

Aktualne przepisy i normy o ochronie przeciwporażeniowej w instalacjach do 1 kV

- 202054
- 19 października 2020
-



Zasady ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym zmieniają się. W tym i zeszłym roku ukazały się po polsku nowe wydania PN-HD 60364–4–41 i PN-EN 61140, czyli podstawowych dokumentów normalizacyjnych dotyczących tego tematu. W tekście opisujemy, jakie są obecnie wymagania przeciwporażeniowe i co zmieniło w tym zakresie w ostatnich latach.

Wymagania dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia zawarte są obecnie w wydanej w styczniu 2019 roku. Normie PN-HD 60364–4–41:2017–09 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych Część 41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.

W Normie tej zawarto postanowienia wynikające z PN-EN 61140, która jest podstawowym dokumentem normalizacyjnym opisującym ochronę ludzi i zwierząt (w styczniu 2020 r. wydano po polsku jej nową wersję jako PN-EN 61140:2016–07). EN 61140 zawiera również zmiany nazewnictwa i wielu wcześniejszych postanowień dotyczących kryteriów ochrony.

Norma PN-HD 60364 przewiduje następujące rodzaje ochrony:

- 1) równoczesną ochronę podstawową i przy uszkodzeniu przez stosowanie bardzo niskich napięć bezpiecznych,
- 2) ochronę podstawową (dawniej: ochrona przed dotykiem bezpośrednim),
- 3) ochronę przy uszkodzeniu (dawniej: ochrona przed dotykiem pośrednim),
- 4) ochronę przed skutkami termicznymi,
- 5) ochronę przeciwpożarową,
- 6) ochronę przed prądem przetężeniowym,

7) ochronę przed spadkiem napięcia,

8) ochronę przed przepięciami.

Zmiany w normach spowodowały, że zniknęły pojęcia i środki ochrony znane wcześniej jako: ZEROWANIE, UZIEMIENIE OCHRONNE, SIEĆ OCHRONNA. Wprowadzono natomiast środek ochrony przed porażeniem za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania, a także nazwy układów sieciowych: TN (TN-C, TN-S, TN-C-S), TT i IT.

Ustalono, że powszechnie należy stosować połączenia wyrównawcze główne i miejscowe nawet jako samodzielny środek ochrony.

Z uwagi na długie czasy wyłączeń i duży rozrzut charakterystyk prądowo-czasowych bezpieczników topikowych ograniczono ich rolę jako elementu zabezpieczającego na rzecz wyłączników instalacyjnych nadmiarowoprądowych lub wyłączników z wyzwalaczami.

W ochronie przeciwporażeniowej wprowadzono bardzo krótkie czasy wyłączenia rzędu 0,1 s, co powoduje konieczność doboru elementów szybkiego wyłączenia na podstawie charakterystyk czasowo-prądowych tych elementów.

Zasadą jest obecnie powszechne stosowanie wyłączników ochronnych różnicowoprądowych jako środka ochrony przy uszkodzeniu oraz jako uzupełniającego środka ochrony podstawowej, we wszystkich układach sieciowych, z wyjątkiem układu TN-C za wyłącznikiem różnicowoprądowym.

Zasadą jest ochrona obiektów budowlanych przed pożarami wywołanymi prądami doziemnymi przez zastosowanie wyłączników ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym do 500 mA.

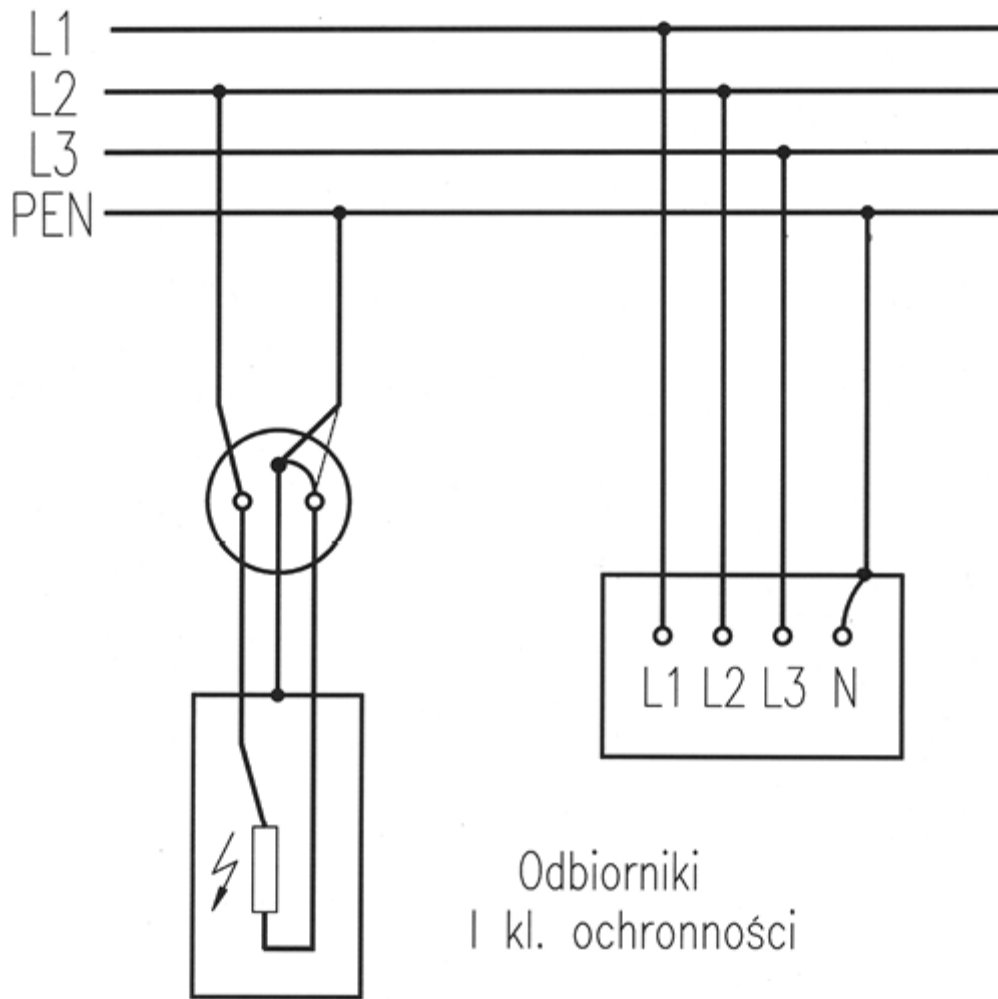
Koniecznością jest rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód neutralny N i ochronny PE, ponieważ przewodów o przekrojach poniżej 10 mm² Cu i 16 mm² Al, w instalacjach ułożonych na stałe, nie wolno stosować jako przewody PEN.

Do roli samodzielnych środków ochrony oprócz zabezpieczeń i ochrony przed porażeniami doszły:

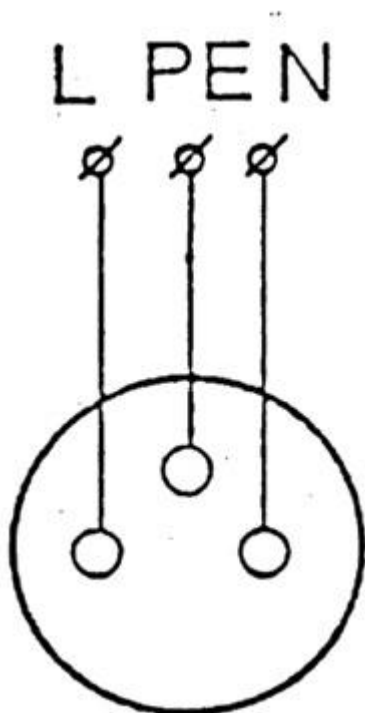
- ochrona przed skutkami termicznymi (pożar, poparzenie, inne zakłócenia),
- ochrona przed przepięciami (łączeniowymi i atmosferycznymi),
- ochrona przed obniżeniem napięcia.

W przepisach ochrony przeciwporażeniowej obowiązujących od lat dziewięćdziesiątych ważna jest zasada: „najpierw chronić, potem zasilac”. Wynika z niej kilka wymagań, których przestrzeganie znakomicie zwiększa bezpieczeństwo użytkowania urządzeń elektrycznych w mało bezpiecznym układzie sieci TN-C.

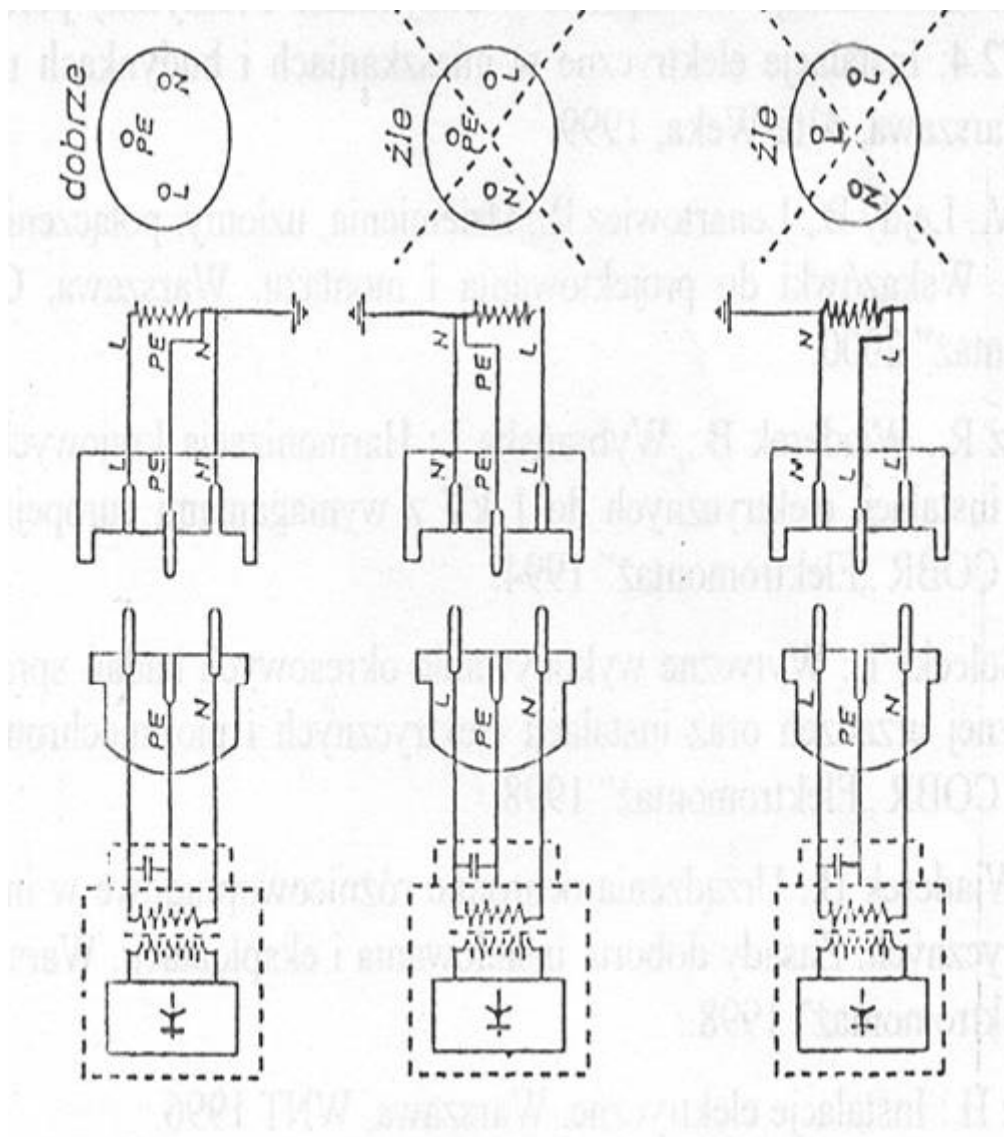
Należą do nich: sposób przyłączania przewodu ochronno-neutralnego w gniazdach wtyczkowych i do obudowy urządzeń I klasy ochronności (rys. 1), sposób przyłączania przewodów w gniazdach bezpiecznikowych – zasilający przewód L ma być łączny ze śrubą stykową, przewód odprowadzający z gwintem i w oprawach oświetleniowych – przewód L – środkowy styk, PEN – gwint.



Rys. 1. Sposób poprawnego przyłączenia przewodów PEN w układzie sieci TN-C



Rys. 2. Zalecany sposób przyłączenia przewodów fazowego L, neutralnego N i ochronnego PE w gniazdach wtyczkowych w układzie TN-S. Taki sposób podłączenia przewodów w gniazdach wtyczkowych jest szczególnie ważny w sieciach komputerowych, aby nie eliminować filtrów ani nie stwarzać zagrożenia jak przedstawia rys. 3 oraz jest istotny dla osób przeprowadzających pomiary sprawdzające instalacji, gdyż znakomicie ułatwia wykonywanie pomiarów sprawdzających



Rys. 3. Eliminacja filtrów i stworzenie zagrożenia przez błędne połączenie przewodów

Zmiany w normach dotyczących ochrony przeciwporażeniowej

Doświadczenia lat 70. i 80. ubiegłego wieku wykazały, iż systemy zabezpieczeń instalacji i odbiorników oraz ochrony ludzi przed porażeniem prądem elektrycznym w Polsce były nieskuteczne i wymagały radykalnych zmian. Przepisy obowiązujące przed 1992 rokiem były złe, gdyż na skutek ich stosowania w Polsce rejestrowano rocznie ok. 10 śmiertelnych przypadków porażenia prądem elektrycznym na milion mieszkańców. W tym okresie w krajach Europy rejestrowano rocznie po 2–4 śmiertelnych przypadków porażenia prądem elektrycznym, przy około dwukrotnie większej liczbie odbiorników i większym zużyciu energii elektrycznej na milion mieszkańców. W celu uzyskania zdecydowanej poprawy sytuacji w naszym kraju podjęto decyzję o przetłumaczeniu na polski angielskiej wersji normy międzynarodowej IEC-364. Oznaczona ona była początkowo jako PN-/E-05009 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Później jako PN-IEC 60364–4–41:2000, a obecnie jako PN-HD 60364–4–41:2017–09.

Norma zawiera 7 głównych arkuszy (x):

01 – zakres, przedmiot i wymagania podstawowe,

- 02 – określenia,
- 03 – ogólne charakterystyki,
- 04 – ochrona przed niebezpieczeństwem,
- 05 – dobór i montaż wyposażenia,
- 06 – badania,
- 07 – wymagania dla instalacji elektrycznych w obiektach specjalnych.

Zakres Normy obejmuje instalacje elektryczne niskiego napięcia w obiektach budowlanych, o napięciu do 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego. Norma po nowelizacji nosiła numer PN-IEC 60364-x-y. Wydano 39 jej arkuszy szczegółowych. Później przeprowadzono modyfikacje i uaktualnienia i w ten sposób powstały tzw. dokumenty harmonizacyjne, w Polsce oznaczane jako PN-HD.

Wydana w styczniu 2019 roku po polsku nowa wersja Normy oznaczona jako PN-HD 60364-4-41-09:2017 nie jest jeszcze umieszczona jako obowiązująca w załączniku do rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn.: Dz.U. z 2019 r. poz. 1065). Widnieje tam jeszcze PN-HD 60364-4-41:2009.

W nowej edycji dokumentu:

1. W punkcie „Ochrona uzupełniająca” zmieniono wartość prądu gniazd wtyczkowych, które przewidziane są do powszechnego użytku i do obsługi przez osoby niewykwalifikowane z 20 na 32 A. W tym punkcie zrezygnowano z uwag i dodano zapis, że ten podrozdział nie dotyczy systemów informatycznych, w których prąd zwarciovowy występuje w przypadku pierwszej usterki i nie przekracza 15 mA.
2. W układzie TN nowa Norma wymaga stosowania następujących urządzeń ochronnych w ochronie przy uszkodzeniu:
 - zabezpieczeń nadprądowych,
 - zabezpieczeń różnicowoprądowych.
3. Punkt 411.4.2 Normy poszerzono o zalecenia, aby przewody ochronne (PE i PEN) były uziemiane tam, gdzie wchodzi do jakichkolwiek budynków lub pomieszczeń.
4. W punkcie 412.2.4.1 wprowadzono wymaganie odnośnie wytrzymałości przewodników, które powinny zawierać izolację na napięcie znamionowe i co najmniej 300 V do 500 V, gdy są zamknięte w kanale. Kabel powinien mieć odpowiednią wytrzymałość na naprężenia elektryczne, termiczne, mechaniczne i środowiskowe zapewniające niezawodność zabezpieczenia jak przewody o podwójnej izolacji.
5. PN-HD 60364-4-41:2017 wymaga, aby w przypadku samoczynnego wyłączenia urządzenie zachowało odpowiednią izolację.

Środek ochrony powinien składać się z odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu lub wzmocnionego środka ochrony, który

zabezpiecza zarówno ochronę podstawową jak i ochronę przy uszkodzeniu. Przykładem tego środka ochrony jest izolacja wzmocniona.

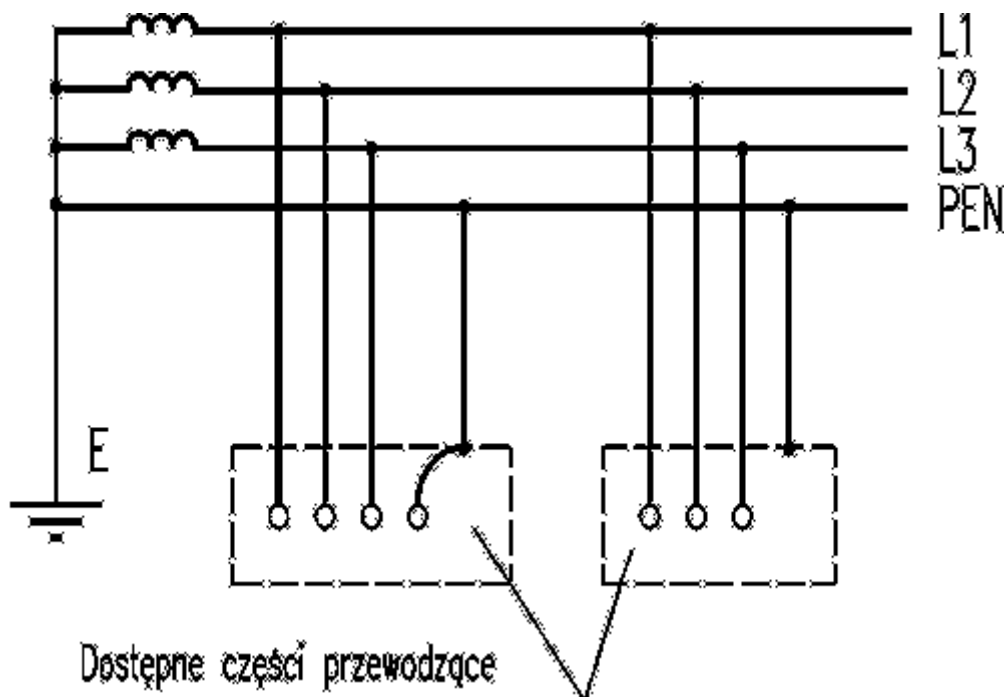
6. Dużej liczby modyfikacji dokonano w załącznikach Normy.

Układy sieciowe wprowadzone przez PN-IEC-60364

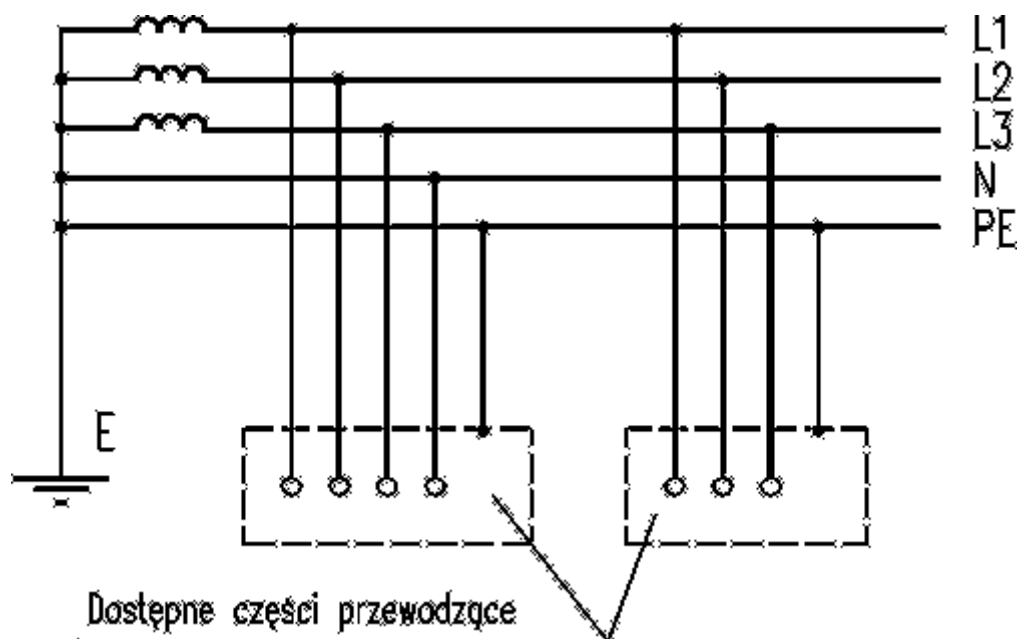
Norma PN IEC-60364 wprowadziła pojęcie układów sieci jako środka ochrony przy uszkodzeniu, który definiuje samoczynne wyłączenie zasilania w danym układzie. Układy te stosowane są również przez Normę PN-HD 60364.

Oznaczenia poszczególnych układów sieciowych są następujące: **TN-C**; **TN-S**; **TN-C-S**; **TT** i **IT**.

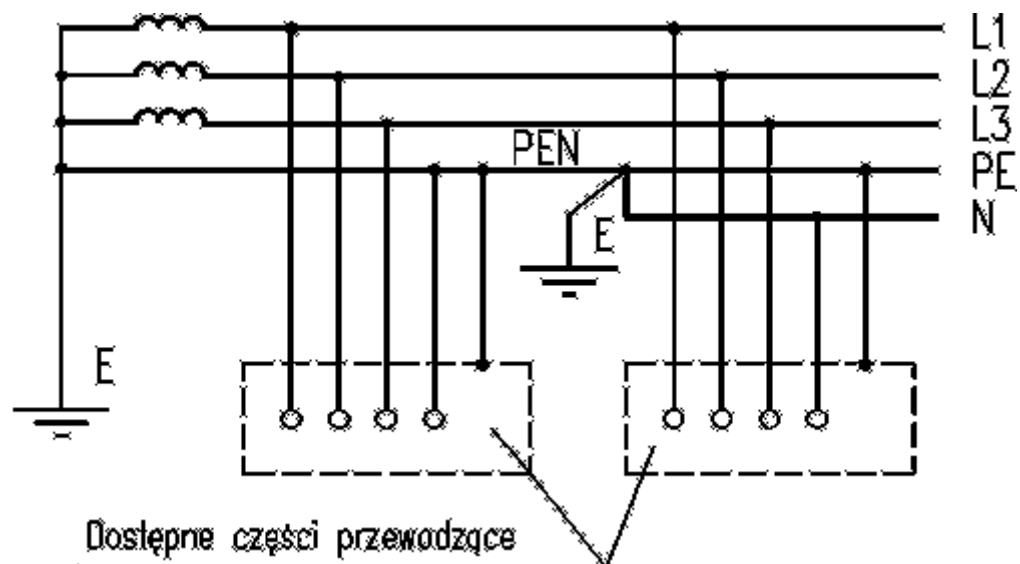
Układ sieci TN-C



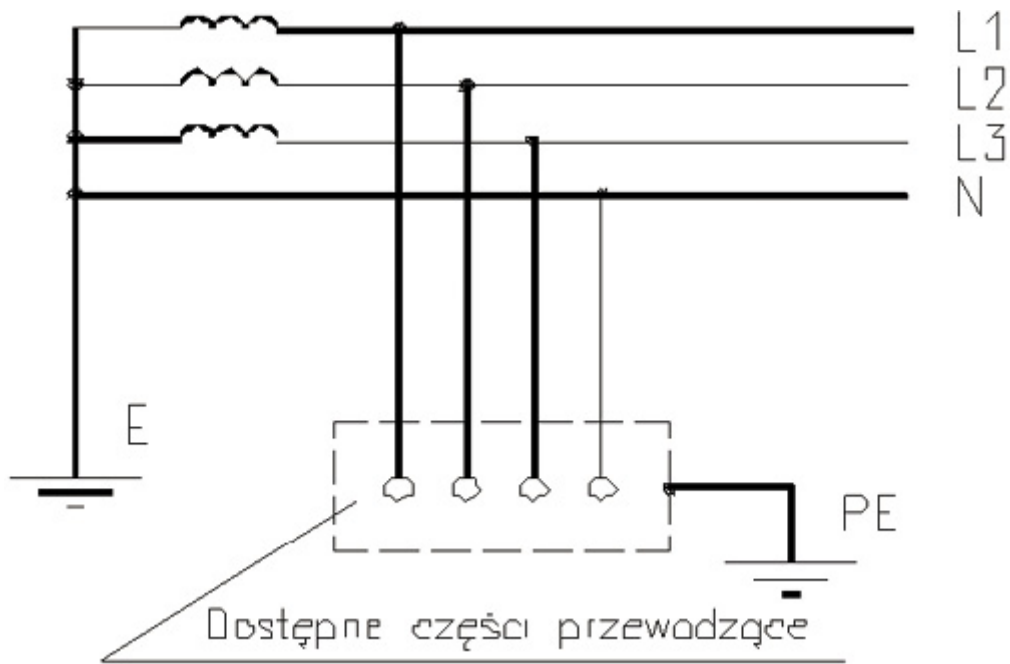
Układ sieci TN-S



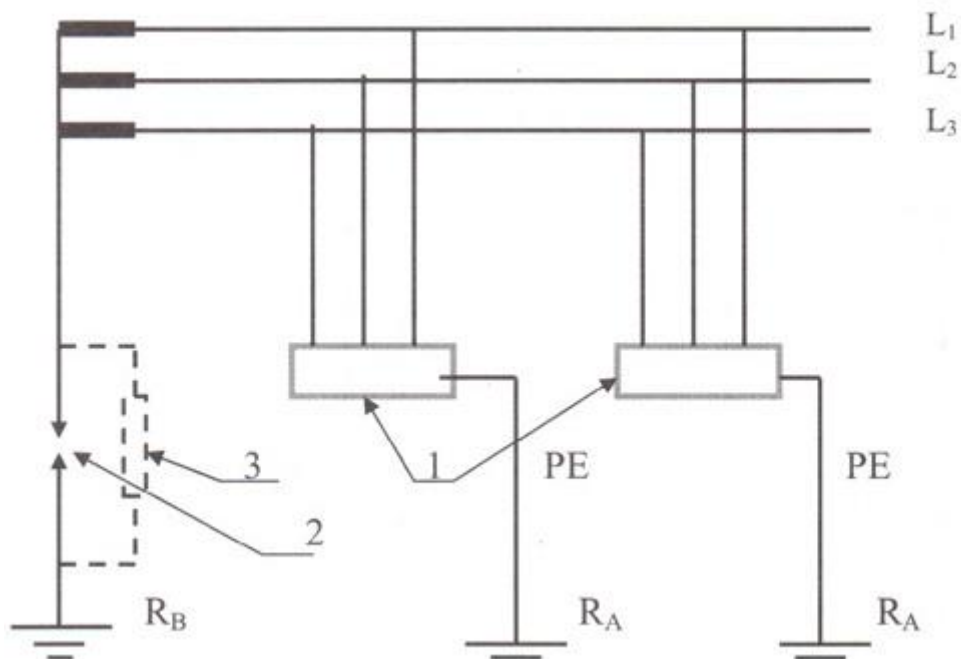
Układ sieci TN-C-S



Układ sieci TT

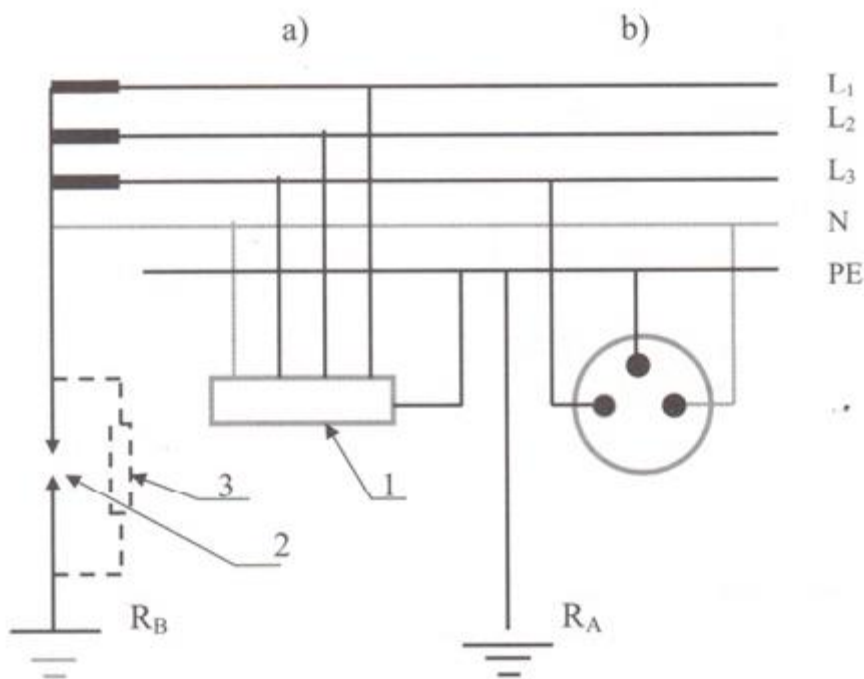


Układ sieci IT bez przewodu neutralnego N



RB – uziemienie układu sieci, **RA** – uziemienie części dostępnej, 1– część przewodząca dostępna, 2 – uziemienie punktu neutralnego przez iskiernik, 3 – alternatywne uziemienie punktu neutralnego przez dużą impedancję Z

Układ sieci IT z przewodem neutralnym N



a) obwód trójfazowy, b) obwód jednofazowy, R_B – uziemienie układu sieci, R_A – uziemienie przewodu ochronnego PE, 1 – część przewodząca dostępna, 2 – uziemienie punktu neutralnego przez iskiernik, 3 – alternatywne uziemienie punktu neutralnego przez dużą impedancję Z .

Przewód ochronno-neutralny PEN

Poprzednio w Polsce najczęściej stosowany był układ sieci TN-C. Występuje w nim przewód ochronno-neutralny PEN. Zgodnie z aktualnymi wymogami w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć przekrój żyły nie mniejszy niż 10 mm^2 Cu lub 16 mm^2 Al. W związku z niewłaściwą relacją pomiędzy przekrojami przewodu PEN i przewodów fazowych L, w odniesieniu do instalacji elektrycznej w budynkach (przekrój przewodu PEN w większości przypadków mógłby kilkakrotnie przewyższać przekroje przewodów fazowych L) oraz dążeniem do poprawy stanu bezpieczeństwa przeciwporażeniowego użytkowników koniecznością staje się stosowanie układu sieci TN-S, TN-C-S lub TT.

Rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N w przypadku układu sieci TN-C-S powinno nastąpić w złączu lub w rozdzielnicie głównej budynku, a punkt rozdziálu ma być uziemiony. Utrzymuje to potencjał ziemi na przewodzie ochronnym PE przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

Możliwie licznie powinny być uziemiane 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 PE lub PEN połączonym z miejscem zwarcia i zapewnia wyłączenie zasilania.

Norma PN-HD 60364-4-41

Norma PN-IEC 60364-4-41:2000P została zastąpiona Normą PN-HD 60364-4-41:2009P, która wprowadziła pewne zmiany w przepisach ochrony przeciwporażeniowej w stosunku do wymagań obowiązujących poprzednio. W Normach PN-IEC i PN-HD obowiązuje podział napięcia na dwa zakresy w sposób podany w tabeli 1.

Część 4-41 Normy PN-HD 60364 dotyczy ochrony przed porażeniem elektrycznym stosowanej w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Zawiera podstawowe wymagania dotyczące ochrony przed porażeniem elektrycznym ludzi i zwierząt, w tym zmienione nazwy środków ochrony: ochronę podstawową i ochronę przy uszkodzeniu. Podane są w niej również wymagania dotyczące zastosowania dodatkowej ochrony w niektórych przypadkach. Według PN-HD 60364-4-41 napięciem niskim jest napięcie znamionowe przemiennie do 1000 V (a.c.) lub stałe do 1500 V (d.c.) a napięciem wysokim jest każde napięcie znamionowe przekraczające 1000 V a.c. lub 1500 V d.c.

Wymagania ogólne

W Normie tej są stosowane następujące określenia napięcia:

a.c. – napięcia przemiennie są wyrażone w wartościach skutecznych (r. m. s.),

d.c. – napięcia stałe bez tętnień.

Napięcie stałe bez tętnień to umowne określenie napięcia, w którym wartość skuteczna tętnień nie przekracza 10% składowej prądu stałego d.c.

Rodzaje ochrony przeciwporażeniowej

PN-EN 61140 określa, że konieczne jest spełnienie podstawowej zasady ochrony przed porażeniem elektrycznym w warunkach normalnych, co Norma nazywa ochroną podstawową. Ochrona podstawowa powinna składać się z jednego lub więcej środków, które w warunkach normalnych zapobiegają dotknięciu niebezpiecznych części czynnych. Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem brzmi: **części niebezpieczne nie mogą być dostępne, a dostępne części przewodzące nie mogą być niebezpieczne, zarówno w normalnych warunkach, jak i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.**

Wszystkie środki ochrony powinny być tak projektowane i konstruowane, **aby były skuteczne przez cały okres spodziewanego użytkowania instalacji, sieci lub urządzenia** zgodnie z ich przeznaczeniem i przy właściwej konserwacji.

Tabela 1. Zakresy napięć

Zakres napięć/Rodzaj prądu	Prąd przemienny	Prąd stały
Zakres I (zakres napięć bezpiecznych)	< 50 V, 50 V, 25 V, 12 V, 6 V	< 120 V, 120 V, V,

		60 V, 30 V, 15 V
Zakres II	$50 \text{ V} < U < 1000 \text{ V}$	120 V < U < 1500 V

U – napięcie znamionowe instalacji w V

Ochrona podstawowa (ochrona przed dotykiem bezpośrednim) polega na:

- 1) izolowaniu części czynnych,
- 2) użyciu ogrodzeń lub obudów,
- 3) użyciu barier,
- 4) umieszczeniu poza zasięgiem ręki,
- 5) ochronie uzupełniającej przez stosowanie urządzeń różnicowoprądowych o znamionowym różnicowym prądzie zadziałania nieprzekraczającym 30 mA.

Środki ochrony podstawowej

1. Izolacja

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

W przypadku urządzeń nieprodukowanych fabrycznie ochronę należy zapewnić, stosując izolację, która będzie mogła długotrwale wytrzymać narażenia mechaniczne oraz wpływy chemiczne, elektryczne i termiczne, na jakie może być narażona podczas całego okresu eksploatacji.

Pokrycia farbą, pokostem i podobnymi produktami izolacyjnymi, zastosowane samodzielnie, nie są uznawane za odpowiednią izolację chroniącą przed porażeniem prądem elektrycznym podczas eksploatacji.

2. Ochrona przy użyciu ogrodzeń lub obudów

Części czynne powinny być umieszczone wewnątrz obudów lub ogrodzeń zapewniających stopień ochrony co najmniej IP 2X, z wyjątkiem gdy niższy stopień ochrony występuje podczas wymiany części, np. w przypadku opraw oświetleniowych, gniazd wtyczkowych i bezpieczników lub gdy większe otwory są konieczne do właściwego funkcjonowania urządzeń.

W takich przypadkach należy:

- przedsięwziąć środki ostrożności w celu zapobieżenia przypadkowemu dotknięciu części czynnych przez ludzi i zwierzęta domowe i
- zapewnić należytą informację o możliwości dotknięcia części czynnych i ostrzeżenie przed ich świadomym dotknięciem.

Łatwo dostęp górne poziom powierz ogrodzeń i obudów powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP 4X.

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 lub otwarcie obudów, lub usunięcie części obudów, to czynności te powinny być możliwe do wykonania tylko:

- za pomocą klucza lub narzędzia albo
- po wyłączeniu zasilania części czynnych chronionych przez te przegrody lub obudowy, przy czym ponowne włączenie zasilania powinno być możliwe dopiero po przywróceniu przegród lub zamknięciu obudów, lub
- gdy istnieje przegroda wewnętrzna o stopniu ochrony nie mniejszym niż IPXXB lub IP2X uniemożliwiająca dotknięcie części czynnych, usunięcie jej powinno być możliwe tylko za pomocą klucza lub narzędzia.

3. Ochrona przy użyciu barier

Bariery mają na celu zabezpieczenie przed przypadkowym dotknięciem części czynnych, lecz nie chronią przed dotykiem bezpośrednim spowodowanym działaniem rozmyślnym.

Bariery powinny utrudniać:

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

Bariery mogą być usuwane bez użycia klucza lub narzędzi, lecz powinny być zabezpieczone przed usunięciem niezamierzonym.

Norma PN-EN 61140 stanowi, że przeszkody są przeznaczone do ochrony osób wykwalifikowanych lub przeszkolonych, lecz nie są przeznaczone do ochrony osób postronnych.

4. Ochrona polegająca na umieszczeniu poza zasięgiem ręki

Ochrona taka ma na celu zapobieganie niezamierzonemu dotknięciu części czynnych.

Części czynne o różnych potencjałach nie powinny znajdować się w zasięgu ręki. Dwie części uważa się za jednocześnie dostępne, jeżeli znajdują się w odległości poniżej 2,50 m od siebie. Zasięg ręki dotyczy bezpośredniego dotknięcia gołą ręką bez użycia innych przedmiotów.

Jeżeli przestrzeń, w której normalnie przebywają ludzie, jest w kierunku poziomym ograniczona barierą o stopniu ochrony mniejszym niż IP2X, to zasięg ręki powinien być mierzony od tej bariery. Norma PN-EN 61140 stanowi: jeżeli poprzednie 3 środki nie mogą być zastosowane, to umieszczenie poza zasięgiem ręki może być odpowiednie do uniknięcia:

- w przypadku instalacji i urządzenia niskiego napięcia, niezamierzonego jednoczesnego dostępu do części przewodzących, między którymi może istnieć napięcie niebezpieczne,
- w przypadku instalacji i urządzenia wysokiego napięcia, niezamierzonego wstąpienia do strefy niebezpiecznej.

5. Ochrona uzupełniająca przez stosowanie urządzeń różnicowoprądowych o znamionowym różnicowym prądzie zadziałania nieprzekraczającym 30 mA

Ochroną uzupełniającą w ochronie podstawowej jest stosowanie urządzeń różnicowoprądowych o znamionowym różnicowym prądzie zadziałania nie przekraczającym 30 mA. Jest ona uzupełnieniem ochrony w przypadku nieskutecznego działania środków ochrony podstawowej lub w przypadku nieostrożności użytkowników.

Zastosowanie urządzeń różnicowoprądowych ma na celu tylko zwiększenie skuteczności ochrony podstawowej. Urządzenia te nie mogą być jedynym środkiem ochrony i użycie ich nie zwalnia od obowiązku zastosowania jednego ze środków ochrony podstawowej.

Wymagania dla ochrony podstawowej
Całe urządzenie elektryczne powinno być zgodne z jednym ze sposobów zabezpieczeń dla ochrony podstawowej, opisanych w Załącznikach A lub B Normy PN-HD 60364-4-41.

Ochrona przy uszkodzeniu

Środki ochrony przy uszkodzeniu to:

- 1) ochrona za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania,
- 2) ochrona polegająca na zastosowaniu urządzeń II klasy ochronności lub o wzmocnionej izolacji równoważnej,

- 3) ochrona polegająca na izolowaniu stanowiska,
- 4) ochrona za pomocą nieuziemionych połączeń wyrównawczych,
- 5) ochrona za pomocą separacji elektrycznej.

Ochrona przed porażeniem w normalnych warunkach jest zapewniona przez środki ochrony przy uszkodzeniu i w warunkach pojedynczego uszkodzenia. Ochrona przed porażeniem może być zapewniona przez wzmocniony środek ochrony, który zapewnia ochronę w normalnych warunkach i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.

W Normie PN-IEC 60364-4-41:2009 obowiązującej do 2009 roku:

- ochrona w normalnych warunkach (obecnie ochrona podstawowa) odpowiadała ochronie przed dotykiem bezpośrednim,
- ochrona w warunkach uszkodzenia (obecnie ochrona przy uszkodzeniu) odpowiadała ochronie przed dotykiem pośrednim.

Norma wymaga, aby w każdej części instalacji był zastosowany jeden lub więcej środków ochrony, biorąc pod uwagę uwarunkowania zależne od wpływów zewnętrznych.

Samoczynne wyłączenie zasilania

Samoczynne wyłączenie zasilania jest środkiem ochrony, w którym:

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez podstawową izolację części czynnych lub przez przegrody lub obudowy oraz
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez połączenie wyrównawcze gwarantujące samoczynne wyłączenie w przypadku uszkodzenia.

Tam gdzie jest użyty ten środek ochrony, mogą być stosowne, a nawet są zalecane urządzenia II klasy ochronności.

Jeśli przewidywana jest ochrona uzupełniająca, realizowana jest ona za pomocą urządzenia ochronnego różnicowoprądowego (RCD) o znamionowym różnicowym prądzie nieprzekraczającym 30 mA.

Monitory różnicowoprądowe (RCM) nie są urządzeniami ochronnymi, lecz mogą być stosowane do monitorowania prądów różnicowych w instalacjach elektrycznych. RCM podaje sygnał akustyczny lub akustyczny i wizualny, gdy nastawiona wartość prądu różnicowego jest przekroczona.

Dla układu IT samoczynne wyłączenie nie jest zwykle wymagane po pojawieniu się pierwszego zwarcia.

Maksymalny czas wyłączenia podany w tabeli 2 powinien być stosowany do obwodów końcowych o prądzie nieprzekraczającym 32 A.

W układach TN czas wyłączenia nie dłuższy niż 5 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach nieobejmujących wymienione powyżej.

W układach TT czas wyłączenia nieprzekraczający 1 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych.

Dla układów o napięciu nominalnym U_0 wyższym niż 50 V a.c. lub 120 V d.c. samoczynne wyłączenie w czasie określonym w tabeli nie jest wymagane, jeżeli – w przypadku zwarcia z przewodem lub z ziemią – napięcie źródła zostanie obniżone w okresie nie dłuższym niż podany odpowiednio w tabeli 2 lub w ciągu 5 s do wartości co najmniej 50 V a.c. lub 120 d.c. W takich przypadkach należy brać pod uwagę konieczność wyłączenia z innych przyczyn niż porażenie elektryczne.

Tabela 2. Maksymalne czasy wyłączenia dla normalnych warunków środowiskowych

Układ sieci	$50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$ [s]		$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$ [s]		$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$ [s]		$U_0 > 400 \text{ V}$ [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	1 (5) *	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

* Czas wymagany przez PN-HD 60364–4–41:2017, w nawiasie wymagany przez PN-HD 60364–4–41:2009.

Jeżeli samoczynne wyłączenie nie może być uzyskane w czasie wymaganym, to należy zastosować połączenie wyrównawcze dodatkowe zapewniające ochronę przez obniżenie napięcia dotykowego.

Ochrona w układzie TN

W układach TN integralność uziemienia instalacji zależy od niezawodnych i skutecznych połączeń przewodów PEN lub PE z ziemią. Na przykład przewód PEN jest połączony z ziemią w wielu miejscach i jest instalowany w taki sposób, aby zminimalizować ryzyko powstania przerwy w przewodzie PEN. Punkt neutralny lub punkt środkowy układu zasilania powinien być uziemiony. Jeżeli punkt neutralny lub punkt środkowy jest niedostępny lub nieosiągalny, powinien być uziemiony przewód liniowy.

Części przewodzące dostępne instalacji powinny być połączone przewodem ochronnym do głównego zacisku uziemającego instalacji, który powinien być połączony z uziemionym punktem układu zasilania.

Jeżeli istnieją inne skuteczne połączenia z ziemią, zaleca się łączenie przewodów ochronnych z ziemią wszędzie tam, gdzie jest to możliwe. W dużych budynkach takich jak wieżowce dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych nie jest możliwe ze względów praktycznych. W takich budynkach połączenie wyrównawcze ochronne między przewodami ochronnymi i częściami przewodzącymi obcymi spełniają jednak podobną funkcję.

Zaleca się, aby przewody ochronne (PE i PEN) były uziemione w miejscu wprowadzenia ich do każdego z budynków lub obiektów z uwzględnieniem wszelkich zmian kierunku prądów w przewodzie neutralnym.

W instalacjach stałych pojedynczy przewód może służyć zarówno jako przewód ochronny, i jako przewód neutralny (przewód PEN), pod warunkiem że jego przekrój jest nie mniejszy niż 10 mm² Cu lub 16 mm² Al.

W przewodzie PEN **nie mogą być umieszczone** wyłącznik lub urządzenie izolujące.

Charakterystyki urządzeń ochronnych i impedancja obwodu powinny spełniać następujący warunek:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

Gdzie: Z_s jest impedancją w omach (Ω) pętli zwarciowej obejmującej: źródło, przewód liniowy aż do punktu zwarcia i – przewody ochronne między punktem zwarcia a źródłem;

I_a jest prądem w amperach (A) powodującym samoczynne zadziałanie urządzenia wyłączającego w wymaganym czasie 0,2; 0,4 lub 5 s.

Jeżeli jest stosowane urządzenie ochronne różnicowoprądowe (RCD), ten prąd przyjmowany jest większy niż $I_{\Delta n}$ zwykle 5 $I_{\Delta n}$,

U_o jest nominalnym napięciem a.c. lub d.c. przewodu liniowego względem ziemi w woltach (V).

Do ochrony przy uszkodzeniu (ochrony przed dotykiem pośrednim) w układzie TN mogą być stosowane urządzenia ochronne:

- zabezpieczenia przetężeniowe,
- zabezpieczenia różnicowoprądowe (RCD). Jeżeli RCD jest stosowane do ochrony przy uszkodzeniu, taki obwód powinien być także chroniony przez urządzenie przetężeniowe.

Ochrona w układzie TT

Wszystkie części przewodzące dostępne chronione wspólnie przez to samo urządzenie ochronne powinny być połączone przewodem ochronnym do wspólnego uziomu dla wszystkich tych części.

Punkt neutralny lub punkt środkowy układu zasilania powinien być uziemiony. Jeżeli punkt neutralny lub punkt środkowy układu zasilania jest niedostępny lub nieosiągalny, powinien być uziemiony przewód liniowy.

Zasadniczo w układach TT do ochrony przy uszkodzeniu powinny być stosowane RCD.

Alternatywnie do ochrony przy uszkodzeniu może być użyte zabezpieczenie nadprądowe, pod warunkiem że będzie stale i realnie zapewniona odpowiednia mała wartość Z_s .

Gdy do ochrony przy uszkodzeniu jest stosowany RCD, obwód powinien być również chroniony przez szeregowo połączone urządzenie przetężeniowe.

Tam gdzie urządzenie ochronne różnicowoprądowe (RCD) jest stosowane do ochrony przy uszkodzeniu, powinny być spełnione następujące warunki:

Czas wyłączenia, jaki jest wymagany w tabeli 2 oraz $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$

Gdzie: R_A jest sumą rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego do części przewodzących dostępnych, w Ω , $I_{\Delta n}$ jest znamionowym prądem różnicowym RCD w A.

Jeżeli R_A nie jest znane, to może być zastąpione przez Z_s .

Czasy wyłączenia podane w tabeli 2 odnoszą się do spodziewanych prądów różnicowych uszkodzeniowych, znacząco większych niż znamionowe prądy różnicowe RCD (zwykle $5I_{\Delta n}$).

Gdy stosowane jest zabezpieczenie przetężeniowe, powinien być spełniony następujący warunek:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

Gdzie: Z_s jest impedancją pętli zwarciowej w Ω , obejmującej: źródło, przewód liniowy do miejsca zwarcia, przewód ochronny części przewodzących dostępnych, przewód uziemiający, uziom instalacji oraz uziom źródła;

I_a jest prądem w A powodującym samoczynne wyłączenie w wymaganym czasie podanym w tabeli 2.

U_o jest nominalnym napięciem a.c. lub d.c. w V przewodu liniowego względem ziemi.

Ochrona w układzie IT

W układach 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. Ten ostatni może być połączony bezpośrednio z ziemią, jeżeli wypadkowa impedancja do ziemi dla częstotliwości sieciowej jest odpowiednio duża. Jeżeli nie ma punktu neutralnego lub punktu środkowego, może być połączony z ziemią przez dużą impedancję przewód liniowy.

W przypadku pojedynczego zwarcia z częścią przewodzącą dostępną prąd uszkodzeniowy jest mały i samoczynne wyłączenie nie jest bezwzględnie wymagane, pod warunkiem że są spełnione następujące wymagania:

Części przewodzące są uziemione indywidualnie, grupowo lub zbiorowo. Są spełnione następujące warunki:

w układzie a.c. $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$,

w układzie d.c. $R_A \times I_d \leq 120 \text{ V}$.

Gdzie: R_A jest sumą rezystancji w Ω , uziomu i przewodu ochronnego części przewodzących dostępnych; I_d jest prądem uszkodzeniowym w A, pierwszego zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym i częścią przewodzącą dostępną. Na wartość I_d mają wpływ prądy upływowe i całkowita impedancja uziemienia instalacji elektrycznej.

W układzie IT mogą być stosowane następujące urządzenia do monitorowania i zabezpieczeń:

- urządzenia stałej kontroli stanu izolacji (IMD),

- urządzenia monitorowania prądu różnicowego (RCM),
- systemy lokalizacji uszkodzenia izolacji,
- nadprądowe urządzenia zabezpieczające,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe (RCD).

Tam gdzie stosowane są urządzenia różnicowoprądowe (RCD), w przypadku pierwszego zwarcia nie można wykluczyć błędnego zadziałania RCD z powodu pojemnościowych prądów upływu.

Gdy układ IT jest użyty z uwagi na ciągłość zasilania, należy zastosować urządzenie monitorujące izolację w celu ujawnienia pierwszego zwarcia części czynnej z częścią przewodzącą dostępną lub 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 pierwsze uszkodzenie było wyeliminowane w możliwie krótkim czasie.

Po wystąpieniu pierwszego zwarcia warunki do samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku wystąpienia drugiego zwarcia w innym przewodzie czynnym będą następujące:

- jeżeli nie jest stosowany przewód neutralny to $Z_s \leq \frac{\sqrt{3} U_o}{2I_a}$
- jeżeli jest stosowany przewód neutralny to $Z'_s \leq \frac{U_o}{2I_a}$

gdzie: Z_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód fazowy i przewód ochronny w W,

Z'_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny w W,

I_a – prąd [A] zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w wymaganym czasie, zależnym od napięcia znamionowego instalacji i od rodzaju sieci.

Czas określony w tabeli 2 dla układu TN jest odpowiedni także dla układów IT z rozproszonym lub nierozproszonym przewodem neutralnym albo przewodem środkowym.

Współczynnik 2 w obu formułach uwzględnia przypadek jednoczesnego wystąpienia dwóch zwarc, przy czym zwarcia te mogą wystąpić w różnych obwodach.

Dla impedancji pętli zwarciowej należy wziąć pod uwagę najbardziej niekorzystny przypadek, np. rozważyć uszkodzenie w przewodzie liniowym przy źródle i jednoczesne inne uszkodzenie w przewodzie neutralnym w odbiorniku energii elektrycznej rozważanego obwodu.

Jeżeli części przewodzące dostępne są uziemione grupowo lub indywidualnie, ma zastosowanie następujący warunek:

$$RA \times I_a \leq 50 \text{ V.}$$

Środek ochrony: podwójna lub wzmocniona izolacja

Podwójna lub wzmocniona izolacja jest środkiem ochronnym, 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.

Te środki ochronne są przewidziane do zapobiegania pojawieniu się niebezpiecznego napięcia na częściach dostępnych urządzenia elektrycznego w wyniku uszkodzenia w izolacji podstawowej.

Podwójna lub wzmocniona izolacja może być stosowana jako środek ochronny we wszystkich sytuacjach, z wyjątkiem objętych ograniczeniami podanymi w odpowiedniej Normie HD 60364, część 7 (która dotyczy specjalnych instalacji lub lokalizacji).

Jeżeli podwójna lub wzmocniona izolacja jest stosowana jako wyłączny środek ochrony (tj. tam, gdzie jest przewidziane, że obwód lub część instalacji będzie składać się wyłącznie z wyposażenia o podwójnej lub wzmocnionej izolacji), to powinno być sprawdzone, że rozpatrywany obwód lub część instalacji będzie pod skuteczną ochroną w normalnej eksploatacji, tak aby nie zachodziły zmiany, które mogłyby osłabić skuteczność środka ochronnego. Dlatego ten środek ochronny nie powinien być stosowany do żadnego obwodu, który zawiera gniazda wtyczkowe lub gdzie użytkownik może zmieniać części wyposażenia bez autoryzacji.

Urządzenie elektryczne II klasy ochronności

Jeżeli jako środek ochrony stosowana jest podwójna lub wzmocniona izolacja dla całej instalacji lub jej części, urządzenie elektryczne powinno spełniać jeden z następujących warunków:

urządzenie powinno być sprawdzone i oznaczone według odpowiednich norm jako:


- urządzenie mające podwójną lub wzmocnioną izolację (urządzenie klasy II),
- urządzenie deklarowane w odpowiednich normach produktu jako równoważne urządzeniu klasy II, tak jak zestaw urządzeń elektrycznych mających całkowitą izolację.



Urządzenia te oznaczone są symbolem  (II klasa ochronności).

- urządzenie mające tylko izolację podstawową powinno mieć wykonaną w czasie montażu instalacji dodatkową izolację zapewniającą stopień bezpieczeństwa równoważny urządzeniu elektrycznemu przedstawionemu wyżej;
- urządzenie mające nieizolowane części czynne powinno mieć wykonaną w czasie montażu instalacji izolację wzmocnioną, zapewniającą stopień bezpieczeństwa równoważny urządzeniom elektrycznym opisanym wyżej. Taka izolacja jest uznawana tylko tam, gdzie elementy konstrukcyjne uniemożliwiają zastosowanie podwójnej izolacji.



Symbol  powinien być umieszczony w widocznym miejscu na zewnątrz i wewnątrz obudowy.

Obudowy

Elektryczne urządzenie gotowe do pracy, mające wszystkie części przewodzące oddzielone od części czynnych tylko izolacją podstawową, powinno być umieszczone w izolacyjnej obudowie zapewniającej stopień ochrony co najmniej IP2X.

Izolacyjna obudowa powinna spełniać następujące wymagania:

- nie powinny przechodzić przez nią części przewodzące mogące przenieść potencjał oraz
- nie powinna zawierać żadnych śrub lub innych mocujących środków z materiałów izolacyjnych, których usunięcie mogłyby być konieczne lub prawdopodobne, w czasie instalowania i eksploatacji i których zastąpienie przez śruby metalowe lub inne środki mocujące mogłoby osłabić izolację obudowy.

Jeżeli przez obudowę izolacyjną muszą przechodzić mechaniczne złącza lub połączenia (np. uchwyty do czynności operacyjnych wbudowanej aparatury), to powinny być one wykonane w ten sposób, aby ochrona przed porażeniem w przypadku uszkodzenia nie była osłabiona.

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 nie mniejszy niż IP2X) chroniącą osoby przed przypadkowym dotknięciem tych części elementami przewodzącymi. Te przegrody izolacyjne mogą być usuwane tylko przy użyciu narzędzia lub klucza.

Części przewodzące znajdujące się w obudowie izolacyjnej nie powinny być połączone z przewodem ochronnym. Niemniej jednak może być wykonane połączenie przewodów ochronnych, które koniecznie przechodzą przez obudowę do potrzeb innych urządzeń elektrycznych, których obwody zasilające również przechodzą przez obudowę izolacyjną. Wewnątrz obudowy każdy z takich przewodów i ich zaciski powinny być izolowane tak, jakby były częściami czynnymi i ich zaciski powinny być oznaczone jako PE.

Części przewodzące dostępne i części pośrednie nie powinny być przyłączone do przewodu ochronnego, chyba że szczególne postanowienie w tej sprawie są zawarte w specyfikacji dotyczącej urządzenia.

Obudowa nie powinna niekorzystnie wpływać na działanie urządzeń chronionych w ten sposób.

Środek ochrony za pomocą nieziemionych połączeń wyrównawczych

Nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe mają zapobiegać pojawianiu się niebezpiecznych napięć dotykowych między częściami przewodzącymi.

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

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

Należy przewidzieć środki ostrożności zapobiegające narażeniu na niebezpieczną różnicę potencjałów osób wchodzących do przestrzeni z połączeniami wyrównawczymi miejscowymi.

Środek ochrony: separacja elektryczna

Separacja elektryczna jest środkiem ochrony, w którym:

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

Z wyjątkami ten środek ochrony powinien być ograniczony do zasilania jednego odbiornika energii elektrycznej zasilanego z jednego nieziemionego źródła z separacją podstawową. Przy stosowaniu separacji elektrycznej szczególnie istotne jest zapewnienie zgodności izolacji podstawowej z wymaganiami normy wyrobu.

Gdy więcej niż jeden odbiornik energii elektrycznej jest zasilany z nieziemionego źródła z separacją podstawową, części przewodzące dostępne obwodu separowanego powinny być połączone razem przez izolowane, nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe. Takie połączenia nie powinny być przyłączone do przewodów ochronnych lub części przewodzących dostępnych innych obwodów lub jakiegokolwiek części przewodzącej obcej. Ten środek ochrony może być stosowany, tylko gdy instalacja jest pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych.

Separacja elektrycznego obwodu ma zabezpieczać przed prądem rażeniowym przy dotknięciu części przewodzących dostępnych, które mogą znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej obwodu.

Obwód powinien być zasilany ze źródła separacyjnego, tj.:

- transformatora separacyjnego lub
- źródła zapewniającego taki poziom bezpieczeństwa, jaki zapewnia transformator separacyjny, np. przetwornica z uzwojeniami zapewniającymi równoważną izolację,
- napięcie obwodu separowanego nie powinno przekraczać 500 V. W obwodzie separowanym iloczyn napięcia w V i łącznej długości oprzewodowania w m nie może przekraczać 100 000, a łączna długość oprzewodowania nie może przekraczać 500 m.

Części czynne obwodu separowanego w żadnym punkcie nie powinny być połączone z innym obwodem.

Środki ochrony powszechnie dopuszczalne i środki stosowane pod nadzorem

PN-HD 60364-4-41 rozróżnia środki ochrony powszechnie dopuszczalne i środki ochrony stosowane w instalacjach znajdujących się pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych.

Środki ochrony podstawowej powszechnie dopuszczalne są następujące:

- 1) ochrona polegająca na izolowaniu części czynnych,
- 2) ochrona przy użyciu ogrodzeń lub obudów,

3) napięcie bardzo niskie (SELV i PELV).

Środki ochrony przy uszkodzeniu powszechnie dopuszczalne są następujące:

- 1) samoczynne wyłączenie zasilania,
- 2) izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona,
- 3) separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika,
- 4) napięcie bardzo niskie (SELV i PELV).

Dla specjalnych instalacji lub lokalizacji powinny być stosowane szczególne środki ochrony zgodne z częścią 7 PN-HD 60364.

Środki ochrony podstawowej w instalacjach znajdujących się pod nadzorem osób wykwalifikowanych to przeszkody i umieszczenie poza zasięgiem rąk. Natomiast środkami ochrony przy uszkodzeniu są:

- 1) izolowanie stanowiska,
- 2) nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe,
- 3) elektryczna separacja do zasilania więcej niż jednego odbiornika.

Jeżeli pewne warunki dotyczące środka ochrony nie mogą być spełnione, należy zastosować dodatkowe środki, tak aby zastosowana łącznie ochrona osiągnęła ten sam stopień bezpieczeństwa. Można wtedy zastosować bardzo niskie napięcie funkcjonalne (FELV).

Środek ochrony powinien składać się z:

- odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu lub
- wzmocnionego środka ochrony, który zabezpiecza zarówno ochronę podstawową, jak i ochronę przy uszkodzeniu. Przykładem tego środka ochrony jest izolacja wzmocniona.

W specjalnych zastosowaniach są dozwolone środki ochrony, które nie spełniają tych zasad.

Przebieg zajęć:

Część lekcji	Czynności nauczyciela	Czynności uczniów
Wstępna	<ul style="list-style-type: none">• Sprawdzenie obecności• Przedstawienie tematu lekcji	<ul style="list-style-type: none">• Słuchanie i odpowiadanie na pytania• Zapisanie tematu zajęć do zeszytu
Główna: <ul style="list-style-type: none">• prowadzenie• ćwiczenia	<ul style="list-style-type: none">• przedstawienie i omówienie ćwiczenia• przedstawienie przykładowej konfiguracji „krok po kroku”• wykonanie ćwiczenia analogicznie do przedstawionej przykładowej konfiguracji	<ul style="list-style-type: none">• Słuchanie• Obserwacja przykładowej konfiguracji• Wykonanie ćwiczenia w oparciu o przykładową konfigurację
Końcowa	<ul style="list-style-type: none">• Podsumowanie zajęć• Przedstawienie zagadnień na następne zajęcia	<ul style="list-style-type: none">• Kończenie pracy

Podsumowanie, ocena i kończenie zajęć:

- Ocena uczniów wg ich zaangażowania w pracę
- Przedstawienie zagadnień na następne zajęcia

Konspekt wykonał:

.....