Instalacje elektryczne i połączenia elektryczne

Autor:

prof. dr inż. Tytko Ryszard

Oznaczenia przewodów i zacisków

Oznakowanie przewodów i zacisków urządzeń stosuje się w celu:

– zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania;

– uzyskania łatwej identyfikacji;

– uniknięcia pomyłek.

Do oznaczenia przewodów oraz zacisków urządzeń stosuje się symbole literowo-cyfrowe oraz barwy.

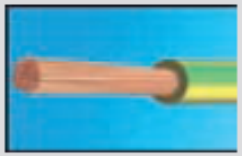
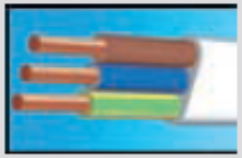
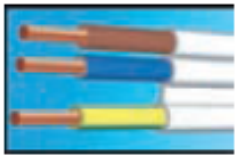
Oznaczenia przewodów i kabli

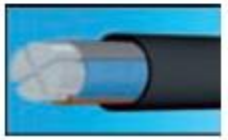
Konstrukcja żyły przewodu	
D	drut
L	linka
Materiał żyły (przed symbolem konstrukcji żyły)	
	miedź
A	aluminium
Materiał powłoki (przed symbolem materiału żyły	
Y	polwinit
G	guma
X	polietylen
XS	polietylen usieciowany
Dodatkowe oznaczenia przeznaczenia lub budowy	
t	wtynkowe
d	o wzmocnionej izolacji polwinitowej
u	powłoka uzbrojona drutami metalowymi
Ft	opancerzony taśmą stalową
a	odporny na wpływy atmosferyczne
o	przewód kabelkowy okrągły
p	przewód kabelkowy płaski
n	przewód z elementem nośnym
Oznaczenie przewodów specjalnych	
K	przewód kabelkowy o powłoce ołowianej
S	sznur połączeniowy do odbiorników ruchomych
O	przewód oponowy
M	przewód mieszkaniowy
W	przewód warsztatowy
P	przewód przemysłowy

Oznaczenia literowe używane w symbolach kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych

Oznaczenie	Rodzaj budowy lub przeznaczenia
K	kabel o żyłach miedzianych w izolacji papierowej, o powłoce ołowianej bez osłon ochronnych
A	umieszczone przed K oznacza kabel o żyłach aluminiowych, umieszczone na końcu oznacza zewnętrzną osłonę włóknistą
Y	umieszczone po K oznacza izolację polwinitową, a przed K oznacza powłokę polwinitową zewnętrzną (w przypadku kabli nieopancerzonych) lub wewnętrzną (w przypadku kabli opancerzonych)
X	zewnętrzna (w przypadku kabli nieopancerzonych) lub wewnętrzna (w przypadków kabli opancerzonych) powłoka z polietylenu
S	umieszczone po X oznacza izolację z polietylenu usieciowanego
H	umieszczone po K oznacza kabel sygnalizacyjny
G	umieszczone na początku oznacza kabel z żyłami ekranowanymi o polu promieniowym
Ft	umieszczone po K oznacza izolację gumową
Ftl	umieszczone po K oznacza kabel opancerzony taśmą stalową
Fo	umieszczone po K oznacza kabel opancerzony taśmą stalową lakierowaną
Fp	umieszczone po K oznacza kabel opancerzony drutami stalowymi okrągłymi
Ao	umieszczone po K oznacza kabel opancerzony drutami stalowymi płaskimi
c	kabel opancerzony drutami okrągłymi aluminiowymi umieszczone po X oznacza izolację z polietylenu ciepłoodpornego, a po Y oznacza izolację z polwinitu ciepłoodopornego
x	osłona ochronna z polietylenu
xn	osłona ochronna z polietylenu nierozprzestrzeniającego płomienia
y	umieszczone przed K oznacza powłokę wypełniającą z polwinitu, a na końcu symbolu oznacza osłonę ochronną z polwinitu

Wybrane oznaczenia kabli i przewodów według normy PN: 60446

DY – przewód o żyle miedzianej, jednodrutowej (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y)	
LgY – przewód o żyle miedzianej, wielodrutowej (L), giętkiej (g) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y)	
YDY – przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y)	
YDYp – przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y), płaski (p)	
YDYt – przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y), wtynkowy (t)	
OMY – przewód oponowy (O), mieszkaniowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), okrągły	
OMYp – przewód oponowy (O), mieszkaniowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), płaski (p)	

OWY – przewód oponowy (O), warsztatowy (W), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), okrągły	
AsXSn – przewód elektroenergetyczny samonośny (s) o żyłach aluminiowych (A) oraz o instalacji z polietylenu usieciowanego (XS), odporny na rozprzestrzenianie się ognia (n)	
YKY – kabel (K) elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej (Y) i powłoce polwinitowej (Y), z żyłami miedzianymi	
YAKY – kabel (K) elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej (Y) i powłoce polwinitowej (Y), z żyłami aluminiowymi	

Po powyższych oznaczeniach następuje informacja o ilości żył oraz ich przekroju (w milimetrach kwadratowych) oraz napięciu znamionowym dla przewodu (np. 3x2,5/ 750V – przewód z trzema żyłami o przekroju 2,5 mm2, napięciu pracy do 750V).

Przekroje przewodów

Znormalizowane przekroje przewodów wynoszą: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120 mm2 .

Wybrane przykłady oznaczeń przewodów

YDY 2 *1,5 – przewód okrągły dwużyłowy o przekroju żyły 1,5 mm2, każda żyła miedziana w postaci drutu jednożyłowego, każda żyła jest w powłoce poliwinitowej, wszystkie żyły razem w zewnętrznej powłoce poliwinitowej.

YDY_p 3 * 1,0 – przewód płaski trójżyłowy o przekroju żyły 1,0 mm2, każda żyła miedziana w postaci drutu jednożyłowego, każda żyła jest w powłoce poliwinitowej, wszystkie żyły razem w zewnętrznej powłoce poliwinitowej.

L_gY 0,5 – przewód o przekroju żyły 0,5 mm^2 w postaci linek, izolowany poliwinitem.

DY 0,75 – przewód o przekroju żyły 0,75 mm^2 w postaci drutu miedzianego, izolowany poliwinitem.

Podział przewodów ze względu na pełnioną funkcję

(PE) – Przewód ochronny – izolacja **żółto-zielona** – jest to przewód elektryczny chroniący przed porażeniem elektrycznym. Może łączyć główny zacisk z uziomem (jako przewód uziemiający) lub wyrównywać potencjały elektryczne (przewód wyrównawczy).

(PEN) – izolacja **żółto-zielona** z **niebieskim** zabarwieniem na końcu przewodu lub **niebieska** z **żółto-zielonym** zabarwieniem na końcu przewodu – łączy funkcje przewodu ochronnego (PE) i przewodu neutralnego (N).

(N) – Przewód neutralny – izolacja **jasnoniebieska** – przewód ten łączy się z punktem neutralnym sieci. W automatyce, w obwodach siłowych przesyła prąd zmienny lub stały, w obwodach niskonapięciowych często oznacza się ujemny przewód zasilania (–).

(L) przewód fazowy – izolacja **czarna**, **szara** lub **brązowa** – jest to przewód będący pod napięciem fazowym.

Przewód **czerwony** – w obwodach niskonapięciowych oznacza dodatni przewód zasilania (+).

Przewód **ciemnoniebieski** lub **granatowy** – w obwodach niskonapięciowych oznacza ujemny przewód zasilania (–).

Oznaczenia przewodów i zacisków odbiorników

Rodzaj zasilania	Rodzaj przewodów lub zacisków	Oznaczenia		Oznaczenia przewodu barwą	
		przewodów	zacisków		
Prąd przemienny	Przewody robocze			Wariant 1*	Wariant 2 *
	Faza 1	L1	U	Pomarańczowa	Brązowa
	Faza 2	L2	V	Pomarańczowa	Brązowa
	Faza 3	L3	W	Pomarańczowa	Brązowa
	Neutralny	N	N	Jasnoniebieska	
Prąd stały	Biegun dodatni	L+	C	Czerwona	
	Biegun ujemny	L–	D	Czarna	
	Przewód środkowy	M	M	Jasnoniebieska	
Prąd przemienny lub stały	Przewody ochronne				
	Ochronny	PE	PE	Zielono-żółta	
	Ochronno-neutralny	PEN	–	Zielono-żółta oraz na zakończeniach i w miejscach widocznych pasek jasnoniebieski, albo jasnoniebieska z paskiem zielono-żółtym na zakończeniach i w miejscach widocznych,	
	Uziemiający	E	E	Zielono-żółta	
	Uziemiający bezzakłóceniowy	TE		Zielono-żółta	
	Łączący z obudową	CC		Zielono-żółta	
	Wyrównawczy				

* – barwy przewodów fazowych podano przykładowo

Łączenie przewodów

Połączenia przewodów mogą być:

– dociskowe;

– lutowane;

– spawane;

– zaprasowywane.

Najczęściej stosowane w instalacjach elektrycznych, są połączenia dociskowe.

W czasie wykonywania połączeń dociskowych przewodów należy:

– izolację ściągnąć na długości przewodu odpowiadającemu długości zacisku;

– oczyścić powierzchnię żyły;

– w przypadku zacisków sworzniowych wykonać pętlę z żyły dostosowaną do średnicy śruby;

– przewody wielodrutowe przed dokręceniem, należy oblutować.

Szczególnie dokładnie należy łączyć śrubowo przewody aluminiowe, gdyż charakteryzują się one zjawiskiem „płynięcia”. Do połączeń rozłącznych stosuje się końcówki przewodowe. Łączy się je z żyłą przewodu za pomocą lutowania, śrubowo lub przez zaprasowanie.

Lutować przewody można lutem miękkim lub twardym.

Spawanie elektryczne lub gazowe stosuje się do przewodów o dużym przekroju.

Zaprasowywanie przewodów polega na łączeniu ich w tulejce z tego samego materiału, za pomocą prasy ręcznej lub hydraulicznej. Może to być połączenie czołowe lub na zakładkę. Końcówki Cu – Al (dwa metale) pozwalają łączyć żyły miedziane i aluminiowe.

Wybrane zagadnienia ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV

Urządzenia zasilane energią elektryczną oraz wyposażenie elektryczne powinny być tak zaprojektowane, aby zapewnić ochronę osób przed porażeniem elektrycznym powodowanym przez dotyk bezpośredni oraz dotyk pośredni.

We wszystkich urządzeniach elektrycznych montowanych i eksploatowanych obowiązują przepisy PBUE Norma PN-IBC60364-1 dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciach do 1 kV.

Bezpieczeństwo użytkowania instalacji elektrycznych sprowadza się do zapewnienia ochrony przed następującymi podstawowymi zagrożeniami:

– porażeniem prądem elektrycznym;

– prądami przeciążeniowymi i zwarciowymi;

– przepięciami łączeniowymi i pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych;

– skutkami cieplnymi.

Skuteczność ochrony przed wyżej wymienionymi zagrożeniami zależy od zastosowanych, w instalacjach elektrycznych, rozwiązań oraz środków technicznych.

Do środków technicznych zaliczyć należy ochronę przed dotykiem bezpośrednim (ochronę podstawową), ochronę przed dotykiem pośrednim (ochronę dodatkową) oraz równoczesną ochronę przed dotykiem bezpośrednim
i pośrednim. Rozwiązania te nazywa się ochroną przeciwporażeniową.

Natomiast do środków organizacyjnych zalicza się: organizację pracy (szkolenia, instrukcje, polecenia pisemne), wymagania kwalifikacyjne, sprzęt ochronny, inne środki organizacyjne.

Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

Skutki chorobowe wywołane przepływem prądu przez ciało człowieka nazywane są porażeniem prądem elektrycznym.

Skutki przepływu prądu przez ciało człowieka zależą od:

– rodzaju prądu (stały lub przemienny);

– natężenia prądu;

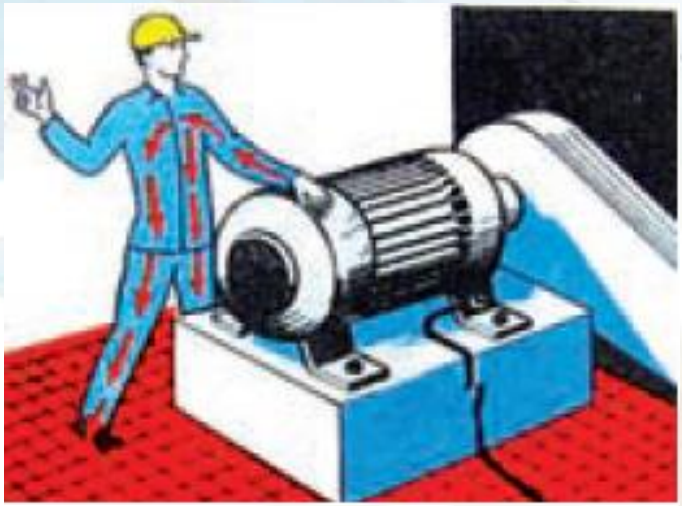
– czasu przepływu prądu;

– drogi przepływu prądu przez ciało.

Minimalna niebezpieczna dla człowieka wartość prądu płynącego przez jego ciało przez dłuższy czas wynosi:

− 30 mA prądu przemiennego;

− 70 mA prądu stałego.



Natężenie prądu [mA]	Odczuwanie prądu przez człowieka stojącego na ziemi przy uchwyceniu ręką przedmiotu będącego pod napięciem względem ziemi
1	Ledwo wyczuwalne.
2	Ledwo wyczuwalne.
5	Lekki ból w ręce.
10	Silny ból w ręce-rękę można odjąć od uchwyconego przedmiotu
15…25	Silny ból w ręce-skurcz mięśni ręki, oderwanie ręki od przedmiotu bardzo trudne, skurcz mięśni oddechowych może wywołać wstrzymanie oddechu, co po kilkunastu minutach może skończyć się śmiercią.
25…75	Wstrzymanie oddechu, zatrzymanie się akcji serca wywołujące po ok. 30 sekundach, migotanie komór sercowych, skurcz mięśni szkieletowych i wzrost ciśnienia krwi, po kilku minutach działania może nastąpić śmierć.
75…3000 (3A)	Bezzwłoczne migotanie komór sercowych pociągające ze sobą prawie natychmiastową śmierć, tylko zupełnie krótkotrwały przepływ prądu może wywołać przemijające zatrzymanie działania serca bez migotania komór.
Powyżej 3000 (3A)	Migotanie komór sercowych nie występuje, występują natomiast ciężkie oparzenia skóry, aż do zwęglenia naskórka i zniszczenia mięśni palców.

Analizując obwody elektryczne pod kątem ochrony przeciwporażeniowej, rzadko korzysta się z obliczeń dotyczących minimalnej niebezpiecznej wartości prądu.

Korzysta się natomiast z pojęcia najwyższej dopuszczalnej wartości napięcia dotykowego, które może się długotrwale utrzymywać w określonych warunkach środowiskowych.

W obliczeniach napięcie to nazywa się napięciem dotykowym bezpiecznym – U_L.

Warunki środowiskowe

Warunki środowiskowe są to lokalne warunki zewnętrzne, w których mają pracować urządzenia elektryczne lub instalacje elektryczne. W praktyce na dobór środków ochrony przeciwporażeniowej mają wpływ następujące warunki zewnętrzne:

– BA – kwalifikacje osób mogących przebywać w danym środowisku np. osoby nieprzeszkolone, przeszkolone;

– BB – wielkość rezystancji ciała ludzkiego;

– BC – kontakt ludzi z potencjałem ziemi:

a) brak kontaktu,

b) częsty kontakt,

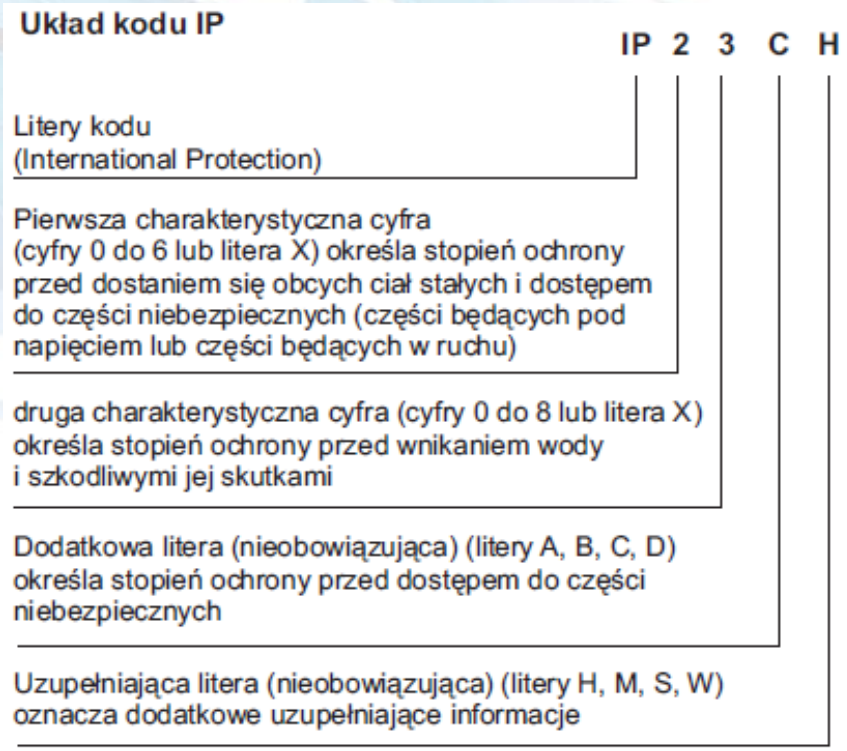
c) ciągły kontakt.

Stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych

Obudowa stanowi element urządzenia zapewniający ochronę przed dotykiem

Bezpośrednim. Spełnienie określonych wymagań przez obudowę charakteryzuje tzw. Stopień ochrony.

Stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych są oznaczone za pomocą dwóch liter IP w następujący sposób:



Oznaczenia:

A – wierzchem dłoni,	H – urządzeń nn,
B – palcem,	M – ruchu w czasie prób wodą,
C – narzędziem,	S – postoju w czasie prób wodą,
D – drutem,	W – warunków klimatycznych.

Przykładowe oznaczenie

IP 23CS – obudowa tak oznaczona:

(2) – chroni osoby przed dostępem palcem do części niebezpiecznych; – chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed wchodzeniem obcych ciał stałych
o średnicy 12,5 mm i większej;

(3) – chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed szkodliwymi skutkami wody natryskowej na obudowę;

(C) – chroni przed dostępem do części niebezpiecznych osoby operujące narzędziem o średnicy 2,5 mm i większej i długości nie większej niż 100 mm (narzędzie musi wejść do obudowy na całą długość);

(S) – badania ochrony przed szkodliwymi skutkami przedostającej się wody przeprowadzono p

Jeżeli charakterystyczna cyfra nie jest określana zastępuje się ją literą X (XX gdy obie cyfry są opuszczone). Dodatkowe litery i/lub uzupełniające litery są opuszczane bez zastosowania, np.: IPX5; IP2X.rzy wszystkich częściach urządzenia nieruchomych.

Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektronicznych

Urządzenia elektryczne i elektroniczne ze względu na zastosowany środek ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej dzieli się na cztery klasy ochronności 0,1, II, III.

Klasa ochron-ności	Symbol	Cecha charakterystyczna	Warunki stosowania	Przykłady zastosowania
Klasa 0	nie ma	Izolacja jedynie podstawowa. Brak zacisku ochronnego.	Środowisko bez części przewodzących obcych. Zastosowanie izolowania stanowiska lub zasilanie przez transformator separacyjny tylko jednego urządzenia.	plafoniery, żyrandole.
Klasa I		Izolacja jedynie podstawowa. Zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN.	Przyłączenie przewodu ochronnego PR lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego. Zastosowanie w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych.	Silniki elektryczne, rozdzielnice, kuchenki elektryczne, zmywarki, itp.
Klasa II		Izolacja podwójna lub wzmocniona. Brak zacisku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych pomieszczeń i miejsc nie stanowią inaczej	Elektronarzędzia ręczne, młynki do kawy, lamy biurowe, golarki, transformatory ochronne.
Klasa III		Zasilanie napięciem bardzo niskim w układzie SELV lub PELV	Stosowanie we wszystkich warunkach.	Przenośne lampy oświetleniowe, zabawki elektryczne, elektronarzędzia ręczne.

Napięcia i układy sieciowe

W sieciach elektrycznych stosuje się dwa zakresy napięciowe bardzo niskie i niskie, dla prądu stałego i przemiennego.

Rodzaj prądu	Napięcie znamionowe w V	
	bardzo niskie	niskie
Prąd stały	6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 110	220, 440, 750*, 1500*
Prąd przemienny o częstotliwości f = 50 Hz	6, 12, 24, 48	230/400, 400/600, 1000
Uwaga: W tablicy podano wartości preferowane, * dotyczy sieci trakcyjnej.		

Sieci dla napięć niskich w zależności od sposobu uziemienia dzielą się:

Układ sieciowy TN – podukłady:

TN – S

TN – C – S

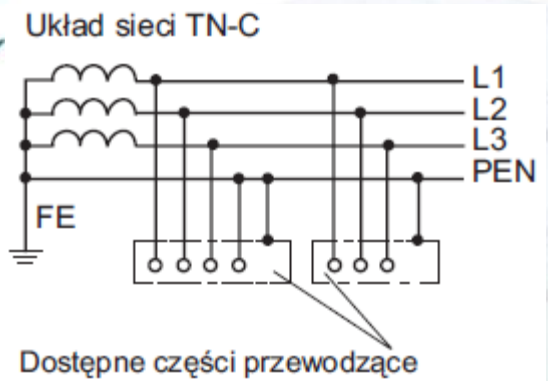
TN – C

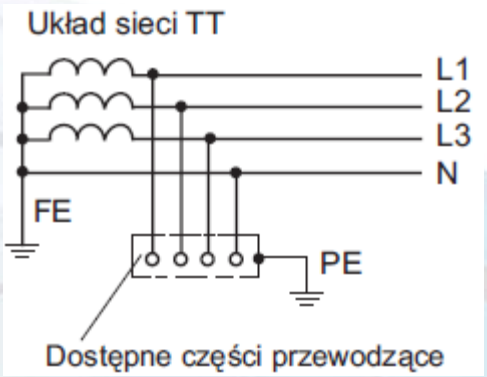
Układ sieciowy TT

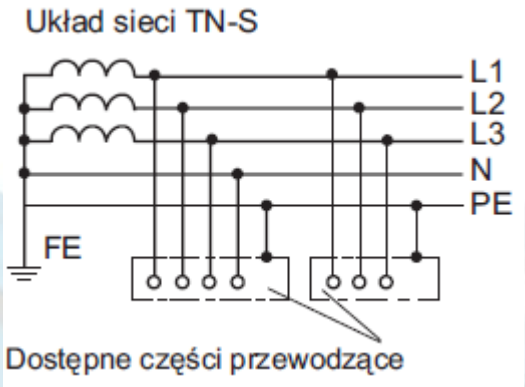
Układ sieciowy IT

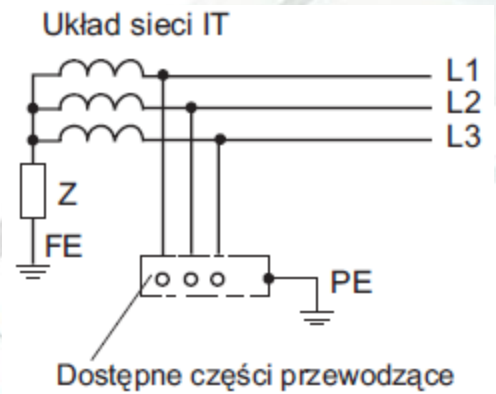
Układy sieci

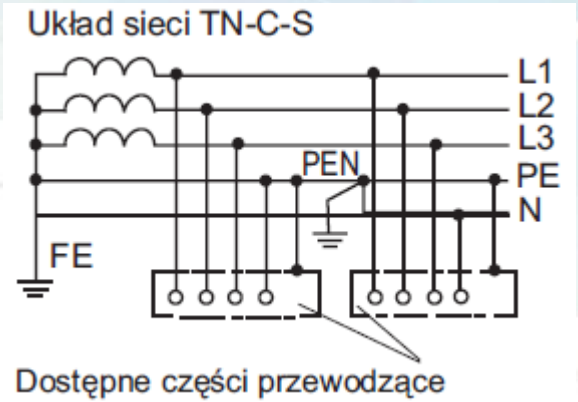
Norma PN-IEC 60364 wprowadziła pojęcie następujących układow sieci:











L1; L2; L3 – przewody fazowe prądu przemiennego;
N – przewód neutralny;
PE – przewód ochronny lub uziemienia ochronnego;
PEN – przewód ochronno-neutralny;
FE – przewód uziemienia funkcjonalnego.

Charakterystyka układów sieciowych

Układ sieciowy TN charakteryzuje się następującymi cechami:

– punkt neutralny źródła napięcia powinien być uziemiony;

– wszystkie części przewodzące dostępne, które w normalnych warunkach nie są pod napięciem powinny być połączone z uziemionym punktem neutralnym źródła za pomocą przewodów ochronnych PE lub ochronno-neutralnych PEN;

– zaleca się przyłączanie przewodów ochronnych i ochronno-neutralnych do uziomów;

– zaleca się uziemienie przewodów ochronnych w miejscu ich wprowadzenia do budynku;

– zaleca się uziemienie punktu, w którym przewód ochronno-neutralny PEN rozdziela się na przewód ochronny PE i przewód neutralny N (układ TN – C - S);

– każdy obiekt budowlany powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.

Układy sieci TN - S lub TN – C - S zapewniają rozdzielenie 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 przed dotykiem pośrednim (ochrona przy uszkodzeniu), powoduje:

– obniżenie napięcia na nieuszkodzonym przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN połączonym z miejscem zwarcia;

– utworzenie drogi zastępczej prądu zwarciowego w przypadku przerwania przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN;

– obniżenie napięcia na przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN, który został przerwany 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).

W instalacji tej możliwe są dwa rozwiązania rozdzielnic (złącze, rozdzielnica główna) w układzie TN-C-S z zastosowaniem:

– czterech szyn zbiorczych;

– pięciu szyn zbiorczych.

Układ sieciowy TT charakteryzuje się następującymi cechami:

– punkt neutralny źródła napięcia powinien być uziemiony;

– wszystkie części przewodzące dostępne chronione przez to samo urządzenie ochronne powinny być połączone ze sobą przewodami ochronnymi i przyłączone do tego samego uziomu;

– każdy obiekt budowlany powinien mięć połączenia wyrównawcze główne.

Układ sieciowy IT charakteryzuje się następującymi cechami:

– punkt neutralny źródła zasilania powinien być odizolowany od ziemi, bądź połączony przez bezpiecznik iskiernikowy lub dużą impedancję,

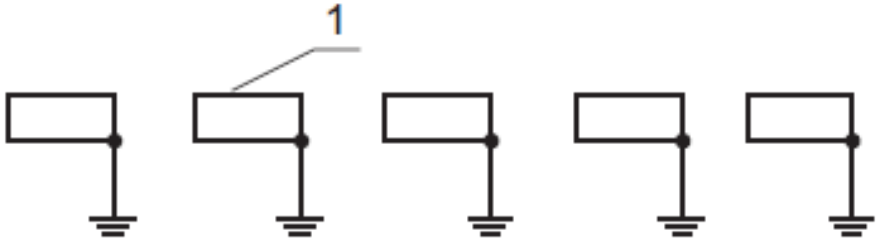
– wszystkie części przewodzące dostępne powinny być uziemione:

a) indywidualnie,

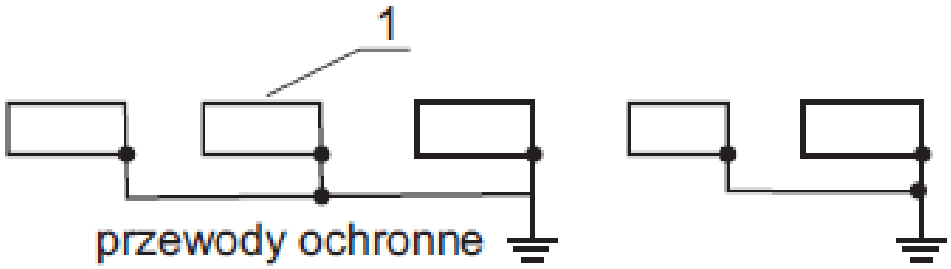
b) grupowo,

c) zbiorowo.

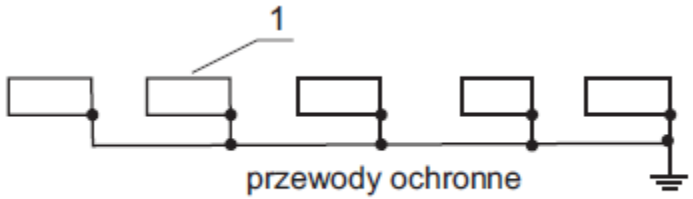
– każdy obiekt budowlany powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.



Uziemienie urządzeń elektrycznych indywidualne



Uziemienie urządzeń elektrycznych grupowe



Uziemienie urządzeń elektrycznych zbiorowe

1. Odbiornik

Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

Rodzaje ochron przeciwporażeniowych

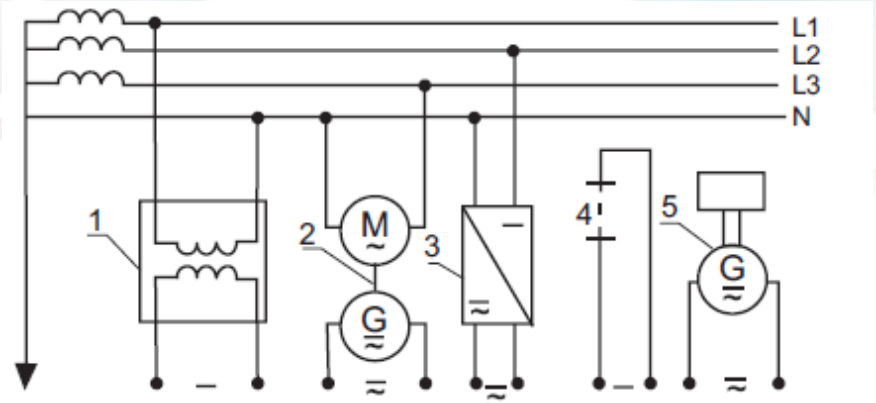
W urządzeniach o napięciu do 1 kV ochronę przeciwporażeniową zapewnia się przez:

1. Zastosowanie bardzo niskich napięć w obwodach SELV lub PELV, jest to równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.
2. Zastosowanie ochrony przed dotykiem bezpośrednim oraz, co najmniej jednego ze środków ochrony, przed dotykiem pośrednim.

Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

W obwodach SELV i PELV (bardzo niskich napięć U < UL) stosuje się źródła zasilania:

1. transformatory bezpieczeństwa;
2. przetwornice maszynowe;
3. urządzenia elektroniczne;
4. baterie akumulatorów;
5. prądnice napędzane silnikami spalinowymi.



Układy elektryczne służące do zasilania bardzo niskich napięć bezpiecznych

Przewody obwodów SELV i PELV należy prowadzić oddzielnie od innych obwodów lub w dodatkowych osłonach izolacyjnych albo oddzielone od innych obwodów uziemionymi osłonami lub ekranami. Przewody SELV i PELV mogą być prowadzone w wiązce z innymi przewodami pod warunkiem, że posiadają izolację na napięcie nie niższe niż najwyższe napięcie pozostałych przewodów. Dotyczy to również przewodów wielożyłowych.

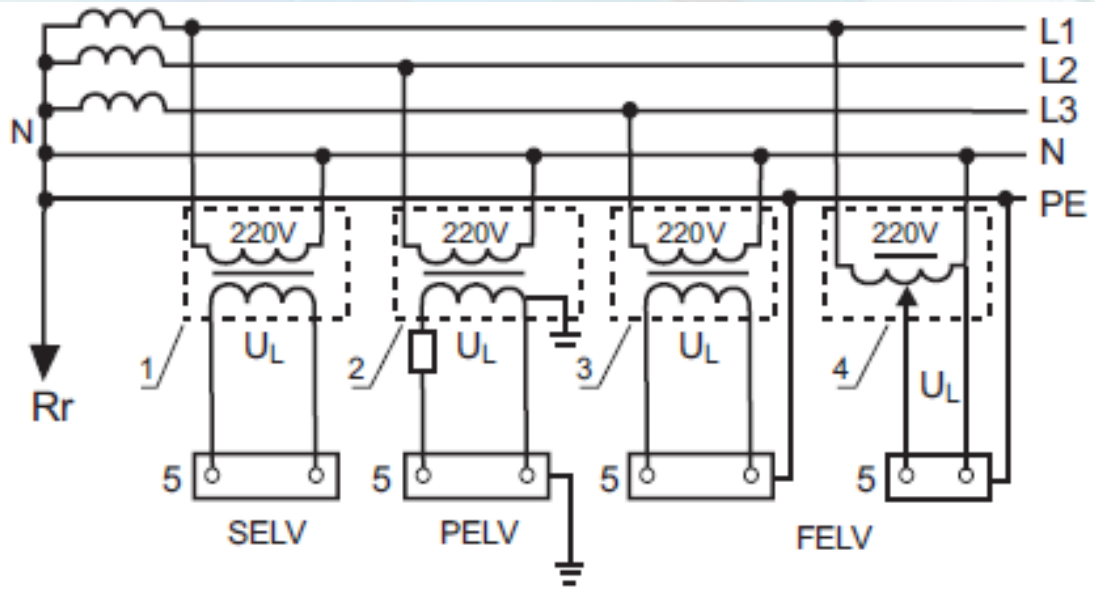
Wtyczki i gniazda obwodów PELV, nie mogą pasować do gniazd i wtyczek innych obwodów, dotyczy to również obwodów SELV.

Obwód SELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego bez uziemienia roboczego, zasilany ze źródła bezpiecznego zapewniający, niezawodne oddzielenie elektryczne od innych obwodów.

Obwód PELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego z uziemieniem roboczym zasilany ze źródła bezpiecznego, zapewniający niezawodne oddzielenie elektryczne od innych obwodów.

Obwód FELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego, niezapewniający niezawodnego oddzielenia elektrycznego od innych obwodów, a napięcie niskie stosowane jest ze względów funkcjonalnych, a nie dla celów ochrony przeciwporażeniowej.

1, 2. Transformatory ochronne;
3. Transformator obniżający;
4. Autotransformator;
5. Odbiorniki III klasy ochronności.



Rodzaje obwodów zasilanych bardzo niskim napięciem SELV, PELV, FELV

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa)

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest przez:

– izolowanie części czynnych – izolacja podstawowa;

– stosowanie obudów lub ogrodzeń;

– stosowanie barier;

– umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki.

Ochrona przez izolowanie części czynnych polega na wykonaniu izolacji podstawowej w postaci trwałego i całkowitego pokrycia części czynnych materiałem izolacyjnym stałym. Izolacja nie może dać się usunąć z części czynnej inaczej niż przez zniszczenie. W przypadku urządzeń produkowanych fabrycznie, izolacja powinna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń elektrycznych.

Jeżeli izolacja podstawowa jest wykonywana w trakcie montażu instalacji, to jej jakość powinna być potwierdzona próbami analogicznymi do tych, którym poddaje się izolację podobnych urządzeń produkowanych fabrycznie.

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

Ochrona przez stosowanie obudów lub ogrodzeń polega na tym, że wszystkie części czynne urządzenia są umieszczone wewnątrz obudów lub ogrodzeń i niemożliwe jest ich dotknięcie.

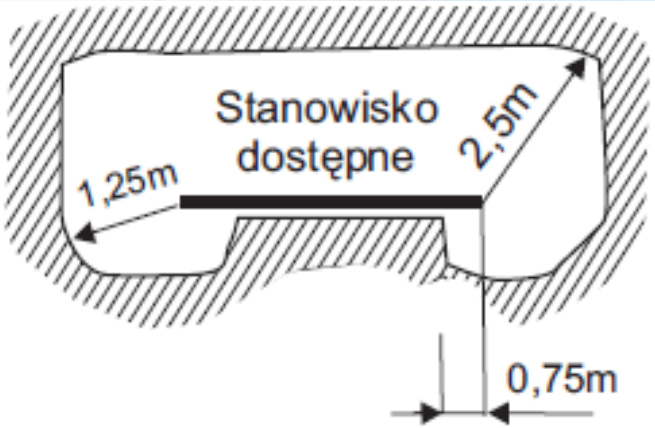
Obudowy i ogrodzenia powinny być trwale zamocowane, nie mogą dać się usunąć bez użycia klucza lub narzędzia i muszą być odporne na normalnie występujące w warunkach eksploatacji narażenia zewnętrzne: mechaniczne, wilgotność, temperaturę, opady atmosferyczne.

Ochrona przez stosowanie barier ma na celu zabezpieczenie przed przypadkowym dotknięciem części czynnych, lecz nie chroni przed dotykiem bezpośrednim spowodowanym umyślnym działaniem. Może być stosowana tylko w przestrzeniach wyłącznie dla osób posiadających kwalifikacje (np. pomieszczenie ruchu elektrycznego).

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 niezamierzonym usunięciem.

Ochrona przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki polega na umieszczeniu ich w taki sposób, aby były niedostępne z danego stanowiska.

Ochrona ta może być stosowana głownie w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.



Bezpieczne odległości dla człowieka części czynnych od przeszkody

Uzupełnienie ochrony przed dotykiem bezpośrednim stanowi wyłącznik różnicowoprądowy o prądzie wyzwalającym mniejszym niż 30 mA.

Ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa)

Ochronę dodatkową należy stosować, jeżeli urządzenia elektryczne mogą spowodować zagrożenie pożarowe w miejscach nie wydzielonych do celów elektroenergetycznych.

Również w niektórych miejscach wydzielonych np. o dużej wilgotności, wysokiej temperaturze, do celów elektroenergetycznych należy stosować ochronę dodatkową.

Stosowanie środków ochrony przed dotykiem pośrednim ma na celu:

– zabezpieczenie przed skutkami niebezpiecznego napięcia dotykowego w wypadku uszkodzenia izolacji podstawowej i pojawienia się napięcia na częściach przewodzących dostępnych;

– niedopuszczenie do występowania niebezpiecznych napięć dotykowych.

Cześć przewodząca dostępna jest to cześć, która może być dotknięta i która w warunkach normalnej pracy nie znajduje się pod napięciem, lecz może się znaleźć pod napięciem z powodu uszkodzeń.

Ochrona przed dotykiem pośrednim realizowana jest przez zastosowanie:

– samoczynnego wyłączenia zasilania;

– urządzeń II klasy ochronności;

– izolowania stanowiska;

– separacji elektrycznej;

– nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.

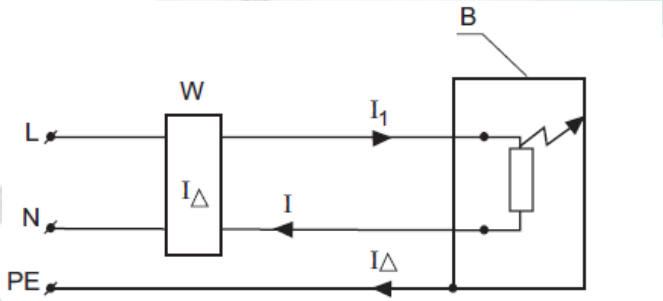
Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania

Urządzeniami powodującymi samoczynne wyłączenie zasilania mogą być:

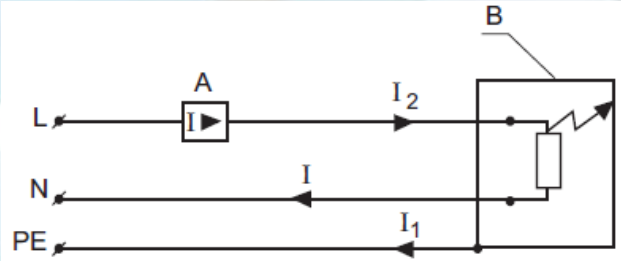
– urządzenia przetężeniowe (nadmiarowo-prądowe) np. bezpieczniki, wyłączniki nadmiarowo-prądowe;

– urządzenia różnicowoprądowe np. wyłączniki różnicowoprądowe;

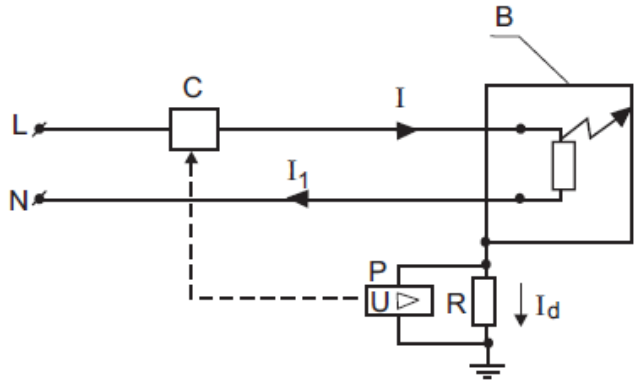
– urządzenia ochronne nadnapięciowe.



Zasada działania wyłączenia wyłącznika różnicowoprądowego



Zasada działania wyłączenia wyłącznika nadmiarowo-prądowego

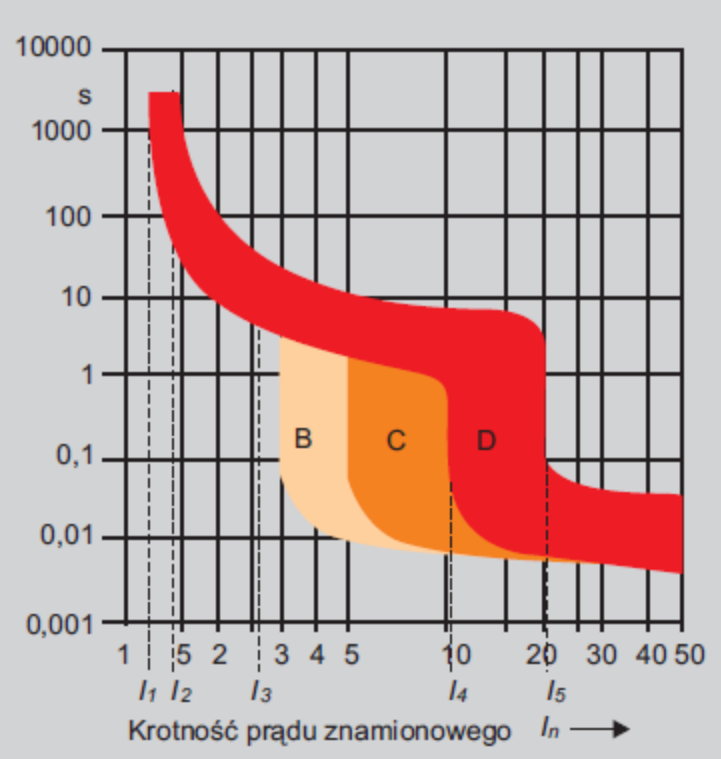


Zasada działania wyłączenia wyłącznika nadnapięciowego

Wyłączniki nadmiarowo-prądowe

Wyłączniki nadmiarowo – prądowe przeznaczone są do zabezpieczeń przed skutkami przeciążeń i zwarć instalacji oraz urządzeń elektrycznych.

Wykonywane są jako 1, 2, 3 i 4-torowe. Wyposażone są w wyzwalacze termobimetalowe i wyzwalanie za pomocą elektromagnesu o charakterystykach B lub C lub D.



Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników nadprądowych typu S190

Charakterystyka B:

– zakres prądu znamionowego od 6 do 63 A;

– granica zadziałania wyzwalaczy termobimetalowych zawiera się od 1,13 do 1,45 krotności prądu znamionowego wyłącznika (temperatura odniesienia 30°C);

– obszar zadziałania wyzwalaczy elektromagnesowych wynosi **od 3 do 5 krotności** prądu znamionowego wyłącznika;

– wyłączniki nadprądowe o charakterystyce B są przeznaczone do zabezpieczania przewodów i odbiorników w obwodach: oświetlenia, gniazd wtyczkowych i sterowania.

Charakterystyka C:

– zakres prądu znamionowego od 0,3 do 63 A;

– granica zadziałania wyzwalaczy termobimetalowych zawiera się od 1,13 do 1,45 krotności prądu znamionowego wyłącznika (temperatura odniesienia 30°C);

– obszar zadziałania wyzwalaczy elektromagnesowych wynosi **od 5 do 10 krotności** prądu znamionowego wyłącznika;

– wyłączniki nadprądowe o charakterystyce C są przeznaczone do zabezpieczania przed skutkami zwarć i przeciążeń instalacji, w których zastosowano urządzenia elektroenergetyczne o dużych prądach rozruchowych (silniki, transformatory).

Charakterystyka D:

– zakres prądu znamionowego od 0,3 do 63 A;

– granica zadziałania wyzwalaczy termobimetalowych zawiera się od 1,13 do 1,45 krotności prądu znamionowego wyłącznika (temperatura odniesienia 30°C);

– obszar zadziałania wyzwalaczy, elektromagnesowych wynosi **od 10 do 20 krotności** prądu znamionowego wyłącznika.

Wyłączniki nadprądowe z charakterystyką D są przeznaczone do zabezpieczania obwodów urządzeń elektroenergetycznych o bardzo dużych prądach w chwili załączania, np. silników o ciężkim rozruchu, transformatorów, grup lamp oświetleniowych.

Wyłączniki instalacyjne serii S190 są wykonywane jako:

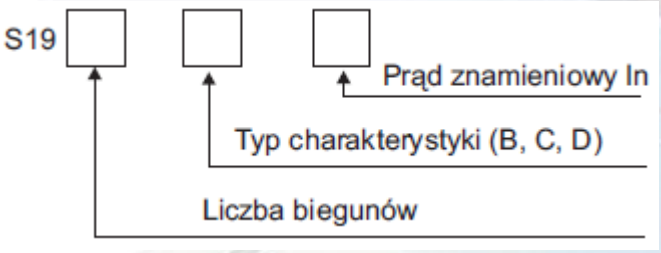
– S 191 – jednobiegunowe;

– S 192 – dwubiegunowe;

– S 193 – trójbiegunowe;

– S 194 – czterobiegunowe.

Wyłączniki serii S190 są oznaczone wg kodu:



Wyłącznik nadprądowy S191 B16

Wyłącznik nadprądowy trójfazowy S193 C10

Włącznik nadprądowy prądu stałego, C4-DC

Wyłącznik nadprądowy trójfazowy S194 B16

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe

Jednym z najbardziej skutecznych środków ochrony przeciwporażeniowej jest ochrona przy zastosowanie wyłączników ochronnych różnicowoprądowych.

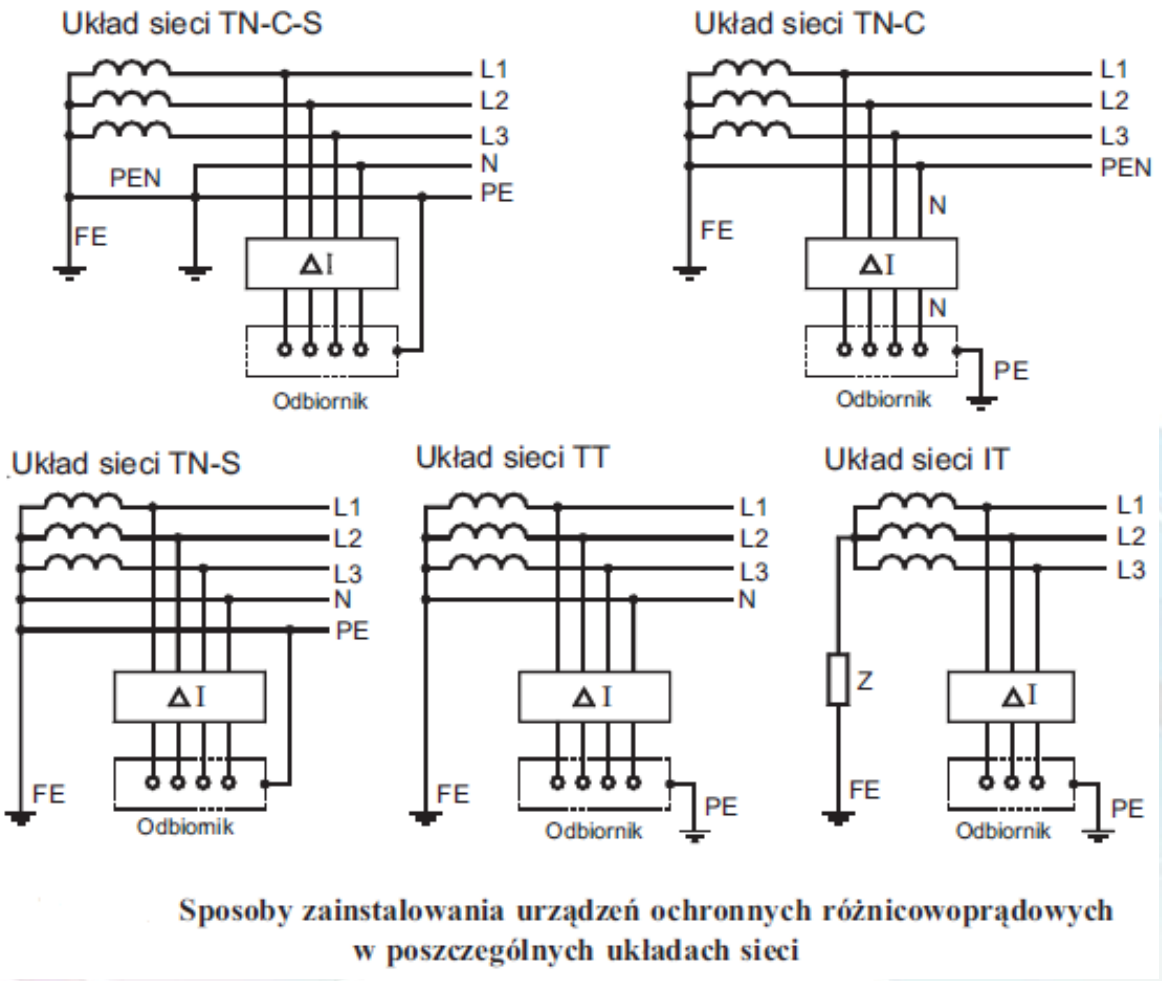
Obowiązek stosowania oraz największy dopuszczalny znamionowy prąd różnicowy wyłączników różnicowoprądowych wynika z wymagań normy PN - HD 60364.

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe pełnią następujące funkcje:

– ochrona przed dotykiem pośrednim;

– uzupełnienie ochrony przed dotykiem bezpośrednim – ochrony podstawowej, przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA;

– ochrona budynku przed pożarami wywołanymi prądami doziemnymi przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 500 mA.



Sposoby zainstalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci

L1; L2; L3 – przewody fazowe prądu przemiennego; N – przewód neutralny;

PE – przewód ochronny lub uziemienia ochronnego; PEN – przewód ochronno-neutralny;

FE – przewód uziemienia funkcjonalnego;

ΔI – urządzenie ochronne różnicowoprądowe.

Prąd zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego musi zawierać się w granicach 0,5 $I\Delta_n \div I\Delta_n$, *gdzie* $I\delta_n$ *jest znamionowym prądem różnicowym.*

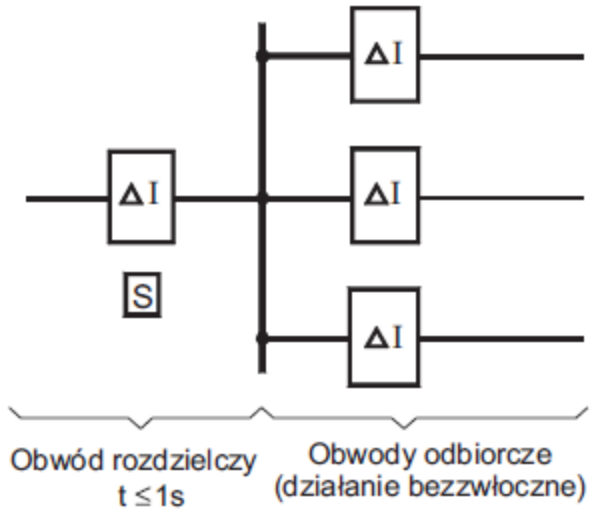
Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci z wyjątkiem układu TN - C po stronie obciążenia.

Przy szeregowym zainstalowaniu urządzeń ochronnych różnicowoprądowych, celem zachowania selektywności (wybiorczości) 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;

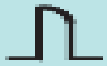
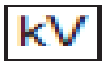
– wartość znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie zasilania, powinna być równa co najmniej trzykrotnej wartości znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie obciążenia.

W instalacjach odbiorczych preferowany jest system ochrony grupowej, zapewniający właściwą ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym i pożarami wywołanymi prądami doziemnymi, a jednocześnie gwarantujący niezawodność zasilania elektrycznego. W skład ochrony grupowej wchodzą 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.



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

t – zwłoka czasu zadziałania;
s – symbol urządzeń ochronnych różnicowoprądowych selektywnych;
Δ^I – urządzenie ochronne różnicowoprądowe

Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
AC		Wyłącznik reaguje tylko na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne
A		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne, na prądy pulsujące jednopołówkowe, ze składową stałą do 6 mA.
B		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne, jednopołówkowe ze składową stałą do 6 mA i na prądy wyprostowane (stałe)
G		Wyłącznik działa z opóźnieniem minimum 10 ms (jeden półokres) i jest odporny na udary 8/20 µs do 3000 A
		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 µs do 250 A
		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 µs do 750 A
kV		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 µs do 3 kA (do 300 mA) i do 6 kA (300 i więcej mA). Minimalna zwłoka czasowa 10 ms (80 ms przy $I_{\Delta n}$)
S		Wyłącznik selektywny. Minimalna zwłoka czasowa 40 ms (200 ms przy $I_{\Delta n}$). Odporny na udary 8/20 µs do 5 kA
-25°C		Wyłącznik odporny na temperatury do –25°C. Bez oznaczenia do –5°C.
F		Wyłącznik na inną częstotliwość. W przykładzie na 150 Hz
		Wyłącznik wytrzymuje prąd zwarciowy 10 000 A, pod warunkiem zabezpieczenia go bezpiecznikiem topikowym o prądzie 80 A

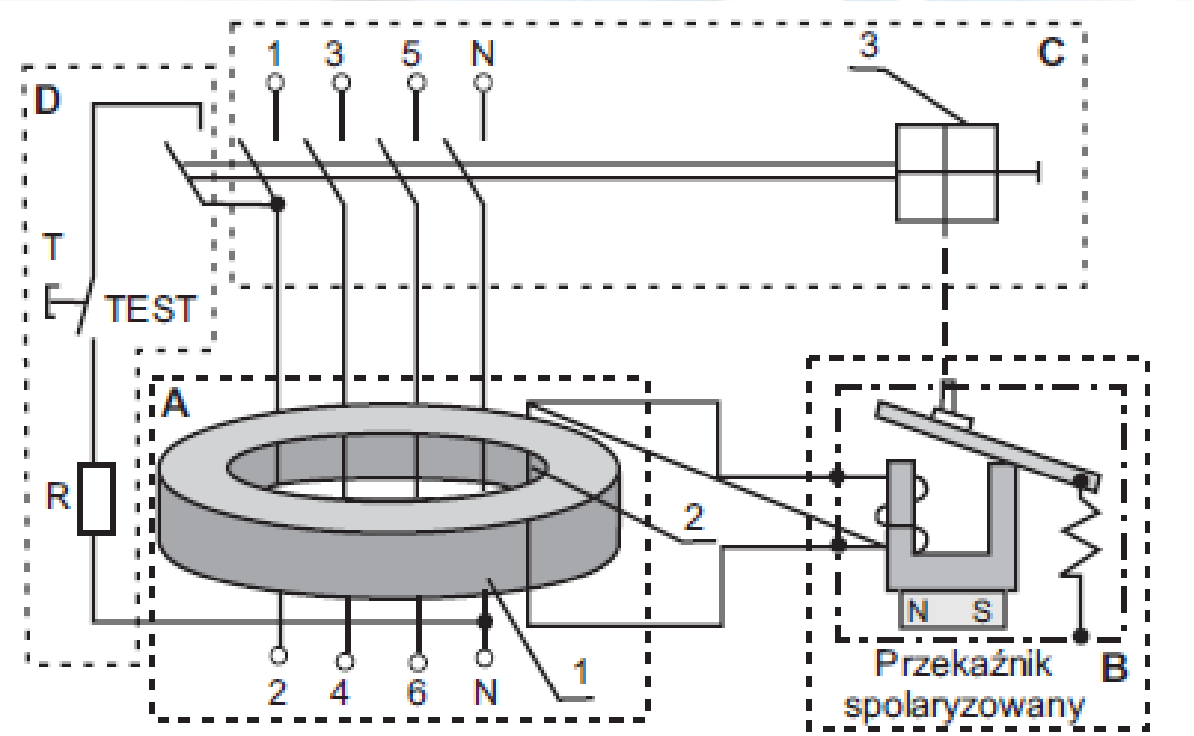
Każdy wyłącznik rożnicowoprądowy składa się z następujących członow funkcjonalnych:

– pomiarowego – A;

– wzmacniającego – B;

– wyłączającego – C;

– kontrolnego – D.



Schemat blokowy wyłącznika różnicowoprądowego

Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego polega na pomiarze sumy prądów pobieranych przez odbiornik.

W czasie normalnej pracy suma geometryczna prądów jest równa zeru.

W przypadku uszkodzenia izolacji w stosunku do metalowej obudowy odbiornika, cześć prądu, zwanego prądem upływowym, popłynie do źródła omijając przewody objęte rdzeniem i suma geometryczna prądów nie będzie równa zeru, co spowoduje powstanie strumienia magnetycznego w rdzeniu i SEM w uzwojeniu nawiniętym na rdzeniu, a to z kolei poprzez człon wzmacniający spowoduje uwolnienie mechanizmu wyłącznika i odłączenie odbiornika od sieci.

Wyłącznik różnicowoprądowy charakteryzują następujące parametry:

– napięcie znamionowe, Un;

– prąd znamionowy obciążenia, In;

– znamionowy różnicowy prąd wyzwalający, $I\Delta_n$.

Ze względu na wartość prądu wyłączniki różnicowoprądowe dzielą się na:

– wysokoczułe, których prąd nie przekracza 30 mA;

– średnioczułe, których prąd jest większy od 30 mA, lecz nie większy niż 500 mA;

– niskoczułe, których prąd jest większy od 500 mA.

Człon pomiarowy wyłącznika stanowi przekładnik prądowy Ferrantiego, który mierzy geometryczną sumę prądów roboczych przyłączonych do wyjścia wyłącznika.

Człon wzmacniający zasilany jest siłą elektromotoryczną SEM, wyindukowaną w uzwojeniu nawiniętym na rdzeniu przekładnika Ferrantiego. W celu jej wzmocnienia stosowane są wzmacniacze elektromechaniczne lub elektroniczne.

Człon wyłączający stanowi układ stykowy z mechanizmem wyłącznika.

Człon kontrolny stanowią szeregowo połączony rezystor i przycisk testujący. Człon ten umożliwia sprawdzenie sprawności technicznej wyłącznika załączonego pod napięcie. Naciśnięcie przycisku T powinno spowodować bezzwłoczne zadziałanie wyłącznika.

Wyłączniki różnicowoprądowe reagują na prąd płynący do ziemi przez izolację do uziemionego przewodu PE lub przez ciało człowieka. Nie reagują na prądy zwarciowe lub przeciążeniowe płynące w przewodach roboczych. Dlatego też, w każdym obwodzie z wyłącznikiem różnicowoprądowym konieczne jest stosowanie również zabezpieczeń nadprądowych np. wyłączników S190. Wyłączniki różnicowoprądowe mogą być instalowane we wszystkich układach sieci niskiego napięcia TN, TT, IT.

W układzie TN wyłącznik różnicowoprądowy może być stosowany pod warunkiem, że sieć odbiorcza za wyłącznikiem będzie zbudowana w układzie TN - S, nie wolno ich stosować w układzie TN - C.

W instalacjach elektrycznych budynków mieszkalnych należy dążyć do ochrony

jak największej części instalacji wysokoczułymi wyłącznikami, a w szczególności obwód gniazd wtyczkowych w:

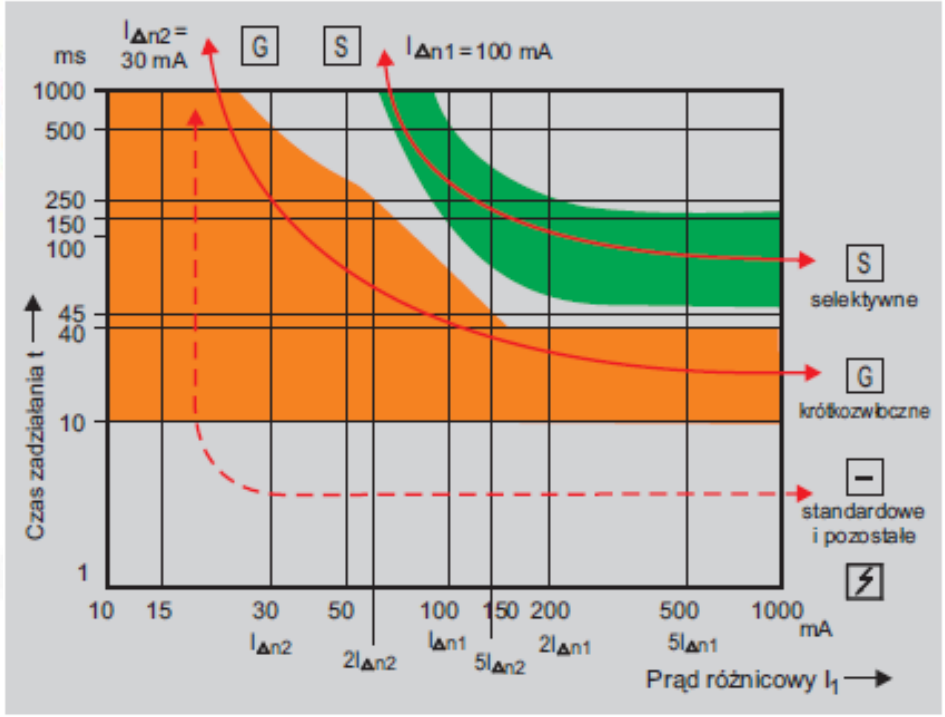
– łazience;

– kuchni;

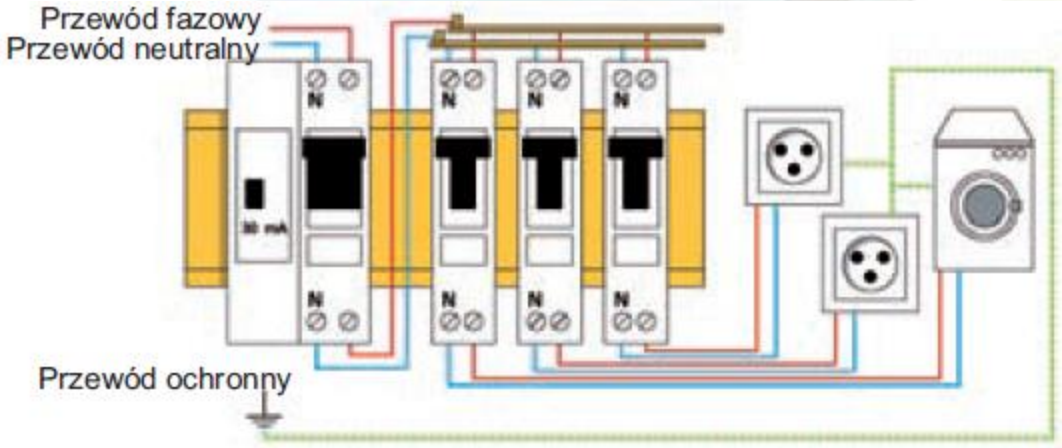
– garażu;

– piwnicy.

L.p.	Miejsce zainstalowania	Wymagany prąd $I_{\Delta n}$
1.	Obwody gniazd wtyczkowych w pomieszczeniach wyposażonych w wannę i basen natryskowy	< 30mA
2.	Obwody gniazd wtyczkowych na placach budowy i robót rozbiórkowych	< 30mA
3.	Obwody gniazd wtyczkowych zasilających urządzenia na wolnym powietrzu	< 30mA
4.	Instalacje elektryczne w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych: – obwody zasilające gniazda wtyczkowe – całosc instalacji	< 30mA < 500mA
5.	Instalacje elektryczne w basenach pływackich krytych lub na wolnym powietrzu	< 30mA
6.	Instalacje elektryczne w pomieszczeniach sauny	< 30mA
7.	Instalacje elektryczne w kempingach i w pojazdach wypoczynkowych	< 30mA
8.	Instalacje w pomieszczeniach zagrożonych pożarem	< 500mA



Charakterystyki prądowo-czasowe wyłączników ochronnych przeciwporażeniowych



Sposób połączenia wyłącznika różnicowoprądowych i wyłączników nadprądowych z urządzeniami odbiorczymi

Przyczynami nieprawidłowego działania, wyłącznika różnicowoprądowego w prawidłowo wykonanej instalacji mogą być:

1) zbyt duża upływność obwodu,

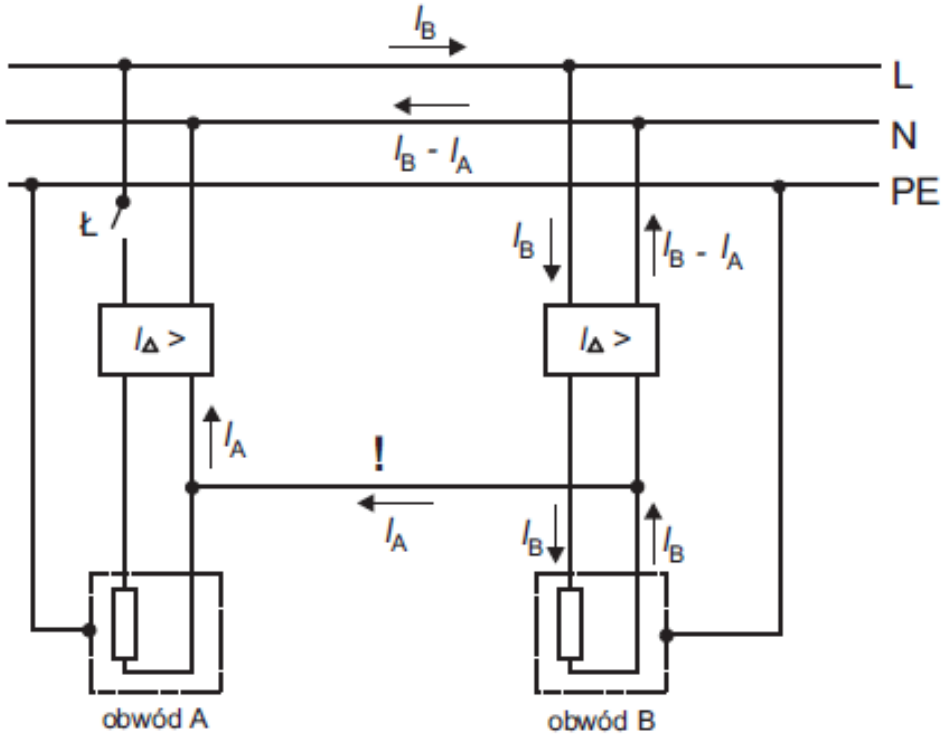
2) błędne połączenie wyłącznika, np.:

– połączenie przewodu ochronnego z neutralnym za odbiornikiem;

– odwrotne połączenie przewodu neutralnego;

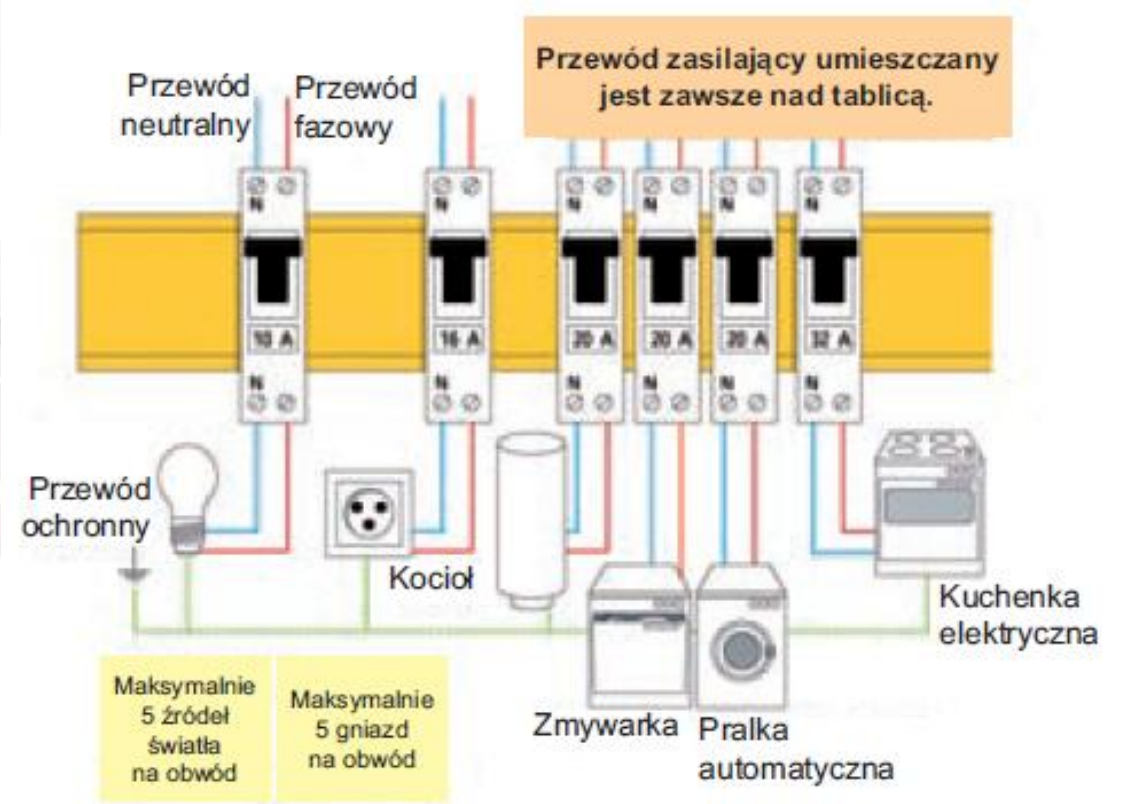
– połączenie przewodów neutralnych dwóch rożnych obwodów za wyłącznikami różnicowoprądowymi.

Wyłącznik różnicowoprądowy AD 91B – 10 A/30 mA, typ AC



Przyczyny zbędnego działania wyłączników różnicowoprądowych: połączenie za wyłącznikiem różnicowoprądowym przewodów N różnych obwodów

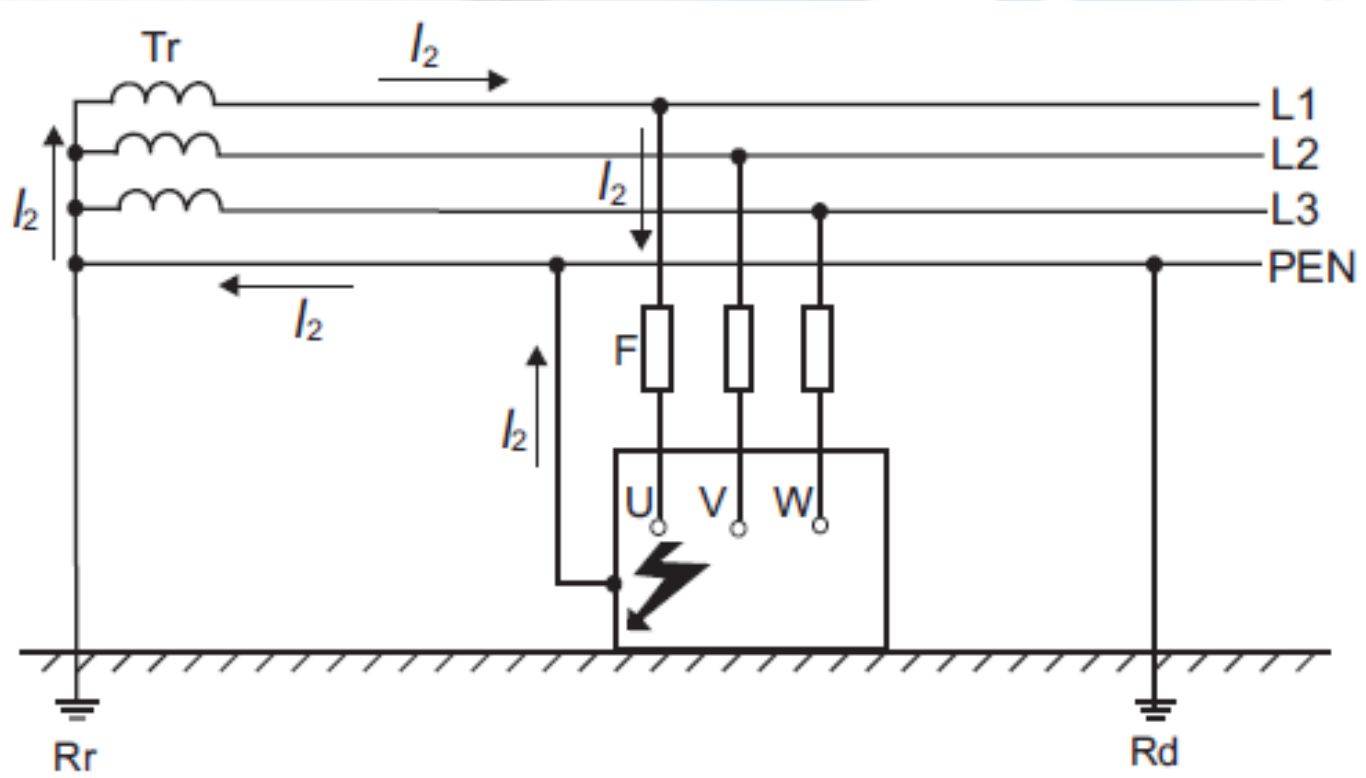
Ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieciowym TN



Sposób montażu urządzeń elektrycznych z wyłącznikami nadprądowymi

W razie zwarcia przewodu fazowego z częścią metalową dostępną urządzenia elektrycznego następuje zamknięcie obwodu elektrycznego przez przewód ochronny (ochronno-neutralny), punkt neutralny transformatora oraz przewód fazowy.

Płynący w tym obwodzie prąd zwarciowy spowoduje zadziałanie urządzenia nadmiarowo prądowego lub różnicowoprądowego i wyłączenie urządzenia spod napięcia.



Schemat elektryczny obrazujący zasadę działania wyłącznika nadprądowego

Warunkiem skuteczności ochrony jest zapewnienie samoczynnego zadziałania zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych w czasie nie przekraczającym wielkości podanych w tabeli poniżej.

Wymagania dotyczące czasów samoczynnego, szybkiego wyłączania zasilania uważa się za spełnione jeżeli:

$$\mathbf{I_2 \geq I_a \text{ czyli gdy } Zs \leq U_o \ / \ I_a}$$

gdzie: Z_s – impedancja pętli zawarcia w Ω,

U_o – napięcie znamionowe względem ziemi w V,

I_2 – prąd zwarciowy w A,

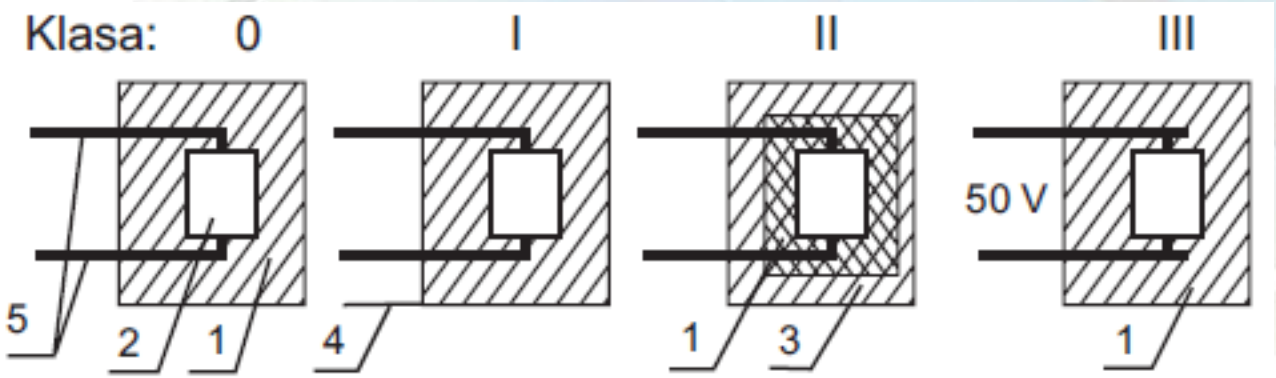
I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w czasie zależnym od napięcia znamionowego U_o i napięcia dotykowego bezpiecznego UL.

Maksymalny czas wyłączenia w układzie TN

U [V]	$U_L < 50$ V – $U_L < 120$ V –	$U_L < 25$ V ~ $U_L < 60$ V ~
	t (s)	t (s)
120	0,8	0,35
230	0,4	0,2
277	0,4	0,2
400	0,2	0,05

Ochrona przez zastosowanie urządzenia II klasy ochronności

Ochrona przez zastosowanie urządzeń drugiej klasy ochronności ma na celu niedopuszczenie do pojawienia się niebezpiecznego napięcia dotykowego na częściach przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej i jest realizowana przez stosowanie izolacji ochronnej.



Klasy ochronności urządzeń elektrycznych

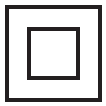
1. Izolacja podstawowa; 2. Części czynne urządzenia; 3. Izolacja dodatkowa; 4. Przewód ochronny; 5. Przewody zasilające.

Izolację ochronną może stanowić:

– izolacja dodatkowa;

– izolacja wzmocniona;

– obudowa izolacyjna.

Urządzenia II klasy ochronności oznacza się symbolem  .

Do części przewodzących dostępnych (obudowy) oraz do części przewodzących zamkniętych wewnątrz obudowy nie wolno przyłączać przewodu ochronnego, symbol

Izolacja podwójna polega na zastosowaniu izolacji podstawowej i niezależnej od niej izolacji dodatkowej przedzielonych przegrodą metalową.

Izolacje wzmocnioną będącą izolacją jednorodną należy stosować w tych przypadkach, w których trudno jest wykonać izolację podwójną. Jej zadanie polega na zapewnieniu odpowiedniego stopnia bezpieczeństwa, czyli takiego, jaki uzyskuje się przy izolacji podwójnej. Obudowa izolacyjna powinna być odporna na obciążenia mechaniczne, elektryczne i termiczne oraz ochraniać w stopniu co najmniej IP2X.

Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska

Ochrona polegająca na izolowaniu stanowiska ma na celu zapobieganie równoczesnemu dotknięciu części przewodzących, które mogą mieć rożne potencjały w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych. Powinien ją cechować:

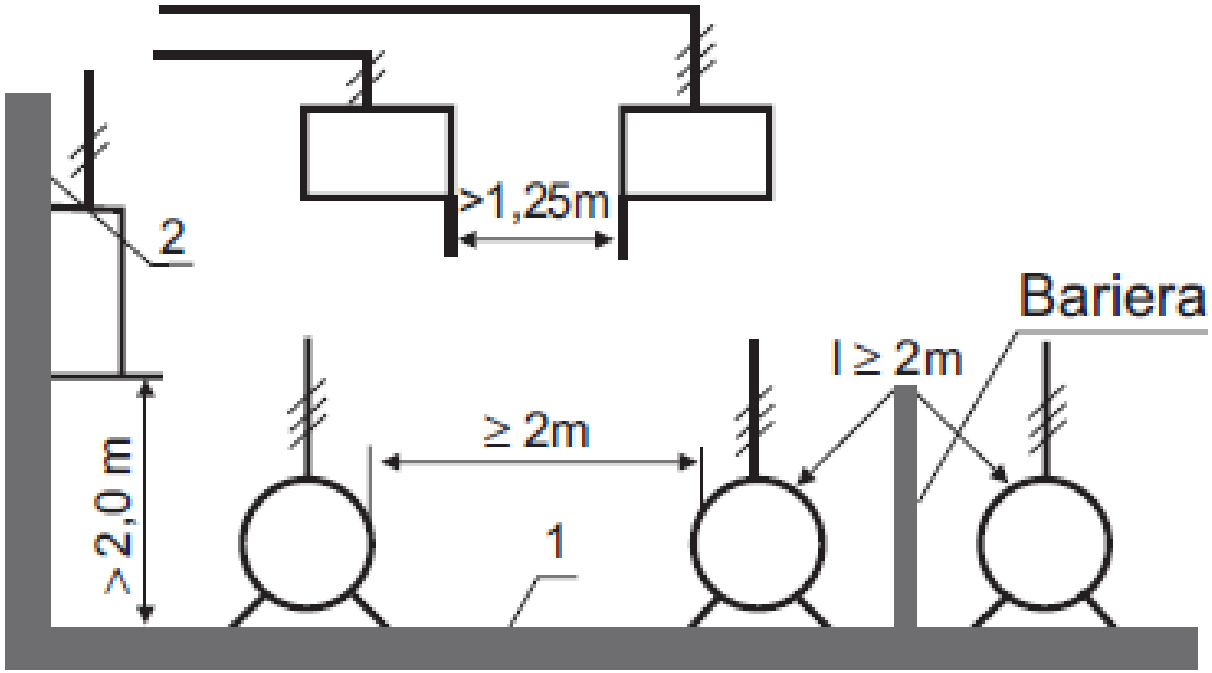
– wyposażenie stanowiska w podłogi i ściany izolowane;

– części przewodzące dostępne powinny być oddalone od siebie i od części przewodzących obcych na odległość nie mniejszą niż 2 m, odległość ta może wynosić 1,25 m jeżeli urządzenia znajdują się poza strefą zasięgu ręki;

– zostały umieszczone bariery między częściami przewodzącymi dostępnymi, a częściami przewodzącymi obcymi zwiększającymi odległość między tymi częściami do 2 m;

– części przewodzące obce są izolowane lub odizolowane od ziemi w sposob zapewniający dostateczną wytrzymałość mechaniczną i elektryczną wynoszącą 2 kV.

Nie dopuszcza się umieszczania przewodu ochronnego na stanowisku izolowanym.



Schemat rozmieszczenia urządzeń względem ścian i podłogi

1. Podłoga; 2. Ściana.

Rezystancja podłóg i ścian w każdym punkcie pomiarowym nie powinna być mniejsza niż:

– 50 kΩ jeżeli napięcie znamionowe instalacji nie przekracza 500 V;

– 100 kΩ jeżeli napięcie znamionowe przekracza 500 V;

Izolowanie stanowiska jako środek ochrony dodatkowej można stosować w pomieszczeniach nienarażonych na działanie wilgoci.

Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej

Ochrona przed porażeniem za pomocą separacji polega na rozdzieleniu w sposób pewny obwodu zasilającego od obwodu odbiorczego (separowanego) za pomocą transformatora separacyjnego lub przetwornicy separacyjnej.

Przy zasilaniu z obwodu separowanego tylko jednego odbiornika ochrona jest najskuteczniejsza.

Przy zastosowaniu separacji muszą być spełnione następujące warunki:

– napięcie znamionowe obwodu separowanego nie może przekraczać 500 V;

112

– łączna długość przewodów zasilających w separowanym obwodzie nie może przekraczać 500 m;

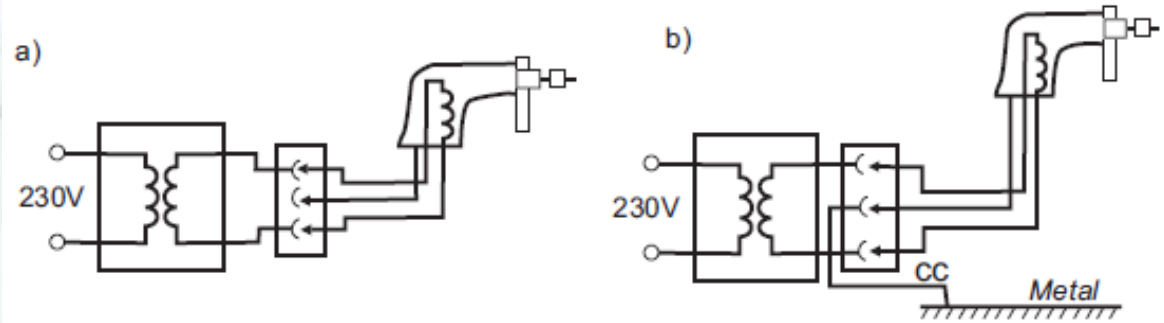
– iloczyn napięcia znamionowego w woltach i łącznej długości przewodów w metrach nie może przekraczać 100 000;

– części czynne obwodu separowanego powinny być niezawodnie oddzielone elektrycznie od innych obwodów i od ziemi;

– zaleca się stosowanie oddzielnego zasilania przewodami obwodów separowanych;

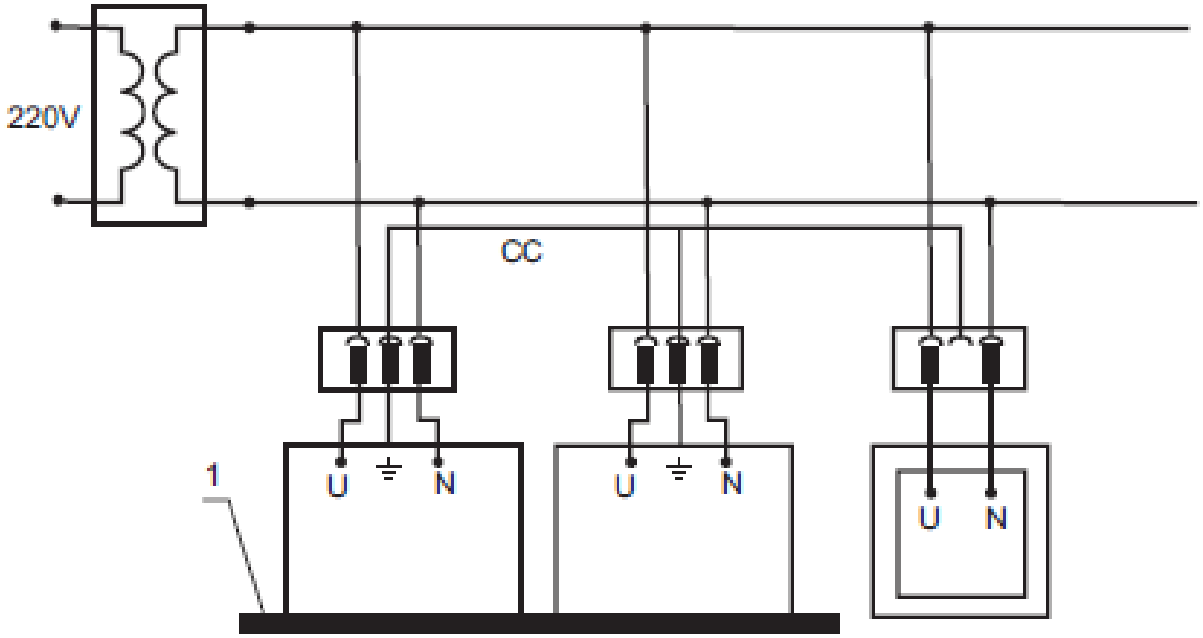
Ruchome przewody obwodu separowanego powinny być co najmniej typu oponowego przemysłowego (OP) o izolacji wzmocnionej. Urządzenia wtykowe i końce przewodu ruchomego powinny mieć dostępne części zewnętrzne z materiału izolacyjnego.

W przypadku gdy z obwodu separowanego zasila się urządzenie odbiorcze I klasy ochronności używane na stanowisku metalowym, wtedy należy wykonać połączenie wyrównawcze łączące obudowę metalową za stanowiskiem.



Przykłady połączeń urządzeń separowanych elektrycznie

Jednofazowy transformator separacyjny



1. Podłoga.

Przykłady połączeń urządzeń separowanych elektrycznie z nieuziemionymi izolowanymi przewodami wyrównawczymi

Przy zasilaniu z obwodu separowanego więcej niż jednego odbiornika powinny być spełnione następujące warunki:
– wszystkie części przewodzące dostępne urządzeń powinny być połączone między sobą przez nieuziemione, izolowane przewody wyrównawcze;
– wszystkie gniazda wtyczkowe powinny mieć styki ochronne połączone z systemem przewodów wyrównawczych.
Zaleca się, aby transformatory separacyjne były wykonane w drugiej klasie ochronności przez stosowanie izolacji podwójnej lub wzmocnionej.

Ochrona przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych

Ochrona przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych polega na połączeniu ze sobą wszystkich jednocześnie dostępnych części przewodzących obcych i części przewodzących dostępnych nieuziemionym połączeniem wyrównawczym.

Ochrona ta jest stosowana dla wyrównania potencjału części jednocześnie dostępnych na stanowiskach izolowanych.

Ochrona będzie skuteczna jeżeli zostanie spełniony warunek:

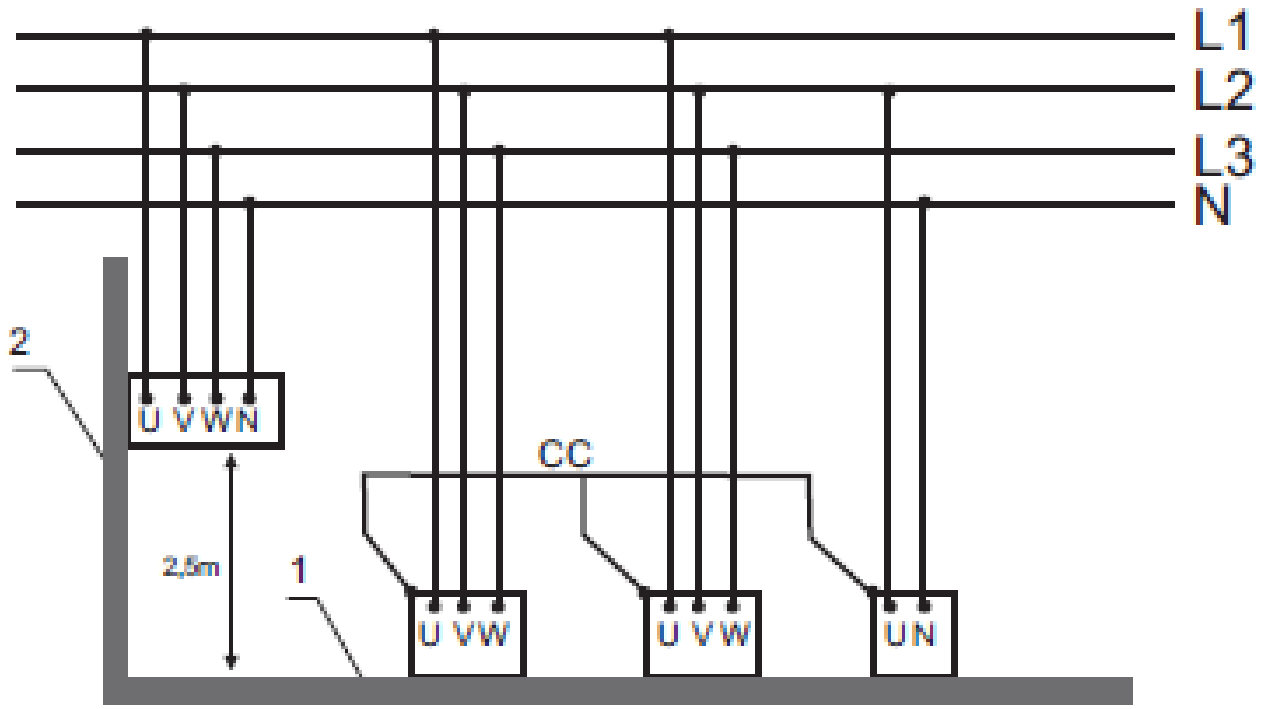
$$U_w < I_a \times R_w$$

gdzie:

I_a – prąd powodujący zadziałanie zrudzenia wyłączającego zainstalowanego w obwodzie zasilania urządzenia objętego połączeniem wyrównawczym;

R_w – rezystancja połączenia wyrównawczego;

U_w – największe dopuszczalne napięcie dotykowe bezpieczne w danych warunkach środowiskowych.



Schemat instalacji elektrycznej z nieuziemionymi połączeniami wyrównawczymi miejscowymi

Połączenia wyrównawcze

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

Wyróżnia się następujące połączenia wyrównawcze: główne, miejscowe, izolowane nieuziemione.

Połączenia wyrównawcze główne wykonuje się w każdym budynku, umieszczając w najniższej kondygnacji główną szynę uziemiającą, do której przyłączone są:

– przewody ochronne PE lub ochronno-neutralne PEN;

– przewody uziemiające;

– metalowe rury oraz metalowe urządzenia wewnętrznych instalacji: wody zimnej, wody gorącej, ścieków, centralnego ogrzewania, gazu, klimatyzacji, metalowe powłoki kabli energetycznych itp.;

– metalowe elementy konstrukcyjne budynku takie jak zbrojenia itp.

Elementy przewodzące doprowadzone z zewnątrz budynku (rury, kable) powinny być połączone do głównej szyny uziemiającej możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia.

Połączenia wyrównawcze dodatkowe – miejscowe wykonuje się w pomieszczeniach o zwiększonym zagrożeniu porażeniem prądem elektrycznym np. w:

– pomieszczeniach wyposażonych w wannę, basen natryskowy;

– pomieszczeniach wymienników ciepła;

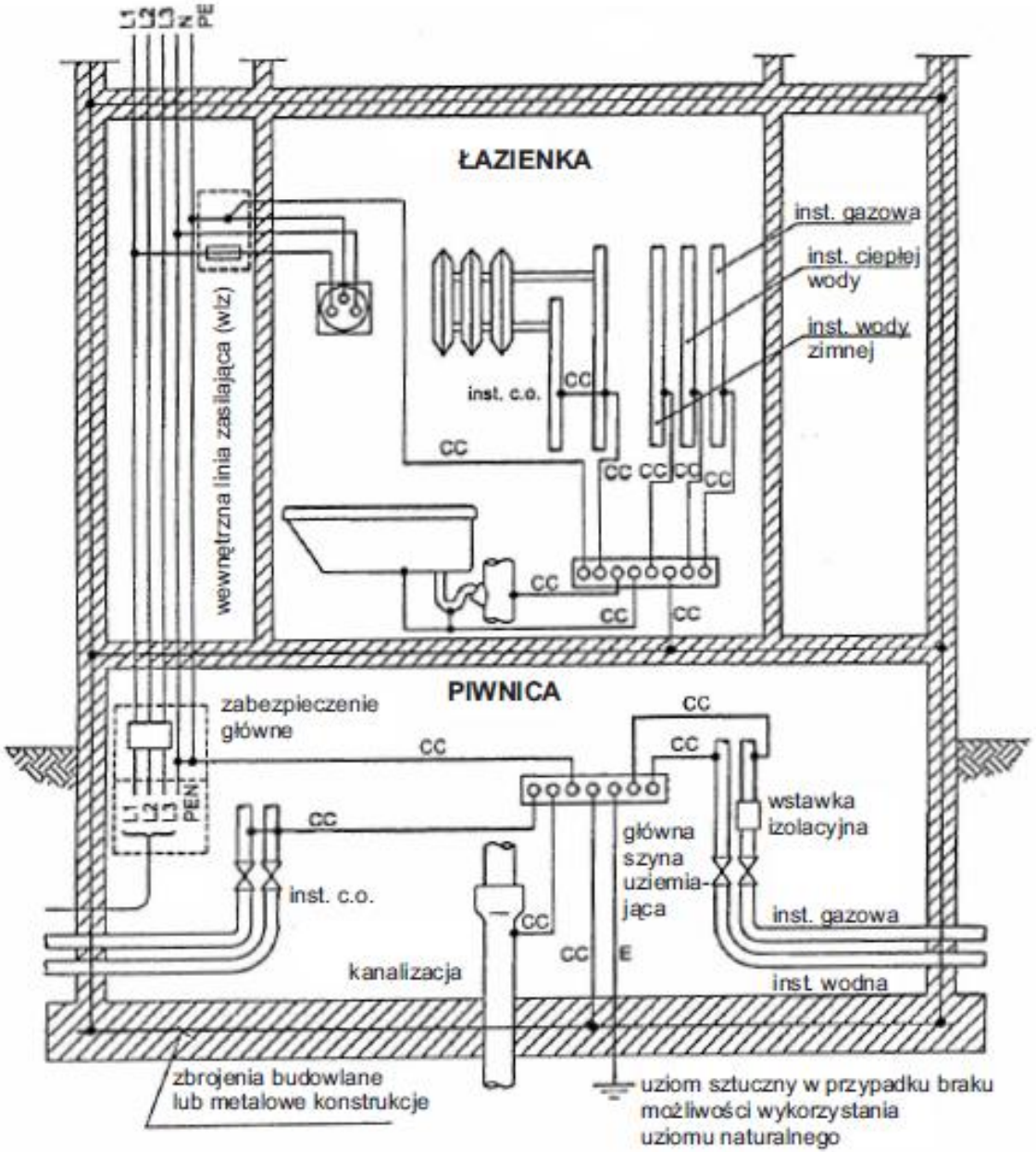
– pomieszczeniach hydroforni;

– kotłowniach;

– pralniach;

– gospodarstwach rolnych i ogrodniczych;

– miejscach, w których nie ma możliwości zapewnienia skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania.



Przykład połączenia głównego, miejscowego i połączenia wyrównawczego w instalacji elektrycznej w budynku

Połączenia wyrównawcze dodatkowe – miejscowe powinny obejmować wszystkie części przewodzące jednocześnie dostępne, przyłączone do wspólnej szyny (zacisku) 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 (PE, PEN, CC, E) powinny być wykonane w sposób pewny, trwały 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.

Przekrój każdego przewodu ochronnego, niebędącego częścią wspólnego układu przewodów lub jego osłoną, nie powinien być mniejszy niż:

– 2,5 mm2 w przypadku stosowania ochrony przed mechanicznymi uszkodzeniami;

– 4 mm2 w przypadku nie stosowania ochrony przed mechanicznymi uszkodzeniami.

Przewody ochronne, ochronno-neutralne i wyrównawcze

Przewody ochronne są to wszystkie przewody lub żyły w przewodach wielożyłowych służące do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.

Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

– żyły w przewodach (kablach) wielożyłowych;

– izolowane lub gołe przewody prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami czynnymi;

– ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane;

– metalowe osłony, jak np. powłoki, ekrany i pancerze niektórych rodzajów przewodów (kabli);

– metalowe rury lub inne metalowe osłony przewodów;

– odpowiednie części przewodzące lub obce.

Przekroje przewodów ochronnych PE

Przekrój przewodów fazowych S_L (mm²)	Przekrój przewodów ochronnych S_{PE} (mm²)
$S_L \leq 16$	$S_{PE} \geq S_L$
$16 < S_L \leq 35$	$S_{PE} \geq 16$
$S_L > 16$	$S_{PE} \geq 0{,}5\ S_L$

Gdy przewód ochronny nie jest żyłą przewodu wielożyłowego lub nie jest prowadzony we wspólnej osłonie z przewodami roboczymi, to minimalny przekrój przewodu ochronnego nie może być mniejszy niż 2,5 mm2, gdy przewód jest chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi lub 4 mm2, gdy nie jest chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi.

W instalacjach ułożonych na stałe przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 10 mm2 Cu lub 16 mm2 Al.

Przewody ochronne, ochronno-neutralne, uziemienia ochronnego 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.

Ważne jest rozróżnienie połączeń wyrównawczych głównych od uziemień. Aby określone elementy mogły być wykorzystane jako uziomy, muszą one spełniać określone wymagania i musi być zgoda właściwej jednostki na ich wykorzystanie. Dotyczy to na przykład rur wodociągowych, kabli itp. Niektóre elementy, jak np. rury gazu, palnych cieczy itp. nie mogą być wykorzystywane jako uziomy.

Natomiast wszystkie wyżej wymienione elementy powinny być w danym budynku połączone ze sobą poprzez główną szynę uziemiającą, celem wyrównania potencjałów.

Aby zrealizować połączenia wyrównawcze nie wykorzystując rur gazowych jako elementów uziemienia, za wystarczające uważa się zainstalowanie wstawki izolacyjnej na wprowadzeniu rury gazowej.

Wymagany przekrój przewodów wyrównawczych głównych i miejscowych

<table>
<tr><th rowspan="2">Połączenia wyrównawcze główne S_{cc}</th><th colspan="2">Połączenia wyrównawcze miejscowe</th></tr>
<tr><th>Między dwiema częściami przewodzącymi dostępnymi S_{cc}</th><th>między częścią przewodzącą dostępną i częścią obcą S_{cc}</th></tr>
<tr><td rowspan="2">$S_{cc} \geq 0{,}5\ S_{PEmax}$
lecz nie mniejszy niż 6 mm^2

Dopuszcza się by S_{cc} był nie większy niż 25 mm^2 Cu</td><td>$S_{cc} \geq S_{PEmin}$</td><td>$S_{cc} \geq S_{PE}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Przekrój przewodów S_{cc} nieułożonych razem z przewodami fazowymi powinien wynosić:
$S_{cc} \geq 2{,}5$ mm^2, jeśli są chronione od uszkodzeń mechanicznych
$S_{cc} \geq 4$ mm^2, jeśli nie są chronione od uszkodzeń mechanicznych</td></tr>
</table>

Oznaczenia:

S_{cc} – przekrój przewodu wyrównawczego

S_{PEmax} – największy wymagany przekrój przewodu ochronnego

S_{PEmin} – najmniejszy wymagany przekrój przewodu ochronnego

S_{PE} – przekrój przewodu ochronnego doprowadzonego do części przewodzącej dostępnej.

Uziomy i przewody uziemiające

Uziomy służą do połączenia z ziemią urządzeń podlegających uziemieniu roboczemu lub ochronnemu. Mogą być naturalne lub sztuczne.

W instalacjach elektrycznych wykorzystuje się w dużym zakresie przede wszystkim uziomy naturalne.

Uziemienia robocze spełniają następujące funkcje:

– chronią ludzi od skutków pojawienia się w sieci niskiego napięcia wyższego napięcia sieci zasilającej;

– zapewniają, w normalnych warunkach pracy sieci niskiego napięcia, utrzymanie się potencjału ziemi na przewodach PEN (PE) i połączonych z nimi częściach przewodzących dostępnych;

– zapobiegają długotrwałemu utrzymaniu się asymetrii napięć w sieci TN podczas zwarć doziemnych z pominięciem przewodu PEN (PE);

– umożliwiają wyłączanie zasilania podczas zwarć doziemnych, gdy zwarcie doziemne wystąpi na uszkodzonym przewodzie ochronnym za miejscem jego przerwania;

– ograniczają napięcie na przewodach PEN (PE) wywołane zwarciami doziemnymi w sieci TN;

– ograniczają napięcie pojawiające się podczas zwarć doziemnych na przerwanym przewodzie ochronnym i połączonych z nim częściach przewodzących.

Uziomy naturalne

Jako uziomy naturalne wykorzystuje się:

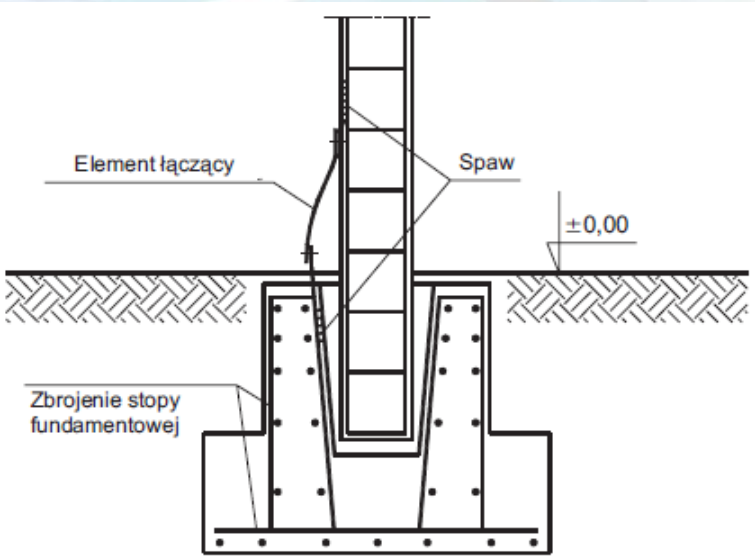
– metalowe konstrukcje budynków oraz zbrojenia fundamentów.

W przypadku wykorzystania zbrojenia fundamentu jako naturalnego uziomu, przewody uziemiające należy przyłączać co najmniej do dwóch wzdłużnych prętów zbrojenia.

Połączenia te należy wykonywać jako spawane;

– metalowe powłoki i pancerze kabli elektroenergetycznych, pod warunkiem uzyskania zgody jednostek eksploatujących te kable;

– metalowe przewody sieci wodociągowych, pod warunkiem uzyskania zgody jednostek eksploatujących te sieci.



Przykład wykorzystywania zbrojenia stopy fundamentowej dla celów uziemienia

Uziomy sztuczne

W przypadku braku lub niemożności wykorzystania uziomów naturalnych, konieczne jest wykonanie uziomów sztucznych. Uziomy sztuczne należy wykonywać ze stali ocynkowanej lub pokrytej miedzią, z miedzi, w formie taśm, rur, kształtowników, płyt i prętów ułożonych w ziemi lub w fundamencie. Elementy metalowe umieszczone w fundamencie stanowią sztuczny uziom fundamentowy.

Uziomy sztuczne pionowe z rur, prętów lub kształtowników wbija się lub wkopuje w gruncie w taki sposób, aby ich najniższa część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 2,5 m, natomiast najwyższa część na głębokości nie mniejszej niż 0,5 m pod powierzchnią gruntu.

Uziomy sztuczne poziome z taśm lub drutów układa się na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią gruntu.

Wymiary powyższe uwzględniają zarówno ochronę uziomów przed uszkodzeniami mechanicznymi, jak i zwiększanie się ich rezystancji w wyniku zamarzania i wysychania gruntu.

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. mniejszej niż 0,5 m pod powierzchnią gruntu.

Najmniejsze wymiary poprzeczne uziomów sztucznych zagłębionych bezpośrednio w gruncie

L.p.	Rodzaj uziomu	Materiał wyrobu	Wyrób	Najmniejsze dopuszczalne wymiary		
				średnica mm	przekrój mm^2	grubość mm
1.	poziomy	stal cynkowana na gorąco	taśma	10	100	3
2.			pręt okrągły			
3.		miedź goła	taśma	–	50	2
4.			pręt okrągły		35	
5.		miedź ocynkowana	taśma		50	2
6.	pionowy	stal ocynkowana na gorąco	rura	25		
7.			pręt okrągły	20		
8.			profilowany		100	3
9.		stal pomiedziowana	prąt okrągły	15	-	-

Przekroje przewodów uziemiających ułożonych w ziemi

	Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów uziemiających S_E	
	Chronionych od uszkodzeń mechanicznych	Niechronionych od uszkodzeń mechanicznych
Przewody chronione przed korozją	$S_E \geq S_{PE}$	$S_E \geq 16\ mm^2$ Cu $S_E \geq 16\ mm^2$ Fe (ocynkowana)
Przewody nie chronione przed korozją	$S_E \geq 25\ mm^2$ Cu $S_E \geq 50\ mm^2$ Fe (ocynkowana)	

Przekroje przewodów uziemiających SE muszą być większe lub równe przekrojom przewodów ochronnych.

Przewody ułożone na zewnątrz albo w ścianach na głębokości nie przekraczającej 5 cm powinny mieć izolację wzmocnioną pozbawioną metalowych powłok. Nie mogą także być układane w rurach lub osłonach metalowych.

W strefach o zwiększonym zagrożeniu np. wilgocią nie wolno instalować puszek, rozgałęźników oraz sprzętu łączeniowego. Tory przewodów elektrycznych należy prowadzić w liniach prostych równoległych do krawędzi i stropów. Przewody natomiast muszą być miedziane o przekroju od 4 mm^2 do 10 mm^2.

Montaż i parametry uziomu poziomego

Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi

Przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia i instalacjach mogą być powodowane:

– czynnościami łączeniowymi (przepięcia wewnętrzne);

– wyładowaniami atmosferycznymi (przepięcia zewnętrzne);

– elektrycznością statyczną.

Szczytowe wartości przepięć mogą osiągać wartości wielokrotnie większe niż wytrzymałość elektryczna izolacji urządzeń. Przepięcia te mają zazwyczaj charakter oscylacyjny o częstotliwości do kilku kHz. Może to być przyczyną uszkodzenia lub zniszczenia urządzeń elektrycznych zainstalowanych w budynku i stanowić zagrożenie dla ludzi.

Konieczność stosowania w instalacjach elektrycznych ochrony przeciwprzepięciowej podyktowana jest ograniczoną odpornością na przepięcia coraz większej liczby urządzeń elektrycznych, szczególnie urządzeń i systemów elektronicznych, telekomunikacyjnych itp.

Źródło przepięć, pojawiających się w instalacjach, może być bezpośrednie uderzenie pioruna w sieć zasilającą, linię transmisji sygnałów lub w budynek.

Bez zastosowania odpowiednich układów ochronnych, urządzenia znajdujące się w obszarze o promieniu 1,5 km od miejsca uderzenia pioruna, mogą ulec zniszczeniu.

Źródło przepięć w instalacjach mogą stanowić również same urządzenia elektryczne tej instalacji. Są to przepięcia wewnętrzne spowodowane operacjami łączeniowymi oraz na skutek zwarć w instalacjach.

Elementy instalacji odgromowej

W normie PN - IEC 60364-4-443 podane są kategorie wytrzymałości udarowej z uwzględnieniem miejsca zlokalizowania określonych urządzeń w instalacji.

Zgodnie z powyższym wymagane znamionowe napięcia udarowe dla urządzeń oraz dla sieci trójfazowej o napięciu nominalnym 3 x 230/400 V, wynoszą:

– 6 kV dla IV kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć);

– 4 kV dla III kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć);

– 2,5 kV dla II kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć);

– 1,5 kV dla I kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć).

Poszczególne kategorie wytrzymałości udarowej (kategorie przepięć) dotyczą następujących elementów instalacji:

– kategoria IV dotyczy urządzeń stosowanych w złączu instalacji elektrycznej budynku lub w pobliżu złącza przed główną rozdzielnicą, klasa A;

– kategoria III dotyczy urządzeń rozdzielczych i obwodów odbiorczych, np.: rozdzielnic, wyłączników, przewodów instalacyjnych, kabli, przewodów szynowych, puszek łączeniowych, łączników, gniazd wtyczkowych w instalacji stałej, stacjonarnych silników przyłączonych trwale do instalacji stałej itp., klasa B;

– kategoria II dotyczy odbiorników, np.: urządzeń gospodarstwa domowego, elektrycznych narzędzi przenośnych lub podobnych odbiorników, klasa C;

– kategoria I dotyczy urządzeń specjalnie chronionych, klasa D.

Ochronę przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi w instalacjach elektrycznych należy zapewnić poprzez zastosowanie ograniczników przepięć oraz poprawnie wykonanych połączeń wyrównawczych.

W systemie ochrony przeciwprzepięciowej szczególnie ważny jest podstawowy układ ochrony zainstalowany na początku instalacji.

Tworzące ten układ ograniczniki przepięć powinny zapewnić podstawową ochronę przed wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi, awariami w sieci elektroenergetycznej oraz przepięciami atmosferycznymi nawet w przypadku bezpośredniego uderzenia pioruna w budynek.

Ograniczniki te należy instalować bezpośrednio w złączu lub w rozdzielnicy głównej. Ograniczniki powinny być włączone między każdy przewód fazowy i uziom.

Należy zastosować możliwie najkrótsze (ok. 0,5 m) przewody łączące ograniczniki przepięć. Przewody uziemiające ograniczników przepięć powinny mieć przekrój nie mniejszy niż 4 mm2 Cu, a przy istnieniu instalacji piorunochronnej nie mniejszy niż 10 mm^2 Cu.

Dla większości urządzeń elektrycznych ograniczenie się tylko do ograniczników tworzących podstawowy układ ochrony jest niewystarczające. Należy zastosować w dalszych częściach instalacji elektrycznej ograniczniki przepięć tworzące dalsze stopnie ochrony odpowiednio do przyjętej kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć).

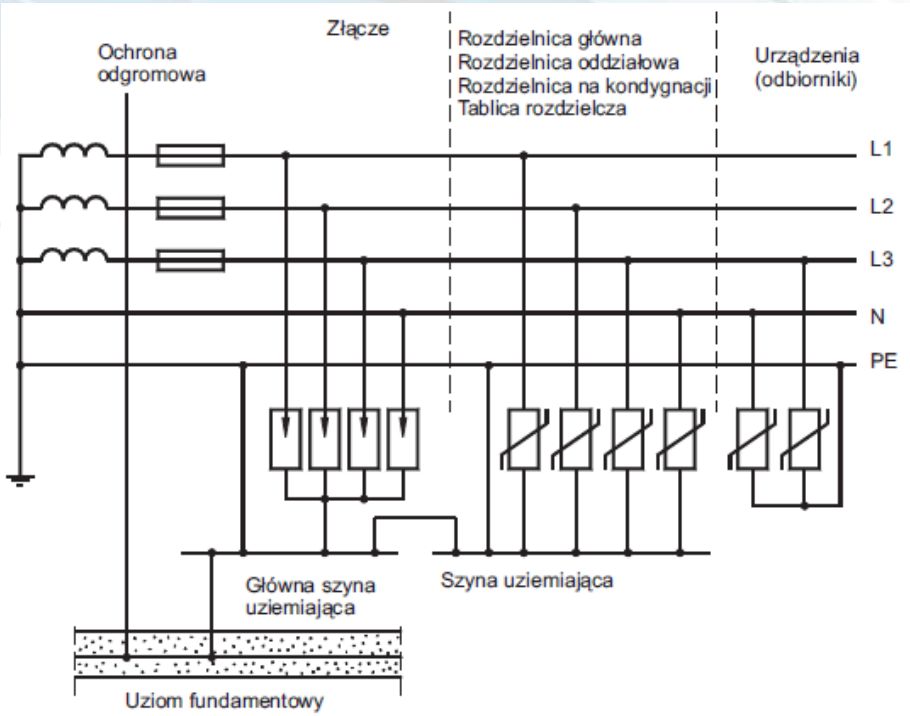
Ograniczniki te należy instalować w rozdzielnicach i tablicach rozdzielczych, a w przypadku urządzeń specjalnie chronionych w gniazdach wtyczkowych, puszkach instalacyjnych lub bezpośrednio w chronionym urządzeniu. Powinny być one włączone między każdy przewód czynny (L1; L2; L3; N) i szynę uziemiającą lub przewód ochronny.

Przy stosowaniu ochrony przeciwprzepięciowej wielostopniowej, dla zapewnienia koordynacji działania poszczególnych aparatów, odległości pomiędzy ogranicznikami przepięć z iskiernikami (odgromniki) a ogranicznikami w postaci warystorów (ochronniki), powinny wynosić od kilku do kilkunastu metrów.

Ogranicznik przepięć Dehnguard M –

Warystorowy ogranicznik przepięć klasy C,

L1; L2; L3 – przewody fazowe instalacji trójfazowej;
N – przewód neutralny;
PE – przewód ochronny;



Przykład rozmieszczenia ograniczników przepięć w układzie sieci TN-S

Przyłączanie urządzeń elektrycznych

Przy przyłączaniu przewodów do urządzeń elektrycznych muszą być przestrzegane następujące warunki:

– zewnętrzne osłony ochronne przyłączonych przewodów należy usunąć tylko
z tych części przewodu, które po przyłączeniu będą niedostępne;

– metalowe osłony przewodów zostają usunięte i zakończone w takich miejscach i w taki sposób, aby nie mogły zetknąć się z zaciskami lub żyłami roboczymi;

– żyłę przewodu trzeba pozbawić izolacji tylko na długości niezbędnej do prawidłowego połączenia z zaciskiem;

– koniec żyły wielodrutowej należy zabezpieczyć przed możliwością oddzielenia się poszczególnych drutów przez oblutowanie, zastosowanie końcówek lub tulejek.

Końce żył przewodów wprowadzonych do odbiornika, które nie zostały wykorzystane, muszą być unieruchomione i zaizolowane.

Żyła ochronna przewodu zasilającego powinna mieć nadmiar długości w stosunku do pozostałych żył roboczych przewodu.

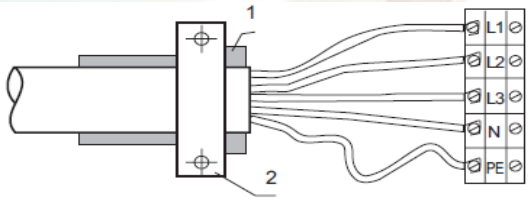
Giętkie przewody wielożyłowe należy wprowadzać do odbiornika w taki sposób, aby nie mogły ulec skręceniu i nie przenosiły naciągu na zaciski.

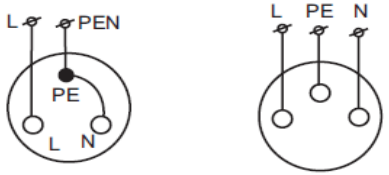
Przewód ochronno-neutralny sieci TN - C przyłączony do odbiornika stałego (gniazda) powinien być doprowadzony do zacisku ochronnego odbiornika, a następnie połączony z zaciskiem neutralnym odbiornika.

Wtyczek i nasadek ze stykiem ochronnym nie wolno przyłączać do przewodu niezawierającego żyły ochronnej.

Gniazd wtyczkowych ze stykiem ochronnym nie wolno instalować bez jednoczesnego połączenia tego styku z ułożonym na stałe przewodem ochronnym.

W gniazdach wtyczkowych pojedynczych ze stykiem ochronnym, patrząc od przodu przewód fazowy powinien być przyłączony z lewej strony, a styk ochronny powinien znajdować się u góry.





1. Obudowa;
2. Zacisk.

Sposób łączenia przewodów w listwie i gniazdkach

Zasilanie budynku

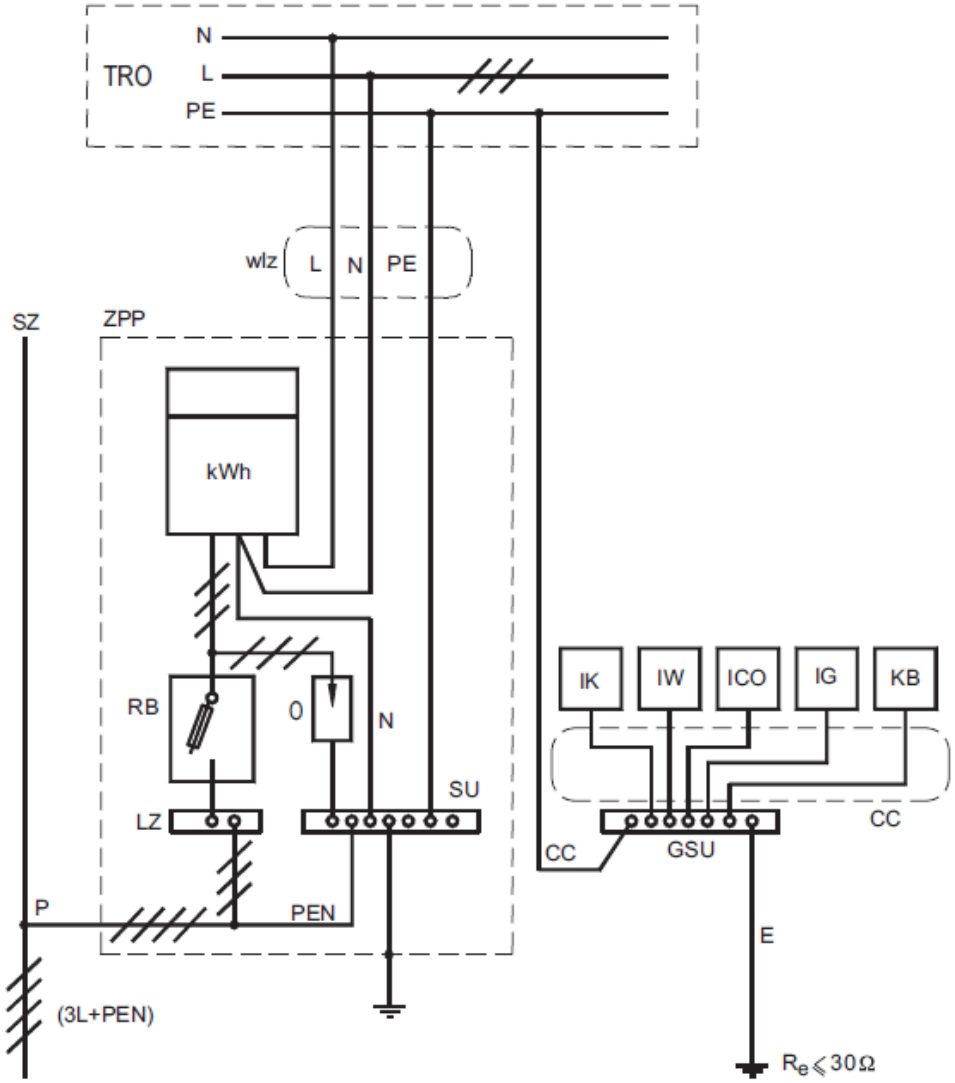
Schemat (za 2 slajdy) zasilania pojedynczego budynku poprzez zestaw przyłączeniowo-pomiarowy, usytuowany w linii ogrodzenia zewnętrznego posesji.

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 łączeń w sieci zasilającej (ograniczniki przepięć stanowiące pierwszy stopień ochrony przeciwprzepięciowej).

Bardzo ważną rolę w wyrównaniu potencjałów części przewodzących, jednocześnie dostępnych w budynku pełni uziemienie przewodu ochronnego PE instalacji elektrycznej. Określa ono potencjał strefy ekwipotencjalnej w budynku. Uziemienie to często wykonuje się równocześnie z układaniem kabla zasilającego budynek (wlz).

Na schemacie 4.50 pokazano, że rozdzielenie przewodu PEN na przewody PE i N wykonano w zestawie przyłączeniowo-pomiarowym ZPP, usytuowanym poza budynkiem, a przewód PE przyłączono do szyny PE w rozdzielnicy tablicowej odbiorcy TRO i uziemiono poprzez główną szynę uziemiającą budynku GSU.



Schemat zasilania w energię elektryczną pojedynczego budynku

SZ – sieć zasilająca niskiego napięcia; P – przyłącze; 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; wlz – wewnętrzna linia zasilająca;

GSU – główna szyna uziemiająca 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 – przewody odpowiednio: neutralny, ochronno-neutralny, ochronny lub połączenia wyrównawczego ochronnego.

Instalacje elektryczne w mieszkaniach i budynkach mieszkalnych

Instalacja elektryczna to zespół urządzeń elektrycznych zasilanych napięciem przemiennym 3 x 230/400 V, przeznaczonych do doprowadzenia energii elektrycznej do odbiorników. Instalacja ta obejmuje m.in. przewody i kable elektroenergetyczne, urządzenia i przyrządy łączeniowe, zabezpieczające, ochronne, sterujące i pomiarowe.

Instalacje elektryczne powinny pozostawać w takim stanie technicznym, aby użytkownicy mogli korzystać bez ograniczeń ze wszystkich posiadanych przez siebie urządzeń elektrycznych w sposób niezawodny, nieuciążliwy i bezpieczny.

Instalacje elektryczne przed przekazaniem do eksploatacji powinny zostać poddane badaniom odbiorczym, wykazującym zgodność ich wykonania z projektem technicznym, poprawność połączeń, dobrą jakość oraz sprawność techniczną zainstalowanych urządzeń i osprzętu elektrycznego, zapewniających niezawodne i bezpieczne użytkowanie instalacji i urządzeń.

Po badaniach trzeba sporządzić protokół opisujący stan instalacji w dniu badania.

Następnie protokoły przekazuje się zleceniodawcy.

Urządzenie, w którym następuje połączenie sieci rozdzielczej z instalacją elektryczną odbiorcy, nazywa się złączem. Zasilanie poszczególnych instalacji odbiorczych realizuje się przez wewnętrzną linię zasilającą (wlz).

W mieszkaniach i budynkach mieszkalnych jako środki ochrony przed dotykiem

bezpośrednim (ochrony podstawowej) należy stosować:

– izolowanie części czynnych – izolacja podstawowa;

– obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP2X;

– wyłączniki ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

Natomiast jako środki ochrony przed dotykiem pośrednim należy stosować:

– samoczynne wyłączenie zasilania;

– urządzenia o II klasie ochronności.

W mieszkaniach stosuje się:

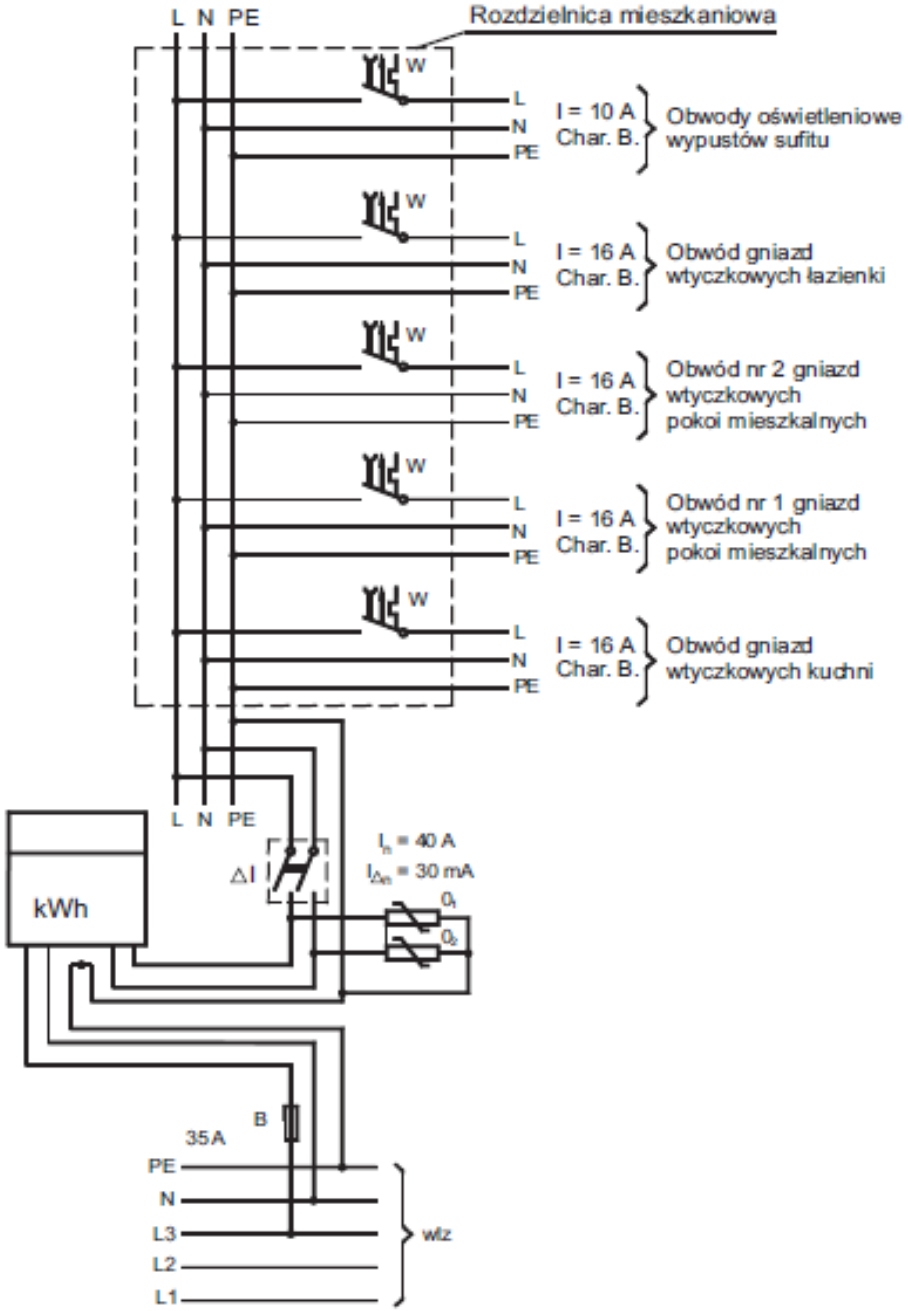
– wykonanie całej instalacji elektrycznej jako trójprzewodowej (przewód fazowy L, przewód neutralny N i przewód ochronny PE) lub instalacji pięcioprzewodowej (przewody fazowe L1; L2; L3; przewód neutralny N i przewód ochronny PE);

– zastosowania we wszystkich pomieszczeniach gniazd wtyczkowych ze stykami ochronnymi, do których jest przyłączony przewód ochronny PE;

– stosowanie opraw oświetleniowych o I lub II klasie ochronności i doprowadzenia do wszystkich wypustów oświetleniowych przewodu ochronnego PE;

– zabezpieczenie gniazd wtyczkowych w łazience wyłącznikami ochronnymi różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA.

– wykonania w łazience połączeń wyrównawczych dodatkowych – miejscowych



Przykładowy schemat instalacji elektrycznej w mieszkaniu budynku wielorodzinnego

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.

Wyposażenie w aparaty tablicy mieszkaniowej

Możliwe jest zabezpieczanie całej instalacji elektrycznej w mieszkaniu wyłącznikiem ochronnym różnicowoprądowym o znamionowym prądzie różnicowym mniejszym niż 30 mA. Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy powinien być umieszczony w obwodzie zasilającym tablicę mieszkaniową, aby zabezpieczać tablicę oraz odchodzące z niej obwody gniazd wtyczkowych i oświetlenia.

Obwody oświetleniowe i gniazd powinny być zabezpieczone przed zwarciami i przeciążeniami wyłącznikami nadprądowymi o charakterystyce B.

Przewody ochronne PE należy doprowadzać do styków ochronnych gniazd wtyczkowych i do wszystkich wypustów oświetleniowych.

Wyposażenie w aparaty tablicy mieszkaniowej jednofazowej

Wyposażenie w aparaty tablicy mieszkaniowej trójfazowej

W przypadku modernizacji instalacji pracującej w systemie TN – C, na system TN – S przewód PEN oznaczony kolorem zielono - żółtym stanie się przewodem ochronnym PE, ponieważ będą do niego przyłączone wyłącznie przewody PE obwodów odbiorczych.

Wybrane zasady wykonania instalacji elektrycznej w budynku

W czasie wykonywania instalacji elektrycznych w budynku należy stosować:

– zasadę prowadzenia tras przewodów elektrycznych w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów;

– rozwiązania zapewniające możliwość wymiany przewodów i kabli elektrycznych bez naruszania konstrukcji budynku w sposób zagrażający jej bezpieczeństwu.

W związku z powyższym należy preferować układanie przewodów:

– pod tynkiem;

– w rurach i listwach instalacyjnych;

Sposób układania
przewodów pod tynkiem

Sposób łączenia i mocowania
puszek w instalacji mieszkaniowej

Układ połączeń zabezpieczeń
w tablicy rozdzielczej

Połączenia przewodów elektrycznych należy wykonywać za pomocą złączek samozaciskowych.

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 instalacji elektrycznej w budynku wyodrębnione powinny zostać obwody:

– oświetlenia;

– gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia;

– gniazd wtyczkowych w łazience;

– gniazd wtyczkowych do urządzeń odbiorczych w kuchni;

– do odbiorników wymagających indywidualnego zabezpieczenia.

Prowadzenie instalacji i rozmieszczenie urządzeń elektrycznych musi zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami (gazowymi, wodnymi, telekomunikacyjnymi, piorunochronnymi) w zakresie odległości i ich wzajemnego usytuowania.

Eksploatacja instalacji elektrycznych

Obowiązek zapewnienia wymaganego stanu technicznego instalacji elektrycznych w budynkach obciąża:

– dostawcę energii elektrycznej w zakresie układów pomiarowo-rozliczeniowych;

– właściciela lub zarządcę budynku w zakresie wykonania instalacji, montażu osprzętu, aparatury rozdzielczej i sterowniczej, urządzeń zabezpieczających oraz uziemienia;

– użytkownika lokalu w zakresie łączników instalacyjnych, gniazd wtyczkowych, bezpieczni wyłączników nadprądowych, wyłączników ochronnych różnicowoprądowych oraz odbiorników energii elektrycznej, stanowiących wyposażenie lokalu.

Do obowiązków właściciela lub zarządcy budynku, w zakresie utrzymania stanu technicznego instalacji elektrycznych, należy:

– uczestnictwo w odbiorze technicznym instalacji po jej wykonaniu, rozbudowie, remoncie lub naprawie;

– uczestnictwo w kontroli okresowej, przy badaniu instalacji elektrycznych w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, rezystancji izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów;

– systematyczna kontrola jakości prac eksploatacyjnych (robot konserwacyjnych);

– zapewnienie realizacji zaleceń pokontrolnych, wydawanych przez upoważnione do kontroli organy nadzoru budowlanego;

– przeprowadzanie doraźnej kontroli stanu technicznego instalacji elektrycznych, w przypadku zaistnienia zagrożenia życia lub zdrowia użytkowników lokali, bezpieczeństwa mienia i środowiska;

– udział w pracach związanych z likwidacją skutków awarii i zakłóceń;

– prowadzenie dokumentacji eksploatacyjnych instalacji elektrycznych;

– bieżące działanie, zapewniające bezpieczeństwo użytkowania energii elektrycznej.

Do obowiązków użytkownika lokalu, w zakresie utrzymania stanu technicznego instalacji elektrycznych należy:

– udostępnianie lokalu dla wykonywania obowiązków obciążających właściciela lub zarządcę budynku;

– w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości funkcjonowania instalacji elektrycznych, niezwłoczne powiadamianie właściciela lub zarządcy budynku o tym fakcie;

– utrzymywanie wymaganego stanu technicznego urządzeń elektrycznych w lokalu i przestrzeganie zasad bezpiecznego użytkowania energii elektrycznej;

– realizacja zaleceń pokontrolnych, określonych podczas oceny stanu technicznego instalacji elektrycznych obciążających użytkownika lokalu.

Obowiązek zapewnienia wymaganego stanu technicznego instalacji piorunochronnej budynku, zgodnie z wymaganiami Polskiej Normy PN/E-05003, PN-IEC 61024 oraz PN-IEC 61312, obciąża właściciela lub zarządcę budynku.

Kontrole w zakresie dotyczącym instalacji elektrycznych i piorunochronnych powinny być przeprowadzane okresowo:

– co najmniej raz w roku, polegające na sprawdzeniu stanu technicznej sprawności instalacji narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne lub niszczące działania czynników występujących podczas użytkowania budynku;

– co najmniej raz na 5 lat, polegające na badaniu instalacji elektrycznych i piorunochronnych, w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, rezystancji izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

Kontrolę stanu technicznego instalacji elektrycznych i piorunochronnych powinny przeprowadzać osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy wykonywaniu dozoru nad eksploatacją odpowiednich instalacji i urządzeń elektrycznych.

Każda instalacja elektryczna, podczas montażu, po każdej rozbudowie, remoncie, naprawie lub modernizacji i przebudowie, a przed przekazaniem do eksploatacji oraz okresowo w czasie jej eksploatacji, powinna być poddana badaniom, czyli oględzinom, pomiarom i próbom. Zakres badań został określony w Polskiej Normie PN - IEC 60364-6-61. Oględziny należy wykonać przed przystąpieniem do pomiarów i prób oraz po odłączeniu zasilania instalacji.

W zależności od potrzeb należy sprawdzić co najmniej:

– ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, łącznie z pomiarami odstępów, na przykład w przypadku stosowania ochrony z użyciem przegród lub obudów, barier lub umieszczenia instalacji poza zasięgiem ręki;

– obecność przegród ogniowych i innych środków zapobiegających rozprzestrzenianiu pożaru i ochrony przed skutkami działania ciepła;

– dobór przewodów do obciążalności prądowej i spadku napięcia;

– dobór i nastawienie urządzeń zabezpieczających i sygnalizacyjnych;

– istnienie i prawidłowe umieszczenie odpowiednich urządzeń odłączających i łączących;

– dobór urządzeń i środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych;

– oznaczenia przewodów ochronnych i neutralnych oraz ochronno-neutralnych;

– umieszczenie schematów, tablic ostrzegawczych lub innych podobnych informacji;

– oznaczenia obwodów, bezpieczników, łączników, zacisków itp.;

– poprawność połączeń przewodów;

– dostęp do urządzeń, umożliwiający wygodę ich obsługi, identyfikację i konserwację.

Ogólne zasady eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

Urządzeniami elektroenergetycznymi są wszystkie urządzenia przeznaczone do wytwarzania, przekształcania, przesyłania, rozdziału i wykorzystania energii elektrycznej.

Urządzeniami elektroenergetycznymi są maszyny elektryczne, transformatory, aparaty elektryczne, aparatura zabezpieczająca, odbiorniki.

Pod pojęciem eksploatacja urządzeń rozumie się:

– prowadzenie ruchu tych urządzeń;

– utrzymanie urządzeń w należytym stanie technicznym.

Do czynności związanych z prowadzeniem ruchu urządzeń zalicza się:

– uruchamianie urządzenia;

– obsługa w czasie pracy;

– zatrzymanie urządzenia w czasie normalnej pracy i w stanie awaryjnym;

– prowadzenie zapisów ruchowych.

Do prac związanych z utrzymaniem urządzeń w należytym stanie technicznym zalicza się: oględziny, przeglądy oraz prace kontrolno-pomiarowe umożliwiające oceny stanu technicznego.

Eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych mogą zajmować się osoby, które spełniają wymagania kwalifikacyjne dla następujących stanowisk pracy:

1. Dozoru – do których zalicza się stanowiska pracowników technicznych i innych osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie:

– obsługi, konserwacji napraw;

– kontrolno-pomiarowym i montażu;

– stanowiska osób sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.

2. Eksploatacji – do których zalicza się stanowiska osób wykonujących prace w zakresie:

– obsługi;

– konserwacji;

– napraw;

– kontrolno-pomiarowym;

– montażu.

Wykaz stanowisk pracy osób, dla których wymagane są dodatkowe kwalifikacje w zakresie dozoru i eksploatacji oraz wykaz urządzeń ustala pracodawca. Wykaz taki powinien znajdować się w każdym zakładzie pracy.

Dokumentacja techniczna

Do dokumentacji technicznej zalicza się:

– projekt techniczny;

– dokumentację fabryczną dostarczaną przez wytwórcę urządzenia;

– dokumentację eksploatacyjną.

Dokumentacja fabryczna zawiera:

– rysunki konstrukcyjne, montażowe i zestawieniowe;

– karty gwarancyjne;

– fabryczne instrukcje obsługi.

Dokumentacja eksploatacyjna obejmuje:

– dokumenty przyjęcia urządzenia do eksploatacji;

– instrukcje eksploatacji urządzeń;

– książki, raporty lub karty pracy urządzeń;

– dokumenty dotyczące oględzin, przeglądów, konserwacji, napraw i remontów urządzeń;

– protokoły zawierające wyniki prób i pomiarów, dokumenty dotyczące rodzaju i zakresu uszkodzeń i napraw;

– wykazy niezbędnych części zamiennych i specjalnych narzędzi.

Każde urządzenie elektroenergetyczne powinno posiadać instrukcję eksploatacji, za której opracowanie odpowiada pracodawca. Instrukcja eksploatacji jest dokumentem, którego treść winien znać każdy pracownik eksploatujący dane urządzenie.

Na instrukcję eksploatacji urządzenia składa się część ogólna i część szczegółowa.

W części ogólnej instrukcji znajdują się następujące informacje:

– przedmiot instrukcji, powinna zostać podana informacja, jakiego urządzenia dotyczy opracowana instrukcja, dla jakiego personelu jest przeznaczona i o jakich kwalifikacjach;

– podstawę opracowania instrukcji, należy podać przepisy szczegółowe, dokumentację fabryczną, dokumenty potwierdzające przyjęcie urządzenia do eksploatacji;

– klauzulę zatwierdzającą instrukcję do stosowania z podaniem imienia i nazwiska z podpisem osoby, która instrukcję zatwierdziła i wprowadziła jako obowiązującą do eksploatacji.

Cześć szczegółowa instrukcji zawiera takie oto wiadomości:

a) ogólną charakterystykę urządzenia określającą:

– przeznaczenie urządzenia, podstawowe parametry (moc, napięcie), układ połączeń z opisana aparaturą i wielkościami zabezpieczeń;

b) obsługę urządzenia z określeniem:

– czynności związanych z uruchomieniem urządzenia i zatrzymaniem urządzenia przy pracy normalnej i awaryjnej, zasady postępowania w razie awarii, pożaru lub innych zakłóceń w pracy urządzeń;

– obowiązków osób obsługi, określających zakres tych obowiązków i uprawnień, sposobu prowadzenia zapisów czynności ruchowych, odczytów wskazań przyrządów kontrolno-pomiarowych z podaniem ich terminów.

c) wymagania w zakresie konserwacji urządzenia określające:

– zakres i termin planowanych oględzin, przeglądów, prób i badań oraz prac kontrolno-pomiarowych;

– zasady kwalifikowania urządzenia do remontu.

d) zakres wymagań dotyczących ochrony przed porażeniem, wybuchem, pożarem i inne wymagania w zakresie bhp takie, jak:

– bezpieczne wykonywanie prac planowych;

– rodzaj stosowanego sprzętu ochronnego;

– sposób powiadamiania w przypadku porażenia, pożaru lub awarii;

– sposób i rodzaj używanego sprzętu p. poż. w przypadku wystąpienia pożaru.

Przyjmowanie urządzeń do eksploatacji

Przyjęcia do eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych nowych lub po remoncie dokonuje pracodawca z udziałem osób zajmujących się eksploatacją.

Przyjęcie urządzenia do eksploatacji może nastąpić po:

– sprawdzeniu kompletności dokumentacji technicznej;

– przeprowadzeniu prób i pomiarów w zakresie umożliwiającym stwierdzenie czy urządzenie odpowiada warunkom technicznym;

– sprawdzeniu czy urządzenie jest dopuszczone do ruchu lub obrotu zgodnie z obowiązującymi przepisami;

– sprawdzeniu czy został przeprowadzony odbiór techniczny przez organ dozoru technicznego jeżeli takiemu odbiorowi podlega;

– sprawdzeniu czy stan urządzenia i miejsca pracy odpowiadają warunkom technicznym oraz wymogom bhp i ochrony przeciwpożarowej i przeciwporażeniowej;

– sporządzenie protokołu przyjęcia do eksploatacji.

Prowadzenie eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

Ocenę stanu technicznego eksploatowanych urządzeń i ich zdolności do dalszej niezawodnej i bezpiecznej eksploatacji dokonuje się na podstawie wyników przeprowadzonych okresowo oględzin, przeglądów oraz prób i pomiarów. Oględziny i przeglądy urządzeń przeprowadza się w terminach i zakresie ustalonym w szczegółowych zasadach eksploatacji poszczególnych urządzeń lub w instrukcjach eksploatacji.

Przeglądy poza terminami ustalonymi w instrukcji wykonuje się wówczas, jeżeli zachodzi podejrzenie, że urządzenie jest uszkodzone np. występuje nadmierne drganie, nadmierne nagrzewanie się obudowy, przewodów itp.

Ruch urządzenia należy wstrzymać, w razie stwierdzenia uszkodzeń lub zakłóceń uniemożliwiających normalną eksploatację.

Urządzenie zostaje wycofane z eksploatacji lub przekazane do remontu, jeżeli na podstawie wyników oceny stanu technicznego urządzenia zostanie stwierdzone:

– pogorszenie stanu technicznego poniżej wartości dopuszczalnych, określonych w szczegółowych zasadach eksploatacji, normach oraz w razie zwiększenia energochłonności;

– uszkodzenie urządzenia zagrażające niezawodności ruchu lub bezpieczeństwu obsługi i otoczenia.

Decyzję o przekazaniu urządzenia do remontu lub wycofaniu z eksploatacji podejmuje pracodawca na wniosek osoby zajmującej się eksploatacją tego urządzenia.

Kontrola eksploatacji

Do przeprowadzenia kontroli przestrzegania warunków i przepisów eksploatacji, w tym warunków z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy są:

– Urząd Regulacji Energetyki;

– Państwowa Inspekcja Pracy;

– Urząd Dozoru Technicznego w zakresie urządzeń podlegających dozorowi.

Inspektor przeprowadza kontrolę w obecności pracodawcy lub osoby przez niego wyznaczonej. Inspektor jest upoważniony do żądania od jednostki kontrolowanej informacji oraz przedstawienia wszelkich dokumentów niezbędnych do ustalenia danych związanych z eksploatacją urządzeń i warunków bezpiecznej pracy.

Z przeprowadzonej kontroli inspektor sporządza protokół, w którym podaje stwierdzone uchybienia z zakresu prawidłowej i bezpiecznej eksploatacji.

Dane te stanowią podstawę do wydania zaleceń pokontrolnych.

Więcej informacji na temat budowy, zasady działania instalacji fotowoltaicznych innych urządzeń i instalacji zasilanych z OŹE autor artykułu razem z współautorką Izabelą Góralczyk zamieścili w podręcznikach

„Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej”,

„Racjonalna gospodarka energią”,

„Urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne”.

Dziękuję za uwagę.