

INSTALACJE ELEKTRYCZNE

część 3

ZAKRES WYKŁADU

1. Przewody ochronne
2. Układy uziemiające
3. Instalacje na budowie

PRZEWODY OCHRONNE

Przewód ochronny (ang. protective conductor) – to przewód instalacji elektrycznej nie obciążony prądami roboczymi, który łączy wszystkie części przewodzące dostępne z uziemionym punktem układu sieci, zapewniając ochronę przed porażeniem elektrycznym przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania.

W normach PN-EN 61140:2005/A1:2008 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym — Wspólne aspekty instalacji i urządzeń oraz PN-HD 60364-4-41:2017-09 Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa — Ochrona przed porażeniem elektrycznym, sformułowane zostały następujące definicje:

Przewód ochronny – przewód przeznaczony do celów bezpieczeństwa, np. ochrona przed porażeniem elektrycznym;

Przewód ochronno - neutralny – przewód spełniający zarówno funkcje przewodu ochronnego jak i przewodu neutralnego;

Połączenie wyrównawcze – połączenie elektryczne pomiędzy częściami przewodzącymi w celu wyrównania potencjałów;

Połączenie wyrównawcze ochronne – połączenie wyrównawcze dla celów bezpieczeństwa (np. ochrona przed porażeniem elektrycznym);

Przewód wyrównawczy ochronny – przewód ochronny przeznaczony do połączenia wyrównawczego ochronnego, zapewniający elektryczne połączenie części przewodzących dostępnych i/lub części przewodzących obcych, powodujący wyrównanie potencjałów łączonych części.

Przewód uziemiający – przewód stanowiący drogę przewodzącą, lub jej część, pomiędzy danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem;

Zacisk połączenia wyrównawczego – zacisk umieszczony na urządzeniu lub wyposażeniu przewidziany dla połączenia elektrycznego z systemem połączeń wyrównawczych;

Zacisk połączenia ochronnego – zacisk przeznaczony dla celów połączenia wyrównawczego ochronnego;

Główna szyna wyrównawcza (uziemiająca) – jest częścią układu uziemiającego instalacji, umożliwiającą połączenie elektryczne pewnej liczby przewodów w celach wyrównania potencjałów (uziemieniowych);

Część przewodząca dostępna – część przewodząca urządzenia, której można dotknąć, nie będąca normalnie pod napięciem, i która może znaleźć się pod napięciem, jeśli zawiedzie izolacja podstawowa;

Część przewodząca obca – część przewodząca nie będąca częścią instalacji elektrycznej i mogąca przyjmować potencjał elektryczny, zwykle potencjał ziemi.

Podział przewodów ze względu na funkcje pełnione w instalacjach elektrycznych

Ze względu na funkcje pełnione w instalacjach elektrycznych ogólny podział przewodów jest następujący:

- 1) Przewody czynne prądu przemiennego (a.c.): liniowe (L), neutralny (N), środkowy (M);
- 2) Przewody czynne prądu stałego (d.c): przewód dodatni (L+), przewód ujemny (L-);
- 3) Przewody ochronne: (PE, PEN, PEL*, PEM**);
- 4) Przewody połączeń wyrównawczych ochronnych (PB):
 - uziemione (PBE),
 - nieuziemione (PBU);
- 5) Przewody uziemiające:
 - przewód uziemiający funkcjonalny (FE),
 - przewód ekwipotencjalny funkcjonalny (FB).

przy czym:

- PEL – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz liniowego,
- ** PEM – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz środkowego.

Przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych w instalacjach elektrycznych

Podstawowe wymagania odnośnie stosowania przewodów ochronnych i przewodów połączeń ochronnych zawarte są w normach:

- 1) PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia; Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych;
- 2) PN-EN 60445:2011 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja — Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów. Identyfikacja przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi.

Przewody i elementy przewodzące wykorzystywane jako przewody ochronne

Jako przewody ochronne w instalacjach elektrycznych mogą być stosowane:

- a) żyły w przewodach wielożyłowych;
- b) przewody gołe lub izolowane prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami czynnymi (fazowymi);
- c) przewody gołe lub izolowane ułożone na stałe;
- d) metalowe powłoki kabli, pancerzy kabli, ekranów kabli, przewodów plecionych, przewodów koncentrycznych, metalowych rur instalacyjnych, podlegających warunkom ustalonym niżej w pkt. 2) a) oraz b);

W obrębie urządzeń o metalowej obudowie, jak niskonapięciowe rozdzielnice albo przewody szynowe, wyłączniki niskiego napięcia lub zespoły urządzeń sterujących, mogą być wykorzystane jako przewody ochronne, jeżeli spełniają trzy następujące warunki:

- a) ich ciągłość elektryczna jest zapewniona przez konstrukcję lub odpowiednie połączenie gwarantujące ochronę przed uszkodzeniami natury mechanicznej, chemicznej lub elektrochemicznej,
- b) odpowiadają wymaganiom dotyczącym przekrojów przewodów ochronnych,
- c) umożliwiają przyłączenie innych przewodów ochronnych w każdym wcześniej ustalonym punkcie odgałęzienia.

Części przewodzące obce mogą być wykorzystane jako przewody ochronne, jeżeli spełniają jednocześnie wymagania określone w punktach a) i b), a ponadto:

- a) nie mogą być usunięte w czasie, gdy pełnią funkcję przewodów ochronnych, chyba że zastosowane zostały zastępcze przewody ochronne (np. przewód bocznikujący),
- b) na długości stanowiącej zastępczy przewód ochronny mają oznaczenie barwne wymagane od przewodu ochronnego;

Jeżeli rura wodociągowa wykorzystana (za zgodą ich właściciela) jako przewód ochronny, jest wyposażona w zawory i/lub wodomierze, to muszą być one zbocznikowane. Przekrój przewodu bocznikującego musi spełniać wymagania stawiane przekrojowi przewodu ochronnego, np.:

- a) przekrój linki miedzianej ocynkowanej nie powinien być większy niż 16 mm^2 ,
- b) przekrój linki stalowej ocynkowanej – 25 mm^2 ,
- c) przekrój taśmy stalowej o grubości co najmniej $3 \text{ mm} - 60 \text{ mm}^2$;

Następujące części metalowe nie są dopuszczone do stosowania jako przewód ochronny lub jako przewód wyrównawczy ochronny:

- a) rury zawierające łatwopalne gazy lub płyny,
- b) elementy konstrukcyjne narażone na naprężenia mechaniczne w czasie normalnej pracy,
- c) ruchome lub giętkie części metalowe, z wyjątkiem przeznaczonych do celów ochrony
- d) linki lub inne elementy podtrzymujące oprzewodowanie,
- e) korytka i drabinki instalacyjne.

Minimalny przekrój przewodów ochronnych

Wymaga się, zgodnie z normą HD 60364-5-54, aby przekrój każdego przewodu ochronnego spełniał warunki samoczynnego wyłączenia zasilania, wymagane w PN-HD 60364-4-41 i powinien wytrzymywać spodziewany prąd zwarciovowy. Przekrój przewodu ochronnego powinien być albo obliczony zgodnie z pkt. 2.2.2. albo dobrany zgodnie z tablicą

Przekrój przewodów fazowych mm ²	Minimalny przekrój odpowiadającego przewodu ochronnego mm ²	
	Jeżeli przewód ochronny jest z tego samego materiału co przewód fazowy	Jeżeli przewód ochronny nie jest z tego samego materiału co przewód fazowy
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16 ^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
Przy czym: k_1 jest wartością k dla przewodu fazowego, otrzymaną z zależności podanej w Załączniku A lub z HD 384.4.43, Tablica 43A stosownie do materiału żyły oraz izolacji przewodu; k_2 jest wartością k dla przewodu ochronnego, dobranego odpowiednio wg Tablic od A.54.2 do A.54.6.		
^a Dla przewodu PEN, zmniejszenie przekroju jest dopuszczalne tylko zgodnie z zasadami wymiarowania przewodu neutralnego (patrz HD 384.5.52).		

Wartości podane są obowiązujące dla przewodów ochronnych wykonanych z takiego samego materiału, co przewody fazowe. W innych przypadkach przekrój przewodu ochronnego powinien być tak dobrany, aby jego przewodność nie była mniejsza od przewodności przewodu spełniającego wymagania określone w tabeli

Zaciski przewodów ochronnych powinny umożliwiać przyłączenie przewodów o przekrojach wymaganych w normie HD 60364-5-54. Gdy uzyskana wartość przekroju przewodu ochronnego nie jest wartością znormalizowaną, to należy ją zwiększyć do najbliższej wartości przekroju znormalizowanego.

Ponieważ metalowe powłoki przewodów o izolacji mineralnej zgodnych z EN 60702-1 mają obciążalność zwarciovą większą niż żyły fazowe, nie wymaga się sprawdzania ich przekroju, kiedy są one wykorzystywane jako przewody ochronne.

Obliczenie przekroju przewodu ochronnego

Wymagany przekrój przewodu ochronnego, przez który przepływa prąd zwarciovowy nie dłużej niż 5 s, powinien być do brany z tablicy 1 albo obliczony ze wzoru:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

gdzie:

S – przekrój przewodu ochronnego, w mm²;

I – wartość skuteczna spodziewanego prądu zwarciovowego, w A;

t – czas wyłączenia przez urządzenie ochronne, w s;

k – współczynnik, którego wartość zależy od materiału przewodu, izolacji i temperatury.

Gdy uzyskana wartość przekroju przewodu ochronnego nie jest wartością znormalizowaną, to należy ją zwiększyć do najbliższej wartości przekroju znormalizowanego.

Przekrój przewodu ochronnego

Przekrój przewodu ochronnego, który nie jest częścią przewodu lub kabla wielożyłowego lub nie jest we wspólnej osłonie z przewodami fazowymi, nie powinien być mniejszy niż:

- a) 2,5 mm² Cu lub 16 mm² Al, jeżeli zapewniona jest ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- b) 4 mm² Cu lub 16 mm² Al, jeżeli brak jest ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przekrój przewodu ochronnego wspólnego dla dwóch lub więcej obwodów

W przypadku, gdy przewód ochronny jest wspólny dla dwóch lub więcej obwodów, jego przekrój powinien być:

- a) obliczony zgodnie z zależnością dla najbardziej niekorzystnych wartości spodziewanego prądu zwarciovego i czasu wyłączenia w tych obwodach lub
- b) dobrany zgodnie z tablicą 1 do największego przekroju przewodu fazowego w obwodzie.

Wymagania dotyczące stosowania przewodu ochronno-neutralnego

W sieciach o układzie TN-C pojedynczy przewód (żyła) może spełniać równocześnie funkcję przewodu ochronnego (PE) i neutralnego (N), pod warunkiem, że jest ułożony na stałe i nie należy do obwodu, w którym zastosowano układ ochronny różnicowoprądowy. Zabrania się stosowania przewodu ochronnego PEN w oprzewodowaniu ruchomym, a także wykorzystywania metalowych osłon oprzewodowania jako przewodów PEN, z wyjątkiem obudów przewodów szynowych zgodnie z EN 61534-1. Wymagania te znacznie ograniczają stosowanie układu TN-C w instalacjach odbiorczych.

Przewód ochronno-neutralny (PEN) może być używany tylko w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe, mieć izolację właściwą do napięcia nominalnego układu i, ze względu na wytrzymałość mechaniczną, powinien mieć przekrój co najmniej 10 mm^2 Cu lub 16 mm^2 Al.

Jeżeli w jakimkolwiek punkcie instalacji, funkcje neutralne i ochronne są zapewnione przez oddzielne przewody, połączenie przewodu neutralnego z jakąkolwiek inną częścią uziemioną w instalacji jest niedopuszczalne (np. z przewodem ochronnym). Dopuszcza się jednak utworzenie z przewodu PEN więcej niż jednego przewodu neutralnego i więcej niż jednego przewodu ochronnego.

Dla poprawnego przyłączenia utworzonych przewodów należy wyznaczyć oddzielne zaciski lub szyny przeznaczone dla przewodów ochronnych i oddzielne dla przewodów neutralnych.

Izolacja, sposób ułożenia i połączenia przewodu ochronno-neutralnego (PEN) muszą spełniać wymagania stawiane przewodom czynnym, np. mieć izolację właściwą do napięcia nominalnego układu. Nie wymaga się izolowania przewodów (zacisków, szyn) PEN w obrębie rozdzielnic i sterownic oraz w liniach napowietrznych.

Ciągłość elektryczna przewodów ochronnych

Ciągłość przewodów ochronnych przyjmowana jest jako jeden z warunków koniecznych, potwierdzających skuteczność ochrony przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Z tego względu:

- a) w przewodach ochronnych nie wolno umieszczać: aparatury zabezpieczającej i łączeniowej, cewek, czujników oraz specjalistycznych urządzeń w układach monitoringu ciągłości połączeń uziemiających,
- b) przewodu ochronnego nie wolno przyłączyć do żadnej części przewodzącej pośredniej.

Wymaga się również, aby przewody ochronne były odpowiednio zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi lub elektrochemicznymi, oddziaływaniem sił elektrodynamicznych i termodynamicznych.

Połączenia elektryczne przewodów ochronnych powinny być dostępne dla kontroli i badań z wyjątkiem połączeń niedostępnych, np. zatapianych w materiale izolacyjnym, w metalowych kanałach i obudowach przewodów szynowych oraz tworzących części urządzenia.

Wspólny przewód ochronny i funkcjonalny uziemiający

W przypadku, gdy stosowany jest wspólny przewód ochronny i funkcjonalny uziemiający, to powinien on spełniać w pierwszej kolejności wymagania stawiane dla przewodu ochronnego, natomiast dodatkowo – powinien być także zgodny z odpowiednimi wymaganiami – w zakresie funkcjonalności. Dopuszcza się, aby przewód powrotny PEL (przewód łączący funkcje przewodu ochronnego, uziemiającego oraz liniowego) lub PEM (przewód łączący funkcje przewodu ochronnego, uziemiającego oraz środkowego) prądu stałego, przeznaczony do zasilania układów techniki informacyjnej, był wykorzystany jako wspólny przewód uziemiający i ochronny. Nie należy stosować części przewodzących obcych jako przewodów PEL lub PEM.

Rozmieszczenie przewodów ochronnych

W przypadku, gdy środkiem ochrony przed porażeniem elektrycznym jest wyłącznik nadprądowy, to przewód ochronny powinien być częścią tego samego układu oprzewodowania co przewody fazowe lub powinien być umieszczony w ich bezpośredniej bliskości.

Wzmocnione przewody ochronne

Jeżeli przewidziano odbiorniki z planowanym ciągłym ich przyłączeniem i z prądem w przewodzie ochronnym przekraczającym 10 mA, to wzmocnienie przewodów ochronnych można uzyskać w sposób następujący:

a) zastosować przewód ochronny o przekroju co najmniej 10 mm² Cu lub 16 mm² Al, na całej jego długości, albo

b) zastosować drugi przewód ochronny, co najmniej o takim samym przekroju jak wymagany w ochronie przy uszkodzeniu. Powinien on być ułożony do punktu, w którym przewód ochronny ma przekrój nie mniejszy niż 10 mm² Cu lub 16 mm² Al. W tej sytuacji należy zapewnić oddzielny zacisk dla drugiego przewodu ochronnego w urządzeniu.

Połączenia wyrównawcze ochronne

Połączenia wyrównawcze ochronne jako małoporowe połączenia elektryczne różnych części przewodzących o różnym potencjale, wyrównujące tę różnicę potencjałów, odgrywają istotne znaczenie w ochronie przed porażeniem elektrycznym.

Zastosowanie połączeń wyrównawczych ochronnych ma na celu ograniczenie do wartości dopuszczalnych długotrwałe, w danych warunkach wpływów zewnętrznych, napięć występujących pomiędzy różnymi częściami przewodzącymi.

Mogą to być połączenia bezpośrednie części przewodzących dla celów ochrony przed porażeniem elektrycznym, a także połączenia wyrównawcze funkcjonalne lub połączenia pośrednie np. za pomocą ograniczników przepięć, dla celów ochrony przeciwprzebiegiowej lub ochrony odgromowej.

Połączenia wyrównawcze odgrywają określoną rolę w różnych układach i systemach ochronnych, np. jako ochrona uzupełniająca w układach ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu, ochrony odgromowej i przeciwprzebiegiowej, a także w ochronie przed elektrycznością statyczną, ochronie przeciwwybuchowej i przeciwpożarowej.

Często jeden i ten sam przewód wyrównawczy może pełnić określoną rolę w dwóch i więcej układach lub systemach ochrony, pod warunkiem spełnienia stawianych przez nie wymagań. Każdy budynek powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.

Ochronnym połączeniem wyrównawczym w każdym budynku powinny być objęte: przewód uziemiający, główna szyna wyrównawcza oraz następujące części przewodzące:

- a) metalowe rury zasilające instalacje wewnętrzne budynku, np. zimnej i ciepłej wody, gazu,
- b) metalowe powłoki i pancerze kabli elektroenergetycznych
- c) konstrukcyjne części przewodzące obce, jeżeli są dostępne w normalnym użytkowaniu,
- d) instalacje metalowe klimatyzacji i centralnego użytkowania,
- e) metalowe wzmocnienia konstrukcji z betonu zbrojonego, gdzie zbrojenie jest dostępne i niezawodnie połączone między sobą.

Przewody wyrównawcze ochronne

Przewody wyrównawcze ochronne nie stanowią elementu obwodów prądowych instalacji i urządzeń elektrycznych i w normalnych warunkach pracy nie są obciążone prądami roboczymi lub zwarciovymi. Jednak w warunkach pewnych zakłóceń, związanych głównie z uszkodzeniem izolacji podstawowej i w konsekwencji ze zwarciem doziemnym, mogą w tych przewodach przepływać prądy o znacznych wartościach.

Jako przewody wyrównawcze ochronne mogą być stosowane miedziane przewody jednożyłowe, miedziane żyły przewodów wielożyłowych oraz stalowe przewody gołe lub pokryte trwałymi powłokami antykorozyjnymi. W miejscach, w których przewody gołe byłyby narażone na przyspieszoną korozję, należy stosować przewody izolowane lub przewody pokryte trwałymi powłokami antykorozyjnymi.

Przewód wyrównawczy łączący dwie części przewodzące dostępne powinien mieć przewodność nie mniejszą niż przewód ochronny o mniejszym przekroju, przyłączony do części przewodzących dostępnych.

	Przewody głównych połączeń wyrównawczych	Przewody miejscowych połączeń wyrównawczych	
		Między dwiema częściami przewodzącymi dostępnymi	Między częścią przewodzącą dostępną i częścią obcą
Wymagania podstawowe	$S_w \geq 0,5 S_{PEmax}$	$S_w \geq 0,5 S_{PEmin}$	$S_w \geq 0,5 S_{PE}$
Wymagania dodatkowe	$S_w \geq 6 \text{ mm}^2$	Przewody nie ułożone razem z przewodami czynnymi (fazowymi). $S_w \geq 2,5 \text{ mm}^2$ jeżeli są chronione od uszkodzeń mechanicznych $S_w \geq 4 \text{ mm}^2$ jeżeli nie są chronione od uszkodzeń mechanicznych	
Dopuszczalne złagodzenie wymagania	Nie wymaga się przekroju (z miedzi) większego niż 25 mm^2	–	–

*) W przypadku stosowania innego metalu niż miedź należy przyjmować przekrój zapewniający taką samą obciążalność prądową, jaką ma podany przewód miedziany.

Oznaczenia:

S_w - przekrój przewodu wyrównawczego,

S_{PEmax} - największy wymagany przekrój przewodu ochronnego PE w całej instalacji

S_{PEmin} - najmniejszy wymagany przekrój przewodu ochronnego PE spośród przewodów doprowadzonych do rozpatrywanych części przewodzących dostępnych,

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

Główne połączenia wyrównawcze ochronne

Główne połączenia wyrównawcze ochronne wykonuje się dla całego budynku, jako galwaniczne połączenie wszelkich części przewodzących obcych ze sobą i z uziomem budynku.

Przewody głównych połączeń wyrównawczych, umieszczone w najniższej (przyziemnej) kondygnacji budynku, łączą z główną szyną wyrównawczą (GSW):

- a) przewody ochronne instalacji elektrycznej;
- b) przewody uziemienia ochronnego lub ochronno-funkcjonalnego;
- c) przewody połączeń wyrównawczych funkcjonalnych (jeżeli są stosowane);
- d) elementy przewodzące innych instalacji wprowadzonych do budynku (np. rurociągi wody zimnej, wody gorącej, centralnego ogrzewania, gazu, klimatyzacji);
- e) metalowe powłoki i pancerze kabli elektroenergetycznych;
- f) metalowe elementy konstrukcyjne budynku (np. zbrojenia).

Elementy przewodzące wprowadzone do budynku z zewnątrz powinny być przyłączone do głównej szyny wyrównawczej, przy użyciu głównych przewodów wyrównawczych, możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia.

Zgodnie z PN-HD 60364-5-54:2010 oraz PN-HD 60364-4-41, najmniejszy dopuszczalny przekrój głównych przewodów wyrównawczych ochronnych, ze względu na wytrzymałość mechaniczną, wynosi:

- 6 mm² w przypadku przewodu miedzianego,
- 16 mm² w przypadku przewodu aluminiowego,
- 50 mm² w przypadku przewodu stalowego.

Miejscowe połączenia wyrównawcze ochronne

Połączenia wyrównawcze miejscowe wykonywane w pomieszczeniach o zwiększonym zagrożeniu porażeniowym, stanowią uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania i obejmują wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce oraz przewody ochronne instalacji elektrycznej,.

Do pomieszczeń o zwiększonym zagrożeniu należą przede wszystkim: łazienki wyposażone w wannę lub/i basen natryskowy, hydrofornie, pomieszczenia wymienników ciepła, kotłownie, pralnie, kanały rewizyjne, pomieszczenia rolnicze i ogrodnicze oraz przestrzenie, w których nie ma możliwości zapewnienia skutecznej ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania po przekroczeniu wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale na częściach przewodzących dostępnych.

Wymagany przekrój żył miejscowych przewodów wyrównawczych nie powinien być mniejszy od:

a) najmniejszego przekroju przewodów ochronnych (PE, PEN), w przypadku połączeń między częściami przewodzącymi dostępnymi

b) połowy przekroju przewodu ochronnego (PE, PEN), w przypadku połączeń między częściami przewodzącymi dostępnymi i obcymi, przyjętego przekroju minimalnego:

- 2,5 mm² Cu, z zastosowaniem ochrony przed uszkodzeniami,
- 4 mm² Cu, bez zastosowania ochrony przed uszkodzeniami.

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

Oznaczenie zacisków urządzeń i zakończeń przewodów

Zaciski urządzeń i zakończeń przewodów powinny być oznaczone zgodnie z wymaganiami PN-EN 60445:2011 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, oznaczanie i identyfikacja — Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów.

Oznaczenie zacisków urządzeń i zakończeń przewodów stosuje się w celu:

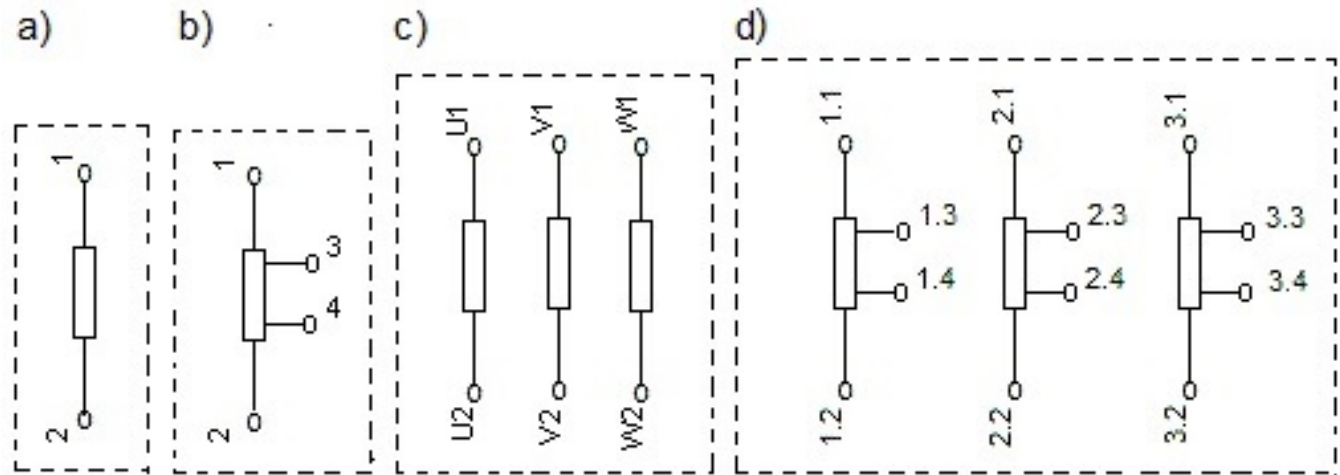
- a) zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika,
- b) uzyskania łatwej identyfikacji,
- c) uniknięcia pomyłek.

Sposoby identyfikacji zacisków wyposażenia i końcówek przewodów

Identyfikacja zacisków wyposażenia i końcówek wyróżnionych przewodów powinna być wykonana za pomocą jednego z następujących sposobów:

- a) rozmieszczenie w sposób geometryczny lub w relacji wzajemnej,
- b) kodowanie za pomocą kolorów,
- c) stosowanie symboli graficznych,
- d) alfanumerycznie (zaleca się w celu zachowania zgodności z dokumentacją i oznaczeniami na zaciskach urządzeń).

Oznaczenie kolorami, symbolem graficznym lub alfanumerycznie należy umieszczać na danym zacisku albo w jego najbliższym sąsiedztwie. Jeżeli nie istnieje możliwość pomyłki, to można zastosować kod numeryczny i alfanumeryczny.



przy czym:

- a) pojedynczy element z dwoma zaciskami,
- b) pojedynczy element z czterema zaciskami: dwoma końcowymi i dwoma pośrednimi,
- c) urządzenie trójfazowe z sześcioma zaciskami,
- d) urządzenie trójelementowe z dwunastoma zaciskami: sześcioma końcowymi i sześcioma pośrednimi.

Zaciski urządzeń przeznaczone do bezpośredniego przyłączenia określonych żył przewodów oraz zakończeń określonych żył przewodów powinny być znakowane odpowiednimi literami albo znakami graficznymi lub równocześnie literami lub znakami graficznymi w następujący sposób:

- 1) Pojedynczy element z dwoma zaciskami oznacza się kolejnymi liczbami tak, aby liczba nieparzysta była mniejsza niż parzysta; np. 1 i 2;
- 2) Pojedynczy element z czterema zaciskami: dwoma końcowymi i dwoma pośrednimi. oznacza się kolejnymi liczbami rosnącymi tak, aby liczby dla punktów pośrednich były większe niż liczby punktów końcowych, np. punkty pośrednie elementu z punktami końcowymi 1 i 2 będą oznaczone odpowiednio numerami 3 i 4;
- 3) Urządzenie trójfazowe z sześcioma zaciskami oznacza się literami, np. U, V, W, które poprzedzają odpowiednie liczby, np. U1 i U2; V1 i V2; W1 i W2, odpowiadające fazom układu trójfazowego a.c;
- 4) Urządzenie trójelementowe z dwunastoma zaciskami: sześcioma końcowymi i sześcioma pośrednimi oznacza się liczbami, które poprzedzają odpowiednie liczby, np. 1.1 i 1.2; 2.1 i 2.2; 3.1 i 3.2.

W celu uniknięcia pomyłki liczby te powinny być oddzielone kropką. W podobnych zestawach elementów, mających takie same oznaczenia literowe, wyróżnia się je liczbami, które poprzedzają odpowiednie litery. Połączenie zacisków urządzenia z żyłami przewodów, oznacza się zgodnie z zasadami kodu alfanumerycznego.

Do identyfikacji zacisków urządzeń i zakończeń przewodów powinny być używane jedynie wielkie litery alfabetu łacińskiego i cyfry arabskie. Nie należy stosować liter I oraz O, aby uniknąć pomyłek z cyframi 1 i 0. Oznaczenia przewodów cyframi może być stosowane do przewodów jednożyłowych i wielożyłowych. Nie należy oznaczać przewodów cyframi, jeżeli zastosowano już oznaczenia dwubarwne zielono-żółte.

Oznaczenie cyfrowe powinno być wyraźne i trwałe. Wszystkie cyfry powinny być czytelne i kontrastowe w stosunku do barw izolacji. Przy oznaczaniu cyframi przewodów wielożyłowych wszystkie żyły powinny być oznaczone kolejnymi cyframi. Cyfry należy umieszczać w regularnych (jednakowych) odstępach na całej długości przewodu, przy czym kolejne cyfry powinny być odwrócone w stosunku do cyfr sąsiednich.

W celu uniknięcia pomyłek, cyfry 6 i 9 lub jakiegokolwiek inne kombinacje zawierające te cyfry należy podkreślać.

Oznaczanie przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi

Przewody powinny być oznaczane kolorami, znakami alfanumerycznymi albo równocześnie obydwoma sposobami.

Oznaczanie kolorem powinno być stosowane na całej długości przewodu lub na jego zakończeniach przez zastosowanie kolorowej izolacji albo kolorowych oznaczników.

Oznaczenie przewodu gołego kolorem powinno być zastosowane na zakończeniu i w punkcie połączenia. Zastosowanie dodatkowego oznakowania, np. alfanumerycznie, pozwoli uniknąć dwuznaczności przy zastosowaniu tylko oznaczania kolorem.

Oznaczenia jednokolorowe

Oznaczenia jednokolorowe stosowane są do oznaczania przewodów nie pełniących funkcji przewodu ochronnego.

- a) Przewody liniowe w instalacjach wykonanych przewodami jednożyłowymi pod osłoną powinny w zasadzie mieć barwę: albo brązową, albo czarną, albo szarą i nie mogą być wielobarwne;
- b) Przewód neutralny (N) lub przewód środkowy (M) w obwodzie powinien być oznaczony za pomocą koloru niebieskiego.

Zaleca się, dla uniknięcia pomyłek z innymi kolorami, stosowanie koloru niebieskiego nasyconego, nazywanego często „jasnoniebieskim”. Kolor jasnoniebieski nie powinien być stosowany do oznaczania innych przewodów, jeżeli zachodzi obawa jego pomylenia.

Oznaczenie gołego przewodu neutralnego (N) lub środkowego (M) barwą jasnoniebieską powinno być zastosowane na całej długości lub w postaci pasków o szerokości 15 do 100 mm umieszczonych na zespole lub obudowie oraz we wszystkich widocznych i dostępnych miejscach w odległościach, przy których zawsze jest zapewniona możliwość identyfikacji.















Oznaczenia dwukolorowe

Oznaczenia przewodów ochronnych dwukolorową kombinacją zielono-żółtą służy wyłącznie do wyróżnienia przewodów ochronnych (PE, wyrównawczych, uziemiających), w celu uzyskania jego jednoznacznej identyfikacji i zapewnienia bezpieczeństwa.

Oznaczenie dwukolorowej kombinacji zielono-żółtej przewodów ochronnych powinno być wykonane tak, aby na każdym odcinku o długości 15 mm jeden kolor pokrywał od 30% do 70% powierzchni, natomiast drugi kolor – pozostałą część powierzchni.

Oznaczenie dwukolorowej kombinacji zielono-żółtej przewodów ochronnych gołych, stosowanych jako przewody ochronne, powinno być wykonane na całej długości przewodu lub na każdej jego części dostępnej. Dopuszcza się zastosowanie dodatkowego znakowania przewodów ochronno-neutralnych (PEN).

Izolowane przewody PEN powinny być oznaczone na całej długości kombinacją dwukolorową zieloną i żółtą i dodatkowo na końcach kolorem jasnoniebieskim lub na całej długości kolorem jasnoniebieskim i dodatkowo na końcach kombinacją dwukolorową zielono-żółtą.

Oznaczenie żył przewodów	Znakowanie przewodów i zacisków urządzeń			
	kodem alfanumerycznym		kolorem	Znak graficzny ^{b)}
	przewodów	zacisków		
Przewód a.c. (napięcie przemienne)				
Linia 1	L1	U	czarny lub brązowy lub szary	 IEC 60417-5032
Linia 2	L2	V ^{a)}		
Linia 3	L3	W ^{a)}		
Przewód środkowy	M	M	jasnoniebieski 	—
Przewód neutralny	N	N	jasnoniebieski 	
Przewód d.c. (napięcie stałe)				
Przewód dodatni	L+	+	nie rekomenduje się	 +
Przewód ujemny	L-	-		
Przewód ochronny	PE	PE	zielono-żółty 	 IEC 60417- 5019
Przewód PEN	PEN	PEN	zielono-żółty 	
Przewód PEL	PEL	PEL	nie rekomenduje się	
Przewód PEM	PEM	PEM	jasnoniebieski 	
Przewód połączenia ochronnego ^{c)}	PB	PB	zielono-żółty 	 IEC 60417-5021
Uziemiony	PBE	PBE	zielono-żółty 	
Nieziemiony	PBU	PBU	zielono-żółty 	
Przewód uziemiający funkcjonalny ^{d)}	FE	FE	nie rekomenduje się	 IEC 60417- 5019
Przewód ekwipotencjalny funkcjonalny	FB	FB	nie rekomenduje się	 IEC 60417-5020

- a) Wymagane tylko w systemach z więcej niż jedną fazą.
- b) Znaki graficzne odpowiadają symbolom stosowanym w IEC 60417: \equiv 6017-5031; + 60417-5005; -- 6017- 5006
- c) Przewód wyrównawczy połączenia ochronnego jest w większości przypadków przewodem wyrównawczym połączenia ochronnego uziemionym. Nie jest konieczne oznaczenie go przez PBE. W przypadku gdy zastosowano rozróżnienie między przewodem wyrównawczym uziemionym, a przewodem wyrównawczym nieziemionym, to w celu jednoznacznego ich rozróżnienia (np. w instalacjach elektrycznych) oznaczenie PBE i PBU powinno być zastosowane.
- d) Żadne wyróżnienie FE ani znak graficzny 5018 normy IEC 60417 nie powinien być zastosowany dla przewodu lub zacisku spełniającego funkcje ochronne.

UKŁADY UZIEMIAJĄCE

Wybrane definicje

uziom – część przewodząca, która może być umieszczona w specyficznym ośrodku przewodzącym bądź zestaw połączonych ze sobą elementów przewodzących, które są pograżone w gruncie lub betonie tak, aby zapewnić dobry elektryczny styk z ziemią na jak największej powierzchni;

przewód uziemiający – przewód, który zapewnia przewodzącą drogę lub część przewodzącej drogi, pomiędzy danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem;

ziemia odniesienia – obszar ziemi znajdujący się poza strefą wpływu uziomu lub układu uziemiającego. Potencjał ziemi odniesienia jest przyjmowany jako równy zeru;

napięcie uziomowe – napięcie pomiędzy układem uziomowym a ziemią odniesienia, występujące podczas przepływu prądu uziomowego I_E do ziemi przez impedancję układu uziomowego;

uziemienie – celowo wykonane elektryczne połączenie części urządzeń lub instalacji elektrycznej z przedmiotem metalowym znajdującym się w ziemi, zwanym uziomem;

uziemienie robocze – uziemienie określonego punktu obwodu elektrycznego wykonane w celu zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń elektroenergetycznych w warunkach zwykłych i zakłóceń. Może ono być wykonane jako bezpośrednie, pośrednie (poprzez reaktancję lub rezystancję) lub otwarte (za pośrednictwem bezpiecznika iskiernikowego);

uziemienie ochronne – uziemienie jednego lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów bezpieczeństwa;

uziemienie funkcjonalne – uziemienie jednego lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów innych niż bezpieczeństwo elektryczne;

instalacja uziemiająca – wszystkie elektryczne połączenia i urządzenia występujące w uziemieniu sieci, instalacji i urządzeń;

uziom fundamentowy – część przewodząca umieszczona w ziemi pod fundamentem budynku lub, co jest lepszym rozwiązaniem, osadzona w betonie fundamentu budynku, np. w postaci zamkniętej pętli;

główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca) – zacisk lub szyna, które są częścią układu uziemiającego instalacji i umożliwiają połączenie elektryczne pewnej liczby przewodów w celach uziemieniowych;

rezystancja uziomu – rezystancja zmierzona między końcami pręta bądź płaskownika uziomowego miarodajna np. dla oceny stopnia jego zużycia (skorodowania),

rezystywność gruntu – rezystancja właściwa gruntu, czyli rezystancja wycinka gruntu o kształcie sześciangu, o boku 1 m, mierzona pomiędzy jego dwoma przeciwległymi bokami, w Ωm .

Układy uziemiające

Stworzenie warunków zapewniających poprawne i bezawaryjne działanie nowoczesnych i coraz bardziej rozbudowanych systemów elektrycznych i elektronicznych wymaga zastosowania rozwiązań chroniących te systemy przed oddziaływaniem piorunowego impulsu elektromagnetycznego.

Podstawowe informacje o wymaganiach stawianych przed urządzeniem piorunochronnym obiektu budowlanego zawarto w wieloczęściowej normie EN 62305, a w szczególności:

- a) opisy uszkodzeń i strat powodowanych przez wyładowanie piorunowe,
- b) klasyfikację poziomów ochrony odgromowej,
- c) definicję pojęcia „impedancja uziemienia”,
- d) wymagania i sposoby praktycznych realizacji systemów ochrony odgromowej, metody konserwacji i weryfikacji poprawności montażu.

Układ uziemiający tworzy zespół wielu elementów składowych wykonanych w celu uziemienia, czyli połączenia metalowych części przewodzących z ziemią przez instalacje uziemiające.

Instalacja uziemiająca składa się:

- a) z uziomu lub elementów metalowych wykorzystywanych w celu uziemienia (np. metalowe rurociągi, zbrojenia fundamentów, powłoki kabli, itp.),
- b) z przewodów uziemiających i przewodów połączeń wyrównawczych.

Układ uziemiający przeznaczony do celów ochronnych lub funkcjonalnych tworzy się z jednego lub więcej uziomów poziomych lub pionowych zakopanych w ziemi. Może on także składać się z samego słupa bezpośrednio posadowionego w gruncie.

Według PN-HD 60364-5-54:2010 układy uziemiające do celów ochronnych i do celów funkcjonalnych mogą być wspólne lub oddzielne, stosownie do wymagań stawianych przez instalację. Pierwszeństwo powinny mieć zawsze wymagania dotyczące ochrony.

Układy uziemiające, których celem jest zapewnienie połączenia z ziemią, powinny być:

- a) niezawodne i odpowiednie dla wymaganej ochrony instalacji,
- b) dostosowane do odprowadzania do ziemi doziemnych prądów ziemnozwarciowych i prądów w przewodzie ochronnym, nie wywołując niedopuszczalnych narażeń cieplnych, termomechanicznych i elektrodynamicznych, ani zagrożenia porażeniem,
- c) wytrzymałe, posiadające ochronę mechaniczną i odpowiednią odporność korozyjną, z uwzględnieniem wpływów zewnętrznych,
- d) wykorzystywane również do celów funkcjonalnych, jeżeli spełniają wymagania.

Uziomy

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz.U.2015, poz.1422] – jako uziomy należy wykorzystywać metalowe konstrukcje budynków, zbrojenia fundamentów oraz metalowe elementy umieszczone w niezbrojonych fundamentach, stanowiące sztuczny uziom fundamentowy.

Dopuszcza się wykorzystywanie jako uziomy metalowych przewodów sieci wodociągowej, pod warunkiem zachowania wymagań normy HD 60364-5-54 dotyczącej uziemień i przewodów ochronnych oraz uzyskania zgody jednostki eksploatującej tę sieć.

..... pewnym rozwiązaniem w tej sytuacji jest stosowanie, w szczególności w obiektach nowobudowanych, uziomów fundamentowych sztucznych. Efektywność każdego uziomu zależy od lokalnych warunków gruntowych i wymaganej impedancji uziemiania.

Uziomy stanowiące zasadniczą część instalacji uziemiającej, mogą być naturalne, których podstawowe przeznaczenie jest inne niż dla celów uziemienia lub sztuczne wykonane z materiałów odpornych na korozję i posiadające odpowiednią wytrzymałość mechaniczną, bądź stanowić układ mieszany.

Do budowy uziomów mogą być wykorzystane:

- a) pręty, rury, druty, taśmy lub płyty metalowe umieszczone w ziemi,
- b) podziemne metalowe elementy umieszczone w fundamentach obiektu budowlanego,
- c) zbrojenie betonu umieszczone w ziemi (z wyjątkiem zbrojenia sprężonego),
- d) metalowe powłoki i inne osłony metalowe kabli elektroenergetycznych,
- e) inne, metalowe elementy podziemne, zgodnie z lokalnymi warunkami lub wymaganiami.

Do budowy uziomów sztucznych mogą być wykorzystane: kształtowniki, pręty, druty, linki, płyty lub taśmy najczęściej stalowe, pokryte przewodzącymi powłokami ochronnymi (antykorozyjnymi), pogrążone w gruncie poziomo (uziomy poziome) lub pionowo (uziomy pionowe).

Uziomy sztuczne wykonywane są ze stalowych elementów: ocynkowanych, nieocynkowanych, z dobrze przylegającymi powłokami miedzianymi oraz z gołych elementów miedzianych. Połączenia pomiędzy elementami wykonywanymi z metali nie powinny się stykać z gruntem. Do budowy uziomów nie stosuje się metali lekkich.

Materiał / Powierzchnia / Kształt		Minimalny wymiar				
		średnica mm	przekrój mm ²	grubość mm	Grubość powłoki/osłony minimalna	
					μm	μm
Stal Cynkowana na gorąco ^{a)} lub Nierdzewna ^{a) b)}	- taśma ^{c)} /krształtowniki		90	3	63	70
	- pręt okrągły do uziomów głębokich	16			63	70
	- drut okrągły do uziomów poziomych	10				50 ^{e)}
	- rura	25		2	47	55
Osłona miedziana z miedzianą powłoką galwaniczną	- pręt okrągły na uziomy głębokie	15			2 000	
	- pręt okrągły do uziomów głębokich	14			90	100
Miedź Nieosłonięta ^{a)}	- taśma	1,8*	25			
	- drut okrągły na uziomy poziome		50	2		
	- rura	20	25 ^{f)}	2		
Ocynowana Ocynkowana	- linka	1,8*	25		1	5
	- taśma ^{d)}		50	2	20	40

* Dla każdej skrętki.

a) Odpowiednie także dla elektrod w otulinie betonowej.

b) Powłoka nie jest stosowana.

c) Jako taśma walcowana lub taśma cięta z zaokrąglonymi krawędziami.

d) Taśma z zaokrąglonymi krawędziami.

e) W przypadku ciągłego powlekania w kąpeli możliwe jest uzyskanie grubości tylko 50 μm.

f) Gdy doświadczenie wskazuje, że ryzyko korozji lub mechanicznego uszkodzenia jest niezwykle małe można stosować przekrój 10 mm².

Główna szyna wyrównawcza

Wymaga się, aby w pomieszczeniu przyłączowym (szafie przyłączowej), tj. w miejscu wprowadzenia do budynku różnych instalacji, była zainstalowana główna szyna wyrównawcza, do której powinny być przyłączone:

- przewody ochronne (PE lub PEN),
- przewody wyrównawcze ochronne,
- przewody uziemiające oraz przewody uziemiające funkcjonalne
- metalowe rury zasilające instalacje wewnętrzne budynku,
- metalowe powłoki i pancerze kabli elektroenergetycznych,
- konstrukcyjne części przewodzące obce, jeżeli są dostępne.

Każde połączenie przewodu z główną szyną wyrównawczą powinno być wykonane w sposób pewny gwarantujący dobre połączenie elektryczne; rozłączenie połączenia powinno być możliwe tylko z użyciem narzędzi.

Rezystancja uziemienia

Rezystancja uziemienia jest rezystancją zmierzoną między uziomem, a ziemią odniesienia lub układem uziemiającym; jej wartość wynika z ilorazu napięcia uziomowego i prądu uziomowego.

Rozróżnia się rezystancję statyczną, odpowiadającą przewodzeniu prądów przemiennych o częstotliwości 50 Hz, oraz rezystancję udarową, odpowiadającą przepływowi prądów piorunowych o charakterze udarowym, charakteryzujących się dużą wartością prądu i bardzo krótkim czasem trwania.

Rezystancja uziemienia zależy od wymiaru i kształtu uziomu oraz od rezystywności gruntu, w którym jest pograżony. Zmienia się w zależności od miejsca i głębokości.

Rezystywność gruntu

Rezystywność gruntu ρ jest wielkością charakteryzującą poszczególne rodzaje gruntów, zawierającą się w przedziale $40 \div 2000 \Omega \cdot m$, wpływającą zasadniczo na wyznaczenie rezystancji uziemienia. Rezystywność zależy głównie od sezonowych zmian wilgotności i temperatury gruntu; zwiększa się, gdy obniża się jego wilgotność.

W praktyce rezystywność gruntu zależy od wielu czynników takich jak:

- skład chemiczny gruntu,
- głębokość oraz liczba i skład jego warstw,
- warunki klimatyczne (wilgotność, temperatura).

Rodzaj gruntu	Rezystywność $\Omega \cdot m$
Piaski gliniasyte	50 ÷ 500
Piaski krzemionkowe	200 ÷ 3 000
Grunty kamieniste odsłonięte	1 500 ÷ 3 000
Grunty kamieniste pokryte trawnikiem	300 ÷ 500
Gliny plastyczne	50
Magle i zagęszczone gliny	100 ÷ 200
Magle jurajski	30 ÷ 40
Grunty bagienne	≤ 30
Aluwium	20 ÷ 100
Humus	10 ÷ 150
Torf wilgotny	
Wapień miękki	100 ÷ 300
Wapień zagęszczony	1 000 ÷ 5 000
Wapń spękany	500 ÷ 1 000
Łupek	50 ÷ 300
Łupek mikowy	800
Granit i piaskowiec	1 500 ÷ 10 000

Wartości rezystywności gruntu

Przeciętne wartości rezystywności gruntu

Rodzaj gruntu	Przeciętna wartość rezystywności $\Omega \cdot m$
Muliste grunty rolne, wilgotny nasyp	50
Słaby grunt rolny, żwir, twardy nasyp	500
Grunt kamienisty odstonięty, suchy piasek, skały nieprzepuszczalne	3 000

Właściwości elektryczne uziomu

Na właściwości elektryczne uziomu mają wpływ następujące parametry:

- rezystancja uziemienia – czyli rezystancja zmierzona między uziomem a ziemią odniesienia,
- kształt i wielkość uziomu – ma wpływ na rozkład potencjału na powierzchni gruntu.

Czynnikami wpływającymi na ocenę zagrożenia porażeniowego jest napięcie uziomowe U_E i rozkład potencjału na powierzchni gruntu. Pole przekroju uziomu lub przewodu uziemiającego (A) dla prądów doziemnych wyłączanych w czasie krótszym niż 5 sekund należy obliczać ze wzoru:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

przy czym:

K – stała zależna od rodzaju materiału, z którego jest wykonany element przewodzący
 β – odwrotność współczynnika temperaturowego rezystancji elementu przewodzącego prąd w temperaturze 0°C ,

Θ_i – temperatura początkowa, w $^\circ\text{C}$,

Θ_f – temperatura końcowa, w $^\circ\text{C}$,

Stałe materiałowe:

- Miedź $\beta = 234,5 \text{ }^\circ\text{C}$, $K = 226 \text{ As}^{1/2}/\text{mm}^2$;
- Aluminium $\beta = 228,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $K = 148 \text{ As}^{1/2}/\text{mm}^2$;
- Stal $\beta = 202,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $K = 78 \text{ As}^{1/2}/\text{mm}^2$.

Wartości gęstości prądu zwarciovego dla temperatury początkowej $20 \text{ }^\circ\text{C}$, i temperatury końcowej $300 \text{ }^\circ\text{C}$, dla warunków, gdy przewód uziemiający znajduje się w powietrzu, a uziom znajduje się w gruncie oraz zalecane przekroje dla prądów zwarciovych płynących przez dłuższy czas, podane są w normach przedmiotowych.

Przewody uziemiające

Przewód uziemiający stanowi drogę przewodzącą, lub jej część, między danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem. Wszystkie elektryczne połączenia i urządzenia występujące w uziemieniu sieci, instalacji i urządzeń, tworzą instalację uziemiającą. Przewód uziemiający musi mieć, zgodnie z 543.1 PN-HD 60364-5-54 taki przekrój poprzeczny, jaki jest wymagany od przewodu ochronnego.

Minimalne przekroje przewodów uziemiających ułożonych w ziemi są następujące:

1) Chroniony przed korozją:

- a) 2,5 mm² Cu i 10 mm² stal – chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- b) 16 mm² Cu i 16 mm² stal – niechroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi;

2) Niechroniony przed korozją:

- a) 25 mm² Cu i 50 mm² stal – chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- b) b) 25 mm² Cu i 50 mm² stal – niechroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Zgodnie z PN 60364-5-54 w sieciach o układzie TN, w których nie występuje zauważalna wartość prądu uszkodzenia płynącego w uziemiu, przewód uziemiający może mieć przekrój określony dla przewodów ochronnych wyrównawczych przyłączonych do głównej szyny wyrównawczej, nie mniejszy niż:

- a) 6 mm² miedź, lub
- b) 16 mm² aluminium, lub
- c) 50 mm² stal.

Jeżeli przewód uziemiający jest przyłączony do uziomu fundamentowego, to powinien być wprowadzony do betonu od wewnętrznej strony budynku. W przypadku gdy są one wprowadzone do betonu od zewnętrznej strony, to miejsce ich wprowadzenia powinno znajdować się nad powierzchnią ziemi.

Przewody uziemiające wprowadzone do wewnątrz budynku powinny być przyłączone do głównej szyny wyrównawczej, a wyprowadzone na zewnątrz budynku – do złączy kontrolnych przewodów odprowadzających instalacji odgromowej, jeżeli istnieje

Połączenie przewodu uziemiającego z uziomem powinno spełniać wymagania dla połączenia elektrycznego; powinno być wykonane przez spawanie termitowe, za pomocą zacisków zaprasowywanych, zacisków gwintowych lub innych pewnych połączeń mechanicznych. Połączenia mechaniczne powinny być instalowane zgodnie z instrukcjami wytwórcy. Stosowane zaciski nie powinny uszkadzać uziomu ani przewodu uziemiającego. Złączki i uchwyty polegające tylko na połączeniu lutowanym nie zapewniają należytej wytrzymałości mechanicznej

Przewody uziemiające wykonuje się przede wszystkim z wyrobów stalowych ocynkowanych na gorąco lub miedzianych taśm, drutów lub prętów. Powinny być one układane po wierzchu w miejscach ogólnie dostępnych, chronione od uszkodzeń mechanicznych, przez osłonięcie ich rurą lub kątownikiem do wysokości 1,5 m nad ziemią i do głębokości 0,2 m w ziemi. Wymagana jest także pokrycie przewodu uziemiającego izolacją wodoodporną na odcinku od 0,3 m nad powierzchnią ziemi do głębokości co najmniej 0,2 m pod ziemią. Praktycznie, przewód uziemiający ułożony pod ziemią powinien być chroniony na całym odcinku podziemnym, aż do uziomu.

Gdy stosowany jest wspólny przewód ochronny i funkcjonalny uziemiający, to powinien on spełniać wymagania dla przewodu ochronnego. Dodatkowo, powinien on także być zgodny z odpowiednimi wymaganiami w zakresie funkcjonalności.

Zgodnie z PN-HD-5-54:2010 przewód powrotny (PEL lub PEM) prądu stałego do zasilania układów techniki informacyjnej może także służyć jako wspólny przewód uziemiający i ochronny. Części przewodzące obce nie powinny być stosowane jako przewody PEL lub PEM.

Budowa uziomów

Uziomy wykonywane są, w zależności od potrzeb jako:

- a) uziomy poziome,
- b) uziomy pionowe,
- c) uziomy kratowe,
- d) uziomy fundamentowe.

Uziomy wykonane z pojedynczych elementów poziomych lub pionowych stanowią uziomy skupione, natomiast układ uziomów o zróżnicowanej konfiguracji (np. uziomy promieniowe, kratowe lub otokowe) – jest uziomem złożonym.

Wymaga się, aby podziemne struktury sieci osadzonych w fundamencie oraz metalowe zbrojenie betonu, które są wykorzystane jako uziomy, powinny być połączone w sposób pewny pomiędzy punktem połączenia przewodu uziemiającego i dolną częścią podziemnej struktury sieci lub metalowego zbrojenia. Połączenie to powinno być wykonane przez spawanie lub za pomocą właściwych zacisków gwintowych. Punkt przyłączenia przewodu uziomowego powinien być dostępny do kontroli.

Przy dobrze rodzaju i głębokości pograżenia uziomu należy uwzględnić warunki lokalne i wymagania tak, aby wysychanie i zamarzanie gruntu nie zagrażało zwiększeniem rezystancji uziemienia w stopniu szkodzącym skuteczności środków ochrony przed porażeniem elektrycznym. Należy również uwzględnić możliwość występowania korozji elektrolitycznej, jeżeli do budowy układu uziomowego zastosowano różne materiały.

Uziomy poziome

Do budowy uziomów poziomych stosuje się:

- a) przewody miedziane,
- b) blachy miedziane,
- c) blachy stalowe miękkie ocynkowane lub
- d) przewody stalowe ocynkowane.

Uziom poziomy układa się zwykle jako:

- a) uziom fundamentowy obiektu budowlanego wykonany w kształcie pętli utworzonej po obrysie zewnętrznego fundamentu obiektu budowlanego
- b) uziom otokowy, ułożony wokół obiektu budowlanego na dnie rowu na głębokości do 1 m.

Wymaga się, aby uziomy poziome były ułożone:

- a) na głębokości poniżej poziomu zamarzania gruntu, otoczone lekko zagęszczoną zasypką,
- b) w gruncie, który nie działa korozyjnie na metal.

Rezystancja uziemienia uziomu poziomego może być w przybliżeniu obliczona z zależności:

$$R = 2 \frac{\rho}{l}$$

w której:

ρ – rezystywność gruntu, w Ωm ,

l – długość przewodu ułożonego w rowie kablowym, w m.

Uziomy pionowe

Uziomy pionowe wykonane z rur lub prętów powinny być pograżone w gruncie na głębokość większą niż 1 m tak, aby ich górne końce znajdowały się poniżej poziomu terenu. Zaleca się rozstawienie poszczególnych elementów uziomu na odległość nie mniejszą niż ich długość.

Uziomy wbijane pionowo są szczególnie korzystne w przypadku, gdy rezystywność gruntu maleje ze wzrostem głębokości.

Do wykonania uziomu z elementów pionowych stosuje się:

- a) rury wykonane ze stali ocynkowanej o średnicy zewnętrznej co najmniej 25 mm,
- b) kształtowniki stalowe ocynkowane o boku co najmniej 60 mm,
- c) pręty miedziane lub stalowe o średnicy co najmniej 15 mm.

Pręty stalowe powinny być, albo pokryte ochronną powłoką miedzianą o odpowiedniej grubości, albo ocynkowane.

W przypadku, gdy istnieje ryzyko mrozu lub wysuszenia gruntu, długości elementów pionowych powinny być zwiększone o 1 m lub 2 m.

Rezystancja uziemienia uziomu pionowego, w przypadku uziomu wykonanego z pionowych elementów, jest w przybliżeniu równa:

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

przy czym:

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

l – długość elementów pionowych, w m.

Zmniejszenie rezystancji uziemienia uziomu pionowego jest możliwe, jeżeli wiele pograżonych elementów pionowych (rur. prętów) zostanie połączonych równolegle. Powinna być zachowana odległość między tymi elementami:

- a) równa co najmniej ich długości w przypadku dwóch elementów pionowych oraz
- b) większej odległości przy większej liczbie pionowych elementów.

Płyty ułożone w gruncie

W praktyce układa się cienkie płyty prostokątne o wymiarach 0,5 m x 1 m, lub płyty w kształcie kwadratu o boku 1 m, umieszczone pionowo tak, że ich środek znajduje się na głębokości około 1 m. Stosuje się płyty wykonane z miedzi o grubości 2 mm oraz płyty ze stali ocynkowanej o grubości co najmniej 3 mm. Najlepszą styczność płyty z gruntem uzyskuje się w pozycji pionowej. Rezystancja uziemienia uziomu wykonanego z cienkich płyt prostokątnych umieszczonych w gruncie w pozycji pionowej, oblicza się ze wzoru:

$$R = 0,8 \frac{\rho}{l}$$

przy czym:

ρ – rezystywność gruntu, w $\Omega \cdot \text{m}$,

l – obwód płyty, w m.

Uziomy złożone

Zestaw połączonych ze sobą metalowych słupów umieszczonych w ziemi wokół obiektu budowlanego na określonej głębokości, może być wykorzystany jako uziom.

Rezystancja takiego uziomu jest określona zależnością:

$$R = 0,366 \frac{\rho}{l} \log_{10} \frac{3l}{d}$$

w której:

l – długość umieszczonych w ziemi części słupów, w m,

d – średnica walca opisanego na słupie, w m,

ρ – rezystywność gruntu, w Ω m.

Rezystancja uziemienia uziomu złożonego z połączonych wokół obiektu budowlanego słupów umieszczonych w ziemi jest tego samego rzędu co rezystancja uziomu fundamentowego.

Elementy do łączenia poszczególnych części uziomów

Elementy łączące poszczególne części uziomu powinny mieć odpowiednie wymiary, aby zapewnić wymaganą przewodność elektryczną oraz wytrzymałość mechaniczną i cieplną równoważną wytrzymałości samych uziomów. Elementy łączące uziomy pionowe powinny mieć taką samą wytrzymałość mechaniczną jak pręty lub rury uziomów pionowych i powinny być odporne na mechaniczne naprężenia podczas wbijania. W przypadku łączenia różnych metali, które mogą tworzyć ogniwa galwaniczne, powodując korozję galwaniczną; połączenia należy zabezpieczyć w sposób trwały, zapobiegający ich kontaktowi z elektrolitami znajdującymi się w ich otoczeniu.

Na właściwości elektryczne uziomu mają wpływ następujące parametry:

- a) rezystancja uziemienia – czyli zależność pomiędzy napięciem uziomowym U_E a płynącym prądem uziomowym I_E ,
- b) kształt uziomu – ma wpływ na rozkład potencjału na powierzchni gruntu.

Połączenie przewodu uziemiającego z uziomem powinno być wykonane jako połączenie elektryczne przez spawanie termitowe, za pomocą zacisków zaprasowywanych, zacisków gwintowych lub innych pewnych połączeń mechanicznych. Połączenia mechaniczne powinny być instalowane zgodnie z instrukcją wytwórcy.

Stosowane zaciski nie powinny uszkadzać uziomu ani przewodu uziemiającego. Złączki i uchwyty polegające tylko na połączeniu lutowanym nie zapewniają należytej wytrzymałości mechanicznej.

Uziomy fundamentowe

Według PN-HD 60364-5-54, w nowych obiektach budowlanych zdecydowanie zaleca się stosowanie uziomów fundamentowych sztucznych. Budowa uziomów fundamentowych sztucznych lub równoważnych, takich jak wykorzystane na uziomy metalowe słupy ścian zewnętrznych, powinny być zalecane dla wszystkich obiektów budowlanych, przemysłowych i komunalnych.

Jeżeli uziom fundamentowy sztuczny wykorzystywany jest również do celów ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej w obiektach, to powinien on dodatkowo spełniać wymagania norm o ochronie odgromowej serii PN-EN 62305. Uziomy fundamentowe, stosowane do celów uziemieniowych i wyrównywania potencjałów, mogą być naturalne lub sztuczne.

Uziom fundamentowy naturalny

Jako uziomy fundamentowe naturalne wykorzystuje się podziemne metalowe bądź żelbetowe konstrukcje nośne budynków oraz zbrojenie budynków posadowionych na palach fundamentowych, a także stalowe pręty zbrojeniowe żelbetowego fundamentu budynku, które zostały połączone ze sobą przez spawanie lub w inny sposób zapewniają pewne i trwałe połączenie mechaniczne. Łączenie prętów zbrojeniowych za pomocą drutu wiązałkowego jest rozwiązaniem niepewnym.

Uziomów fundamentowych naturalnych nie tworzy się z fundamentów:

- a) żelbetowych zbrojonych tylko siatką stalową, zwłaszcza fundamentów płytowych,
- b) mających tylko rozproszone zbrojenie,
- c) wykonanych tylko z fibrobetonu, w których zbrojeniem są włókna polipropylenowe.

Uziom fundamentowy sztuczny

Projektowanie i wykonanie uziomu fundamentowego sztucznego w obiekcie budowlanym zależy od:

- 1) przyjętego sposobu fundamentowania oraz
- 2) zastosowanej izolacji fundamentu, np.:
 - a) fundamentu hydroizolowanego:
 - z izolacją wodoodporną (przeciwwilgociową) lub
 - z izolacją przeciwwodną (znajdącą się poniżej poziomu wody gruntowej),
 - b) fundamentu o pełnej termoizolacji.

Według PN-HD 60364-5-54 w nowych obiektach budowlanych zdecydowanie zaleca się stosowanie uziomów fundamentowych sztucznych.

Budowa uziomów fundamentowych lub równoważnych przez wykorzystanie metalowych słupów ścian zewnętrznych, powinna być zalecana dla wszystkich obiektów budowlanych, przemysłowych i komunalnych.

Uziom fundamentowy sztuczny tworzą metalowe elementy (płaskowniki, pręty, kształtowniki) ułożone w fundamencie obiektu budowlanego, zapewniające dobrą styczność elektryczną z gruntem. Jeżeli uziom jest zalany betonem to, dla ochrony od korozji, zaleca się beton o odpowiedniej jakości oraz grubości otuliny betonowej co najmniej 5 cm.

Uziomy fundamentowe sztuczne mogą być stosowane również w niewielkich budynkach jednorodzinnych i mogą z powodzeniem zastąpić sztuczne uziomy poziome, otokowe lub pionowe, wymagane do uziemienia głównej szyny wyrównawczej budynku.

Wzajemne łączenie uziomu fundamentowego i stalowego zbrojenia żelbetowych konstrukcji, z wyjątkiem betonu sprężonego, pozwala z jednej strony – obniżyć całkowitą rezystancję uziemienia, a z drugiej strony – wyrównanie potencjału wszystkich części przewodzących jednocześnie dostępnych i części przewodzących obcych.

Wykonanie uziomu fundamentowego w trakcie wykonywania budynku jest zawsze tańsze i mniej pracochłonne niż wykonanie uziomu poziomego, otokowego lub pionowego na zewnątrz budynku, a także jest najlepszym rozwiązaniem umożliwiającym wykonanie uziomu w sposób:

- a) nie wymagający dodatkowych prac ziemnych,
- b) pozwalający wykonanie uziomu na głębokości, która pozwoli uniknąć wpływu sezonowych zmian warunków pogodowych na wartość rezystancji uziemienia,
- c) zapewniający uzyskanie dobrego styku z ziemią,
- d) pozwalający na maksymalne wykorzystanie powierzchni budowlanych w celu uzyskania najmniejszej wartości rezystancji uziemienia.

Do budowy uziomu fundamentowego lub równoważnego zalewanego betonem stosuje się:

- taśmy stalowe o przekroju co najmniej 90 mm² lub
- drut stalowy o średnicy co najmniej 10 mm lub
- drut miedziany o przekroju co najmniej 25 mm².

Do budowy uziomów fundamentowych ułożonych w otulinie betonowej mogą być stosowane elementy stalowe gołe lub cynkowane na gorąco.

Rezystancja uziemienia uziomu fundamentowego

Uziomy fundamentowe charakteryzują się niewielkimi wartościami rezystancji uziemienia, które zależą głównie od jego wymiaru, kształtu i rezystywności gruntu zmieniającej się w zależności od miejsca i głębokości. W budynkach o jednej kondygnacji podziemnej o niewielkich rozmiarach do obliczeń rezystancji uziemienia przyjmuje się uziom fundamentowy powierzchniowy o kształcie okrągłej płyty o promieniu r_e leżącej na powierzchni gruntu o rezystywności ρ . Rezystancja uziemienia R_A takiego uziomu fundamentowego, oddzielonego od gruntu warstwą betonu, oblicza się ze wzoru:

$$R_A = \frac{\rho}{4r_e}$$

Rezystancja uziemienia uziomu fundamentowego o dowolnym kształcie obrysu o polu $A = \pi r_e^2$, wynosi:

$$R_A = \frac{0,6\rho}{\sqrt{A}}$$

Uziom fundamentowy sztuczny, jako część składowa instalacji elektrycznej budynku, spełnia w niej następujące funkcje ochronne:

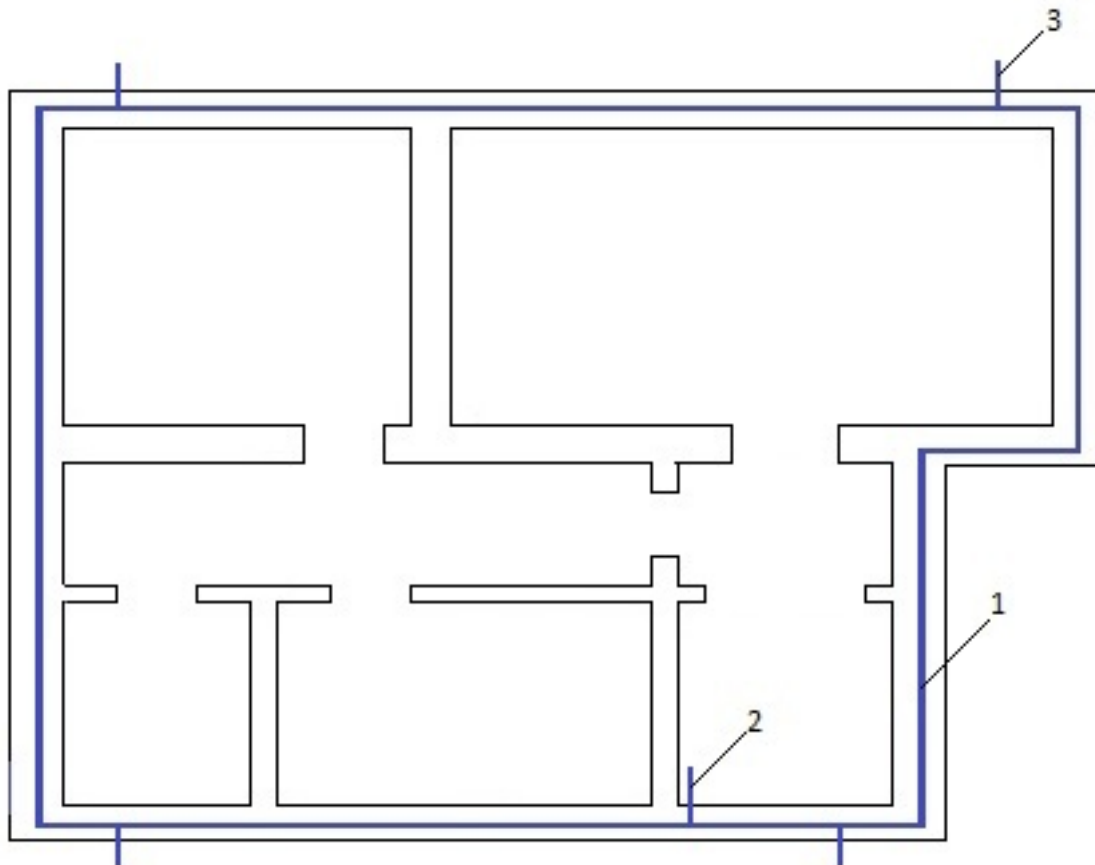
- a) jest doskonałym elementem wyrównywania potencjałów części przewodzących dostępnych i części przewodzących obcych, w układzie z główną szyną wyrównawczą, przewodami ochronnymi i ochronnymi przewodami wyrównawczymi,
- b) stanowi w tym układzie ochronę przeciwporażeniową uzupełniającą w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej lub uszkodzeń systemu ochrony przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Zasady budowy uziomu fundamentowego

Uziom fundamentowy sztuczny układa się w fundamentach ścian zewnętrznych budynku. Wymiary utworzonych oczek nie powinny być większe niż 20×20 m. Jeżeli wymiary oczek są większe, to uziom układa się również pod ścianami wewnętrznymi budynku, przy zachowaniu wymiaru oczka 20×20 m. Wielkością, której nie można przekroczyć, nie jest pole powierzchni pierścienia, lecz wymiar jego boku – 20m.

W budynku o zabudowie szeregowej każdy segment zabudowy powinien posiadać oddzielny uziom fundamentowy

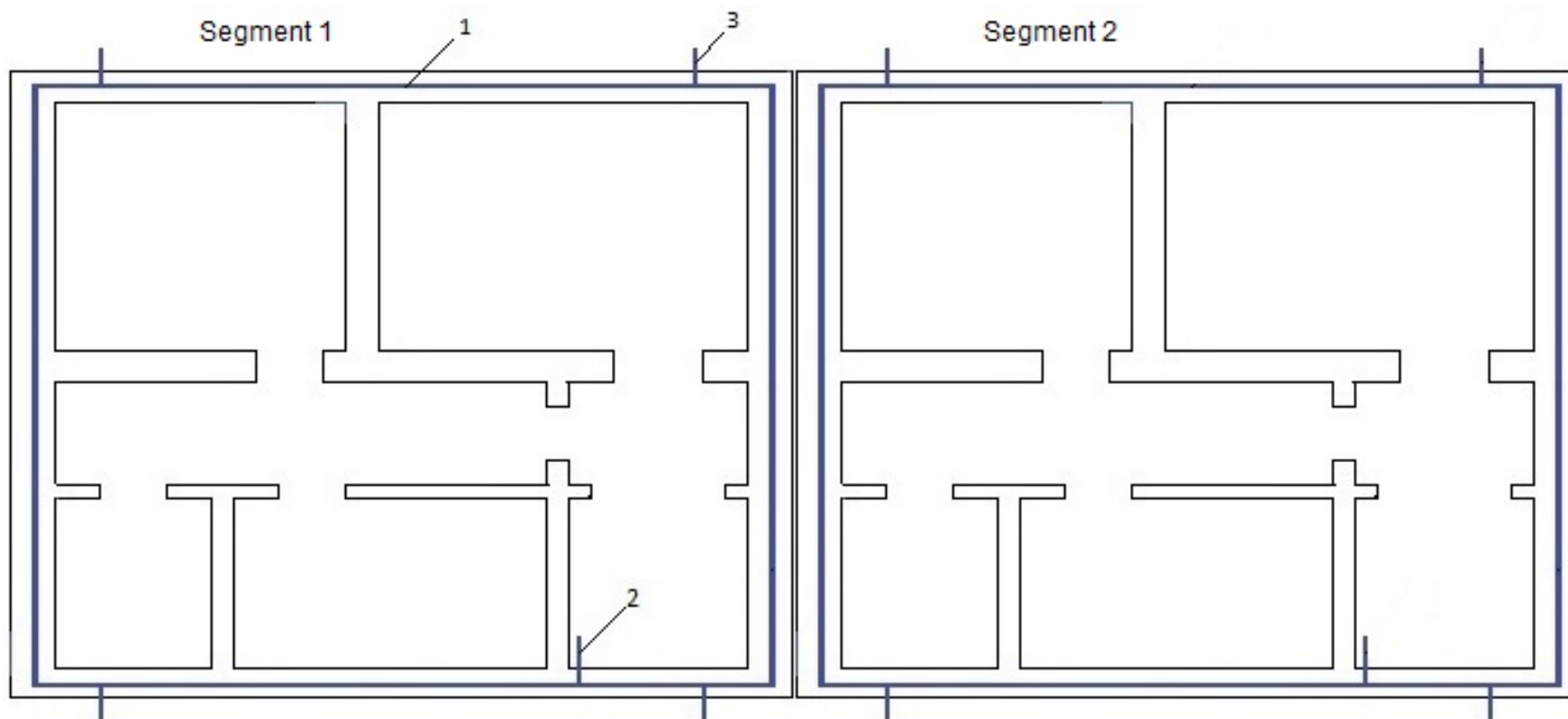
Uziom fundamentowy sztuczny w fundamencie zbrojonym prętami stalowymi lub siatką umieszcza się w najniższej warstwie zbrojenia fundamentu budynku i mocuje do zbrojenia fundamentu budynku w odstępach co 2 metry, np. za pomocą zacisków gwintowych.



Uziom fundamentowy sztuczny w budynku jednorodzinny

Oznaczenia:

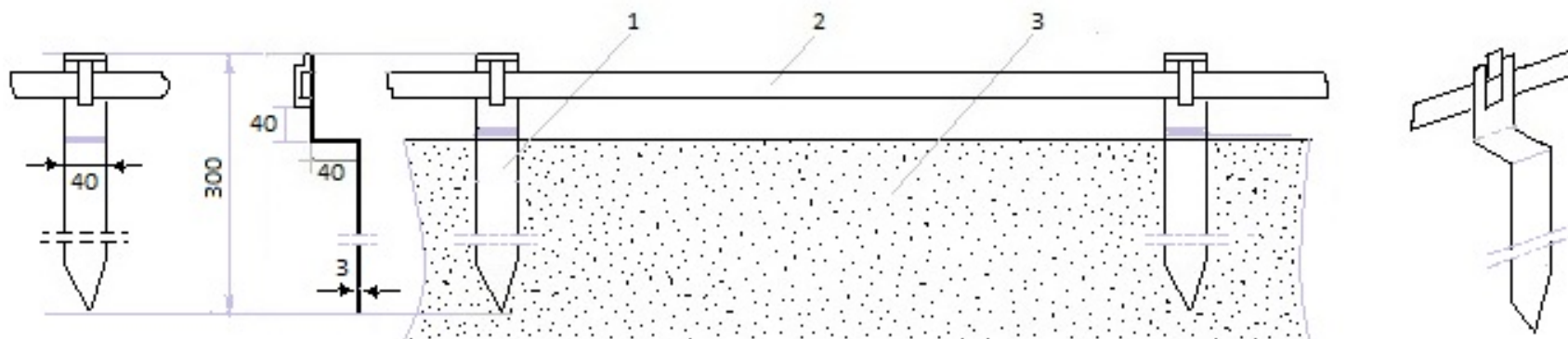
- 1 – uziom fundamentowy,
- 2 – połączenie do głównej szyny wyrównawczej,
- 3 – przewody uziemiające



Uziomy fundamentowe sztuczne, ułożone oddzielnie w segmentach 1 i 2 budynku szeregowego

Oznaczenia:

- 1 – uziom fundamentowy,
- 2 – połączenie z główną szyną wyrównawczą,
- 3 – przewody uziemiające.

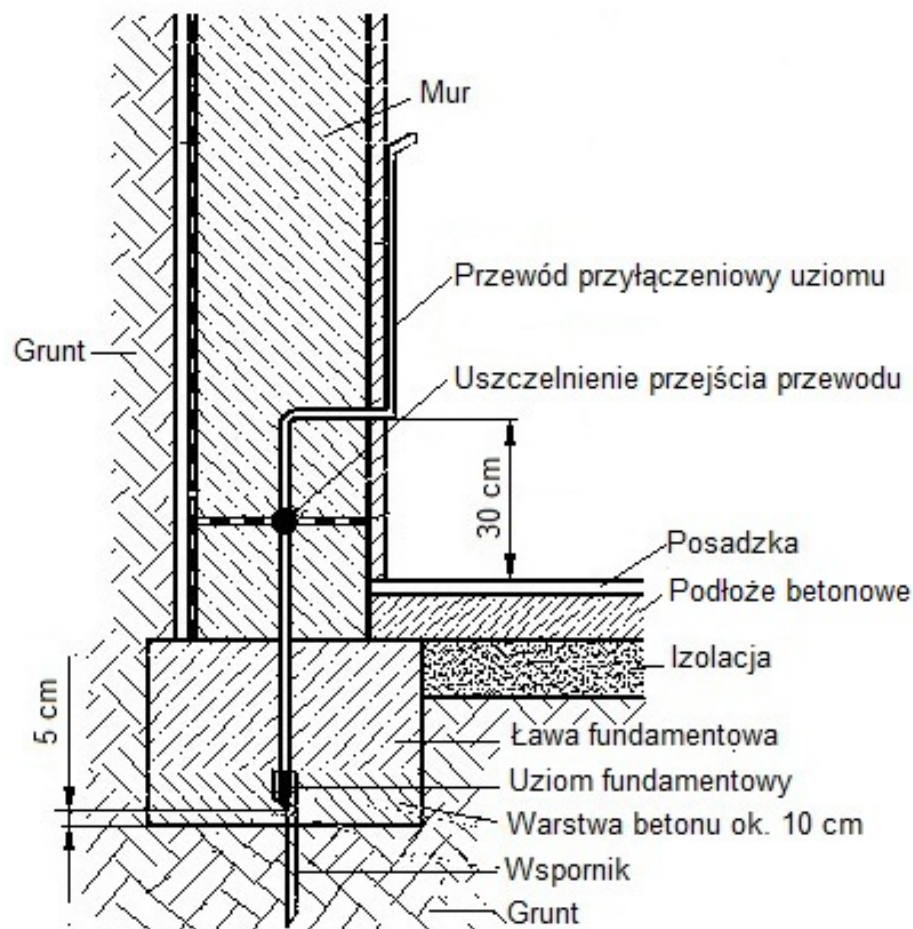


Przykład ułożenia płaskownika w gruncie na wspornikach ustalających położenie

Oznaczenia:

- 1 – wspornik,
- 2 – płaskownik,
- 3 – grunt.

Jeżeli budynek jest posadowiony na fundamencie zbrojonym prętami stalowymi lub siatką, to uziom fundamentowy sztuczny umieszcza się w najniższej warstwie zbrojenia budynku i mocuje się do tego zbrojenia w odstępach co 2 metry, za pomocą spawania termitowego lub odpowiednich zacisków gwintowych.



Uziom fundamentowy w ławie fundamentowej

Przewody uziemiające łączące uziom fundamentowy z główną szyną wyrównawczą budynku, powinny być, dla ochrony od korozji, wykonane ze stali ocynkowanej lub ze stali nierdzewnej, wy-prowadzone ze ściany lub podłogi w miejscu przyłączeniowym na długość, co najmniej 150 cm.

Przewody uziemiające łączące uziom z instalacją piorunochronną budynku powinny być wy-prowadzone na zewnątrz budynku, przyłączone do złączy kontrolnych przewodów odprowadzających instalacji odgromowej.

Łączenie elementów uziomu fundamentowego sztucznego należy wykonywać w sposób gwarantujący małą rezystancję i dużą wytrzymałość mechaniczną połączenia. Najpewniejszym rozwiązaniem łączenia elementów uziomowych zatopionych w betonie jest łączenie przez spawanie lub zgrzewanie elektryczne.

Połączenia dylatacyjne wykonuje się przy przechodzeniu płaskownika lub drutu okrągłego uziomu fundamentowego przez szczeliny dylatacyjne budynku. W tych miejscach końcówki płaskownika lub drutu wyprowadza się do wnętrza budynku i łączy przy użyciu elastycznych mostków wykonanych z pakietu cienkich blach. Miejsca połączenia mostkiem powinny być dostępne do kontroli.

Założenia do projektowanie uziomu fundamentowego

Projektowanie uziomu fundamentowego zależy od:

- 1) przyjętego sposobu fundamentowania budowli oraz
- 2) zastosowanej izolacji fundamentu, np.:
 - a) fundamentu hydroizolowanego:
 - z izolacją wodoodporną (przeciwwilgociową) lub
 - z izolacją przeciwwodną (znajdująca się poniżej poziomu wody gruntowej),
 - b) fundamentu o pełnej termoizolacji.

Wykonanie uziomu fundamentowego w zależności od sposobu fundamentowania

1) W fundamencie ławowym (pod ścianami lub słupami budynku):

- a) nie zbrojonym prętami stalowymi, uziom wykonany z płaskownika lub pręta okrągłego mocuje się na wspornikach ustalających ich położenie w gruncie,
- b) zbrojonym prętami stalowymi, płaskownik lub pręt mocuje się do dolnych prętów zbrojeniowych w warstwie chudego betonu o grubości 10 cm;

2) W fundamencie płytowym (płyta o grubości 20-30 cm zbrojona prętami i/lub siatką) – uziom fundamentowy utworzony jest z płaskownika bądź pręta umocowanego do najniższego wieńca zbrojeń, w posadowieniu ścian zewnętrznych budynku. Jeżeli płyta fundamentowa przekracza wymiary 20 x 20 m, to dodaje się połączenia wzdłużne i/lub poprzeczne odpowiednio pod wewnętrznymi ścianami budynku;

3) W fundamencie stopowym (na podporach opartych na osobnych stopach) – uziom fundamentowy sztuczny tworzy się z płaskownika lub pręta okrągłego o długości co najmniej 2,5 m, osobno dla każdej stopy (lub co drugiej, jeżeli odstęp między podporami są nie większe niż 5 m). Wykonane pod stopami uziomy fundamentowe łączy się, na najniższej kondygnacji lub pod nią, w otok bądź kratę, tworząc uziom fundamentowy budowli. Zbrojenia stóp bez uziomów łączy się z otokiem bądź z kratą uziomową przewodami wyrównawczymi;

4) W fundamencie głębokim (na palach fundamentowych wzmacniających fundament właściwy):

- a) do wykonania uziomu fundamentowego wykorzystuje się zbrojenia pali fundamentowych. Przy większej ilości pali uziomy wykonuje się tylko w części wybranych pali, najlepiej obrzeżnych,
- b) nad palami, w płycie fundamentowej budowli, podobnie jak w fundamentach płytkich, powinna być wykonana, zatopiona w betonie krata wyrównawcza o wymiarach oczek nie większych niż 20 x 20 m, połączona ze zbrojeniem najbliższych pali fundamentowych.

Wykonanie uziomu w fundamencie budynku z izolacją przeciwwilgociową lub w fundamencie z izolacją przeciwwodną (położnym poniżej poziomu wód gruntowych), zależy od rodzaju zastosowanych materiałów izolacyjnych, które mogą wprowadzić dodatkową rezystancję elektryczną fundamentu z gruntem. W takim przypadku należy rozważyć możliwości wykonania uziomu fundamentowego sztucznego. Jeżeli wykonanie uziomu fundamentowego w fundamencie hydroizolowanym jest niepewne lub niemożliwe, to należy, po rozpoznaniu sposobu izolowania i styczności fundamentu z gruntem, dokonać wyboru wykonania uziomu:

- 1) fundamentowego sztucznego w spodniej warstwie betonu o grubości co najmniej 10 cm, pod warstwą izolacji, lub
- 2) fundamentowego sztucznego w fundamencie izolowanym warstwą przewodząca, np. z bentonitu, gwarantującego bardzo dobre połączenie elektryczne fundamentu z gruntem, albo
- 3) równoważnego ze stali nierdzewnej, ułożonego poza fundamentem, w gruncie lub w warstwie betonu, poniżej zastosowanych izolacji, jako:
 - a) uziom otokowy o wymiarach nie większych niż 10×10 m, ułożony po obwodzie budynku, tuż przy nim bądź pod nim lub
 - b) uziom kratowy o wymiarach oczek kraty nie większych niż 10×10 m (rozwiązanie dla większych budynków).

Wykonanie uziomu w fundamencie budynku o pełnej termoizolacji

W fundamencie budynku o pełnej termoizolacji (zastosowanie izolacji cieplnej w całości lub w części podziemnej budynku), wykonanie uziomu fundamentowego sztucznego jest najczęściej niemożliwe.

Rozwiązaniem równoważnym może być np. wykonanie uziomu ze stali nierdzewnej, w gruncie poniżej zastosowanych izolacji. Każdorazowo jednak, gdy stosowane są uziomy równoważne, elektrycznie izolowane od fundamentu budynku, to dla celów uziemieniowych i wyrównywania potencjałów powinna być wykonana, nad warstwami izolacyjnymi fundamentu, krata wyrównawcza o wymiarach oczek nie większych niż 20×20 m, wielokrotnie połączona z uziomem oraz z główną szyną wyrównawczą.

INSTALACJE NA BUDOWIE

CZ. 1

Użytkowanie instalacji elektrycznych wiąże się z możliwością wystąpienia następujących zagrożeń:

- prądów rażeniowych (prąd przepływający przez ciało człowieka wywołujący skutki zdrowotne);
- nadmiernej temperatury, która może spowodować: oparzenia, pożar i inne szkodliwe skutki;
- zapłonu potencjalnie wybuchowej atmosfery;
- obniżonego napięcia, przepięcia;
- wpływów elektromagnetycznych powodujących porażenia lub uszkodzenia;
- zakłóceń w działaniu urządzeń bezpieczeństwa;
- wyładowań łukowych mogących wywołać efekty oślepiające, nadmierne ciśnienie lub gazy toksyczne;
- ruchu mechanicznego urządzeń zasilanych energią elektryczną.

W celu uniknięcia wskazanych zagrożeń – **instalacje elektryczne na terenie budowy należy projektować i eksploatować zgodnie z przepisami oraz zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy.**

Instalację rozdziału energii elektrycznej na terenie budowy wykonuje się na podstawie projektu instalacji, w którym projektant uwzględnia następujące wymagania, mające zapewnić bezpieczeństwo użytkownikom:

- ochronę przed porażeniem elektrycznym;
- ochronę przed skutkami cieplnymi;
- ochronę przed przeciążeniami;
- ochronę przed prądami zwarciovymi;
- ochronę przed zakłóceniami napięciowymi i środki przeciw oddziaływaniom elektromagnetycznym;
- ochronę przed przerwaniem zasilania.

Działalność obejmująca projektowanie instalacji rozdziału energii elektrycznej na terenie budowy jest uważana za samodzielną funkcję techniczną w budownictwie, którą mogą wykonywać jedynie osoby posiadające uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie: sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych oraz elektroenergetycznych. Podstawą do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie jest wpis, w drodze decyzji, do centralnego rejestru prowadzonego przez Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, potwierdzony zaświadczeniem wydanym przez tę izbę, z określonym w nim terminem ważności

Źródła energii elektrycznej zasilającej instalacje na terenie budowy

W zależności od zapotrzebowania na moc i wielkości terenu budowy źródłami energii elektrycznej do zasilania urządzeń na terenie budowy mogą być:

- a) publiczna sieć elektroenergetyczna (sieć dystrybucyjna) niskiego napięcia,
- b) stacja transformatorowa zasilana z publicznej sieci średniego napięcia,
- c) zespół prądotwórczy,
- d) instalacja inwestora.

W szczególnych przypadkach teren budowy może być zasilany jednocześnie z kilku wymienionych źródeł. Na małych budowach najczęściej będzie to jednak tymczasowe przyłącze kablowe lub napowietrzne z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia, budowane na potrzeby zasilania terenu budowy. Przyłączenie do sieci elektroenergetycznej odbywa się na podstawie umowy o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej zawieranej z przedsiębiorstwem energetycznym.

Rozdzielnice budowlane (zestawy ACS)

Rozdzielnice budowlane (potocznie zwane „erbetkami”) określane są w Polskich Normach jako zestawy rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych, przeznaczonych do instalowania na terenach budów (zestawy ACS). Służą one do stworzenia instalacji lub jej części, przez szeregowo połączone zestawy ACS. Rozdzielnice budowlane, tworzące system kompatybilnych zestawów ACS, zapewniają selektywne działanie zabezpieczeń przez ich odpowiedni dobór.

Wymagania dotyczące zestawów ACS odnoszą się do rozdzielnic i sterownic o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 1000 V prądu przemiennego i 1500 V w przypadku prądu stałego. Wymagania te nie dotyczą natomiast rozdzielnic zainstalowanych w pomieszczeniach administracyjnych i higieniczno-sanitarnych znajdujących się na terenie budowy: w biurach, szatniach, salach zebrania, stołówkach, ustępach, itp.

Rozdzielnice budowlane ze względu na ich przemieszczalność klasyfikowane są na :

- przewożne (półstałe) – miejsce ich ustawienia może się zmieniać w czasie pracy na tym samym terenie budowy (przed zmianą miejsca najpierw odłącza się je od zasilania), lub
- ruchome – miejsce ich ustawienia można zmieniać w czasie pracy na tym samym terenie budowy bez odłączania zasilania.

Ze względu na pełnioną funkcję zestawy ACS klasyfikowane są na:

- a) funkcję zasilania: zdolność do przyłączania zestawu ACS do sieci publicznej lub do stacji transformatorowej lub do zespołu prądotwórczego zasilającego teren budowy;
- b) funkcję pomiarową: zdolność do pomiaru energii elektrycznej zużywanej na terenie budowy;
- c) funkcję rozdzielczą: zdolność do rozdzielenia energii elektrycznej i zabezpieczenia instalacji elektrycznej na terenie budowy;
- d) funkcję transformatorową: zdolność do przyłączania obwodów głównych transformatora i ich właściwego zabezpieczenia (zestaw ACS wyposażony w transformator separacyjny lub transformator bezpieczeństwa).

Instalacja stała i ruchoma. Instalacja elektryczna stała (rozdzielnicza stacjonarna) ograniczona jest jedynie do zestawu, który obejmuje miejsce dostarczania energii elektrycznej do odbiorcy. Zestaw ten zawiera główną aparaturę sterowniczą i główne urządzenia zabezpieczające

Rozdzielnice budowlane (zestawy ACS) będące instalacją odbiorczą powyższego zestawu oraz przewody je łączące, są instalacjami przewoźnymi (półstałymi) lub ruchomymi, chociaż sposób ułożenia przewodów je łączących (podwieszenie lub zamocowanie do ściany uchwyty) może sugerować, że jest odwrotnie. Zestawy ACS nie są zamocowane na stałe, są przystosowane do zmiany miejsca ustawienia na tym samym terenie budowy.

Połączenia między tymi rozdzielnicami wykonuje się przewodami giętkimi miedzianymi pięciożyłowymi typu H07 RN-F (poszczególne litery i cyfry oznaczają: H –przewód wykonany wg normy zharmonizowanej;
07 – przewód na napięcie 450/750 V;
R – izolacja z gumy etylenowo-propylenowej;
N – powłoka z polichloroprenu;
F – giętkie żyły).

Rozmieszczenie rozdzielnic na terenie budowy. Rozdzielnice budowlane rozmieszcza się na terenie budowy tak, aby odległość do odbiorników energii nie była większa niż 50 m.

Rozmieszczenie rozdzielnic zbyt daleko od odbiorników wymusza na wykonawcach robót szeregowo łączenie przedłużaczy elektrycznych, co może skutkować brakiem ochrony przeciwporażeniowej, lub nieprawidłowym działaniem odbiorników energii, spowodowanym zbyt dużym spadkiem napięcia w instalacji elektrycznej.

Wymagania zasadnicze. Rozdzielnice elektryczne są wyrobami, do których mają zastosowanie wymagania dyrektywy niskonapięciowej i odpowiednie normy zharmonizowane dotyczące rozdzielnic. Producent lub jego upoważniony przedstawiciel przeprowadza ocenę zgodności z zasadniczymi wymaganiami. Jeśli wynik tej oceny jest pozytywny, sporządza dokumentację techniczną, w której wykazuje zgodność z zasadniczymi wymaganiami, wystawia deklarację zgodności oraz umieszcza znak CE na wyrobie. Sporządzoną dokumentację techniczną i kopię deklaracji zgodności przechowuje, w celach kontrolnych, przez 10 lat od daty wyprodukowania ostatniego egzemplarza rozdzielnicy.

Każdy, kto buduje rozdzielnicę w oparciu o puste obudowy lub dokonuje zmian w gotowej rozdzielnicy, staje się jej producentem i zobowiązany jest przeprowadzić ocenę zgodności z zasadniczymi wymaganiami.

Wszystkie rozdzielnice budowlane powinny spełniać wymagania Polskiej Normy PN-EN 61439-4:2013-06, której numer powinien być umieszczony na tabliczce znamionowej rozdzielnicy.

W rozdzielnicach wykonanych w II klasie ochronności zabrania się przyłączania do przewodu ochronnego części przewodzących dostępnych znajdujących się w obudowie rozdzielnicy oraz zamontowanych na zewnątrz obudowy (np. konstrukcji wsporczej). Przewody ochronne i ich zaciski wewnątrz obudowy powinny być izolowane (osłonięte) tak, jakby były częściami czynnymi.

Wtyczki i gniazda wtyczkowe.

Zestawy ACS wyposażone są we wtyczki i gniazda wtyczkowe do instalacji przemysłowych. Konstrukcja gniazd i wtyczek przemysłowych zapobiega ich wzajemnemu łączeniu z gniazdami i wtyczkami o różnych prądach i napięciach znamionowych.

Prądy znamionowe gniazd i wtyczek stosowanych w rozdzielnicach budowlanych wynoszą (w amperach) 16 A, 32 A, 63 A i 125 A. Gniazda i wtyczki przemysłowe znakowane są barwami odpowiadającymi ich napięciu znamionowemu.

Gniazda wtyczkowe wyposażone są w pokrywę styków zapewniającą odpowiedni stopień ochrony IP, pełniącą jednocześnie funkcję blokady mechanicznej zapobiegającej wysunięciu się wtyczki. Gniazda wtyczkowe zainstalowane na rozdzielnicy budowlanej, spełniającej wymagania zasadnicze, powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP44, zarówno gdy wtyczka jest wyjęta, jak i gdy jest całkowicie wsunięta. Przyłączenia przewodów do gniazd wtyczkowych trójfazowych powinny być wykonane w taki sposób, aby zachowana została ta sama kolejność faz.

Oznakowanie barwami gniazd i wtyczek do instalacji przemysłowych w zależności od ich napięcia znamionowego.

Napięcie znamionowe [V]	Barwa gniazda i wtyczki
20-25	fioletowa
40-50	biała
100-130	żółta
200-250	niebieska
380-480	czerwona
500-690	czarna

Zabezpieczenie przed dostępem osób nieupoważnionych. Rozdzielnice budowlane zabezpiecza się przed dostępem osób nieupoważnionych. Oznacza to zamknięcie części czynnych niebezpiecznych w obudowie, którą można otworzyć tylko przy użyciu klucza lub narzędzia. Jedynie gniazda wtyczkowe, rękojeści manewrowe i guziki przycisków sterowniczych mogą być dostępne bez użycia klucza lub narzędzia. Zestaw ACS może mieć drzwi, zamykane kluczem lub narzędziem, ale stosowane do innych celów, np.: do zamknięcia ich na koniec dnia roboczego lub do zabezpieczenia pozycji otwarcia urządzenia do izolacyjnego odłączenia zasilania. Drzwi te są otwarte podczas normalnego użytkowania (nie zamyka się ich na klucz).

Dobłą praktyką, szczególnie na rozległych budowach, jest umieszczenie na rozdzielnicy informacji z numerem telefonu osoby upoważnionej do usuwania awarii zasilania.

Zapobiega to uszkodzaniu rozdzielnic przez osoby nieupoważnione, chcące samodzielnie przywrócić zasilanie.



Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak

tel: 0048 603687444

mail: robert.czak@op.pl