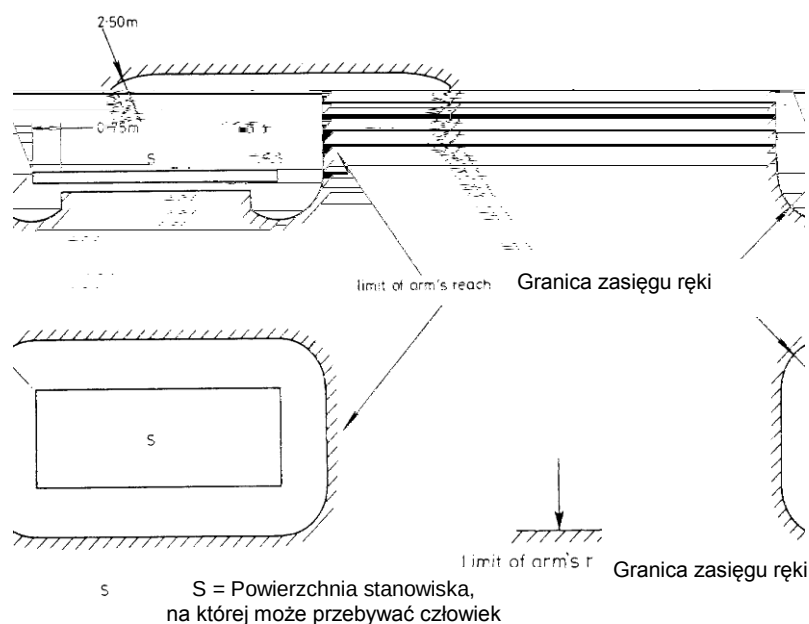
Przeszkody mogą być usuwane bez użycia klucza lub narzędzia, lecz powinny być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem.

22. Umieszczenie poza zasięgiem ręki

Ochrona polegająca na umieszczeniu poza zasięgiem ręki jest środkiem ochrony podstawowej. Ma ona jedynie zapobiegać niezamierzonemu dotknięciu części czynnych.

Części jednocześnie dostępne, o różnych potencjałach, nie powinny znajdować się w zasięgu ręki.

Dwie części uważa się za jednocześnie dostępne, jeżeli znajdują się od siebie w odległości nie większej niż 2,50 m, jak to przedstawiono na rysunku nr 15.



Rys.15. Strefa zasięgu ręki

Jeżeli przestrzeń, w której normalnie mogą przebywać ludzie, jest ograniczona w kierunku poziomym przez przeszkodę (np. poręcz lub siatkę) zapewniającą ochronę w stopniu mniejszym niż IPXXB lub IP2X, to zasięg ręki powinien być mierzony od tej przeszkody. W kierunku pionowym zasięg ręki wynosi 2,5 m od powierzchni stanowiska S, przy czym nie uwzględnia się żadnych pośrednich przeszkód mających stopień ochrony mniejszy niż IPXXB lub IP2X.

Zasięg ręki odnosi się do bezpośredniego dotknięcia gołą ręką bez użycia innych przedmiotów (np. narzędzi lub drabin).

W miejscach, w których normalnie wykonuje się czynności z użyciem przedmiotów przewodzących dużych i długich, odległości podane wyżej powinny być powiększone tak, aby zostały uwzględnione odpowiednie wymiary tych przedmiotów.

23. Izolowanie stanowiska

Izolowanie stanowiska jest środkiem ochrony przy uszkodzeniu mającemu zapobiegać jednoczesnemu dotykowi części, które mogą być o różnym potencjale na skutek uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych.

Wszystkie urządzenia elektryczne powinny spełniać wymagania jednego ze środków ochrony podstawowej.

Części przewodzące dostępne powinny być tak rozmieszczone, aby w normalnych warunkach osoby nie dotknęły jednocześnie

- dwóch części przewodzących dostępnych, lub

- części przewodzącej dostępnej i części przewodzącej obcej,

jeżeli te części w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej lub części czynnej mogą znaleźć się pod różnymi potencjałami.

Na izolowanym stanowisku nie powinno być przewodu ochronnego.

Rezystancja izolacyjnych podłóg i ścian w każdym punkcie pomiaru nie powinna być mniejsza niż

- 50 k Ω , jeżeli nominalne napięcie instalacji nie przekracza 500 V, lub

- 100 k Ω , jeżeli nominalne napięcie instalacji przekracza 500 V.

Jeżeli w każdym punkcie rezystancja jest mniejsza od wymienionej wartości to ze względu na ochronę przed porażeniem elektrycznym podłogi i ściany są uważane za części przewodzące obce.

24. Nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe

Nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe są środkiem ochrony przy uszkodzeniu.

Mają one na celu zapobieganie pojawieniu się niebezpiecznych napięć dotykowych.

Wszystkie urządzenia elektryczne powinny spełniać wymagania jednego ze środków ochrony podstawowej.

Przewody połączeń wyrównawczych powinny łączyć między sobą wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce.

System nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych nie powinien mieć połączenia elektrycznego z ziemią ani bezpośrednio, ani przez części przewodzące dostępne lub części przewodzące obce.

Należy przewidzieć środki ostrożności zapobiegające narażeniu na niebezpieczną różnicę potencjałów osób wchodzących do pomieszczenia z nieuziemionymi połączeniami wyrównawczymi miejscowymi, szczególnie w takim przypadku, gdy przewodząca podłoga izolowana od ziemi jest połączona z nieuziemionym systemem połączeń wyrównawczych miejscowych.

25. Ochrona uzupełniająca

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA są środkiem ochrony uzupełniającej, stosowanym w układach a.c. w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu, a także w przypadku nieostrożności użytkowników w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są przewidziane do powszechnego użytkowania i do obsługiwanie przez osoby niewykwalfikowane oraz w obwodach zasilających urządzenia ruchome o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A, używane na zewnątrz.

Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne uważa się jako uzupełnienie ochrony przy

uszkodzeniu.

Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne powinny obejmować wszystkie równocześnie dostępne części przewodzące urządzenia stałego i części przewodzące obce obejmując gdzie jest to możliwe metalowe zbrojenia konstrukcji betonowych.

Układ połączeń wyrównawczych powinien być połączony z przewodami ochronnymi wszystkich urządzeń włącznie z gniazdami wtyczkowymi.

W przypadkach budzących wątpliwość co do skuteczności dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych, należy sprawdzić, czy rezystancja R między równocześnie osiągalnymi częściami przewodzącymi dostępnymi i częściami przewodzącymi obcymi spełnia następujący warunek:

$$R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

gdzie:

U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale,

I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie.

26. Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych

Jednym z najbardziej skutecznych środków ochrony przeciwporażeniowej jest ochrona przy zastosowaniu urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki ochronne różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekąźnikami różnicowoprądowymi).

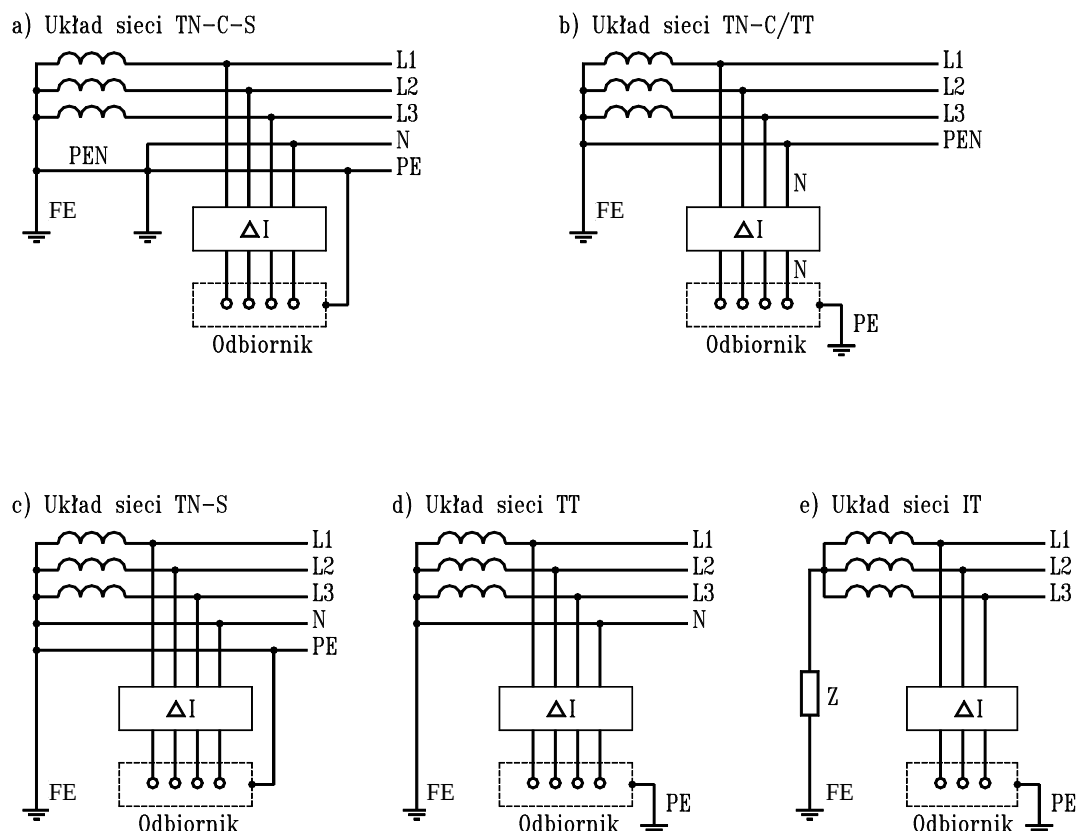
Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki ochronne różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekąźnikami różnicowoprądowymi) w instalacjach elektrycznych ma na celu:

- ochronę przy uszkodzeniu przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń jako elementów samoczynnego wyłączenia zasilania,
- ochronę uzupełniającą w układach a.c. w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu lub w przypadku nieostrożności użytkowników, przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,
- ochronę przed pożarami wywołanymi prądami doziemnymi przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 500 mA.

Prąd zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego przy prądzie uszkodzeniowym przemiennym sinusoidalnym powinien zawierać się w granicach $0,5 I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$, gdzie $I_{\Delta n}$ jest znamionowym prądem różnicowym.

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci z wyjątkiem układu TN-C po stronie obciążenia (za urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym).

Przykładowe sposoby zainstalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci przedstawiono na rysunku nr 16.



Oznaczenia: L1; L2; L3; - przewody fazowe prądu przemiennego; N - przewód neutralny;
 PE - przewód ochronny; PEN - przewód ochronno-neutralny;
 FE - przewód uziemiający funkcjonalny; ΔI - urządzenie ochronne różnicowoprądowe; Z - impedancja

Rys. 16. Sposoby zainstalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci

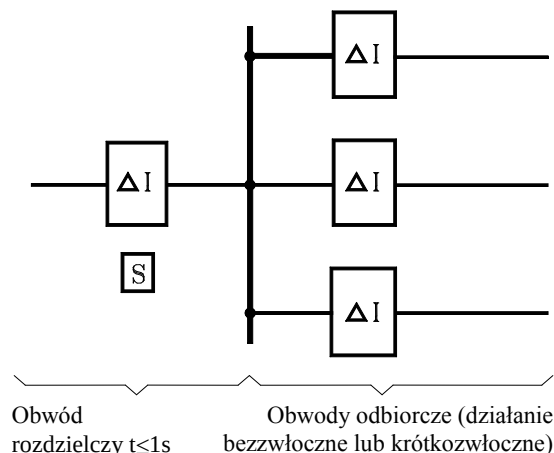
W przypadku zasilania urządzenia w I klasie ochronności, w układzie sieci TN, znajdującego się poza zasięgiem połączeń wyrównawczych, należy w obwodzie zasilającym zainstalować urządzenie ochronne różnicowoprądowe, a część przewodzącą dostępną zasilanego urządzenia przyłączyć do indywidualnego uziemienia, tworząc w ten sposób po stronie obciążenia układ sieci TT. Rezystancja uziemienia powinna być odpowiednia dla znamionowego prądu różnicowego zainstalowanego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego. Cały układ sieci będzie wtedy układem TN-C/TT przedstawionym na rysunku nr 16b. Przykładowe zastosowanie tego układu sieci przedstawione jest na rysunku nr 26, przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia urządzeń elektrycznych na terenie budowy lub rozbiórki.

Przy szeregowym zainstalowaniu urządzeń ochronnych różnicowoprądowych, celem zachowania selektywności (wybiórczości) ich działania, urządzenia powinny spełniać jednocześnie warunki:

- charakterystyka czasowo-prądowa zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, zainstalowanego po stronie zasilania, powinna znajdować się powyżej charakterystyki czasowo-prądowej zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie obciążenia,

- wartość znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie zasilania powinna być równa co najmniej trzykrotnej wartości znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie obciążenia.

Preferowany jest system ochrony grupowej, zapewniający właściwą ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym i pożarami wywołanymi prądami doziemnymi, a jednocześnie gwarantujący niezawodność zasilania elektrycznego. System ten przedstawiony jest na rysunku nr 17. W skład ochrony grupowej wchodzi co najmniej dwa urządzenia ochronne różnicowoprądowe: po stronie zasilania urządzenie ochronne różnicowoprądowe selektywne (s), po stronie obciążenia (obwody odbiorcze) urządzenie ochronne różnicowoprądowe bezzwłoczne lub krótkozwłoczne.



Oznaczenia: t - zwłoka czasu zadziałania; $\boxed{S}$ - symbol urządzeń ochronnych różnicowoprądowych selektywnych; ΔI - urządzenie ochronne różnicowoprądowe

Rys. 17. System ochrony grupowej przy zastosowaniu w obwodach urządzeń ochronnych różnicowoprądowych selektywnych (s) oraz bezzwłocznych lub krótkozwłocznych

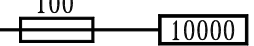
W zależności od kształtu przebiegu prądu w czasie powodującego zadziałanie, urządzenia ochronne różnicowoprądowe dzielą się na:

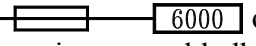
- urządzenia, których działanie jest zapewnione przy prądach różnicowych przemiennych sinusoidalnych oznaczone symbolem: $\boxed{\sim}$ lub literowo AC,
- urządzenia, których działanie jest zapewnione przy prądach różnicowych przemiennych sinusoidalnych i pulsujących stałych oznaczone symbolem: $\boxed{\sim\sim}$ lub literowo A,
- urządzenia, których działanie jest zapewnione przy prądach różnicowych przemiennych sinusoidalnych i pulsujących stałych oraz przy prądach wyprostowanych, oznaczone symbolem: $\boxed{\sim\sim\sim}$ lub literowo B.

Wahania napięć, przepięcia atmosferyczne lub łączeniowe mogą, przez różne pojemności w sieci, spowodować przepływ prądów upływowych, które z kolei mogą być przyczyną zadziałania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych. Zjawisko to może wystąpić w odbiornikach z dużymi powierzchniami elementów lub dużą liczbą kondensatorów

przeciwzakłóceń. Do odbiorników tych można zaliczyć wielkopowierzchniowe elementy grzejne, oprawy świetlówkowe, komputery, układy rentgenowskie itp.

Dla uniknięcia błędnych działań należy w wyżej wymienionych przypadkach stosować urządzenia ochronne różnicowoprądowe z podwyższoną wytrzymałością na prąd udarowy, oznaczone symbolami:  lub  lub , lub krótkozwłoczny .

Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe muszą być chronione przed skutkami zwarcia. Na tabliczce znamionowej wyłącznika podawana jest jego wytrzymałość zwarcia oraz maksymalna wartość prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej zabezpieczającej ten wyłącznik. Umieszczony na tabliczce znamionowej symbol  oznacza, że wyłącznik wytrzymuje prąd zwarcia 10 000 A, o ile jest zabezpieczony wkładką bezpiecznikową 100 A.

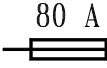
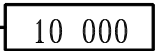
Natomiast symbol  oznacza, że wyłącznik wytrzymuje prąd zwarcia 6000 A, o ile jest zabezpieczony wkładką bezpiecznikową 63 A.

Umieszczony na tabliczce znamionowej symbol  oznacza, że wyłącznik ochronny różnicowoprądowy może być stosowany w obniżonych temperaturach do -25°C , np. na terenach budowy. Przy zastosowaniu wyłączników w takich warunkach należy przyjąć rezystancję uziemienia równą 0,8 wartości wymaganej dla normalnych warunków otoczenia, tj. dla zakresu temperatur od -5°C do $+40^{\circ}\text{C}$.

Oznaczenia wyłączników ochronnych różnicowoprądowych podano w tablicy nr 15.

Tablica 15. Oznaczenia wyłączników ochronnych różnicowoprądowych

Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
AC		Wyłącznik reaguje tylko na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne (zgodny z PN-EN 61008)
A		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne, na prądy pulsujące jednopółkowe oraz na prądy sinusoidalne odkształcone ze składową stałą do 6 mA (zgodny z PN-EN 61008)
B		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne, na prądy pulsujące jednopółkowe , na prądy sinusoidalne odkształcone oraz stałe pulsujące
G		Wyłącznik o zwiększonej odporności na udary 8/20 μs do 3000 A
kV		Wyłącznik o zwiększonej odporności na udary 8/20 μs do 3000 A oraz posiadający zwłokę czasową około 100ms przy $I_{\Delta n}$
S		Wyłącznik selektywny. Zwłoka czasowa przy $5 \times I_{\Delta n}$ 150 ms (500 ms przy $I_{\Delta n}$). Odporny na udary 8/20 μs do 5 kA (zgodny z PN-EN 61008)

-25°C		Wyłącznik dostosowany do użytkowania w temperaturach do -25°C. Bez oznaczenia do -5°C (zgodny z PN-EN 61008)
F		Wyłącznik na inną częstotliwość. W przykładzie na 150 Hz
		Wyłącznik wytrzymuje prąd zwarcia 10 000 A, pod warunkiem zabezpieczenia go bezpiecznikiem topikowym gG 80 A (zgodnie z PN-EN 61008)

Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA w obwodach zasilających gniazda wtyczkowe na terenach budowy, w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych, łazienkach, basenach pływackich, na kempingach, w przestrzeniach ograniczonych powierzchniami przewodzącymi itp. nakazują arkusze normy PN-IEC (HD) 60364 z grupy 700.

27. Warunki stosowania urządzeń elektrycznych, w tym opraw oświetleniowych o określonych klasach ochronności, zapewniające ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym

Urządzenia klasy ochronności 0, w tym oprawy oświetleniowe klasy 0, można stosować jedynie:

- przy użyciu separacji elektrycznej (tylko indywidualnej, dla jednego urządzenia), lub
- przy izolowaniu stanowiska.

Urządzenia klasy ochronności I, w tym oprawy oświetleniowe klasy I, powinny mieć części przewodzące dostępne przyłączone do przewodu ochronnego PE przy zastosowaniu samoczynnego wyłączenia zasilania jako środka ochrony przy uszkodzeniu.

Powoduje to konieczność powszechnego stosowania gniazd ze stykiem ochronnym i doprowadzania przewodu ochronnego PE do wypustów oświetleniowych.

Przy takim rozwiązaniu gniazd i wypustów użytkownik może stosować urządzenia klasy ochronności I, w tym oprawy oświetleniowe klasy I. Jednocześnie należy propagować stosowanie urządzeń, w tym opraw oświetleniowych o II klasie ochronności.

Pojedyncze gniazda wtyczkowe ze stykiem ochronnym należy instalować w takim położeniu, aby styk ten występował u góry.

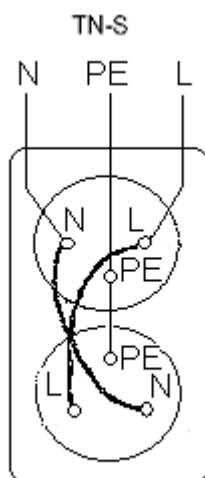
Przewody do gniazd wtyczkowych dwubiegunowych należy przyłączać w taki sposób, aby przewód fazowy był przyłączony do lewego bieguna, a przewód neutralny do prawego bieguna – układ sieci TN-S.

W istniejących rozwiązaniach instalacyjnych, gdzie występuje układ sieci TN-C, przewód fazowy należy przyłączać do lewego bieguna, natomiast przewód ochronno-neutralny PEN do styku ochronnego połączonego z prawym biegunem jak to przedstawiono na rysunku nr 18.



Rys 18. Schemat przyłączenia przewodów do gniazda wtyczkowego ze stykiem ochronnym w układzie sieci TN-S i TN-C

W przypadku gniazd wtyczkowych podwójnych powinna obowiązywać zasada przyłączania przewodów tak jak dla gniazd wtyczkowych pojedynczych. W związku z powyższym gniazda podwójne powinny mieć krzyżowe połączenia zacisków prądowych tak jak to przedstawiono na rysunku nr 19.



Rys. 19. Schemat przyłączenia przewodów do gniazda wtyczkowego podwójnego ze stykami ochronnymi w układzie sieci TN-S

Nie zaleca się stosowania gniazd wtyczkowych wielokrotnych (podwójnych, potrójnych), w których nie może być realizowany jednakowy układ biegunów względem styku ochronnego PE, taki jak podano wyżej.

28. Instalacje elektryczne w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym

W normie PN-IEC (HD) 60364 przyjęto zasadę, że ogólne postanowienia normy dotyczą normalnych warunków środowiskowych i rozwiązań instalacji elektrycznych, natomiast w warunkach środowiskowych stwarzających zwiększone zagrożenie wprowadza się odpowiednie obostrzenia i stosuje się specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych. Obostrzenia te oraz specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych określają arkusze normy PN-IEC (HD) 60364 z grupy 700.

Obostrzenia te polegają na:

- zakazie umieszczania urządzeń elektrycznych w określonych miejscach (strefach),

- zakazie stosowania niektórych środków ochrony; np. przeszkód, umieszczania poza zasięgiem ręki, izolowania stanowiska, nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych,
- stosowaniu urządzeń o odpowiednich stopniach ochrony (Kod IP),
- konieczności stosowania dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych,
- konieczności obniżenia napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale w określonych warunkach otoczenia do wartości 25 V i 12 V prądu przemiennego oraz odpowiednio 60 V i 30 V prądu stałego,
- konieczności stosowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki ochronne różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekaźnikami różnicowoprądowymi) o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,
- kontroli stanu izolacji (doziemienia) w układach sieci IT.

We wszystkich przypadkach, gdy powinna być obniżona wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale powinien być również skrócony maksymalny dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania.

W przypadku ochrony przeciwporażeniowej przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia należy stosować obwody SELV, a w szczególnie uzasadnionych przypadkach obwody PELV. Miejsca i pomieszczenia stwarzające zwiększone zagrożenie oraz stosowane w nich środki ochrony i rozwiązania instalacji elektrycznych przedstawione są poniżej.

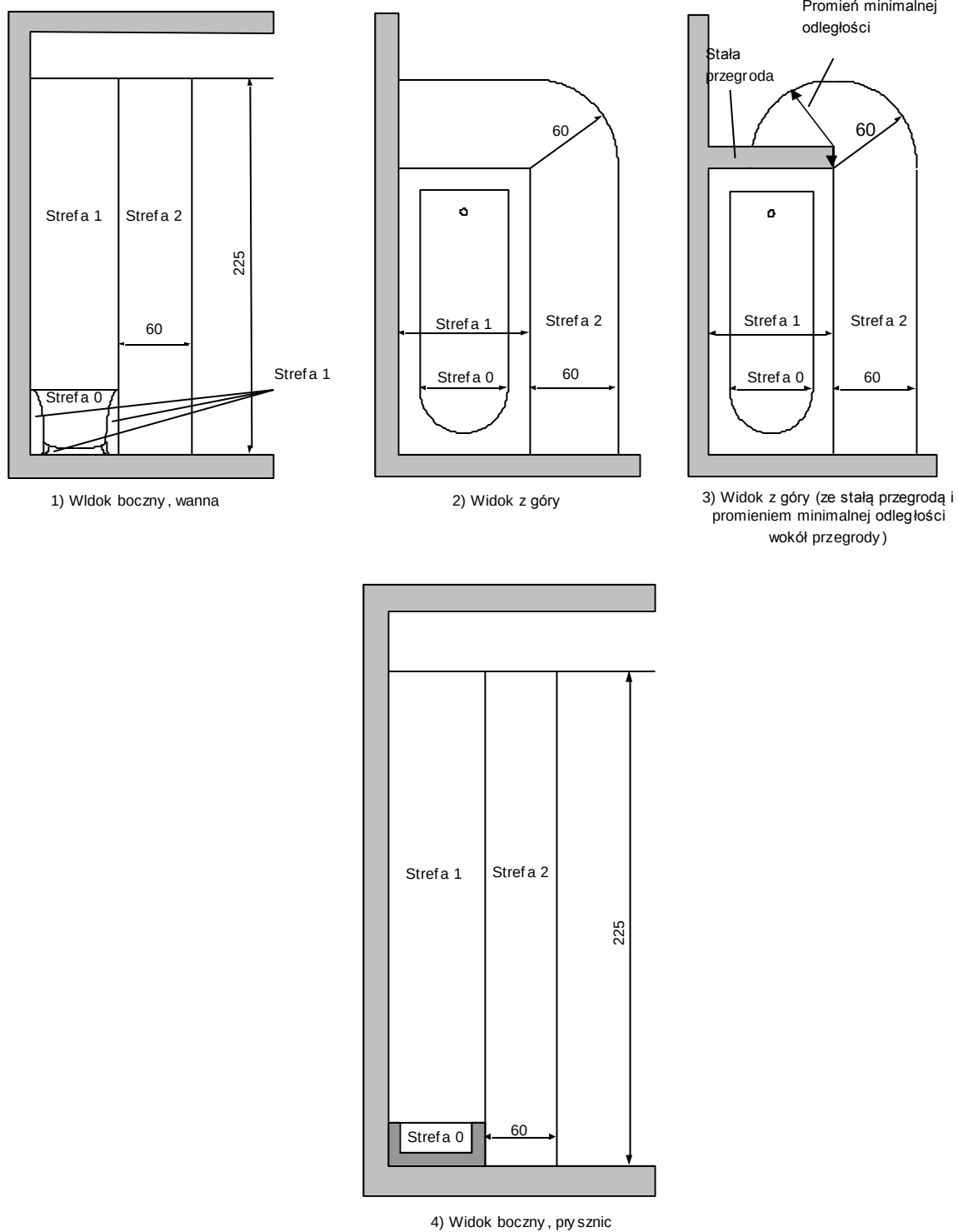
28.1. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub prysznic

W wyżej wymienionych pomieszczeniach wyróżnia się trzy strefy:

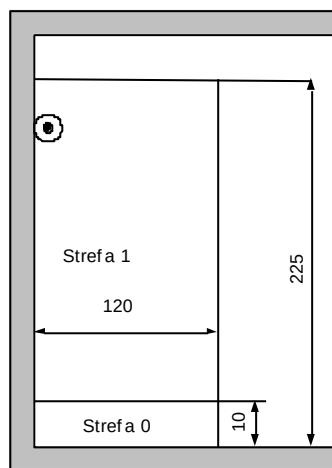
- *strefa 0* jest wnętrzem wanny lub basenu prysznic. Dla prysznic bez basenu, wysokość strefy 0 wynosi 10cm, zasięg jej powierzchni jest taki sam jak zasięg poziomy strefy 1.
 - *strefa 1* jest ograniczona:
 - a) poziomem podłogi i poziomą płaszczyzną związaną z najwyższym miejscem umocowania głowicy prysznic, wypływem wody lub poziomą płaszczyzną znajdującą się 225 cm nad poziomem podłogi. Przyjmuje się tę, która jest większa,
 - b) przez powierzchnię pionową:
 - otaczającą wannę lub basen prysznic,
 - w odległości 120 cm od stałego punktu wypływu wody na ścianie lub suficie dla pryszniców bez basenu.
- Strefa 1 nie obejmuje strefy 0.
Przestrzeń pod wanną, basenem prysznic lub prysznicem jest zaliczana do strefy 1.

- *strefa 2* jest ograniczona:
 - a) poziomem podłogi i poziomą płaszczyzną związaną z najwyższym miejscem umocowania głowicy prysznica lub płaszczyzną poziomą znajdującą się 225 cm nad poziomem podłogi. Przyjmuje się tą , która jest większa,
 - b) przez powierzchnię pionową na granicy strefy 1 i równoległą płaszczyznę pionową w odległości 60 cm od granicy strefy 1.

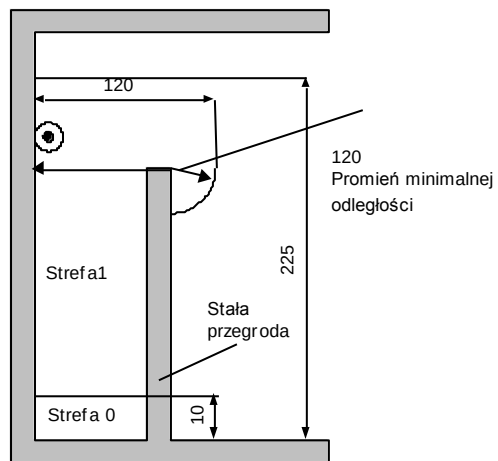
Na rysunkach nr 20 i 21 przedstawiono wymiary wyżej wymienionych stref.



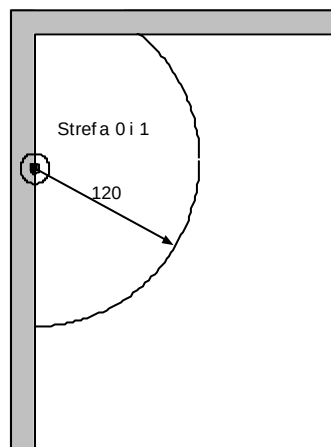
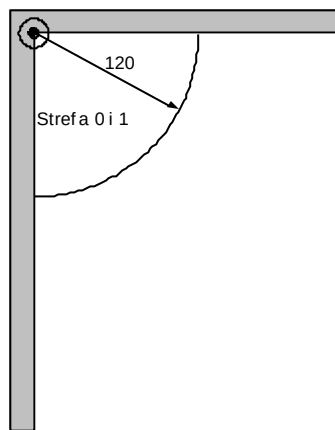
Rys. 20. Wymiary stref w pomieszczeniach zawierających wannę lub prysznic z basenem



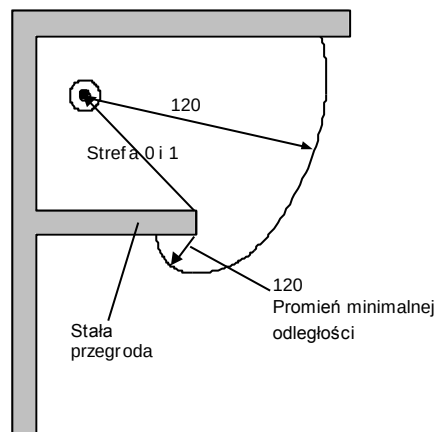
1) Widok boczny



2) Widok boczny (ze stałą przegrodą i promieniem minimalnej odległości wokół przegrody)



3) Widok z góry (dla różnych lokalizacji umocowania wyłotu wody)



4) Widok z góry ze stałym odpływem wody (ze stałą przegrodą i promieniem minimalnej odległości wokół przegrody)

Rys. 21. Wymiary stref 0 i 1 w pomieszczeniach zawierających wannę lub prysznic bez basenu

Ochrona przeciwporażeniowa

W pomieszczeniach wyposażonych w wannę lub prysznic, nie należy stosować następujących środków ochrony przeciwporażeniowej wymienionych w tablicy nr 12:

- przeszkód,
- umieszczania poza zasięgiem ręki,
- izolowania stanowiska,
- nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.

Ochrona za pomocą separacji elektrycznej może być stosowana w przypadku:

- obwodu zasilającego pojedyncze urządzenie odbiorcze, lub
- jednego pojedynczego gniazda wtyczkowego.

Ochrony za pomocą separacji elektrycznej nie należy stosować w systemach elektrycznego ogrzewania podłogowego.

Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia SELV i PELV może być stosowana pod warunkiem, że ochronę podstawową w tych obwodach zapewniają:

- przegrody lub obudowy o stopniu ochrony co najmniej IPXXB lub IP2X, lub
- izolacja podstawowa wytrzymująca napięcie probiercze nie mniejsze niż 500 V a.c. wartości skutecznej przez 1 min.

Ochrona uzupełniająca jest realizowana poprzez stosowanie:

- urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA zapewniających ochronę wszystkich obwodów, z wyjątkiem obwodów w których zastosowano separację elektryczną lub bardzo niskie napięcie SELV i PELV,
- dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych, łączących przewód ochronny z częściami przewodzącymi obcymi. Dotyczy to takich części przewodzących obcych jak metalowe części instalacji wodnej, instalacji kanalizacyjnej, instalacji ogrzewczej, instalacji klimatyzacyjnej, instalacji gazowej oraz dostępne metalowe części konstrukcji i zbrojenia budowlanego. Przykład wykonania dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych w łazience przedstawiony jest na rysunku nr 11.

Instalowanie odbiorników energii elektrycznej

W strefie 0 można instalować odbiornik energii elektrycznej pod warunkiem że:

- jest zgodny ze stosowaną normą i jest przystosowany do użytkowania w tej strefie zgodnie z instrukcją wytwórcy,
- jest trwale zainstalowany i stale połączony,
- jest chroniony przez SELV o napięciu nieprzekraczającym 12 V a.c. lub 30 V d.c.

W strefie 1 można instalować odbiornik energii elektrycznej pod warunkiem że:

- jest przystosowany do użytkowania w tej strefie zgodnie z instrukcją wytwórcy,
- jest trwale zainstalowany i stale połączony.

Takim urządzeniami są:

- wirówka wodna,

- pompa prysznicowa,
- urządzenie chronione przez SELV lub PELV o napięciu nieprzekraczającym 12 V a.c. lub 30 V d.c.
- urządzenia wentylacyjne,
- suszarki ręczników,
- urządzenia do podgrzewania wody,
- oprawy oświetleniowe.

Instalowanie rozdzielnic, urządzeń sterujących i osprzętu

Następujące rozdzielnice, urządzenia sterujące i osprzęt można instalować w poszczególnych strefach:

w strefie 0

nie można instalować.

w strefie 1

- puszkę łączeniową i zamocowania służące do zasilania odbiorników energii elektrycznej dopuszczonych do instalowania w strefie 0 i 1,
- osprzęt, łącznie z gniazdami wtyczkowymi, z obwodów chronionych przez SELV lub PELV o napięciu nieprzekraczającym 25 V a.c. lub 60 V d.c.

Źródło zasilające powinno być zainstalowane na zewnątrz strefy 0 oraz 1.

w strefie 2

- osprzęt z wyjątkiem gniazd wtyczkowych,
- osprzęt, łącznie z gniazdami wtyczkowymi z obwodów chronionych przez SELV lub PELV. Źródło zasilające powinno być zainstalowane na zewnątrz strefy 0 oraz 1,
- elektryczne maszyny do golenia,
- osprzęt, łącznie z gniazdami wtyczkowymi, do urządzeń sygnalizacyjnych i komunikacji, pod warunkiem, że wyposażenie jest chronione przez SELV lub PELV.

Systemy elektrycznego ogrzewania podłogowego

Dla systemów elektrycznego ogrzewania podłogowego, powinny być stosowane wyłącznie przewody grzejne odpowiadające stosownym normom wyrobu lub cienkie wiotkie elementy grzejne zgodne z właściwymi normami wyrobu pod warunkiem, że mają one albo metalową powłokę lub metalową osłonę lub cienką metalową siatkę. Cienka metalowa siatka, metalowa powłoka albo metalowa osłona powinny być przyłączone do przewodu ochronnego obwodu zasilania. Zgodność z ostatnimi wymaganiami nie jest obowiązkowa jeżeli przewidziany jest środek ochrony SELV do systemu ogrzewania podłogowego.

Oprzewodowanie

Oprzewodowanie zasilające urządzenia elektryczne w strefie 0, 1 lub 2 i wykonane na częściach ścian, które graniczą z tymi strefami powinno być instalowane albo na powierzchni albo wbudowane wewnątrz ściany na głębokość minimum 5 cm. Oprzewodowanie zasilające odbiorniki energii elektrycznej w strefie 1 powinno być wykonane:

- albo pionowo z góry przez ścianę z tyłu urządzenia lub poziomo w ścianie z tyłu urządzenia jeżeli stały odbiornik jest zainstalowany nad wanną (np. urządzenie ogrzewające wodę);
- albo pionowo z dołu lub poziomo przez przyległą ścianę jeżeli urządzenie jest umieszczone w przestrzeni poniżej wanny.

Wszelkie inne oprzewodowanie łącznie z osprzętem wbudowane wewnątrz części ścian lub przegród, które ograniczają strefę 0, 1 lub 2 powinno być umieszczone co najmniej na głębokości 5 cm.

Wpływy zewnętrzne

Zainstalowane urządzenia elektryczne powinny mieć co najmniej następujące stopnie ochrony:

- w strefie 0: IPX7
- w strefie 1: IPX4
- w strefie 2: IPX4

Urządzenia elektryczne narażone na strumienie wody (np. w celu przeprowadzenia czyszczenia strumieniem wody w publicznych kąpieliskach lub tam, gdzie bezpośredni natrysk z prysznica jest prawdopodobny) powinny mieć stopień ochrony co najmniej IPX5.

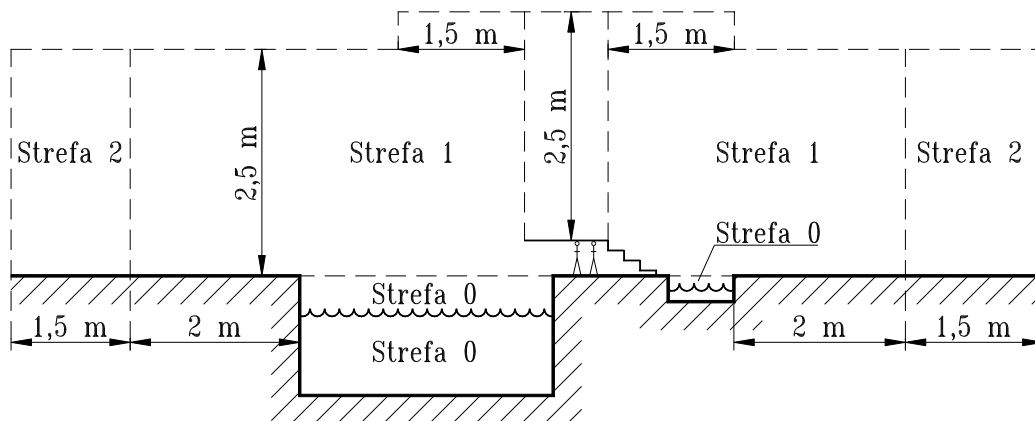
28.2. Baseny pływackie i inne

W wyżej wymienionych pomieszczeniach wyróżnia się trzy strefy:

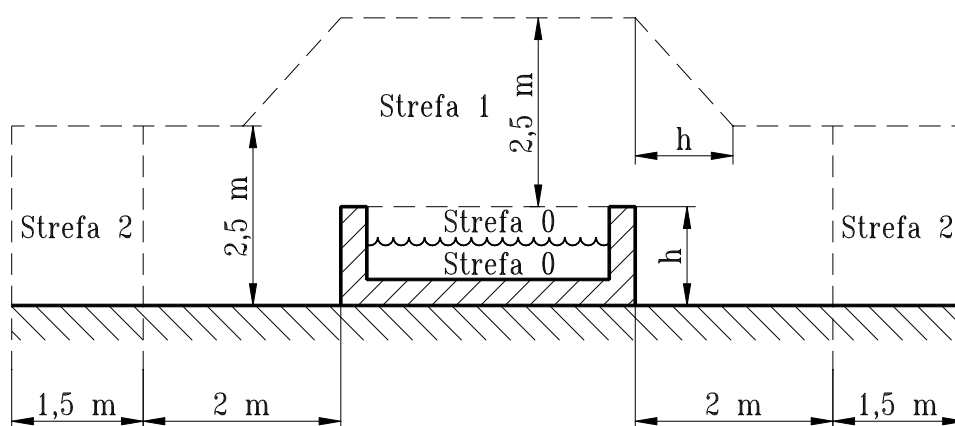
- **strefa 0** obejmuje wnętrza basenów, brodzików, fontann i kaskad wodnych,
- **strefa 1** jest ograniczona płaszczyznami: pionową - przebiegającą w odległości 2 m od krawędzi basenu oraz poziomą - przebiegającą na wysokości 2,5 m nad powierzchnią terenu lub inną powierzchnią, na której mogą przebywać ludzie. Jeżeli basen wyposażony jest w wieże, trampoliny, bloki startowe lub ślizgi, strefa 1 obejmuje przestrzeń zawartą między płaszczyzną pionową otaczającą te elementy w odległości 1,5 m, a płaszczyzną poziomą przebiegającą na wysokości 2,5 m nad najwyższą położoną powierzchnią, na której mogą przebywać ludzie,
- **strefa 2** jest ograniczona płaszczyznami: pionową - przebiegającą w odległości 1,5 m na zewnątrz od płaszczyzny ograniczającej strefę 1 oraz poziomą - przebiegającą na wysokości 2,5 m nad powierzchnią terenu lub inną powierzchnią, na której mogą przebywać ludzie.

W przypadku fontann nie przewiduje się strefy 2.

Na rysunkach nr 22 i 23 przedstawiono wymiary wyżej wymienionych stref, z uwzględnieniem ścian i stałych przegród oddzielających.



Rys. 22. Wymiary stref basenów pływackich i brodzików



Rys. 23. Wymiary stref basenów ponad ziemią

W pomieszczeniach tych obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie ochrony przeciwporażeniowej oraz instalowania sprzętu, osprzętu, przewodów i odbiorników, a mianowicie:

- wykonanie dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych, łączących wszystkie części przewodzące obce z sobą oraz z przewodami ochronnymi. Dotyczy to takich części przewodzących obcych jak: metalowe konstrukcje basenów, brodzików i fontann oraz wszelkiego rodzaju rury, konstrukcje i zbrojenia budowlane,
- zastosowanie środków ochrony dla poszczególnych stref basenów pływackich i fontann według zestawienia podanego w tablicy nr 16,
- dobór i montaż wyposażenia elektrycznego w poszczególnych strefach basenów pływackich i fontann według zestawienia podanego w tablicy nr 17.

Tablica 16. Środki ochrony dla poszczególnych stref basenów pływackich i fontann

Strefy		Środki ochrony					
		Zasilanie bardzo niskim napięciem (obwód SELV) o wartości:		Separacja elektryczna. Liczba zasilanych urządzeń z obwodu separowanego	Samoczynne wyłączenie zasilania za pomocą wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego o znamionowym prądzie różnicowym $I_{\Delta n}$	Wymagania według następujących punktów PN-IEC 60364-7-702	Stopień ochrony według PN-IEC 60364-7-702 punkt 702.512.2
		dla prądu przemiennego	dla prądu stałego				
Strefa 0	A	12 V	30 V	Nie dotyczy	Nie dotyczy	702.471.3.1	IPX8
	B	50 V (12 V dla opraw oświetleniowych)	120 V (30 V dla opraw oświetleniowych)	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.471.3.2	
	C	50 V	120 V	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.471.3.1	
Strefa 1	A	12 V	30 V	Nie dotyczy	Nie dotyczy	702.471.3.1	IPX5/4
	B	50 V	120 V	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.471.3.2	
	E	25 V	60 V	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.53	
Strefa 2	A	50 V	120 V	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.471.3.3	IPX2/4/5
	B	Nie obowiązuje	Nie obowiązuje	Nie obowiązuje	Nie obowiązuje	702.32	
	D	50 V	120 V	1	$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	702.53	

A - ogólnie

B- tylko fontanny

C - obwody zasilające urządzenia do stosowania wewnątrz basenów, gdy ludzie przebywają poza strefą 0

D - gniazda i łączniki

E - gniazda i łączniki dla małych basenów pływackich

Źródła napięcia zasilającego zainstalowane poza strefami 0; 1 i 2.

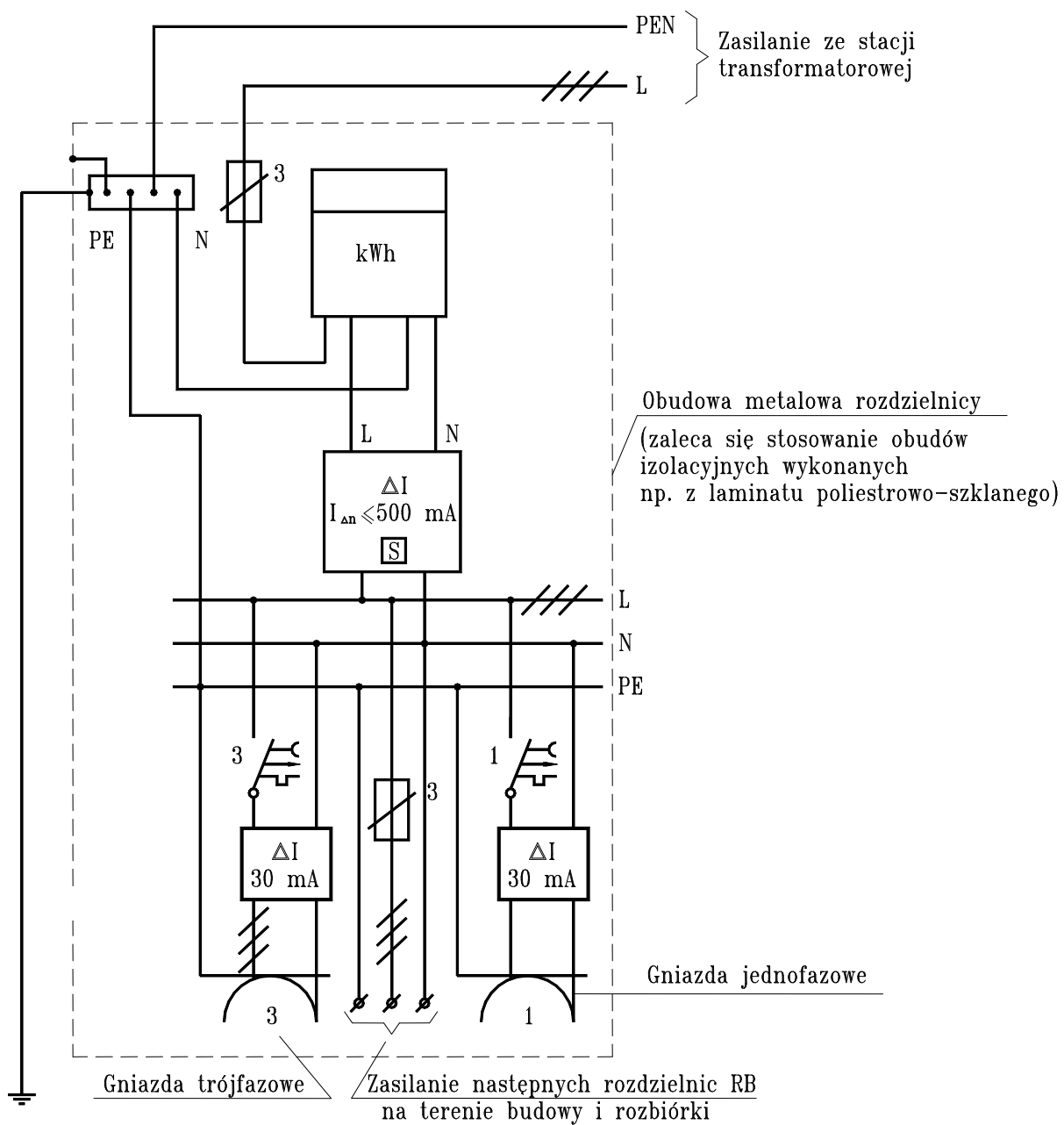
Tablica 17. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego w poszczególnych strefach basenów pływackich i fontann

Wyszczególnienie	Dopuszczalne wyposażenie w strefie 0	Dopuszczalne wyposażenie w strefie 1	Dopuszczalne wyposażenie w strefie 2	Wymagania według następujących punktów PN-IEC 60364-7-702	Uwagi
Instalacje elektryczne	Instalacji nie należy wykonywać w dostępnych metalowych osłonach. Niedostępne metalowe osłony instalacji powinny być przyłączone do dodatkowego połączenia wyrównawczego ochronnego. Zaleca się, aby przewody były ułożone w rurach z materiału izolacyjnego.			702.522	
Puszki łączeniowe	Nie	Nie Wyjątek stanowią obwody wymienione w uwagach	Tak	702.522.24	Dopuszcza się montaż puszek w strefie 1 dla obwodów zasilanych bardzo niskim napięciem (obwód SELV)
Urządzenia z wyjątkiem gniazd i łączników	Nie	Nie	Tak	702.53	
Gniazda i łączniki	Nie	Tak Patrz uwagi	Tak Patrz uwagi	702.53	Szczególne środki ochrony w strefie 2. Dla małych basenów pływackich w strefie 1 - co najmniej 1,25 m od strefy 0 i co najmniej 0,3 m nad podłogą
Inne urządzenia:					
— przewidziane do stosowania w basenach pływackich	Tak	Tak	Tak	702.55.1	Szczególne środki
— elementy grzewcze umieszczone w podłodze	Nie związane	Tak	Tak	702.55.1	Zasilane bardzo niskim napięciem (obwód SELV) lub obudowane uziemioną siatką metalową albo metalową osłoną przyłączoną do dodatkowego połączenia wyrównawczego ochronnego
— oświetlenie podwodne	Tak	Nie dotyczy	Nie dotyczy	702.55.2	Szczególne wymagania
— dla fontann	Tak	Tak	Nie określa się	702.55.3	Szczególne wymagania w strefach 0 i 1
— stałe wyposażenie zainstalowane w strefie 1	Nie dotyczy	Tak	Nie dotyczy	702.55.4	Szczególne wymagania w przypadku oprav oświetleniowych. Patrz poniżej
— oświetlenie zainstalowane w strefie 1	Nie dotyczy	Tak Patrz uwagi	Nie dotyczy	702.55.4	Szczególne wymagania

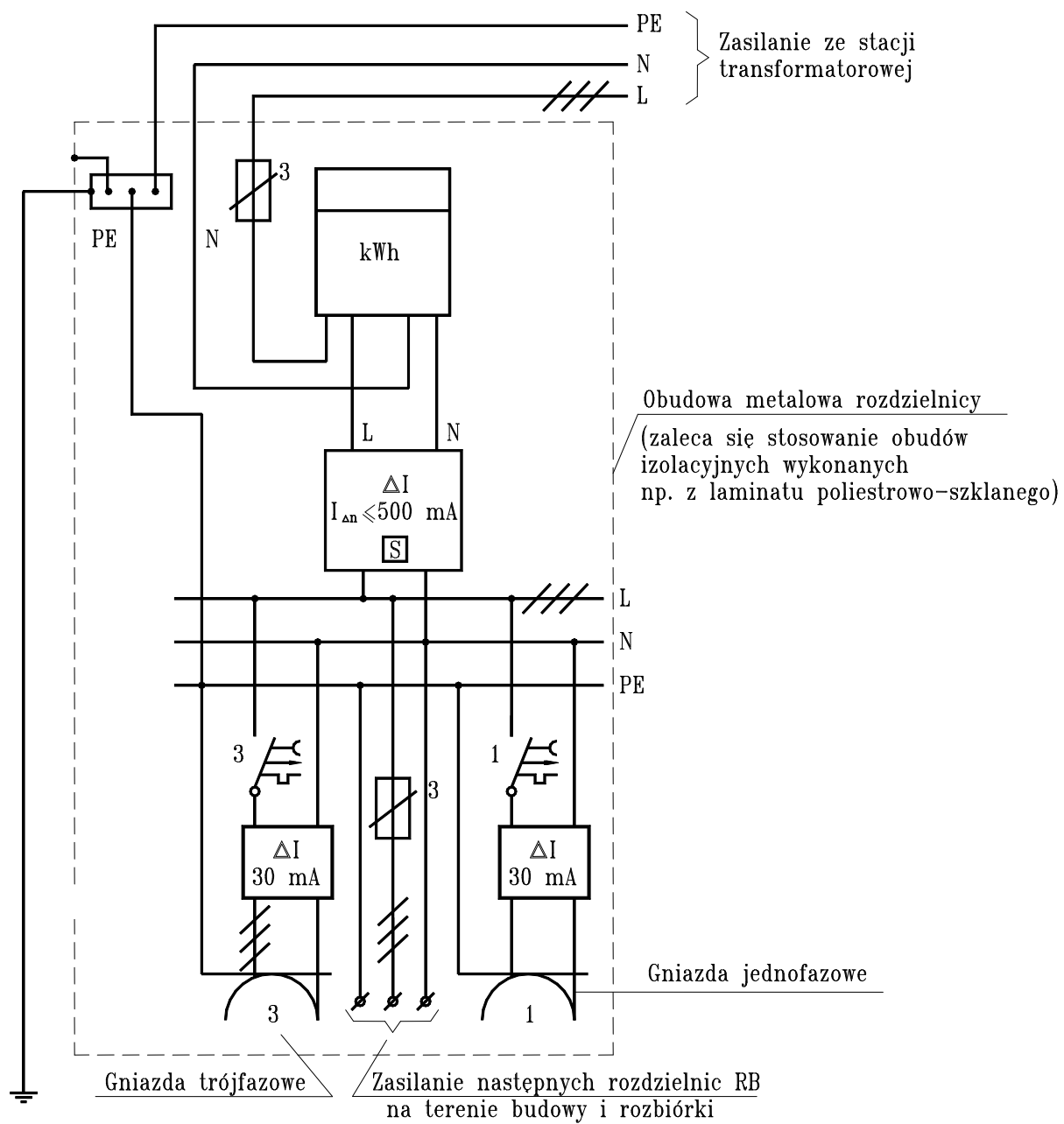
28.3. Tereny budowy i rozbiórki

Zagospodarowanie elektroenergetyczne terenu budowy i rozbiórki, zapewniające skuteczną ochronę przeciwporażeniową wymaga aby:

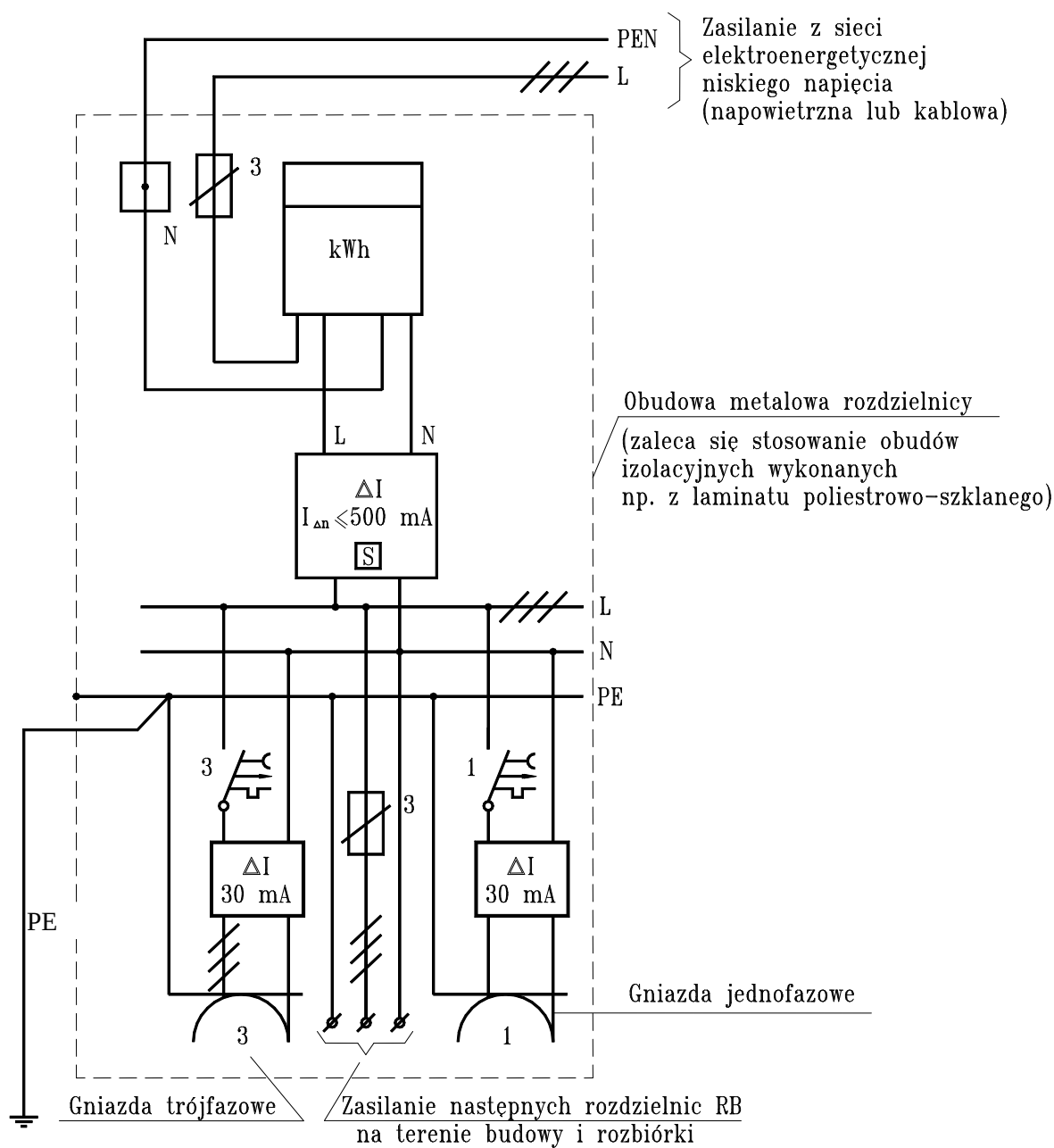
- napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale było ograniczone do wartości 25 V prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego,
- obwody zasilające gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A i inne obwody zasilające ręczne narzędzia elektryczne również o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A były zabezpieczone wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA albo zasilane indywidualnie z transformatora separacyjnego lub bardzo niskim napięciem (obwody SELV i PELV),
- obwody zasilające gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym przekraczającym 32 A były zabezpieczone wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 500 mA, stosowanymi jako urządzenia wyłączające przy samoczynnym wyłączeniu zasilania jako środka ochrony przy uszkodzeniu,
- na terenie budowy i rozbiórki był stosowany układ sieci TN-S przy zasilaniu ze stacji transformatorowej w układzie TN-C-S (rysunek nr 24) lub w układzie TN-S (rysunek nr 25) oraz stosowany układ sieci TT przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia w układzie TN-C/TT (rysunek nr 26),
- sprzęt i osprzęt instalacyjny był o stopniu ochrony co najmniej IP44, a urządzenia rozdzielcze o stopniu ochrony co najmniej IP43,
- preferowane było stosowanie na terenach budowy i rozbiórki odbiorników, narzędzi oraz urządzeń o II klasie ochronności,
- cała instalacja i urządzenia elektryczne na terenie budowy i rozbiórki były zabezpieczone wyłącznikiem ochronnym różnicowoprądowym selektywnym o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 500 mA dla zapewnienia selektywnej współpracy urządzeń zabezpieczających tak, jak to przedstawiono na rysunkach nr 24; 25 i 26.



Rys. 24. Schemat elektryczny rozdzielnicy dla terenu budowy i rozbiórki.
Zasilanie ze stacji transformatorowej w układzie TN-C-S

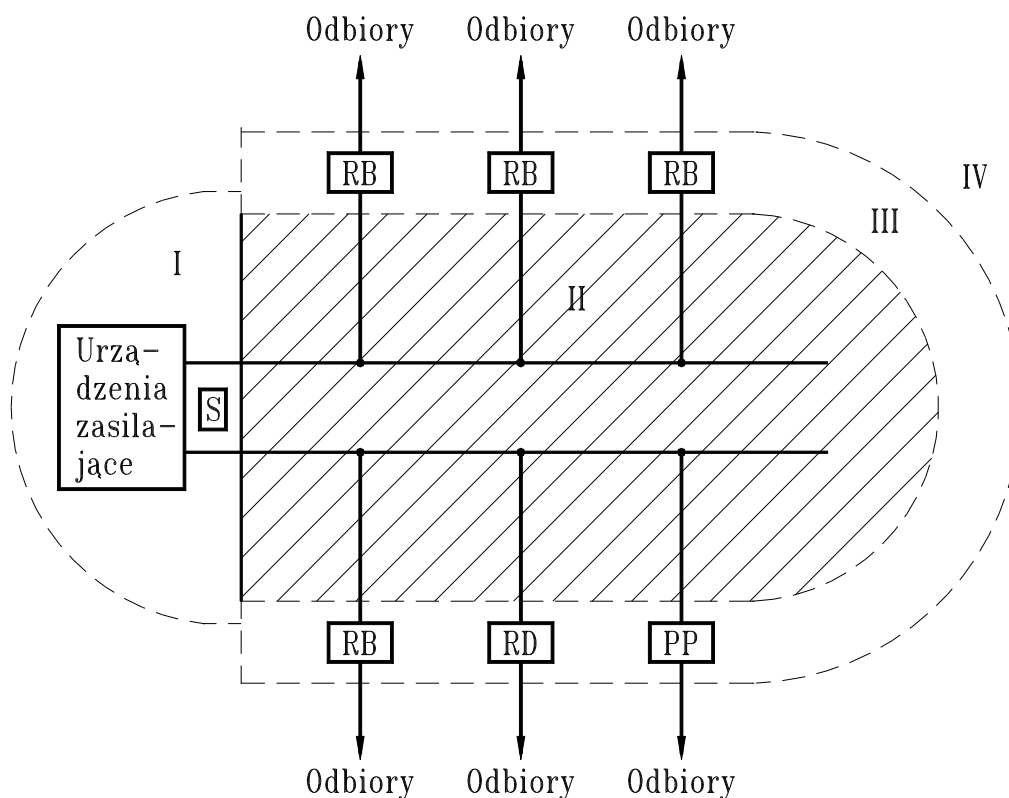


Rys. 25. Schemat elektryczny rozdzielnicy dla terenu budowy i rozbiórki.
Zasilanie ze stacji transformatorowej w układzie TN-S



Rys. 26. Schemat elektryczny rozdzielnic dla terenu budowy i rozbiórki.
 Zasilanie z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia w układzie TN-C / TT

Mając na uwadze wyżej wymienione zasady, należy w zasilaniu i rozdziale energii elektrycznej na terenie budowy i rozbiórki wyodrębnić cztery strefy, jak to zostało podane poniżej oraz przedstawione na rysunku nr 27.



Oznaczenia: Urządzenia zasilające - stacje transformatorowe, zespoły prądotwórcze, przyłącza, rozdzielnice zasilające; S - wyłącznik ochronny różnicowoprądowy selektywny; RB - rozdzielnica budowlana; RD - rozdzielnica dźwigowa; PP - przystawka pomiarowa

Rys. 27. Przykład zagospodarowania elektroenergetycznego terenu budowy i rozbiórki z podziałem na strefy ochronne

Strefa I

Jest to strefa zasilania terenu budowy i rozbiórki energią elektryczną o napięciu do 1 kV prądu przemiennego wraz z urządzeniami rozdzielczymi, pomiarowymi, zabezpieczającymi i ochronnymi całego terenu budowy i rozbiórki (zasilacz centralny).

Energia elektryczna do urządzeń rozdzielczych nn może być dostarczana z:

- sieci elektroenergetycznej nn napowietrznej lub kablowej,
- stacji transformatorowej, której integralną częścią są urządzenia rozdzielcze nn,
- zespołu prądotwórczego.

Strefa I powinna być wydzielona i w przypadku zasilania linią napowietrzną, zwłaszcza powyżej 1 kV, usytuowana na granicy terenu budowy i rozbiórki.

Ogrodzenie strefy I powinno ograniczać dostęp osobom nieupoważnionym, a wysokość ogrodzenia powinna wynosić co najmniej 2 m i wyróżniać się oznakowaniem odpowiednimi tablicami ostrzegawczymi.

Ochronę podstawową powinna zapewniać izolacja podstawowa i obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP43.

Ochronę przy uszkodzeniu powinno zapewniać samoczynne wyłączenie zasilania. Dla napięcia 230/400 V samoczynne wyłączenie zasilania powinno następować w czasie krótszym niż 0,2 s, wynikającym z ograniczenia dla terenu budowy i rozbiórki napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale do wartości 25 V prądu przemiennego i 60 V prądu stałego.

Celowe jest zabezpieczenie całego terenu budowy i rozbiórki wyłącznikiem ochronnym różnicowoprądowym selektywnym o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 500 mA, zainstalowanym w linii zasilającej urządzenia rozdzielcze nn. Wyłącznik ten zapewnia prawidłową ochronę przy uszkodzeniu nie tylko dla urządzeń rozdzielczych nn, ale również linii zasilających strefy II, obudów rozdzielnic strefy III i jest rezerwowym urządzeniem ochronnym dla strefy IV.

Strefa II

Strefa ta obejmuje linie zasilające napowietrzne, kablowe lub przewody oponowe. Ochronę podstawową w strefie II stanowi izolacja przewodów i kabli, a ochronę przy uszkodzeniu wyłącznik ochronny różnicowoprądowy selektywny zainstalowany w strefie I.

Linie powinny być prowadzone możliwie najkrótszymi trasami, najlepiej bez skrzyżowań z drogami transportowymi.

Linie zasilające powinny być zabezpieczone przed skutkami zwarć i przeciążeń za pomocą urządzeń zabezpieczających.

Zaleca się prowadzenie linii zasilających przewodami izolowanymi, przewodami oponowymi lub kablami podwieszonymi na słupach.

Strefa III

Strefa ta obejmuje rozdzielnice budowlane, dźwigowe i przystawki pomiarowe. Ochronę podstawową powinna zapewniać izolacja podstawowa i obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP43. Ochronę przy uszkodzeniu powinno zapewniać samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie przekraczającym 0,2 s dla sieci 230/400 V. Rozdzielnice powinny być zabezpieczone przed skutkami zwarć i przeciążeń.

Strefa IV

Strefa ta obejmuje odbiorniki oświetleniowe, narzędzia ręczne (ruchome), urządzenia budowlane.

Dla tej strefy do ochrony przy uszkodzeniu można wykorzystywać:

- wyłączniki ochronne różnicowoprądowe,
- transformatory separacyjne,
- bardzo niskie napięcie o wartości do 25 V prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego (obwody SELV i PELV),
- odbiorniki, narzędzia i urządzenia o II klasie ochronności.

Ochronę podstawową stanowi izolacja podstawowa i obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP44.

Ochronę uzupełniającą stanowią wyłączniki ochronne różnicowoprądowe o $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

Kompleksowy system ochrony przeciwporażeniowej na terenie budowy i rozbiórki podano w tablicy nr 18.

Tablica 18. Ochrona przeciwporażeniowa na terenie budowy i rozbiórki

Strefa	Urządzenia wchodzące w skład strefy	Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia	Ochrona uzupełniająca	Ochrona podstawowa	Ochrona przy uszkodzeniu
1	2	3	4	5	6
I	Stacje transformatorowe. Zespoły prądotwórcze. Przyłącza. Rozdzielnice zasilające			Izolacja podstawowa. Obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP43.	Samoczynne wyłączenie zasilania w czasie $t \leq 0,2$ s.
				Obsługa urządzeń tylko przez osoby uprawnione	
II	Linie napowietrzne wykonywane: – przewodami izolowanymi, – kablami podwieszanymi, – przewodami oponowymi.			Izolacja przewodów i kabli.	Samoczynne wyłączenie zasilania w czasie $t \leq 0,2$ s (można realizować za pomocą wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego selektywnego, zainstalowanego w strefie I).
				Obsługa urządzeń tylko przez osoby uprawnione	
III	Rozdzielnice: – budowlane, – dźwigowe, – przystawki pomiarowe.			Izolacja podstawowa. Obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP43.	Samoczynne wyłączenie zasilania w czasie $t \leq 0,2$ s (można realizować za pomocą wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego selektywnego, zainstalowanego w strefie I).
IV	Odbiorniki oświetleniowe. Narzędzia ręczne. Urządzenia budowlane.	Obwody bardzo niskiego napięcia o wartości do 25 V prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego (obwody SELV i PELV).	Stosowanie wyłączników ochronnych różnicowoprądowych o $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.	Izolacja podstawowa. Obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP44.	Samoczynne wyłączenie zasilania w czasie $t \leq 0,2$ s realizowane za pomocą wyłączników ochronnych różnicowoprądowych. Separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika. Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona.

28.4. Gospodarstwa rolnicze i ogrodnicze

Są to pomieszczenia rolnicze i ogrodnicze, w których przebywają zwierzęta hodowlane. Dotyczy to takich pomieszczeń jak stajnie, obory, kurniki, chlewy, szklarnie, pomieszczenia przygotowania paszy, spichlerze, stodoły.

W pomieszczeniach tych oraz na zewnątrz tych pomieszczeń obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie wykonywanych na stałe instalacji elektrycznych, a mianowicie:

- poczynając od złącza lub rozdzielnic głównej instalację elektryczną należy wykonać w układzie sieci TN-S lub w szczególnie uzasadnionych przypadkach w układzie sieci TT,
 - należy wykonać dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne, łączące wszystkie części przewodzące obce z sobą oraz z przewodami ochronnymi. Dotyczy to takich części przewodzących obcych jak: metalowe konstrukcje pomieszczeń, wszelkiego rodzaju rury, przegrody, ruszty, poidła, kanały, koryta i zbrojenia budowlane.
- W podłodze wyżej wymienionych pomieszczeń należy umieścić siatkę metalową wykonaną z metalowych prętów o wymiarach oczka ok. 150 x 150 mm, połączoną przynajmniej w dwóch miejscach za pomocą spawania z systemem połączeń wyrównawczych ochronnych,
- napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale należy ograniczyć do wartości 25 V prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego,
 - obwody zasilające gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym do 32 A należy zabezpieczać wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,
 - obwody zasilające gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym powyżej 32 A należy zabezpieczać wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 100 mA,
 - wszystkie pozostałe obwody należy zabezpieczać wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 300 mA,
 - stopień ochrony IP urządzeń elektrycznych należy dobierać w zależności od wpływów środowiskowych w miejscu zainstalowania urządzenia, jednak nie mniejszy niż IP44,
 - urządzenia przeznaczone do awaryjnego łączenia lub zatrzymania należy instalować w miejscach niedostępnych dla zwierząt, a równocześnie łatwo dostępnych dla obsługi, nawet w warunkach utrudnionych, powstałych na skutek paniki wśród zwierząt.

28.5. Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi

Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi są to przestrzenie, w otoczeniu których znajdują się głównie metalowe lub przewodzące części i wewnątrz których dotknięcie powierzchnią ciała otaczających elementów przewodzących jest prawdopodobne, a możliwość przerwania tego dotyku jest ograniczona.

Dotyczy to takich przestrzeni jak hydrofornie, wymiennikownie ciepła, kotłownie, pralnie, kanały rewizyjne itp.

W przestrzeniach tych obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie ochrony przeciwporażeniowej, a mianowicie:

- narzędzia ręczne i przenośne urządzenia pomiarowe należy zasilать bardzo niskim napięciem (obwód SELV) lub indywidualnie z transformatora separacyjnego. Zaleca się stosowanie urządzeń o II klasie ochronności. Jeżeli stosowane jest urządzenie o I klasie ochronności, to powinno ono mieć co najmniej uchwyt wykonany z materiału izolacyjnego lub pokryty materiałem izolacyjnym,
- lampy ręczne należy zasilать bardzo niskim napięciem (obwód SELV),
- urządzenia zainstalowane na stałe należy chronić przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania, wraz z wykonaniem dodatkowych połączeń wyrównawczych

- ochronnych albo zasilac indywidualnie z transformatora separacyjnego lub bardzo niskim napięciem (obwód SELV),
- źródła napięcia zasilającego należy instalować na zewnątrz przestrzeni ograniczonych powierzchniami przewodzącymi,
 - przy stosowaniu uziemień funkcjonalnych niektórych urządzeń zainstalowanych na stałe (np. aparatów pomiarowych i sterowniczych) należy wykonać dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne, łączące wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce z uziemieniem funkcjonalnym.

28.6. Urządzenia przetwarzania danych

Są to urządzenia sterowane elektrycznie, samodzielne lub zestawione w układy, służące do gromadzenia, przetwarzania i przechowywania danych. Jeżeli prąd upływowy tych urządzeń jest większy niż 10 mA, w celu ochrony przeciwporażeniowej urządzenia powinny być przyłączone do instalacji elektrycznej według jednego z trzech następujących podstawowych rozwiązań:

1. Układy ochronne (uziemiające) o wysokiej niezawodności, które powinny spełniać następujące wymagania:
 - jeżeli zastosowano niezależne (osobne) przewody ochronne, przekrój pojedynczego przewodu ochronnego nie powinien być mniejszy niż 10 mm², a w przypadku zastosowania dwóch równoległych przewodów ochronnych każdy z nich powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 4 mm² i być przyłączony za pomocą oddzielnych zacisków,
 - jeżeli żyła przewodu ochronnego jest prowadzona w jednym przewodzie wielożyłowym z żyłami przewodów zasilających, suma przekrojów wszystkich żył nie powinna być mniejsza niż 10 mm².
2. Stała kontrola ciągłości połączeń uziemionych przewodów ochronnych oraz zastosowany środek lub środki, które w przypadku wystąpienia przerwy w przewodzie ochronnym, spowodują samoczynne wyłączenie zasilania urządzenia,
3. Zastosowanie transformatora dwuuzwojeniowego celem ograniczenia drogi przepływu prądu upływowego i zmniejszenie do minimum możliwości przerwy na tej drodze. Zaleca się, aby obwód wtórny był połączony w układzie sieci TN, z tym że do zastosowań specjalnych może być również używany układ sieci IT.

W przypadku przyłączania urządzeń do przetwarzania danych do układu sieci TT i zabezpieczenia obwodu przez wyłącznik ochronny różnicowoprądowy powinna być spełniona następująca zależność:

$$I_u \leq \frac{I_{\Delta n}}{2} \leq \frac{U_L}{2 \cdot R_A}$$

gdzie:

- I_u • całkowity prąd upływowy,
- $I_{\Delta n}$ • znamionowy prąd różnicowy wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego,
- R_A • całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego, łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,
- U_L • napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Części przewodzące dostępne urządzeń do przetwarzania danych powinny być przyłączone do głównego zacisku (szyny) uziemiającego. Niniejsze wymaganie powinno być również stosowane do metalowych obudów urządzeń o II lub III klasie ochronności i do obwodów FELV, jeżeli są uziemione ze względów funkcjonalnych.

28.7. Kempingi i pojazdy wypoczynkowe

Są to kempingowe stanowiska postojowe, przyczepy i pojazdy turystyczne, przewoźne domki wypoczynkowe oraz domki ruchome.

Na kempingowych stanowiskach postojowych obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie ochrony przeciwporażeniowej oraz instalowania obwodów rozdzielczych, urządzeń zasilających, gniazd wtyczkowych i sprzętu łączeniowego, a mianowicie:

- urządzenie (wyposażone w odpowiednią ilość gniazd wtyczkowych ze stykiem ochronnym) zasilające stanowisko (stanowiska) postojowe powinno być usytuowane w odległości nie większej niż 20 m od złącza odbiorczego pojazdu wypoczynkowego lub namiotu, znajdującego się na tym stanowisku.
- gniazda wtyczkowe ze stykiem ochronnym, o prądzie znamionowym nie większym niż 16 A (w przypadkach większego obciążenia można stosować gniazda o prądzie powyżej 16 A) powinny być instalowane w urządzeniu zasilającym stanowisko postojowe na wysokości $0,8 \div 1,5$ m nad powierzchnią ziemi i wyposażone w indywidualne zabezpieczenia przed skutkami prądu przetężeniowego oraz zabezpieczone wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA (jeden wyłącznik powinien zabezpieczać nie więcej niż 6 gniazd wtyczkowych),
- obwody rozdzielcze powinny być ułożone w ziemi lub prowadzone napowietrznie poza stanowiskami postojowymi i zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. Wyżej wymienione obwody należy wykonywać kablami, przewodami oponowymi lub przewodami napowietrznymi izolowanymi,
- sprzęt łączący urządzenie zasilające ze złączem odbiorczym pojazdu wypoczynkowego lub namiotu powinny stanowić: przenośna wtyczka i gniazdo wtyczkowe ze stykiem ochronnym, połączone przewodem oponowym o długości 25 m i przekroju dla prądów znamionowych nieprzekraczających:
 - 16 A: 2,5 mm²,
 - 25 A: 4 mm²,
 - 32 A: 6 mm²,
 - 63 A: 16 mm²,
 - 100 A: 35 mm².

W pojazdach wypoczynkowych obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie ochrony przeciwporażeniowej oraz instalowania przewodów, sprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń rozdzielczych, a mianowicie:

- ochronę przeciwporażeniową przy uszkodzeniu należy realizować przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania wraz z wykonaniem dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych. Przekrój przewodu użytego do wyżej wymienionych połączeń nie powinien być mniejszy niż 4 mm²,
- przewody wielożyłowe giętkie izolowane, w powłoce izolacyjnej typu OW lub przewody jednożyłowe giętkie typu LgY-750 lub sztywne wielożyłowe typu LY należy instalować w sposób zapewniający ich ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi (prowadzenie

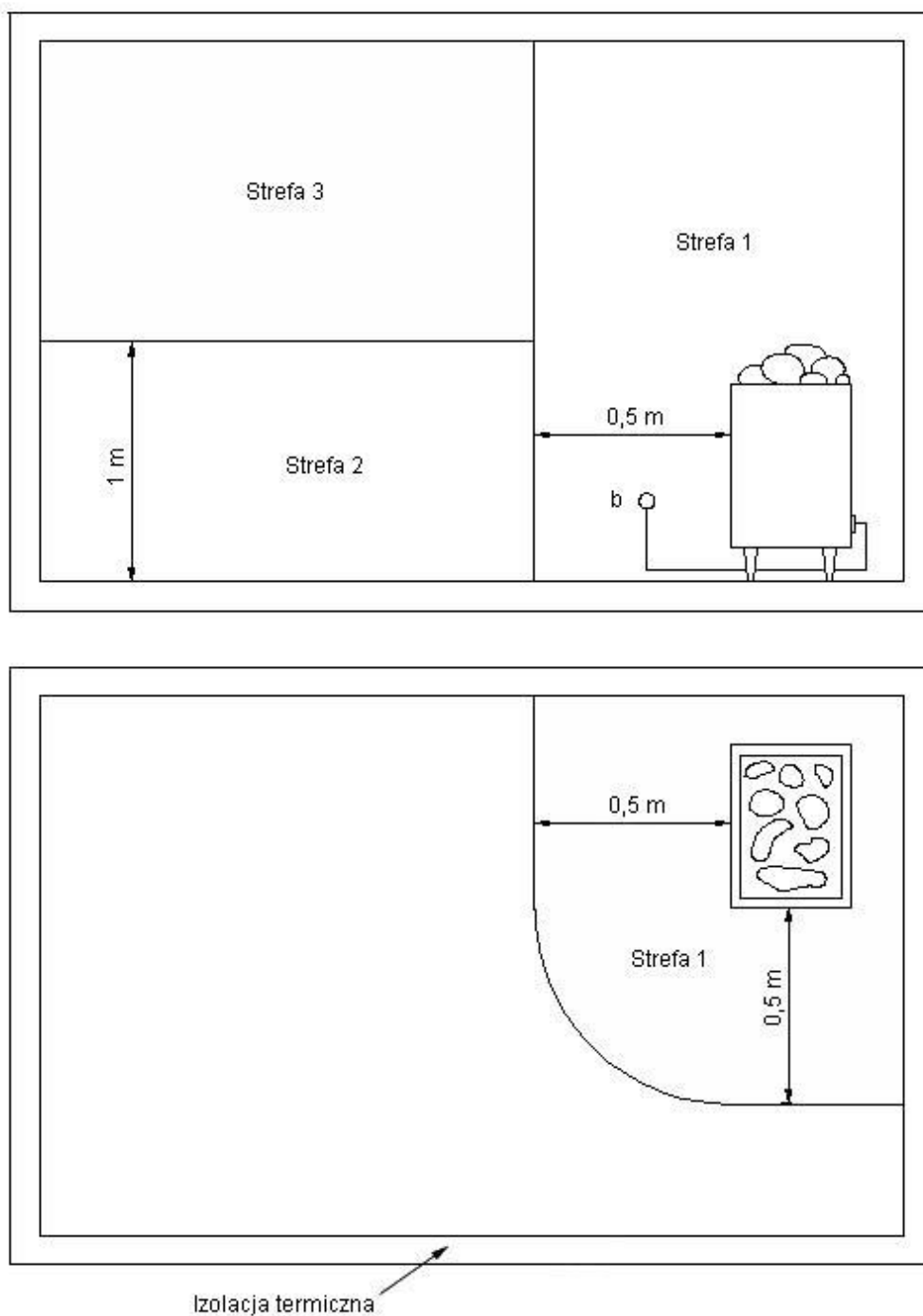
- przewodów w rurach z materiału izolacyjnego lub na uchwytych izolacyjnych, stosowanie tulejek lub pierścieni uszczelniających przy przechodzeniu przez ścianki). Przekrój żył przewodów nie powinien być mniejszy niż 1,5 mm². Przewody ochronne jednożyłowe powinny być izolowane tak jak przewody czynne. Połączenia przewodów powinny znajdować się w specjalnie do tego celu przystosowanych skrzynkach (puszkach) chroniących je przed uszkodzeniem. Nie należy umieszczać przewodów w pobliżu lub w pomieszczeniu(przedziale) przeznaczonym do umieszczenia butli gazowej,
- złącze odbiorcze pojazdu wypoczynkowego należy instalować w łatwo dostępnym miejscu we wnęce zamykanej pokrywą z zewnątrz pojazdu oraz tak wysoko jak to jest możliwe, ale nie wyżej jak 1,8 m nad powierzchnią ziemi,
 - instalację wewnętrzną należy wyposażać w wyłącznik główny, wyłączający wszystkie przewody czynne. Wyłącznik ten należy instalować w łatwo dostępnym miejscu, wewnątrz pojazdu wypoczynkowego,
 - każdy obwód odbiorczy powinien być zabezpieczony przed przetężeniem za pomocą indywidualnego zabezpieczenia. Jeżeli jest tylko jeden obwód odbiorczy urządzenie zabezpieczające może służyć jednocześnie jako wyłącznik główny,
 - zastosowany sprzęt i osprzęt instalacyjny nie powinien mieć dostępnych części metalowych. W przypadku instalowania wyżej wymienionego sprzętu i osprzętu w warunkach narażenia na działanie wilgoci powinien on być wykonany lub osłonięty tak, aby jego stopień ochrony nie był mniejszy niż IP55.

28.8. Pomieszczenia i kabiny zawierające ogrzewacze sauny

W wyżej wymienionych pomieszczeniach i kabinach rozróżnia się trzy strefy:

- **strefa 1**, jest to przestrzeń zawierająca ogrzewacz sauny, wraz z należącymi do niego urządzeniami, ograniczona przez podłogę, zimną stronę izolacji cieplnej sufitu i pionową powierzchnię otaczającą ogrzewacz sauny w odległości 0,5 m od powierzchni ogrzewacza sauny. Jeśli ogrzewacz sauny jest umieszczony bliżej niż 0,5 m od ściany, wtedy strefa 1 jest ograniczona przez zimną stronę izolacji cieplnej tej ściany,
- **strefa 2**, jest to przestrzeń na zewnątrz strefy 1, ograniczona przez podłogę, zimną stronę izolacji cieplnej ścian i poziomą powierzchnię znajdującą się 1,0 m nad podłogą. Nie ma w tej strefie specjalnych wymagań dotyczących odporności cieplnej urządzeń,
- **strefa 3**, jest to przestrzeń na zewnątrz strefy 1, ograniczona przez zimną stronę izolacji cieplnej sufitu i ścian i poziomą powierzchnię znajdującą się 1,0 m nad podłogą. Zainstalowane w tej strefie urządzenia powinny wytrzymywać co najmniej temperaturę 125°C a izolacja przewodów powinna wytrzymywać co najmniej temperaturę 170°C.

Powyższe strefy przedstawiono na rysunku nr 28.



b - Skrzynka przyłączeniowa

Rysunek 703 - Strefy temperatury

Rys.28. Strefy występujące w pomieszczeniach i kabinach zawierających
ogrzewacze sauny

W tych pomieszczeniach i kabinach obowiązują następujące podstawowe zasady ochrony przeciwporażeniowej oraz instalowania sprzętu, osprzętu, przewodów i urządzeń elektrycznych, a mianowicie:

- urządzenia elektryczne, które stanowią część wyposażenia ogrzewacza sauny lub stanowią stałe wyposażenie w strefie 2, mogą być instalowane wewnątrz pomieszczenia lub kabiny sauny zgodnie z instrukcjami producentów. Inna aparatura rozdzielcza i sterownicza, np. dla oświetlenia, oraz gniazda wtyczkowe powinny być instalowane na zewnątrz pomieszczenia lub kabiny sauny,
- zaleca się, aby oprzewodowanie było instalowane na zewnątrz stref, tj. na zimnej stronie izolacji cieplnej. Jeżeli oprzewodowanie jest instalowane w strefie 1 lub 3, to jest na gorącej stronie izolacji cieplnej, to powinno posiadać odpowiednią odporność cieplną. Metalowe osłony i metalowe rury nie powinny być dostępne w normalnym użytkowaniu,
- instalowane w pomieszczeniach lub kabinach sauny urządzenia elektryczne powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP24, a w przypadku pomieszczeń lub kabin czyszczonych strumieniami wody, urządzenia elektryczne powinny mieć stopień ochrony co najmniej IPX5,
- urządzenia elektryczne należy chronić przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania wraz z wykonaniem dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych albo zasilac indywidualnie z transformatora separacyjnego lub bardzo niskim napięciem (obwód SELV),
- wszystkie obwody sauny, z wyjątkiem ogrzewacza sauny, powinny mieć zastosowaną ochronę uzupełniającą z użyciem jednego lub kilku urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA.

28.9. Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu

Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu zasilane są ze źródeł o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 50 V prądu przemiennego lub 120 V prądu stałego. W instalacjach tych należy stosować obwody SELV zabezpieczone przed przetężeniem za pomocą wspólnego urządzenia zabezpieczającego lub za pomocą urządzenia zabezpieczającego przeznaczonego dla każdego obwodu SELV.

Powinny być stosowane następujące rodzaje oprzewodowania:

- jednożyłowe przewody izolowane w rurach lub listwach instalacyjnych,
- przewody wielożyłowe,
- przewody giętkie lub przewody sznurowe,
- przewody szynowe.

Przekrój przewodów nie powinien być mniejszy niż:

- 1,5 mm² Cu, ale dopuszcza się przekrój 1 mm² Cu w przypadku przewodów giętkich o długości nie większej niż 3 m,
- 4 mm² Cu ze względów mechanicznych w przypadku podwieszanych przewodów giętkich lub przewodów izolowanych,
- 4 mm² w przypadku przewodów zawierających ekran zewnętrzny ocynowany oraz rdzeń wewnętrzny z materiału o dużej wytrzymałości na rozciąganie.

Jeżeli napięcie nominalne instalacji oświetleniowej nie przekracza 25V prądu przemiennego lub 60V prądu stałego, mogą być stosowane przewody gołe pod warunkiem, że instalacja spełnia następujące wymagania:

- instalacja jest wykonana w taki sposób, aby ryzyko wystąpienia zwarcia było zmniejszone do minimum, oraz
- przekrój stosowanych przewodów, ze względów mechanicznych, jest nie mniejszy niż 4 mm², oraz
- przewody nie są ułożone bezpośrednio na materiale palnym.

W przypadku stosowania gołych przewodów podwieszanych, aby zapobiec ich zwarcu,

przynajmniej jeden z nich i jego zaciski powinny być izolowane na odcinku między transformatorem a urządzeniem zabezpieczającym.

Urządzenia do zawieszenia opraw oświetleniowych, w tym elementy nośne, powinny wytrzymywać obciążenie równe co najmniej pięciokrotnej masie oprawy (łącznie z lampami), którą mają podtrzymywać, lecz nie mniejsze niż 5 kg.

Zakończenia oraz połączenia przewodów powinny być wykonane za pomocą zacisków śrubowych lub elementów zaciskowych bezgwintowych.

Na końcach elementów nośnych, które mogą zwisać nad przewodami podwieszonymi, nie powinny być stosowane ani zaciski przebijające izolację ani przeciwwagi.

Układ podwieszany powinien być zamocowany do ścian lub sufitów za pomocą izolacyjnych uchwytych dystansowych i powinien być dostępny na całej trasie.

Spadek napięcia między transformatorem a najdalszą oprawą oświetleniową w instalacjach oświetleniowych o bardzo niskim napięciu nie powinien przekraczać 5% napięcia nominalnego instalacji.

28.10. Instalacje oświetlenia zewnętrznego

Oświetlenie zewnętrzne składa się z opraw oświetleniowych, oprzewodowania i osprzętu umieszczonych na zewnątrz budynków.

Wymagania dotyczą w szczególności:

- instalacji oświetlenia dróg, parków, ogrodów, miejsc publicznych, terenów sportowych, iluminacji pomników, oświetlenia iluminacyjnego itp.,
- innego wyposażenia obejmującego oświetlenie kabin telefonicznych, przystanków autobusowych, paneli reklamowych, planów miast, znaków drogowych itp.

Wymagania nie dotyczą:

- publicznych instalacji oświetlenia zarządzanych przez służby publiczne,
- tymczasowych iluminacji,
- urządzeń sygnalizacji ruchu ulicznego,
- opraw oświetleniowych umocowanych na zewnątrz budynku i zasilanych z instalacji wewnętrznej budynku.

Obwód instalacji oświetlenia zewnętrznego powinien być zasilany energią elektryczną ze złącza.

Wszystkie części czynne urządzeń elektrycznych powinny być zabezpieczone za pomocą izolacji, obudów lub przegród, celem ochrony podstawowej.

Szafki zawierające dostępne części czynne muszą być zamykane za pomocą klucza lub narzędzia, jeżeli nie są umieszczone w miejscu, gdzie dostęp mogą mieć tylko osoby wykwalifikowane lub przeszkolone.

Drzwi umożliwiające dostęp do urządzeń elektrycznych i umieszczone niżej niż 2,5 m nad poziomem podłoża muszą być zamykane za pomocą klucza lub narzędzia. Ponadto ochrona podstawowa powinna być zapewniona również przy otwartych drzwiach przez użycie sprzętu o stopniu ochrony co najmniej IP2X lub IPXXB, zagwarantowanym przez odpowiednią konstrukcję lub sposób zainstalowania albo przez dodanie obudowy lub przegrody gwarantującej ten sam stopień ochrony.

W przypadku opraw oświetleniowych zainstalowanych na wysokości mniejszej niż 2,8 m nad poziomem podłoża, dostęp do źródła światła powinien być możliwy dopiero po zdjęciu osłony lub obudowy za pomocą narzędzia.

Zaleca się stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA jako ochronę uzupełniającą w instalacjach oświetlenia kabin telefonicznych, przystanków autobusowych, paneli reklamowych, planów

miast, znaków drogowych itp.

W przypadku stosowania urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej, jako środka ochrony przy uszkodzeniu, nie powinien być stosowany przewód ochronny i nie należy uziemiać części przewodzących słupów oświetleniowych.

Urządzenie elektryczne powinno mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP33, zapewniony przez konstrukcję urządzenia lub przez sposób jego zainstalowania.

Dla opraw oświetleniowych wystarcza stopień ochrony IP23, jeżeli ryzyko zabrudzenia jest pomijalne np. na terenach osiedli mieszkaniowych oraz na terenach wiejskich i jeśli oprawy oświetleniowe są umieszczone na wysokości większej niż 2,5 m nad poziomem podłoża.

28.11. Wystawy, pokazy i stoiska

Nominalne napięcie zasilania tymczasowych instalacji elektrycznych wystaw, pokazów lub stoisk nie powinno przekraczać 230/400 V prądu przemiennego lub 500 V prądu stałego.

Przy wykonywaniu tymczasowych instalacji elektrycznych należy uwzględnić wpływ warunków zewnętrznych np. obecność wody, naprężenia mechaniczne.

Tam gdzie zastosowano układ sieci TN, należy wykonać instalację w układzie TN-S.

Części przewodzące obce pojazdu, wagonu kolejowego, przyczepy turystycznej lub kontenera powinny być przyłączone do przewodu ochronnego instalacji elektrycznej więcej niż w jednym miejscu, jeżeli konstrukcja w/w obiektów nie zapewnia ciągłości galwanicznej połączeń. Znamionowy przekrój przewodu miedzianego używanego do tego celu nie powinien być mniejszy niż 4 mm^2 .

Jeżeli pojazd, wagon kolejowy, przyczepa turystyczna lub kontener zbudowane są przede wszystkim z materiału izolacyjnego, to powyższe wymaganie nie dotyczy części metalowych, których prawdopodobieństwo znalezienia się pod napięciem w przypadku uszkodzenia jest niewielkie.

W przypadku tymczasowych instalacji elektrycznych występuje zwiększone ryzyko pożaru i oparzeń w miejscach oddziaływania cieplnego wywołanego przez te instalacje. Powoduje to konieczność ochrony przed skutkami tego oddziaływania. Tam gdzie zastosowano SELV lub PELV, ochronę przed skutkami oddziaływania cieplnego powinna zapewniać izolacja przewodów wytrzymująca napięcie probiercze 500 V prądu przemiennego w czasie 1 minuty lub ogrodzenie, względnie obudowa o stopniu ochrony co najmniej IP4X lub IPXXD.

Każdy oddzielny obiekt tymczasowy, jak pojazd, stoisko lub urządzenie, przeznaczony dla jednego określonego użytkownika, i każdy obwód rozdzielczy, zasilający instalacje zewnętrzne, powinien być wyposażony we własne łatwo dostępne i należycie oznaczone urządzenie odłączające. Można stosować łączniki, wyłączniki, urządzenia ochronne różnicowoprądowe itp.

Przewody przeznaczone do zasilania tymczasowych obiektów powinny być zabezpieczone przy złączu za pomocą urządzeń ochronnych różnicowoprądowych, których znamionowy prąd różnicowy nie przekracza 300 mA. Urządzenia te powinny mieć zwłokę czasową lub powinny być typu S. Wszystkie obwody gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym do 32 A oraz wszystkie obwody końcowe inne niż przeznaczone do awaryjnego oświetlenia powinny być zabezpieczone urządzeniami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA.

Urządzenia oświetleniowe, takie jak żarówki, reflektory punktowe i małe projektory oraz inny osprzęt lub przyrządy o powierzchniach bardzo gorących, powinny być właściwie osłonięte oraz instalowane i umieszczane zgodnie z odpowiednią normą. Wszystkie urządzenia tego rodzaju powinny być stosowane z dala od materiałów palnych, aby uniknąć z nimi kontaktu.

Szafki wystawowe i napisy świetlne powinny być wykonane z materiałów o odpowiedniej odporności cieplnej, wytrzymałości mechanicznej, izolacji elektrycznej i mieć odpowiednią wentylację, z uwzględnieniem palności eksponatów przy wydzielaniu ciepła.

Na stoiskach wystawowych, na których występuje koncentracja urządzeń elektrycznych, opraw oświetleniowych lub lamp wydzielających nadmierną ilość ciepła, należy zapewnić odpowiednią wentylację, np. sprawną wentylację sufitową. W związku z tym nie należy ich ustawiać zanim nie zapewni się odpowiedniej wentylacji wykonanej z materiału niepalnego. Rozdzielnice sterowniczo-zabezpieczeniowe powinny znajdować się w zamykanych szafkach, które mogą być otwierane tylko kluczem lub narzędziem, z wyjątkiem części zaprojektowanych i przewidzianych do obsługi przez osoby nieprzyuczone.

Tam gdzie istnieje ryzyko uszkodzenia mechanicznego, należy stosować przewody opancerzone lub przewody zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Żyły przewodów powinny być miedziane, o minimalnym przekroju $1,5 \text{ mm}^2$.

Przewody giętkie, jeżeli nie są zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, nie powinny być układane w miejscach dostępnych dla publiczności.

Jeżeli w budynkach, w których odbywają się wystawy itp. brak systemu alarmu przeciwpożarowego, stosowane przewody powinny być:

- trudno palne i o małej emisji dymu, albo
- jedno lub wielożyłowe nieopancerzone, układane w metalowych lub niemetalowych rurach lub listwach instalacyjnych zapewniających ochronę przeciwpożarową i stopień ochrony co najmniej IP4X.

Nie należy wykonywać połączeń przewodów, z wyjątkiem niezbędnego przyłączenia do obwodu elektrycznego. Przyłączenia te powinny być zgodne z odpowiednimi normami lub umieszczone w obudowie o stopniu ochrony co najmniej IP4X lub IPXXD.

W przypadku przenoszenia naprężenia mechanicznego do złącz, połączenie należy wyposażyć w odciażkę przewodu.

Oprawy oświetleniowe zawieszane na wysokości poniżej 2,5 m (zasięg ręki) od poziomu podłogi lub w inny sposób dostępne w razie przypadkowego kontaktu powinny być trwale i odpowiednio zamocowane oraz tak zlokalizowane lub osłonięte, aby zapobiec ryzyku zranienia obsługi lub zapalenia materiałów.

Nie należy stosować opraw lamp z zaciskami przebijającymi izolację, chyba że zastosowano odpowiednie zaciski do tych lamp i pod warunkiem że lampy te nie będą przemieszczane po przyłączeniu przewodu.

Instalacje wszelkiego typu znaków z rur świetlnych lub lamp, jako zespołu świetlnego na stoisku lub jako eksponatu wystawowego, o napięciu nominalnym zasilania wyższym niż 230/400 V prądu przemiennego powinny spełniać następujące warunki:

- napis świetlny lub lampę należy instalować poza zasięgiem ręki lub należy je odpowiednio chronić, by zmniejszyć ryzyko zagrożenia dla ludzi,
- szyldy, materiały tworzące stanowisko za znakami z rur świetlnych lub lampami powinny być niepalne i chronione zgodnie z wymaganiami norm krajowych,
- sterownica o napięciu wyjściowym wyższym niż 230/400V prądu przemiennego powinna być montowana na materiale niepalnym.

Należy stosować oddzielny obwód do zasilania znaków świetlnych, lamp i eksponatów, załączany wyłącznikiem awaryjnym. Wyłącznik ten powinien być dobrze widoczny, dostępny i oznaczony zgodnie z wymaganiami władz lokalnych.

Tam gdzie silnik elektryczny może być przyczyną powstania zagrożenia należy wyposażyć go w skuteczne urządzenie odłączające wszystkie bieguny. Takie urządzenie powinno znajdować się w pobliżu silnika, którym steruje.

Tymczasowe instalacje elektryczne wystaw, pokazów i stoisk powinny być po każdym montażu poddane badaniom odbiorczym.

29. Ochrona przeciwporażeniowa w mieszkaniach i budynkach mieszkalnych

W mieszkaniach i budynkach mieszkalnych jako środki ochrony podstawowej należy stosować:

- izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa),
- obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP2X,

oraz jako środki ochrony przy uszkodzeniu należy stosować:

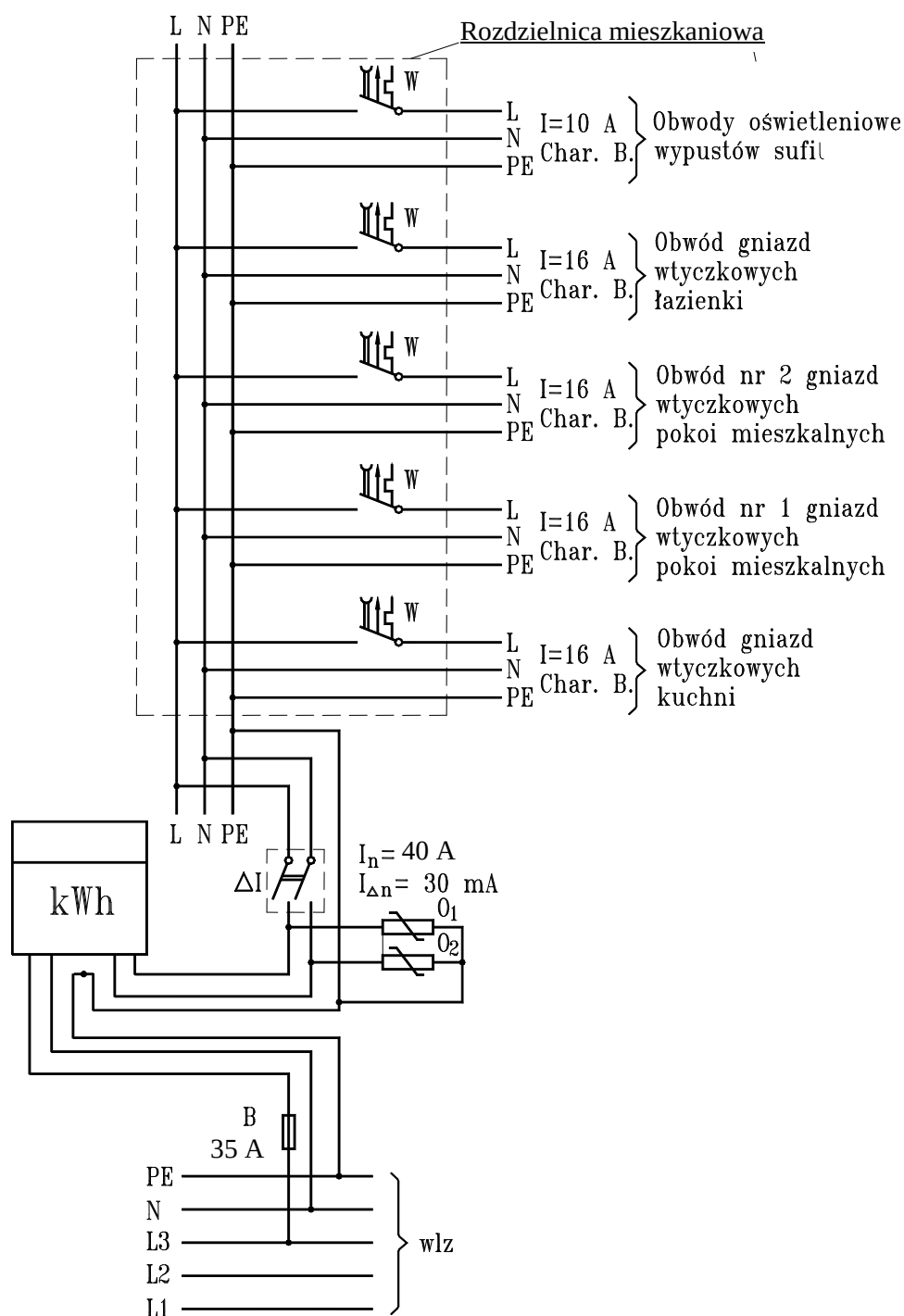
- samoczynne wyłączenie zasilania,
- urządzenia o II klasie ochronności.

Ochronę uzupełniającą w układach a.c. w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu lub w przypadku nieostrożności użytkowników, należy realizować przez stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

W związku z powyższym w mieszkaniach wymaga się:

- wykonania całej instalacji elektrycznej w mieszkaniu jako trójprzewodowej (przewód fazowy L, przewód neutralny N i przewód ochronny PE) lub instalacji pięcioprzewodowej (przewody fazowe L1; L2; L3; przewód neutralny N i przewód ochronny PE),
- zastosowania we wszystkich pomieszczeniach gniazd wtyczkowych ze stykami ochronnymi, do których jest przyłączony przewód ochronny PE,
- zastosowania opraw oświetleniowych o I lub II klasie ochronności i doprowadzenia do wszystkich wypustów oświetleniowych przewodu ochronnego PE,
- wyeliminowania z mieszkań wszystkich odbiorników o klasie ochronności 0,
- zastosowania w obwodach odbiorczych wyłączników nadprądowych jako elementów zabezpieczeń przed prądami zwarciovymi i prądami przeciążeniowymi,
- zabezpieczania całej instalacji elektrycznej w mieszkaniu wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,
- wykonania w łazience dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych.

Schemat instalacji elektrycznej w mieszkaniu budynku wielorodzinnego przedstawiony jest na rysunku nr 29.



Oznaczenia: L1; L2; L3; - przewody fazowe instalacji trójfazowej; N - przewód neutralny;
 PE - przewód ochronny; W - wyłącznik nadprądowy; ΔI - wyłącznik ochronny różnicowoprądowy; B – bezpiecznik topikowy lub wyłącznik nadprądowy selektywny; kWh - licznik energii elektrycznej; O₁, O₂ – ograniczniki przepięć

Rys. 29. Przykładowy schemat instalacji elektrycznej w mieszkaniu budynku wielorodzinnego z zastosowaniem wyłączników nadprądowych w obwodach odbiorczych, z licznikiem energii elektrycznej, z wyłącznikiem (urządzeniem)

ochronnym różnicowoprądowym o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,

W pomieszczeniach technicznych lub gospodarczych budynku mieszkalnego, gdzie mogą występować warunki zwiększonego zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym (np. pomieszczenia pralni, hydroforni czy węzłów cieplnych) należy stosować zasady ochrony przeciwporażeniowej przedstawione w punktach nr 28.1. i 28.5.

Pomiędzy złączem a szynami rozdzielniczy głównej budynku można zainstalować wyłącznik ochronny różnicowoprądowy selektywny na prąd znamionowy wynikający z przewidywanego obciążenia i znamionowy prąd różnicowy nie większy niż 500 mA.

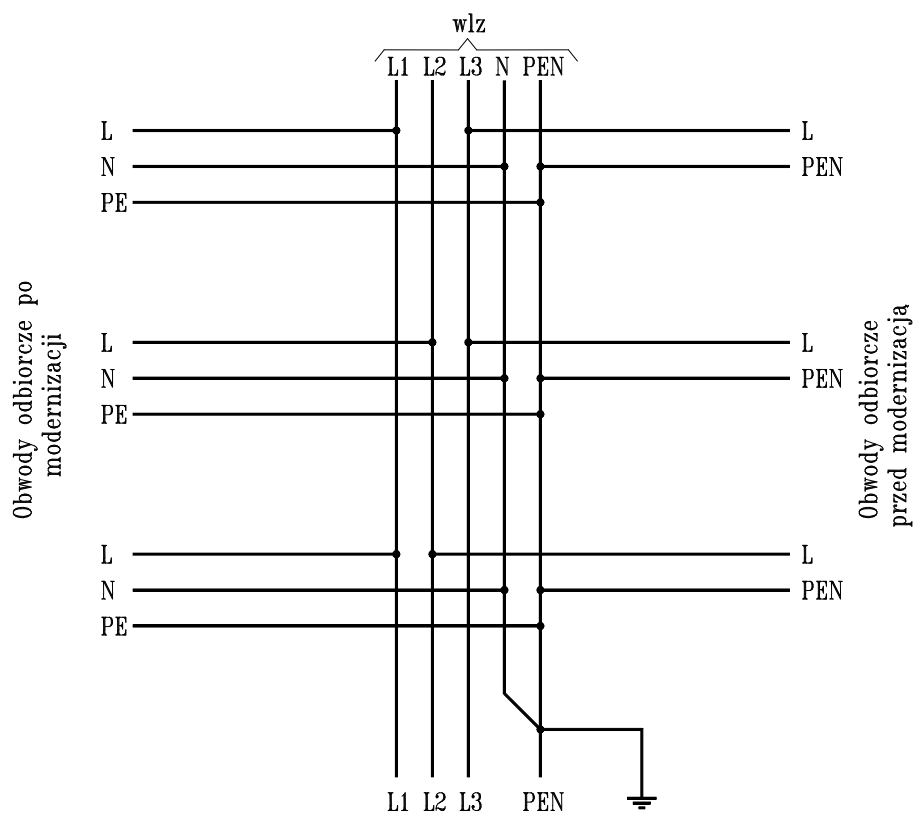
Wyłącznik ten pełni wówczas funkcję elementu samoczynnego wyłączenia zasilania w ochronie przy uszkodzeniu oraz funkcję ochrony budynku przed pożarami wywołanymi prądami doziemnymi.

30. Modernizacja instalacji elektrycznych w budynku mieszkalnym

Modernizację instalacji elektrycznych w budynku mieszkalnym można realizować trzema sposobami:

- **modernizacja pełna w budynku** polegająca na całkowitej wymianie instalacji,
- **modernizacja częściowa w budynku** polegająca na wymianie wewnętrznych linii zasilających i obwodów administracyjnych oraz wykonaniu głównych połączeń wyrównawczych ochronnych,
- **modernizacja częściowa w lokalu mieszkalnym** polegająca na zastosowaniu w rozdzielniczy mieszkaniowej wyłączników nadprądowych, wymianie gniazd wtyczkowych bez styku ochronnego na gniazda ze stykiem ochronnym oraz zastosowaniu wyłączników ochronnych różnicowoprądowych jako zabezpieczeń końcowych w obwodach odbiorczych zasilających odbiorniki, które wymagają takiego zabezpieczenia np. pralka automatyczna.

W przypadku modernizacji wewnętrznej linii zasilającej w istniejącym budynku i wykonania jej w układzie pięcioprzewodowym oraz konieczności przyłączenia do takiej wlv obwodów odbiorczych, które nie zostały jeszcze w całości zmodernizowane, proponowane jest rozwiązanie przedstawione na rysunku nr 30. W tym przypadku, po wykonaniu całkowitej modernizacji obwodów odbiorczych w układzie TN-S, przewód PEN oznaczony kolorem zielono-żółtym stanie się przewodem ochronnym PE, ponieważ będą do niego przyłączone wyłącznie przewody PE obwodów odbiorczych.



Rys. 30 Zasady przyłączenia obwodów odbiorczych, wykonanych w układzie TN-S (po modernizacji) oraz w układzie TN-C (przed modernizacją), do zmodernizowanej wewnętrznej linii zasilającej

31. Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej

31.1. Próba ciągłość elektrycznej przewodów

Należy wykonać próbę ciągłości elektrycznej:

- przewodów ochronnych, w tym przewodów głównych i dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych,
- przewodów czynnych, występujących w obwodach odbiorczych ukształtowanych w formie pierścienia przyłączonego do jednego punktu obwodu zasilającego.

Próbie ciągłości przewodów należy wykonać metodą techniczną lub miernikiem rezystancji. Zaleca się wykonywanie próby przy użyciu źródła prądu stałego lub przemiennego o napięciu od 4 V do 24 V w stanie bezobciążeniowym i prądem co najmniej 0,2 A.

W przypadkach budzących wątpliwość co do skuteczności dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych, należy sprawdzić, czy rezystancja R między równocześnie osiągalnymi częściami przewodzącymi dostępnymi i częściami przewodzącymi obcymi spełnia następujący warunek:

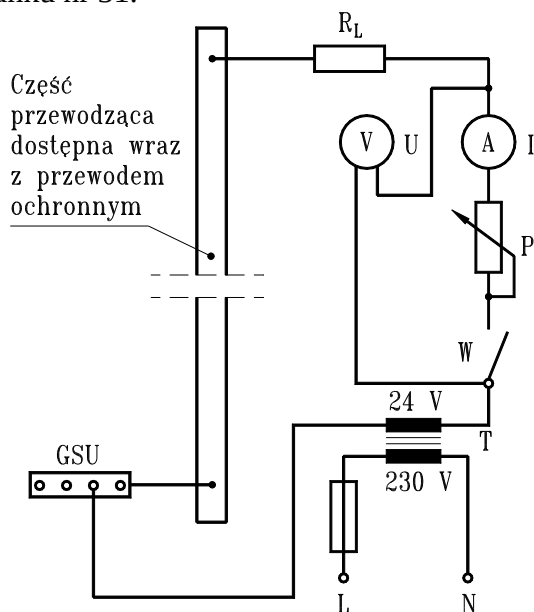
$$R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

gdzie:

U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale,

I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie.

Układ do próby ciągłości elektrycznej przewodów i pomiaru rezystancji przewodów przedstawiony jest na rysunku nr 31.



$$R = \frac{U_1 - U_2}{I} - R_L$$

Oznaczenia: U_1 - napięcie w stanie bezprądowym; U_2 - napięcie pod obciążeniem; I - prąd obciążenia; R_L - rezystancja przewodów pomiarowych; T - transformator zasilający 150 VA; P - potencjometr regulacyjny; GSU – główna szyna uziemiająca; W - wyłącznik

Rys. 31. Układ do próby ciągłości elektrycznej przewodów i pomiaru rezystancji przewodów

31.2. Pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej

Podstawowym badaniem ochrony podstawowej jest pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej.

Pomiar należy wykonywać, po wyłączeniu zasilania i odłączeniu odbiorników, miernikiem na prąd stały przy obciążeniu prądem 1 mA.

Rezystancję izolacji należy mierzyć między przewodami czynnymi a przewodem ochronnym, przyłączonym do układu uziemiającego. Do celów tego pomiaru przewody czynne można połączyć razem.

W pomieszczeniach, w których występuje zagrożenie pożarowe, pomiar rezystancji izolacji powinien być wykonany między przewodami czynnymi. W takim przypadku rezystancję izolacji należy mierzyć:

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

Przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN mogą służyć jako połączenie z ziemią.

W przypadku gdy istnieje prawdopodobieństwo, że ograniczniki przepięć lub inne urządzenia mogą mieć wpływ na pomiar lub mogą się uszkodzić, takie urządzenia należy odłączyć przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji. Jeżeli odłączenie takich urządzeń jest niemożliwe, wówczas napięcie pomiarowe dotyczące danego obwodu może być obniżone do 250 V d.c., natomiast rezystancja izolacji powinna mieć wartość co najmniej 1 MΩ.

Minimalne wartości rezystancji izolacji i wymagane napięcia pomiarowe podane są w tablicy nr 19.

Tablica 19. Minimalne wartości rezystancji izolacji i wymagane napięcia pomiarowe

Napięcie nominalne obwodu	Napięcie pomiarowe prądu stałego d.c.	Wymagana rezystancja izolacji
V	V	MΩ
SELV i PELV	250	≥ 0,5
do 500 V włącznie, w tym FELV	500	≥ 1,0
powyżej 500 V	1000	≥ 1,0

31.3. Sprawdzenie ochrony za pomocą SELV, PELV, separacji elektrycznej lub nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych

W przypadku ochrony za pomocą bardzo niskiego napięcia SELV, separację części czynnych obwodu SELV od części czynnych innych obwodów i od ziemi należy sprawdzić, mierząc rezystancję izolacji. Zmierzone wartości rezystancji powinny być zgodne z wartościami podanymi w tablicy nr 19.

W przypadku ochrony za pomocą bardzo niskiego napięcia PELV, separację części czynnych obwodu PELV od części czynnych innych obwodów należy sprawdzić, mierząc rezystancję izolacji. Zmierzone wartości rezystancji powinny być zgodne z wartościami podanymi w tablicy nr 19.

W przypadku ochrony za pomocą separacji elektrycznej, separację części czynnych jednego obwodu od części czynnych innych obwodów i od ziemi należy sprawdzić, mierząc rezystancję izolacji. Zmierzone wartości rezystancji powinny być zgodne z wartościami podanymi w tablicy nr 19.

W przypadku ochrony za pomocą nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych, należy mierzyć rezystancję izolacji między nieuziemionymi przewodami ochronnymi a ziemią. Zmierzone wartości rezystancji powinny być zgodne z wartościami podanymi w tablicy nr 19.

31.4. Pomiar rezystancji/impedancji izolacji podłóg i ścian

Ochrona przy uszkodzeniu przez zastosowanie izolowania stanowiska wymaga przeprowadzenia pomiarów rezystancji/impedancji izolacyjnych podłóg i ścian. Rezystancja/impedancja izolacyjnych podłóg i ścian w każdym punkcie pomiaru nie powinna być mniejsza niż:

- 50 kΩ, jeżeli nominalne napięcie instalacji nie przekracza 500 V, lub
- 100 kΩ, jeżeli nominalne napięcie instalacji przekracza 500 V.

Pomiar rezystancji/impedancji izolacyjnych podłóg i ścian wykonuje się przy nominalnym napięciu instalacji względem ziemi i przy nominalnej częstotliwości lub przy niższym napięciu (minimum 25 V) takiej samej częstotliwości, w powiązaniu z pomiarem rezystancji izolacji.

Pomiar należy wykonywać za pomocą:

- elektrody probierczej składającej się z metalowej płytki kwadratowej, o bokach 250 mm i zwilżonego, wchłaniającego wodę, kwadratowego kawałka papieru lub tkaniny, o bokach około 270 mm, z którego usunięto nadmiar wody. Tkaninę lub papier umieszcza się między metalową płytką a badaną powierzchnią. W czasie pomiaru do elektrody przykłada się siłę około 750 N - w przypadku podłóg oraz 250 N - w przypadku ścian.
- elektrody probierczej w postaci metalowego statywu trójnożnego, którego elementy, spoczywające na podłodze, tworzą wierzchołki trójkąta równobocznego. Każdy z podtrzymujących punktów jest wyposażony w elastyczną podstawę zapewniającą, po obciążeniu, dokładny styk z badaną powierzchnią o powierzchni około 900 mm², przedstawiający rezystancję mniejszą niż 5 kΩ. Przed pomiarami badaną powierzchnię czyści się przy użyciu płynu czyszczącego. W przypadku wykonywania pomiarów podłóg do trójnożnego przykłada się siłę 750 N, a przypadku ścian 250 N.

Rezystancję/impedancję należy mierzyć między elektrodą probierczą a ziemią.

Należy wykonać co najmniej trzy pomiary w tym samym pomieszczeniu, w tym jeden w odległości około 1 m od znajdującej się w tym pomieszczeniu dostępnej części przewodzącej obcej. Pozostałe dwa pomiary należy wykonać dla większych odległości.

31.5. Sprawdzenie skuteczności ochrony przy uszkodzeniu za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania

31.5.1. Układ sieci TN

Sprawdzenie skuteczności ochrony przy uszkodzeniu za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieci TN polega na sprawdzeniu czy spełniony jest warunek:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

gdzie:

- Z_s — impedancja pętli zwarciowej, obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia i przewód ochronny od miejsca zwarcia do źródła zasilania,
- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie,
- U_0 — nominalne napięcie przewodu liniowego względem ziemi.

Przeprowadza się pomiar impedancji pętli zwarciowej.

Określa się prąd I_a na podstawie charakterystyk czasowo-prądowych urządzeń zabezpieczających dla wymaganych czasów wyłączenia (na przykład 0,2; 0,4; 5 s przy $U_0 = 230$ V) lub znamionowego prądu różnicowego przy zastosowaniu urządzeń ochronnych różnicowoprądowych, poprzez oględziny zabezpieczeń nadprądowych lub oględziny i sprawdzenie działania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych według punktu nr 31.7. Pomiar impedancji pętli zwarciowej należy wykonać przy tej samej częstotliwości jak częstotliwość znamionowa obwodu. Przykładową metodę pomiaru impedancji pętli zwarciowej przedstawiono na rysunku nr 32.

Przed wykonaniem pomiaru impedancji pętli zwarciowej należy przeprowadzić próbę ciągłości elektrycznej przewodów ochronnych według punktu nr 31.1.

Jeżeli do samoczynnego wyłączenia zasilania zastosowano urządzenia ochronne różnicowoprądowe o prądzie $I_{\Delta n} \leq 500$ mA, to zwykle pomiar impedancji pętli zwarciowej nie jest konieczny.

Jeżeli są dostępne obliczenia impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych, a sposób wykonania instalacji umożliwia sprawdzenie długości i przekroju przewodów, wystarczającą jest próba ciągłości elektrycznej przewodów według punktu nr 31.1.

Pomiar impedancji pętli zwarciowej metodą spadku napięcia (według rysunku nr 32).

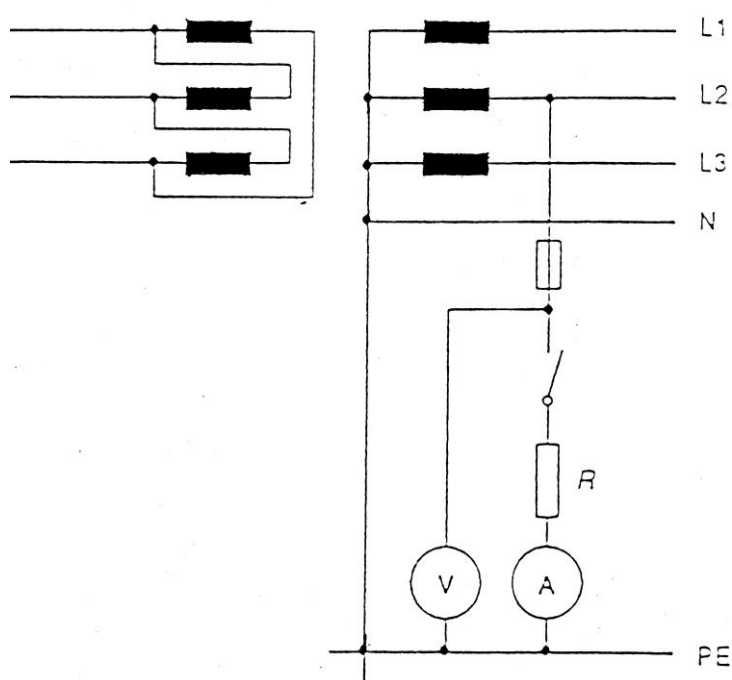
Napięcie sprawdzanego obwodu należy zmierzyć załączając lub wyłączając obciążenie o regulowanej rezystancji R .

Impedancję pętli zwarciowej oblicza się według wzoru:

$$Z_s = \frac{U_1 - U_2}{I_R}$$

gdzie:

- Z_s — impedancja pętli zwarciowej,
- U_1 — napięcie zmierzone z wyłączoną rezystancją obciążenia,
- U_2 — napięcie zmierzone z włączoną rezystancją obciążenia,
- I_R — prąd płynący przez rezystancję obciążenia.



Rys. 32. Pomiar impedancji pętli zwarciowej metodą spadku napięcia

31.5.2. Układ sieci TT

Sprawdzenie skuteczności ochrony przy uszkodzeniu za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieci TT, **jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez urządzenie ochronne różnicowoprądowe**, polega na sprawdzeniu czy spełniony jest warunek:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

gdzie:

R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części

- przewodzące dostępne z uziomem,
- $I_{\Delta n}$ — znamionowy prąd różnicowy,
- U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W warunkach środowiskowych normalnych wartość U_L wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego. W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu wartość U_L wynosi 25 V i 12 V dla prądu przemiennego oraz 60 V i 30 V dla prądu stałego.

Przeprowadza się pomiar rezystancji uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem według punktu nr 31.6.

Określa się znamionowy prąd różnicowy zastosowanego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, poprzez oględziny i sprawdzenie działania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego według punktu nr 31.7.

Jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez urządzenia zabezpieczające przed przetężeniami (zabezpieczenia nadprądowe) sprawdzenie skuteczności ochrony przy uszkodzeniu polega na sprawdzeniu czy spełniony jest warunek:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

gdzie:

- Z_s — impedancja pętli zwarciowej obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia, przewód ochronny części przewodzących dostępnych, przewód uziemiający, uziom instalacji oraz uziom źródła zasilania,
- I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie,
- U_0 — nominalne napięcie przewodu liniowego względem ziemi.

Przeprowadza się pomiar impedancji pętli zwarciowej według punktu nr 31.5.1.

Określa się prąd I_a na podstawie charakterystyk czasowo-prądowych urządzeń zabezpieczających dla wymaganych czasów wyłączenia (na przykład 0,2; 1 s przy $U_0 = 230$ V) poprzez oględziny zabezpieczeń nadprądowych.

31.5.3. Układ sieci IT

Przy pojedynczym zwarcu z ziemią w układzie sieci IT prąd uszkodzeniowy jest mały i samoczynne wyłączenie zasilania nie jest bezwzględnie wymagane pod warunkiem, że spełnione jest następujące wymaganie:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

gdzie:

- R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,
- I_d — prąd uszkodzeniowy pojedynczego zwarcia z ziemią o pomijalnej impedancji między przewodem liniowym i częścią przewodzącą dostępną. Przy wyznaczaniu

wartości prądu I_d należy uwzględnić prądy upływowe oraz całkowitą impedancję uziemienia instalacji elektrycznej,

U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W warunkach środowiskowych normalnych wartość U_L wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego. W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu wartość U_L wynosi 25 V i 12 V dla prądu przemiennego oraz 60 V i 30 V dla prądu stałego.

Wartość prądu I_d powinna być podana w dokumentacji technicznej lub przeprowadza się obliczenia albo pomiar prądu I_d .

Pomiar jest wykonywany tylko wówczas, gdy nie ma podanej wartości prądu I_d w dokumentacji technicznej lub przeprowadzenie obliczeń jest niemożliwe z powodu braku wszystkich parametrów.

W przypadkach, w których układ sieci IT jest użyty z uwagi na ciągłość zasilania, należy zastosować urządzenie monitorujące stan izolacji w celu ujawnienia pojedynczego zwarcia z ziemią. Urządzenie to powinno uruchomić sygnalizację akustyczną i/lub wizualną podtrzymywaną przez cały czas trwania zwarcia. Jeżeli zastosowano obie sygnalizacje, akustyczną i wizualną, to sygnalizacja akustyczna może ulegać kasowaniu. Zaleca się, aby pojedyncze zwarcie z ziemią było eliminowane w możliwie krótkim czasie.

Przy podwójnym zwarcu z ziemią w układzie sieci IT muszą być spełnione następujące warunki samoczynnego wyłączenia zasilania:

a) Jeżeli części przewodzące dostępne są połączone przewodem ochronnym i wspólnie uziemione przez ten sam układ uziemiający, warunki stają się podobne jak dla układu sieci TN i powinny być w sposób następujący spełnione:

$$2 \cdot I_a \cdot Z_s \leq U \quad \text{dla układu IT bez przewodu neutralnego}$$

$$2 \cdot I_a \cdot Z'_s \leq U_0 \quad \text{dla układu IT z przewodem neutralnym}$$

gdzie:

I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TN,

Z_s — impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód liniowy i przewód ochronny obwodu,

Z'_s — impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód neutralny i przewód ochronny obwodu.

U_0 — nominalne napięcie przewodu liniowego względem przewodu neutralnego.

U — nominalne napięcie między przewodami liniowymi

Sprawdzenie skuteczności ochrony dla tych przypadków wykonuje się tak jak w układzie sieci TN według punktu nr 31.5.1.

Podczas pomiaru impedancji pętli zwarciowej, konieczne jest wykonanie połączenia o pomijalnej impedancji między punktem neutralnym układu sieci IT a przewodem ochronnym.

b) Jeżeli części przewodzące dostępne są uziemione grupowo lub indywidualnie, warunki stają się podobne jak dla układu sieci TT i powinny być w sposób następujący spełnione:

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

gdzie:

R_A — całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,

I_a — prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TT,

U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Sprawdzenie skuteczności ochrony dla tych przypadków wykonuje się tak jak w układzie sieci TT według punktu nr 31.5.2.

31.6. Pomiar rezystancji uziomu

Pomiar rezystancji uziomu wykonuje się przy użyciu prądu przemiennego. Jako przykład przedstawiono na rysunku nr 33 układ do pomiaru rezystancji uziomu metodą techniczną.

Prąd przemienny o stałej wartości przepływa między uziomem T i pierwszym uziomem pomocniczym T₁, który jest umieszczony w takiej odległości od uziomu T, że oba uziomy nie oddziałują na siebie.

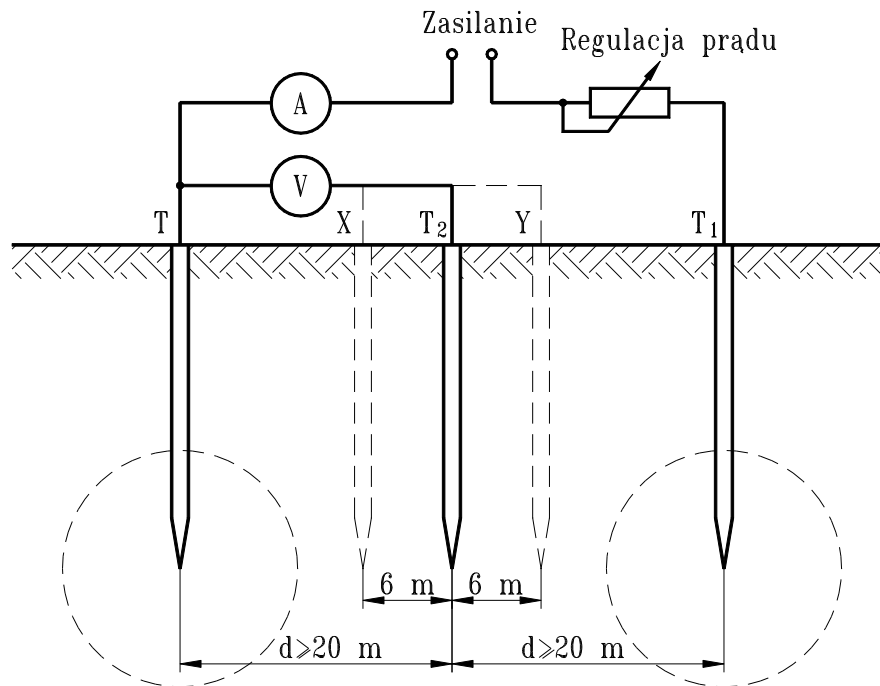
Drugi uziom pomocniczy T₂, którym może być metalowy pręt zagłębiony w gruncie, jest umieszczony w połowie odległości między T a T₁.

Mierzony jest spadek napięcia między T a T₂. Rezystancja uziomu jest stąd równa napięciu między T a T₂ podzielonemu przez prąd przepływający między T a T₁.

Aby sprawdzić, że rezystancja uziomu jest wartością prawidłową należy wykonać dwa dalsze pomiary z przesuniętym drugim uziomem pomocniczym T₂, raz o 6 m w kierunku do uziomu T, a drugi raz odpowiednio o 6 m do uziomu T₁.

Jeżeli rezultaty tych trzech pomiarów są do siebie zbliżone, w granicach dokładności technicznej, to średnią z tych trzech pomiarów przyjmuje się jako rezystancję uziomu T.

Jeżeli nie ma takiej zgodności, pomiary należy powtórzyć przy powiększeniu odległości między T a T₁.



Oznaczenia: T – uziom badany, odłączony od wszystkich innych źródeł zasilania; T₁ - uziom pomocniczy; T₂ - drugi uziom pomocniczy; X - zmieniona pozycja T₂ do sprawdzenia pomiaru; Y - następna zmieniona pozycja do dalszego sprawdzenia pomiaru; d - odległość zapewniająca wzajemne nieoddziaływanie uziomów

Rys. 33. Układ do pomiaru rezystancji uziomu metodą techniczną

Jeżeli lokalizacja instalacji elektrycznej jest taka, że w praktyce wykonanie dwóch uziomów pomocniczych jest niemożliwe, należy wykonać pomiar rezystancji pętli uziemienia z użyciem zacisków prądowych.

Ta metoda pomiarowa ma zastosowanie do istniejących pętli uziemienia w obrębie kratowego układu uziemiającego.

Pierwszy zacisk wprowadza napięcie pomiarowe U do pętli, drugi zacisk mierzy prąd I w pętli. Rezystancję pętli można obliczyć, dzieląc napięcie U przez prąd I.

Każdy zacisk może być indywidualnie przyłączony do miernika lub zespolony w jeden specjalny zacisk.

Tę metodę stosuje się bezpośrednio do układów sieci TN oraz w uziemieniach kratowych układów sieci TT.

W układach sieci TT, w których dostępne jest tylko nieznane połączenie z ziemią, pętla podczas pomiaru może być zamknięta krótkotrwałym połączeniem między uziomem a przewodem neutralnym.

31.7. Sprawdzenie działania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych

Skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania za pomocą urządzeń ochronnych różnicowoprądowych należy sprawdzić przeprowadzając próbę działania urządzenia za pomocą przycisku „TEST”, a następnie mierząc prąd I_{Δ} , przy którym urządzenie ochronne różnicowoprądowe zadziała. Prąd ten nie powinien być większy od znamionowego prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ (w przypadku wyłączników typu AC lub typu A przy prądzie różnicowym przemiennym).

Zaleca się sprawdzenie wymaganych czasów zadziałania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych. Jednak wymagania dotyczące tych czasów należy sprawdzić w przypadku:

- ponownie użytych urządzeń ochronnych różnicowoprądowych,
- rozbudowy lub zmiany istniejącej instalacji, w której istniejące urządzenia ochronne różnicowoprądowe mają być ponownie użyte.

Sprawdzenie wymaganych czasów zadziałania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych powinno być wykonane przy prądzie różnicowym I_{Δ} równym $5 \times I_{\Delta n}$ (czasy zadziałania określa norma PN-EN 61008).

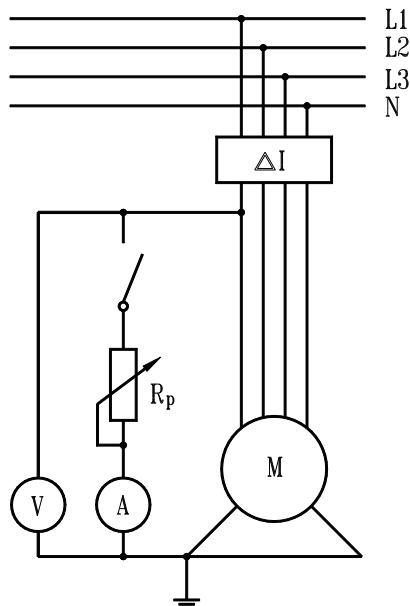
Przykładowe schematy dla podstawowych metod sprawdzania działania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych przedstawiono na rysunkach nr 34, 35 i 36.

Metoda 1. Na rysunku nr 34 przedstawiony jest schemat układu, w którym regulowana rezystancja włączana jest między przewód liniowy od strony odbioru, za urządzeniem ochronnym, a część przewodzącą dostępną. Prąd zwiększany jest przez obniżanie wartości regulowanej rezystancji R_p .

Prąd I_{Δ} , przy którym urządzenie ochronne różnicowoprądowe zadziała, nie powinien być większy od znamionowego prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ (w przypadku wyłączników typu AC lub typu A przy prądzie różnicowym przemiennym).

Metoda ta może być stosowana dla układów sieci TN-S; TT oraz IT.

W układzie IT, podczas przeprowadzania próby, w celu uzyskania zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, może być potrzebne połączenie określonego punktu sieci bezpośrednio z ziemią.



Rys. 34. Sprawdzanie działania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego metodą 1

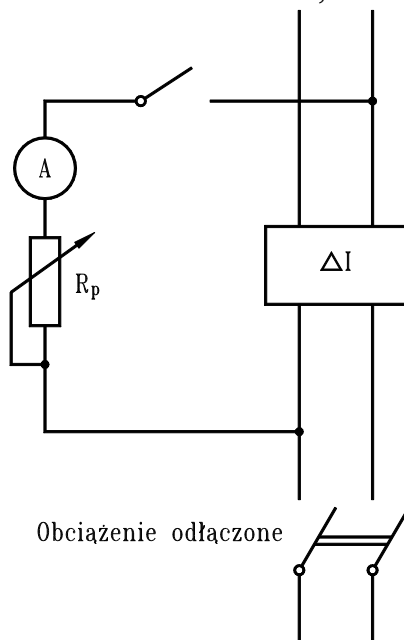
Metoda 2. Na rysunku nr 35 przedstawiony jest schemat układu, w którym regulowana rezystancja włączana jest między przewód czynny od strony zasilania urządzenia ochronnego a inny przewód czynny po stronie odbioru.

Prąd zwiększany jest przez obniżanie wartości regulowanej rezystancji R_p .

Prąd I_{Δ} , przy którym urządzenie ochronne różnicowoprądowe zadziała, nie powinien być większy od znamionowego prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ (w przypadku wyłączników typu AC lub typu A przy prądzie różnicowym przemiennym).

Podczas przeprowadzania sprawdzania urządzenia ochronnego powinno być odłączone obciążenie układu.

Metoda ta może być stosowana dla układów sieci TN-S; TT oraz IT.



Rys. 35. Sprawdzenie działania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego metodą 2

Metoda 3. Na rysunku nr 36 przedstawiony jest schemat układu, w którym stosowana jest elektroda pomocnicza. Prąd zwiększany jest przez obniżanie wartości regulowanej rezystancji R_p .

W czasie sprawdzania mierzone jest napięcie U między częścią przewodzącą dostępną a niezależną elektrodą pomocniczą. Mierzony jest również prąd I_{Δ} , który nie powinien być większy od znamionowego prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ (w przypadku wyłączników typu AC lub typu A przy prądzie różnicowym przemiennym).

Powinien być spełniony następujący warunek:

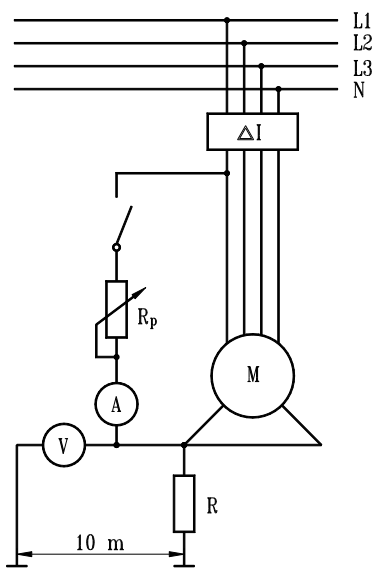
$$U \leq U_L \cdot \frac{I_{\Delta}}{I_{\Delta n}}$$

gdzie:

U_L — napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Metoda ta może być stosowana dla układów sieci TN-S; TT oraz IT tylko wówczas, gdy lokalizacja pozwala na zastosowanie elektrody pomocniczej.

W układzie IT, podczas przeprowadzania próby, w celu uzyskania zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, może być potrzebne połączenie określonego punktu sieci bezpośrednio z ziemią.



Rys. 36. Sprawdzanie działania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego metodą 3

31.8. Wzory protokółów z przeprowadzonych badań skuteczności ochrony przeciwporażeniowej

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW SKUTECZNOŚCI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH Z ZABEZPIECZENIAMI NADPRĄDOWYMI

(Nazwa firmy wykonującej pomiary)	Protokół Nr..... Z POMIARÓW SKUTECZNOŚCI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH Z ZABEZPIECZENIAMI NADPRĄDOWYMI z dnia r.
Zleceniodawca: Obiekt: Układ sieci U_O U_L t_a	

Szkic rozmieszczenia badanych obwodów i urządzeń elektrycznych przedstawiono na rys:.....
 lub zastosowano symbole zgodne z dokumentacją, jednoznacznie identyfikujące obiekty.

Lp	Typ przewodu (kabla) lub urządzenia elektrycznego	Nazwa obwodu lub urządzenia elektrycznego oraz symbol zgodny z dokumentacją	Typ zabezpieczeń	I_n [A]	I_a [A]	$Z_{S\text{ pom}}$ [Ω]	$Z_{S\text{ dop}}$ [Ω]	Ocena skuteczności: tak – nie

gdzie:

U_o – napięcie fazowe sieci

U_L – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale

t_a – maksymalny czas wyłączenia

I_n – prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego

I_a – prąd zapewniający samoczynne wyłączenie

$Z_{S\text{ pom}}$ – impedancja pętli zwarciowej – pomierzona

$Z_{S\text{ dop}}$ – impedancja pętli zwarciowej – dopuszczalna, wynikająca z zastosowanego zabezpieczenia

Przyrządy pomiarowe:

Lp.	Nazwa przyrządu	Producent	Typ	Nr fabr.
1				
2				
3				
4				

Uwagi

.....
.....
.....

Wnioski
.....

.....

Pomiary przeprowadził:

Protokół sprawdził:

Protokół otrzymał:

.....

**PROTOKÓŁ Z POMIARÓW SKUTECZNOŚCI OCHRONY
PRZECIWPORAŻENIOWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH
ZABEZPIECZONYCH WYŁĄCZNIKAMI OCHRONNYMI
RÓŻNICOWOPRĄDOWYMI**

(Nazwa firmy wykonującej pomiary)	Protokół nr z pomiarów skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych zabezpieczonych wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi z dniar.
Zleceniodawca: Obiekt:	
Rodzaj zasilania: prąd przemienny Układ sieci zasilającej: TN-S TN-C-S TT IT Napięcie sieci zasil.: 230/400 V	
Dane techniczne i wyniki pomiarów wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego: typ:, rodzaj: zwykły/selektywny, producent (kraj):, I_n : [A], $I_{\Delta n}$: [mA], wymagany czas wyłączenia [ms], $I_{\Delta pom}$: [mA], pomierzony czas wyłączenia: [ms], sprawdzenie działania przyciskiem „TEST” wynik: pozytywny/negatywny. Ogólny wynik pomiarów: pozytywny/negatywny.	

gdzie:

I_n – prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego

$I_{\Delta n}$ – znamionowy prąd różnicowy

$I_{\Delta pom}$ – pomierzony różnicowy prąd zadziałania

Przyrządy pomiarowe:

Lp.	Nazwa przyrządu	Producent	Typ	Nr fabr.
1				
2				
3				
4				

Uwagi

.....
.....
.....

Wnioski

.....
.....

Pomiary przeprowadził:

Protokół sprawdził:

Protokół otrzymał:

.....

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW REZYSTANCJI IZOLACJI INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH

	Protokół Nr z pomiarów rezystancji izolacji instalacji elektrycznych
--	--

(Nazwa firmy wykonującej pomiary)	z dnia.....r.
Zleceniodawca:.....	
Obiekt:.....	
Warunki pomiaru:.....	
Data pomiaru:.....	
Rodzaj pomiaru:.....	Napięcie pomiarowe.....
Przyrządy pomiarowe: typ.....	
Pogoda w dniu pomiaru:.....	
W dniach poprzednich:.....	

Szkic rozmieszczenia badanych obwodów i urządzeń elektrycznych przedstawiono na rys.:.....
lub zastosowano symbole zgodne z dokumentacją, jednoznacznie identyfikujące obiekty.

Lp.	Typ przewodu (kabla) lub urządzenia elektrycznego	Nazwa obwodu lub urządzenia elektrycznego oraz symbol zgodny z dokumentacją	Rezystancja w [MΩ]										Rezystancja wymagana [MΩ]
			L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-N	L2-N	L3-N	L1-PE/PEN	L2-PE/PEN	L3-PE/PEN	N-PE	

Uwagi

.....

.....

.....

Wnioski

.....

.....

.....

Pomiary przeprowadził:

Protokół sprawdził:

Protokół otrzymał:

.....

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW REZYSTANCJI UZIOMÓW

(Nazwa firmy wykonującej pomiary)	Protokół Nr z pomiarów rezystancji uziomów z dnia r.
Zleceniodawca: Obiekt:	
Warunki pomiaru: Data pomiaru: Metoda pomiaru: Przyrządy pomiarowe: Pogoda w dniu pomiaru: W dniach poprzednich:	
Uziomy: Rodzaj gruntu: Stan wilgotności gruntu: Rodzaj uziomów:	

Szkic rozmieszczenia badanych uziomów przedstawiono na
 rys:
 lub zastosowano symbole zgodne z dokumentacją, jednoznacznie identyfikujące obiekty.

Lp.	Rodzaj uziomu oraz symbol zgodny z dokumentacją	Rezystancja uziomów w [Ω]		Spełnione wymagania przepisów tak/nie
		zmierzona	dopuszczalna	
1				
2				
3				
4				

Uwagi:

Wnioski:

.....
.....
Pomiary przeprowadził:

Protokół sprawdził:

Protokół otrzymał:

.....

Literatura

Książki

- Boczkowski A., Siemek S., Wiaderek B.: Nowoczesne elementy zabezpieczeń i środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV. Wskazówki do projektowania i montażu. Warszawa, COBR „Elektromontaż” 1992.
- Boczkowski A., Lenartowicz R., Stańczak B.: Nowe rozwiązania instalacji piorunochronnych w obiektach budowlanych. Wskazówki do projektowania i montażu. Warszawa, COBR „Elektromontaż” 1994.
- Boczkowski A., Cendrowski St., Giera M., Lenartowicz R.: Instalacje Elektryczne. Warunki techniczne z komentarzami. Wymagania odbioru i eksploatacji. Przepisy prawne i normy. Wydanie III. Warszawa, COBO-Profil 1999.
- Boczkowski A., Kasperkiewicz K., Kosiorek M., Kukulski K., Nurzyński J., Płuciennik M., Pogorzelski A., Pykacz S., Ratajczak D., Sieczkowski J., Szudrowicz B., Wierzbicki S., Zajda R., Zieleniewski S.: Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Warszawa, ITB 2009.
- Boczkowski A., Kupras K., Laskowski J., Lechowicz P., Pysznik T., Ślirz W., Uczciwek T., Wojnarski J.: Pomiary w elektroenergetyce. Warszawa, COSIW SEP oraz Kraków, KS KRAK. Książka systematycznie aktualizowana.
- Boczkowski A.: Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wybrane wymagania dla instalacji modernizowanych lub nowo budowanych. Warszawa, COSIW SEP oraz Wrocław, Polskie Centrum Promocji Miedzi 2005.
- Boczkowski A.: Wymagania techniczne dla instalacji elektrycznych niskiego napięcia w budynkach. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2008.
- Boczkowski A.: Vademecum elektryka. Bezpieczeństwo użytkowania instalacji elektrycznych. Instalacje elektryczne w mieszkaniach i budynkach mieszkalnych oraz ochrona odgromowa budynków. Warszawa, Wydawnictwo Polcen 2008.
- Boczkowski A., Strzyżewski J.: Moje bezpieczne instalacje elektryczne. Warszawa, Zacharek Dom Wydawniczy 2011.
- Bąk J.: Komentarz do normy PN-EN 12464-1 „Światło i oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach”. Warszawa, COSIW SEP 2006.
- Danielski L., Osiński S.: Budowa, stosowanie i badania wyłączników różnicowoprądowych. Warszawa, COSIW SEP 2004.
- Gąsowski H., Jabłoński W., Niestępski S., Wolski A.: Komentarz do normy PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”. Tom 1. Warszawa, COSIW SEP 2001.
- Giera M.: Przepisy techniczno – budowlane. Uprawnienia budowlane dla elektryków. Poradnik 2. Wydanie VI. Warszawa, POLCEN 2010.

- Giera M.: Odległości sieci elektroenergetycznych od innych obiektów. Warszawa, POLCEN 2012.
- Instalacje elektryczne i teletechniczne. Poradnik monterów i inżynierów elektryków. Warszawa, Verlag Dashofer. Książka systematycznie aktualizowana.
- Instalacje elektryczne w praktyce. Warszawa, Wiedza i Praktyka. Książka systematycznie aktualizowana.
- Jabłoński W., Niestępski S., Wolski A.: Komentarz do normy PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”. Tom 2. Warszawa, COSIW SEP 2004.
- Laskowski J.: Nowy poradnik elektroenergetyka przemysłowego. Warszawa, COSIW SEP 2005.
- Lejdy B.: Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wydanie II. Warszawa, WNT 2005.
- Lenartowicz R., Boczkowski A., Wybrańska I.: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część D: Roboty instalacyjne. Zeszyt 1. Wydanie II: Instalacje elektryczne i piorunochronne w budynkach mieszkalnych. Warszawa, ITB 2007.
- Lenartowicz R., Boczkowski A., Wybrańska I.: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część D: Roboty instalacyjne. Zeszyt 2: Instalacje elektryczne i piorunochronne w budynkach użyteczności publicznej. Warszawa, ITB 2012.
- Lenartowicz R., Wolski A.: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część D: Roboty instalacyjne. Zeszyt 3: Instalacje elektryczne i piorunochronne w obiektach przemysłowych. Warszawa, ITB 2008.
- Lenartowicz R.: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część D: Roboty instalacyjne elektryczne. Zeszyt 4: Linie kablowe niskiego i średniego napięcia. Warszawa, ITB 2011.
- Lenartowicz R., Boczkowski A., Cieśla S.: Przebudowa i remonty instalacji i urządzeń elektrycznych w budownictwie mieszkaniowym. Warszawa, ITB 2008.
- Lenartowicz R., Wybrańska I.: Projektowanie i montaż instalacji oraz urządzeń elektrycznych w podłożu i na podłożu palnym. Warszawa, ITB 2005.
- Lenartowicz R.: Instalacje elektryczne na terenie budowy. Warszawa, ITB 2010.
- Lenartowicz R.: Ochrona odgromowa budynków i obiektów budowlanych. Warszawa, ITB 2012.
- Łasak F.: Wykonywanie pomiarów odbiorczych i okresowych w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2010.
- Markiewicz H.: Instalacje elektryczne. Wydanie VIII. Warszawa, WNT 2008.
- Markiewicz H.: Urządzenia elektroenergetyczne. Warszawa, WNT 2008.
- Markowska R., Sowa A.: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2009.
- Markowska R., Sowa A.: „Ograniczanie przepięć w instalacjach elektrycznych w obiektach budowlanych”. Warszawa, Dom Wydawniczy MEDIUM 2011.
- Musiał E.: Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne. Wydanie VI. Warszawa, WSZiP 2008.
- Niestępski S., Parol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T.: Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2005.
- Nartowski Z., Jabłoński W., Nahodko M., Samek S.: Komentarz do normy PN-E-05115. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV. Warszawa, COSIW SEP 2003.

- Petykiewicz P.: Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku. Warszawa, COSIW SEP 2001.
- Poradnik Inżyniera Elektryka. Tom 1. Warszawa, WNT 1996. Tom 3. Warszawa, WNT 2005. Tom 2. Warszawa, WNT 2007.
- Poradnik Montera Elektryka. Wydanie 3. Warszawa, WNT 1997.
- Pytlak A., Świątek H.: Ochrona przeciwporażeniowa w układach elektronicznych. Wydanie II. Warszawa, COSIW SEP 2005.
- Remonty i modernizacje budynków. Poradnik dla administratorów i zarządców nieruchomości oraz firm remontowo-budowlanych. Warszawa, Verlag Dashofer. Książka systematycznie aktualizowana.
- Sałasiński K.: Bezpieczeństwo elektryczne w zakładach opieki zdrowotnej. Warszawa, COSIW SEP 2002.
- Sałasiński K.: Instalacje elektryczne w zakładach opieki zdrowotnej. Warszawa, Verlag Dashofer 2006.
- Siemek S.: Instalacje elektryczne do zasilania urządzeń elektronicznych. Wydanie II. Warszawa, COSIW SEP 2006.
- Skiepmo E.: Instalacje przeciwpożarowe. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2009.
- Strzyżewski Jacek, Strzyżewski Janusz: Instalacje elektryczne w budownictwie jednorodinnym. Wydanie III. Warszawa, Arkady 2005.
- Strzyżewski J.: Vademecum eksploatacji i konserwacji urządzeń oświetleniowych. Warszawa, Polcen 2010.
- Strzyżewski J.: Bezpieczny dom rodzinny. Instalacje elektryczne. Tom 1 i II. Warszawa, Polcen 2011.
- Sutkowski T.: Rezerwowe i bezprzerwowe zasilanie w energię elektryczną. Urządzenia i układy. Warszawa, COSIW SEP 2007.
- Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Instalacji Elektrycznych w Praktyce. Warszawa, Verlag Dashofer. Książka systematycznie aktualizowana.
- Wiatr J., Orzechowski M.: Poradnik projektanta elektryka. Wydanie V. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2012.
- Wiatr J., Boczkowski A., Orzechowski M.: Ochrona przeciwporażeniowa oraz dobór przewodów i ich zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2010.
- Wiatr J.: Oświetlenie awaryjne w budynkach. Wymagania i zasady zasilania. Wydanie II. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2011.
- Wiatr J.: Zespoły prądotwórcze w układach awaryjnego zasilania obiektów budowlanych. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2007.
- Wiatr J., Miegoń M.: Zasilacze UPS oraz baterie akumulatorów w układach zasilania gwarantowanego. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2008.
- Wiatr J., Lenartowicz R., Orzechowski M.: Podstawy projektowania i budowy elektroenergetycznych linii kablowych SN. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2009.
- Wiatr J., Orzechowski M.: Dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia. Wydanie II. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2011.
- Wolski A., Pazdro K.: Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych w pytaniach i odpowiedziach. Wydanie X. Warszawa, WNT 2009.

Norma PN-IEC 60364

- PN-IEC 60364-4-442:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia
- PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.

- PN-IEC 60364-4-45:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed obniżeniem napięcia.
- PN-IEC 60364-4-46:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Odłączanie izolacyjne i łączenie.
- PN-IEC 60364-4-47:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Postanowienia ogólne. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.
- PN-IEC 60364-4-473:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym.
- PN-IEC 364-4-481:1994 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Wybór środków ochrony przeciwporażeniowej w zależności od wpływów zewnętrznych.
- PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa.
- PN-IEC 60364-5-52:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie.

- PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.
- PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.

- PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza. Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia.

- PN-IEC 60364-5-551:2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Niskonapięciowe zespoły prądotwórcze.

 - PN-IEC 60364-7-702:1999 Ap1:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Baseny pływackie i inne.

 - PN-IEC 60364-7-705:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje elektryczne w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych.
 - PN-IEC 60364-7-706:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi.
-
- PN-IEC 60364-7-707:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Wymagania dotyczące uziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych.
 - PN-IEC 60364-7-708:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Kempingi i pojazdy wypoczynkowe.
 - PN-IEC 60364-7-714:2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje oświetlenia zewnętrznego.
 - PN-IEC 60364-7-717:2004 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Zespoły ruchome lub przewożne.

Normy pozostałe

- PN-IEC 60050-826:2007 Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Część 826: Instalacje elektryczne.
- PN-IEC 60050-195:2001 Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Uziemienia i ochrona przeciwporażeniowa.
- PN-EN 60445:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów.
- PN-EN 60446:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi.
- PN-HD 308 S2:2007 Identyfikacja żył w kablach i przewodach oraz w przewodach sznurowych.
- PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.

— PN-EN 50310:2012	Stosowanie połączeń wyrównawczych i uziemiających w budynkach z zainstalowanym sprzętem informatycznym.
— PN-EN 60529:2003	Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)
— PN-EN 60664-1:2005	Koordinacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia. Część 1: Zasady, wymagania i badania.
— PN-EN 50341-1:2005	Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
— PN-EN 50423-1:2007	Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV do 45 kV włącznie. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
— N SEP-E-003	Norma SEP. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi.
— N SEP-E-004	Norma SEP. Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.
— PN-EN 50146:2007	Opaski przewodów do instalacji elektrycznych.
— PN-EN 50368:2007	Uchwyty przewodów do instalacji elektrycznych.
— PN-EN 61537:2007	Systemy korytek i drabinek instalacyjnych do prowadzenia przewodów.
— PN-EN 61386-1:2011	Systemy rur instalacyjnych do prowadzenia przewodów. Część 1: Wymagania ogólne.
— PN-EN 50085-1:2006	Systemy listew instalacyjnych otwieranych i listew instalacyjnych zamkniętych do instalacji elektrycznych. Część 1: Wymagania ogólne.
— PN-E-05115:2002	Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.
— PN-EN 12464 -1:2012	Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
— PN-EN 62305	Ochrona odgromowa: Część 1 Zasady ogólne. 2008r. Część 2 Zarządzanie ryzykiem. 2008r. Część 3 Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia. 2009r. Część 4 Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach. 2009r.
— PN-E-04700:1998 Az1:2000	Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
— PN-EN 60439-1:2003 /A1:2006	Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu.
— PN-EN 61293:2000	Znakowanie urządzeń elektrycznych danymi znamionowymi dotyczącymi zasilania elektrycznego.

	Wymagania bezpieczeństwa.
— N SEP-E-001	Norma SEP. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.
— N SEP-E-002	Norma SEP. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w obiektach mieszkalnych. Podstawy planowania.
— N SEP-E-005	Norma SEP. Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru.
— PN-IEC 60038:1999	Napięcia znormalizowane IEC.
— PN-EN 50160:2008	Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych
— PN-EN 50171:2007	Centralne układy zasilania.
— PN-E-05010:1991	Zakresy napięciowe instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych.
— PN-E-05204:1994	Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów instalacji i urządzeń. Wymagania.
— PN-E-08501:1988	Urządzenia elektryczne. Tablice i znaki bezpieczeństwa.
— PN-N-01256-02:1992	Znaki bezpieczeństwa. Ewakuacja.
— PN-EN 1838:2005	Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
— PN-EN 50172:2005	Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego.
— PN-HD 384.7.711 S1:2005	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-711: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Wystawy, pokazy i stoiska.
— PN-EN 62271-202:2007	Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza. Część 202: Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie.
— PN-HD 60364-7-715:2006	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-715: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu.
— PN-HD 60364-7-701:2010	Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-701: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub prysznic.
— PN-HD 60364-7-703:2007	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-703: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia i kabiny zawierające ogrzewacze sauny.
— PN-HD 60364-7-704:2010	Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-704. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje na terenie budowy i rozbiórki.
— PN-HD 60364-5-559:2010	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-559: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe.

- PN-HD 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.
- PN-HD 603 S1:2006 /A3:2007 Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1kV.
- PN-EN 1363-1:2001 Badania odporności ogniowej. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 50200:2003 Metoda badania palności cienkich przewodów i kabli bez ochrony specjalnej stosowanych w obwodach zabezpieczających.
- PN-HD 60364-7-740:2009 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-740: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Tymczasowe instalacje elektryczne obiektów, urządzeń rozrywkowych i straganów na terenie targów, wesołych miasteczek i cyrków.
- PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- PN-HD 60364-5-54:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.
- PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
- PN-HD 60364-1:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje.
- PN-HD 60364-5-51:2011 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia ogólne.
- PN-HD 60364-4-42:2013 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-42. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego.
- PN-HD 60364-4-43:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.
- PN-HD 60364-4-444:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-444. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed zakłóceniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi.
- PN-HD 60364-5-534:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie. Sekcja 534. Urządzenia do ochrony przed przepięciami.
- PN-HD 60364-5-56:2013 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-56. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa.

- PN-HD 60364-5-559:2010 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-55. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Sekcja 559. Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe.

Ustawy i rozporządzenia

- Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz. U. nr 169 z 2002 r., poz. 1386; Dz. U. nr 273 z 2004 r., poz. 2703; Dz. U. nr 132 z 2005 r., poz. 1110; Dz. U. nr 170 z 2006 r., poz. 1217; Dz. U. nr 227 z 2008 r., poz. 1505).
- Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (tekst jednolity - Dz. U. nr 138 z 2010 r., poz. 935).
- Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach (tekst jednolity - Dz. U. nr 243 z 2004 r., poz. 2441; Dz. U. nr 163 z 2005 r., poz. 1362; Dz. U. nr 180 z 2005 r., poz. 1494; Dz. U. nr 170 z 2006 r., poz. 1217; Dz. U. nr 249 z 2006 r., poz. 1834; Dz. U. nr 176 z 2007 r., poz. 1238; Dz. U. nr 18 z 2009 r., poz. 97; Dz. U. nr 91 z 2009 r., poz. 740; Dz. U. nr 66 z 2010 r., poz. 421; Dz. U. nr 107 z 2010 r., poz. 679; Dz. U. nr 64 z 2011 r., poz. 332).
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity - Dz. U. nr 243 z 2010 r., poz. 1623; Dz. U. nr 32 z 2011 r., poz. 159; Dz. U. nr 45 z 2011 r., poz. 235; Dz. U. nr 94 z 2011 r., poz. 551; Dz. U. nr 135 z 2011 r., poz. 789; Dz. U. nr 142 z 2011 r., poz. 829; Dz. U. nr 185 z 2011 r., poz. 1092; Dz. U. nr 232 z 2011 r., poz. 1377; Dz. U. z 2012 r., poz. 472, poz. 951, poz. 1256).
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (tekst jednolity - Dz. U. z 2012 r., poz. 1059).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75 z 2002 r., poz. 690; Dz. U. nr 33 z 2003 r., poz. 270; Dz. U. nr 109 z 2004 r., poz. 1156; Dz. U. nr 201 z 2008 r., poz. 1238; Dz. U. nr 228 z 2008 r., poz. 1514; Dz. U. nr 56 z 2009 r., poz. 461; Dz. U. nr 239 z 2010 r., poz. 1597; Dz. U. z 2012 r., poz. 1289).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r., w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz. U. nr 74 z 1999 r., poz. 836; Dz. U. nr 205 z 2009 r., poz. 1584).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r., w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. nr 93 z 2007 r., poz. 623; Dz. U. nr 30 z 2008 r., poz. 178; Dz. U. nr 162 z 2008 r., poz. 1005).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r., w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. nr 89 z 2003 r., poz. 828; Dz. U. nr 129 z 2003 r., poz. 1184; Dz. U. nr 141 z 2005 r., poz. 1189).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 sierpnia 2007 r., w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz. U. nr 155 z 2007 r., poz. 1089).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz. U. z 2013 r., poz. 492).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. nr 47 z 2003 r., poz. 401).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109 z 2010 r., poz. 719).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie książki obiektu budowlanego (Dz. U. Nr 120 z 2003 r., poz. 1134).

- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2012 r., poz. 462).

