

# SPIS TREŚCI

STRONA TYTUŁOWA .....	1
SPIS TREŚCI .....	2
1. WSTĘP .....	3
2. DOKUMENTACJA TECHNICZNA .....	16
3. MATERIAŁY I WYROBY STOSOWANE W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH BUDYNKÓW .....	17
4. WYKONANIE INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ. WYMAGANIA OGÓLNE .....	33
5. URZĄDZENIA ZASILAJĄCE BUDYNKI UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ .....	37
6. INSTALACJE ODBIORCZE .....	48
7. OCHRONA I ZABEZPIECZENIA W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH BUDYNKU .....	58
8. MONTAŻ INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH WEDŁUG RÓŻNYCH SYSTEMÓW WYKONANIA ...	100
9. BUDYNKOWA INSTALACJA TELEKOMUNIKACYJNA .....	113
10. WYKONANIE INSTALACJI PIORUNOCHRONNEJ BUDYNKU .....	132
11. ODBIÓR INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ W BUDYNKU .....	158
12. PODSTAWA OPRACOWANIA .....	171

## 1. WSTĘP

### 1.1. Przedmiot i zakres opracowania

Opracowanie zawiera warunki techniczne wykonywania i odbioru instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych dla następującej inwestycji:

Przebudowa pomieszczeń w budynku administracyjno - warsztatowym (nr 11-12), w wsw im. dr Jana Jonstona w Lesznie.

Inwestor: Wojewódzki Szpital Wielospecjalistyczny im. dr Jana Jonstona w Lesznie ul. Kiepury 45, 64-100 Leszno

Wymagania stawiane instalacjom elektrycznym i piorunochronnym w budynkach użyteczności publicznej są bardzo różnorodne. Związane to jest z charakterem występujących w budynkach instalacji elektrycznych, a przede wszystkim z:

- rodzajem użyteczności spełnianej przez budynek,
- zastosowaną w budynku klasą pewności zasilania w energię elektryczną,
- zakresem mocy i rodzajem zainstalowanych odbiorników,
- warunkami środowiskowymi, w jakich są zainstalowane.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu wymagania dotyczą w szczególności wykonania i odbioru instalacji elektrycznych wewnętrznych o napięciu do 1 kV [12,13].

Zakres prac obejmuje wymagania dotyczące:

- dokumentacji niezbędnej do wykonania i odbioru instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych,
- podstawowych wyrobów stosowanych przy wykonywaniu instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych,
- wykonania instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych,
- technologii montażu ww. instalacji,
- odbioru instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych, w tym odbiorów częściowych i odbioru końcowego,
- zakresu badań i sprawdzeń odbiorczych stosowanych przy odbiorach prac wy- wykonanych w części oraz końcowych.

Parametry techniczne urządzeń należy przyjmować zgodnie z odpowiednimi opracowaniami branżowymi. Aspekty wizualne, w tym kolorystyka i lokalizacja elementów widocznych w przestrzeniach reprezentacyjnych, należy realizować zgodnie ze specyfikacją i rysunkami branży architektonicznej.

Elementy instalacji sanitarnych, elektrycznych, teletechnicznych oraz przeciwpożarowych montowane w przestrzeniach widocznych należy wykonywać w oparciu o ustalenia zawarte w Dokumentacji Projektowej oraz w wyniku obowiązkowej koordynacji robót montażowych. Przed przystąpieniem do montażu należy uzyskać akceptację Nadzoru Autorskiego.

W opracowaniu podano także wykaz istniejących przepisów technicznych i dokumentów związanych, dotyczących instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych w budynkach użyteczności publicznej. Roboty budowlane stanowiące przedmiot niniejszych warunków technicznych określone są kodami według Wspólnego Słownika Zamówień CPV – tablica 1 (rozporządzenie Komisji (WE) nr 213/2008 z dnia 28 listopada 2007 r., zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2195/2002). Nowy słownik kodów CPV obowiązuje od 17 września 2008 r.

Tablica. 1. Wybrane kody CPV dla robót elektrycznych

Tytuł kodu	Kod CPV
Roboty instalacyjne elektryczne	45310000-3
Roboty w zakresie okablowania elektrycznego	45311100-1
Roboty w zakresie okablowania oraz instalacji elektrycznych	45311000-0
Roboty w zakresie instalacji elektrycznych	4531200-2
Instalowanie anten	45312300-0
Ochrona odgromowa	45312310-3
Montaż instalacji piorunochronnej	45312311-0
Montaż anten telewizyjnych	45312320-6
Montaż anten radiowych	45312330-9
Instalowanie urządzeń telekomunikacyjnych	45314000-1
Instalowanie linii telefonicznych	45314200-3
Instalowanie infrastruktury okablowania	45314300-4
Układanie kabli	45314310-7
Instalowanie okablowania komputerowego	45314320-0
Instalowanie urządzeń elektrycznego ogrzewania i innego sprzętu elektrycznego w budynkach	45315000-8
Instalacyjne roboty elektrotechniczne	45315100-9
Instalacje zasilania elektrycznego	45315300-1
Instalowanie systemów oświetleniowych i sygnalizacyjnych	45316000-5
Instalacje niskiego napięcia	45315600-4
Instalowanie urządzeń sygnalizacyjnych	45316200-7
Instalowanie elektrycznych urządzeń rozdzielczych	45317300-5
Instalowanie konstrukcji metalowych	45223110-0
Inne instalacje elektryczne	45317000-2
Roboty w zakresie instalacji budowlanych	45300000-0
Roboty instalacyjne przeciwpożarowe	45343000-3
Instalowanie stacji rozdzielczych	45315700-5
Instalowanie urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych	45331200-8

## 1.2. Terminy i definicje

W niniejszych warunkach technicznych stosowane są podane niżej terminy i ich definicje, ustalone w normach [38 – 40].

### 1.2.1. Elektroenergetyka

**Część czynna** – żyła przewodu lub część przewodząca urządzenia, lub instalacji elektrycznej, która może się znaleźć pod napięciem w warunkach normalnej pracy instalacji elektrycznej, łącznie z przewodem neutralnym N, lecz z wyłączeniem przewodu ochronnego PE i przewodu ochronno-neutralnego.

**Część przewodząca dostępna** – część przewodząca instalacji elektrycznej, dostępna dla dotyku (palcem probierczym według PN-EN 60529:2003), która może zostać dotknięta, i która w warunkach normalnej pracy instalacji nie znajduje się pod napięciem, lecz może znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia.

**Część przewodząca obca** – część przewodząca niebędąca częścią urządzenia ani instalacji elektrycznej, która może znaleźć się pod określonym potencjałem (zwykle pod potencjałem ziemi). Zalicza się do nich metalowe konstrukcje, rurociągi, przewodzące podłogi i ściany, ogrodzenia stalowe.

**Części jednocześnie dostępne** – przewody lub części przewodzące urządzenia, które mogą być dotknięte jednocześnie przez człowieka lub zwierzę. Są nimi części czynne, części przewodzące dostępne i obce, przewody ochronne i uziomy.

**Dotyk bezpośredni** – dotknięcie przez człowieka lub zwierzę części czynnych.

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

**Drabinka instalacyjna** – konstrukcja zbudowana z dwóch kształtowników po- dłużnych (podłużnic), połączonych ze sobą kształtownikami poprzecznymi (szczeblami), służąca do wykonania odcinka trasy kablowej.

**Ekran ochronny** – ekran przewodzący użyty do oddzielenia obwodu elektrycznego i/lub przewodów od niebezpiecznych części czynnych.

**Ekwipotencjalność** – stan, w którym części przewodzące mają praktycznie ten sam potencjał elektryczny.

**FELV** – bardzo niskie napięcie funkcjonalne.

**Główna szyna (zacisk) uziemiająca** – szyna (zacisk) przeznaczona do przyłączania do uziomów przewodów ochronnych, w tym przewodów połączeń wyrównawczych oraz przewodów uziemień funkcjonalnych (roboczych), jeśli one występują.

**Instalacja elektryczna** – zespół odpowiednio połączonych przewodów i kabli wraz ze sprzętem i osprzętem elektroinstalacyjnym (np. elementami mocującymi i izolacyjnymi), a także urządzeniami oraz aparaturą – przeznaczony do przesyłu, rozdziału, zabezpieczenia i zasilania odbiorników energii elektrycznej.

**Instalacje siłowe** – instalacje elektryczne zasilające odbiorniki o dużych mocach znamionowych, np. silniki elektryczne, kuchenki elektryczne, urządzenia ogrzewcze, przepływowe podgrzewacze wody.

**Iskiernik ochronny** – iskiernik zainstalowany między instalacjami niepołączonymi galwanicznie w celu umiejscowienia przeskoku iskrowego.

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

**Izolacja podwójna** – izolacja składająca się z izolacji podstawowej oraz niezależnej od niej izolacji dodatkowej.

**Izolacja wzmocniona** – izolacja zapewniająca ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym w stopniu równoważnym izolacji podwójnej.

**Kanał kablowy** – element służący do układania przewodów izolowanych. Kanał może mieć dwie lub trzy komory, oddzielone od siebie przegrodą stałą lub przegrodą mocowaną do przygotowanych uchwytów. Kanał jest układany w wylewce betonowej podłogi (kanał podłogowy). Dostęp do niego jest zapewniony przez skrzynki podłogowe.

**Kąt ochronny zwodu pionowego** – kąt wyznaczony przez oś zwodu i powierzchnię ograniczającą strefę ochronną.



**Kąt ochronny zwodu poziomego** – kąt między płaszczyzną pionową przechodzącą przez zwód a powierzchnią ograniczającą strefę ochronną.

**Klasa ochronności** – umowne oznaczenie cech budowy urządzenia elektrycznego, określające możliwości objęcia go ochroną przeciwporażeniową.

**Napięcie dotykowe** – napięcie występujące między częściami jednocześnie dostępnymi w przypadku uszkodzenia izolacji.

**Napięcie dotykowe dopuszczalne UL** – najwyższa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego, które może utrzymywać się długotrwale w określonych warunkach otoczenia.

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

**Napięcie znamionowe instalacji** – napięcie, na które instalacja elektryczna lub jej część została zaprojektowana. Rzeczywista wartość napięcia może różnić się od wartości znamionowej o wartość określoną przez tolerancję napięcia.

**Obciążalność prądowa długotrwała przewodu** – maksymalna wartość prądu, który może płynąć długotrwale przez przewód w określonych warunkach bez przekraczania dopuszczalnej temperatury przewodu.

**Obciążenie instalacji elektrycznej w budynku** – stan pracy instalacji, w którym odbiorniki energii elektrycznej w poszczególnych obwodach instalacji są włączone i pobierają energię. Rozróżnia się obciążenie instalacji prądem lub mocą.

**Obwody administracyjne** – grupa odbiorów (obwodów) służąca ogółowi użytkowników danego budynku. Do obwodów administracyjnych zalicza się: obwody oświetlenia klatek schodowych, innych pomieszczeń technicznych, obwody zasilania maszynowni dźwigów, hydroforni, węzłów cieplnych, parkingów itp.

**Obwód instalacji elektrycznej** – zespół elementów instalacji elektrycznej odpowiednio połączonych ze sobą przewodami elektrycznymi i pośrednio lub bezpośrednio ze źródłem energii oraz chronionych przed przetężeniami wspólnym zabezpieczeniem. Składa się z przewodów będących pod napięciem, przewodów ochronnych oraz związanych z nimi urządzeń rozdzielczych i sterowniczych wraz z wyposażeniem dodatkowym.

**Obwód instalacji odbiorczej** (obwód odbiorczy – instalacja odbiorcza) – obwód, do którego bezpośrednio przyłączone są odbiorniki energii elektrycznej lub gniazda wtyczkowe. Ma zapewnić możliwość zasilania wszelkiego rodzaju odbiorników elektrycznych w budynkach i obiektach budowlanych w sposób dogodny i bezpieczny.

**Ochrona wewnętrzna LPS przed LEMP** – zespół środków do ochrony wnętrza obiektu budowlanego przed skutkami rozprysku prądu piorunowego w urządzeniu piorunochronnym.

**Ochrona zewnętrzna LPS** – zespół środków do ochrony obiektu budowlanego przed bezpośrednim uderzeniem pioruna.

**Odłącznik** – aparat elektryczny służący do zamykania i otwierania obwodów elektrycznych, w których nie płynie prąd. W stanie otwartym stanowi widoczną przerwę izolacyjną.

**Ogranicznik przepięć** – urządzenie służące do ograniczenia wartości szczytowej przepięć udarowych pochodzenia atmosferycznego lub łączeniowego.

**Oprzewodowanie** – zespół składający się z przewodu (kabla), przewodów (kablów) lub przewodów szynowych oraz elementów mocujących, a także, w razie potrzeby, osłon przewodów (kablów) lub przewodów szynowych.

**Oświetlenie awaryjne** – oświetlenie elektryczne, samoczynnie włączające się w przypadku wystąpienia przerwy w zasilaniu podstawowym, mające na celu zapewnienie dostatecznej widoczności w pomieszczeniach (oświetlenie zapasowe) oraz umożliwienie ewentualnej ewakuacji ludzi z budynku (oświetlenie ewakuacyjne); oświetlenie awaryjne jest zasilane z awaryjnych źródeł zasilania poprzez niezależne obwody oświetleniowe lub część obwodów oświetlenia podstawowego.

**Oświetlenie podstawowe** – oświetlenie elektryczne wewnętrzne lub/i zewnętrzne zasilane z podstawowego źródła energii elektrycznej, zapewniające w danym miejscu wymagane warunki oświetlenia przy normalnej pracy urządzeń oświetleniowych.

**PELV** – bardzo niskie napięcie ochronne (napięcie znamionowe nie przekracza 50 V AC i 120 V DC w warunkach normalnych oraz 25 V lub 12 V AC i 60 V DC w warunkach szczególnych).

**Połączenie wyrównawcze** – elektryczne połączenie części przewodzących dostępnych i części przewodzących obcych, wykonane w celu uzyskania wyrównania potencjałów.

**Prąd dotykowy** – prąd, który przepływa przez ciało człowieka lub zwierzęcia, gdy dotyk następuje do jednej lub wielu dostępnych części urządzenia lub instalacji elektrycznej w warunkach normalnych lub podczas uszkodzenia.

**Prąd rażeniowy** – prąd przepływający przez ciało człowieka lub zwierzęcia, który może powodować skutki patofizjologiczne.

**Prąd różnicowy** – prąd o wartości chwilowej równej sumie algebraicznej wartości chwilowej prądów płynących we wszystkich przewodach czynnych w określonym miejscu sieci lub instalacji elektrycznej.

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

**Przedsiębiorstwo energetyczne** – podmiot prowadzący działalność gospodarczą w zakresie wytwarzania, przesyłania, dystrybucji lub obrotu energią elektryczną.

**Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi** – przestrzenie, w otoczeniu, których znajdują się głównie metalowe lub przewodzące części i wewnątrz których dotknięcie powierzchnią ciała otaczających elementów przewodzących jest prawdopodobne, a możliwość przerwania ograniczona. Do przestrzeni tych należą: pomieszczenia pralni, hydroforni, kotłowni, kanałów rewizyjnych lub węzłów cieplnych.

**Przewód odprowadzający** – odcinek przewodu (naturalny lub sztuczny) łączący zwód z przewodem uziemiającym lub z uziomem fundamentowym.

**Przewód uziemiający** – przewód łączący główną szynę (zacisk) uziemiającą z uziomem.

**Przyłącze** – odcinek linii elektrycznej łączący zewnętrzną sieć zasilającą ze złączem.

**Rezystancja uziemienia** – rezystancja między uziomem a ziemią odniesienia.

**Rozdzielnica główna budynku** – zespół odpowiednio dobranej i połączonej aparatury rozdzielczej, zabezpieczeniowej, łączeniowej, pomiarowo-kontrolnej, zestawiony w blokach funkcjonalnych, służący do zasilania i zabezpieczenia wewnętrznych linii zasilających oraz obwodów administracyjnych.

**Rozdzielnica (tablica) obwodowa** – blok funkcjonalny wyposażony w odpowiednią aparaturę (rozdzielczą, zabezpieczeniową, łączeniową, pomiarowo-kontrolną), służący do zasilania obwodów (odbiorów) administracyjnych budynku. Tablice obwodowe są przeważnie instalowane w pobliżu odbiorników przez niezasilanych.

**Rozdzielnica (tablica) piętrowa** – blok funkcjonalny wyposażony w odpowiednią aparaturę (rozdzielczą, zabezpieczeniową, łączeniową, pomiarowo-kontrolną), służący do doprowadzenia energii elektrycznej do więcej niż jednego pomieszczenia w obrębie tej samej klatki schodowej w budynku użyteczności publicznej. Tablica piętrowa służy również do doprowadzenia innych instalacji do pomieszczeń, np. te-  
Telefonicznych, domofonowych itp.

**Rozłącznik** – aparat elektryczny służący do załączania i wyłączania prądów roboczych.

**SELV** – bardzo niskie napięcie bezpieczne (patrz PELV).

**Skrzynka podłogowa** – element montowany w kanale podpodłogowym, spełniający w ciągu funkcję przelotową lub rozgałęźną, a także służący do umieszczania w nim skrzynki montażowej. Skrzynka podłogowa może być także mocowana w górnej powierzchni podłogi montowanej na podporach, pod którą układa się przewody instalacji elektrycznej.

**Stacja elektroenergetyczna** – zespół urządzeń znajdujących się we wspólnym pomieszczeniu lub innym miejscu niedostępnym dla osób postronnych, przeznaczony do przetwarzania, a także do przetwarzania i rozdziału energii elektrycznej.

**Stopień ochrony obudowy IP** – umowna miara ochrony zapewnianej przez obudowę przed dotykiem części czynnych i poruszających się mechanizmów przed do-  
staniem się ciał stałych i wnikaniem wody.

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

**Transformator ochronny** – transformator zapewniający niezawodne oddzielenie elektryczne obwodu wtórnego od obwodu pierwotnego.

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

**Urządzenia elektryczne** – wszystkie urządzenia i elementy instalacji elektrycznej przeznaczone do celów takich, jak wytwarzanie, przekształcanie, przesyłanie, rozdział lub wykorzystywanie energii elektrycznej. Są nimi np. maszyny, transformatory, aparaty, przyrządy pomiarowe, urządzenia zabezpieczające, przewodowanie, odbiorniki.

**Urządzenie piorunochronne (LPS)** – kompletne urządzenie stosowane do ochrony przestrzeni przed skutkami piorunów. Składa się ono z zewnętrznego i wewnętrznego urządzenia piorunochronnego.

**Urządzenie ręczne** – urządzenie przenośne przeznaczone do trzymania w ręce podczas jego użytkowania, przy czym silnik (jeżeli jest) stanowi integralną część tego urządzenia.

**Urządzenie stałe** – urządzenie nieruchome przymocowane do podłoża lub do- wolnej innej konstrukcji stałej.

**Uziom** – przedmiot metalowy lub zespół przedmiotów metalowych umieszczonych w gruncie w celu zapewnienia z nim połączenia elektrycznego.

**Uziom fundamentowy naturalny** – uziom w postaci stopy lub ławy fundamentowej ze zbrojeniem przystosowanym do połączenia z naturalnymi lub sztucznymi przewodami odprowadzającymi i z przewodem uziemiającym.

**Uziom fundamentowy sztuczny** – uziom w postaci taśmy lub pręta w otulinie betonowej.

**Uziom naturalny** – uziom, który stanowi przedmiot metalowy lub zespół przed- miotów metalowych umieszczonych w gruncie w innym celu niż uziemienie.

**Uziom otokowy** – uziom poziomy ułożony wokół chronionego obiektu.

**Uziom sztuczny** – uziom, który stanowi przedmiot metalowy lub zespół przed- miotów metalowych umieszczonych w gruncie w celu uziemienia.

**Wewnętrzna linia zasilająca (wlz)** – część obwodu elektrycznego, który wraz z odgałęzieniami stanowi układ zasilający w energię elektryczną poszczególne instalacje odbiorcze. Wewnętrzne linie zasilające są prowadzone w budynkach z rozdziel- nicy głównej do rozdzielnic (tablic) piętowych (obwodowych).

**Wewnętrzne urządzenie piorunochronne** – zespół dodatkowych środków uzupełniających zewnętrzne urządzenie piorunochronne, pozwalających na zredukowanie elektromagnetycznych efektów prądu piorunowego wewnątrz chronionej przestrzeni.

**Wyłącznik** – aparat elektryczny służący do załączania i wyłączania prądów roboczych, przeciążeniowych i zwarciovych przy pełnym napięciu roboczym.

**Zacisk probierczy** – rozłączalne połączenie śrubowe przewodu odprowadzającego z przewodem uziemiającym w celu umożliwienia pomiaru rezystancji uziemienia lub sprawdzenia ciągłości galwanicznej części nadziemnej.

**Zasilanie awaryjne** – układ zasilania o ograniczonej mocy, zapewniający bezpieczeństwo obsługi lub utrzymanie w ruchu urządzeń, których zatrzymanie mogłoby spowodować uszkodzenie elementów parku maszynowego lub zniszczenie wytwarzanych produktów. Źródłem zasilania są zazwyczaj prądnice napędzane silnikami wysokoprężnymi.

**Zasilanie gwarantowane** – układ do zasilania odbiorów informatycznych, regulacyjnych itp. Podstawą działania układu jest zastosowanie urządzeń UPS. Urządzenia UPS wyposażone w odpowiednie baterie i prostowniki zapewniają bezprzerwowe zasilanie wspomnianych urządzeń.

**Zasilanie podstawowe zakładu (obiektu, stacji, rozdzielnicy)** – układ sieci elektrycznej zapewniającej możliwość dostarczania mocy pokrywającej szczytowe (roczne) obciążenie.

**Zasilanie rezerwowe zakładu (obiektu, stacji, rozdzielnicy)** – elementy układu sieci elektrycznej zapewniające możliwość dostarczania mocy w przypadku awarii (uszkodzenia) zasilania podstawowego. Najczęściej realizowane jest za pomocą SZR (samoczynnego załączenia rezerwy).

**Zewnętrzne urządzenie piorunochronne** – urządzenie składające się z systemu zwodów, przewodów odprowadzających i uziemień.

**Ziemia odniesienia** – dowolny punkt na powierzchni lub w głębi ziemi, którego potencjał nie zmienia się pod wpływem prądu spływającego z rozpatrywanego uziomu lub uziomów.

**Złącze instalacji elektrycznej** – urządzenie elektryczne, w którym następuje połączenie elektryczne wspólnej sieci rozdzielczej z instalacją elektryczną odbiorcy.

**Zwód** – część urządzenia piorunochronnego przeznaczona do bezpośredniego przyjmowania wyładowań atmosferycznych.

**Zwód naturalny** – zwód utworzony przez górne elementy metalowe lub żelbetowe obiektu budowlanego zbudowane w innym celu niż przyjmowanie wyładowań atmosferycznych.

### 1.2.2. Telekomunikacja

**Aktory** – elementy wykonawcze realizujące polecenie sensora; aktorami mogą być sterowniki rolet, sterowniki ogrzewania, ściemniacze, sterowniki typu on/off i wiele innych.

**Antena** – urządzenie zamieniające fale elektromagnetyczne na sygnał elektryczny i odwrotnie; jest niezbędnym elementem składowym każdego systemu radiokomunikacji.

**Centrala telefoniczna** – urządzenie elektroniczne umożliwiające komunikację pomiędzy abonentami wewnętrznymi i telekomunikacyjną siecią publiczną lub siecią resortową.

**Ciąg kanalizacji kablowej** – zespół ułożonych jeden za drugim i połączonych ze sobą odcinków rur kanalizacyjnych, tworzących kanał do ułożenia w nim kabli telekomunikacyjnych.

**Doprowadzenia kanalizacji kablowej** – krótkie odcinki kanalizacji, łączące studnie kablowe stacyjne z komorami kablowymi lub też studnie rozdzielcze z budynkami, lub ze studniami przy słupach kablowych.

**Gniazdko telekomunikacyjne** – urządzenie połączeniowe stałe, w którym znajduje się zakończenie kabla poziomego; gniazdko telekomunikacyjne jest interfejsem okablowania obszaru roboczego.

**Instalacja telekomunikacyjna** – fragment infrastruktury telekomunikacyjnej, w skład której wchodzi: urządzenia telekomunikacyjne, przewody (kable), które zainstalowane są w obrębie budynku, na jego ścianach lub dachu; instalacji telekomunikacyjnej przyporządkowane są wszystkie instalacje związane z przesyłaniem informacji na odległość, takie jak instalacje zapewniające szerokopasmowy dostęp do usług telekomunikacyjnych (np. Internetu), instalacje do odbioru TV naziemnej, satelitarnej i kablowej oraz instalacje domofonowe, wideo-domofonowe i alarmowo-przywoławcze.

**Interfejs do sieci publicznej** – punkt rozgraniczający sieć publiczną i prywatną; w wielu przypadkach interfejs do sieci publicznej jest łącznikiem między urządzeniami dostawcy a okablowaniem siedziby klientów.

**Kabel ekranowany** – kabel typu skrętka komputerowa lub kabel koncentryczny mający minimum jeden ekran z folii aluminiowej lub z oplotu miedzianego o określonej gęstości określonej w parametrach kabla.

**Kabel koncentryczny ze złączami BNC** – kabel łączący sieć komputerową, budowaną na zasadzie linii, tzn. pierwszy komputer połączony jest z drugim, drugi z trzecim itd.

**Kabel obszaru roboczego** – kabel łączący gniazdko telekomunikacyjne z telekomunikacyjnymi urządzeniami końcowymi.

**Kabel ze skrętką ekranowaną** – elektrycznie przewodzący kabel, zawierający jeden lub wiele elementów, z których każdy jest osobno ekranowany; ekran może być również wspólny, w tym przypadku kabel nazywany jest kablem ze skrętki ekranowanej ze wspólnym ekranem.

**Kabel ze skrętki nieekranowanej** – elektrycznie przewodzący kabel składający się z jednej lub wielu par, z których żadna nie jest ekranowana.

**Kanalizacja kablowa** – ciąg elementów osłonowych umożliwiających wprowadzenie kabli, w tym wprowadzenie ich do budynku, przeznaczony do przeprowadzenia kabli telekomunikacyjnych, teletechnicznych, teleinformatycznych i sterowniczych.

**Kanalizacja magistralna** – kanalizacja kablowa wielootworowa przeznaczona do kabli magistralnych.

**Kanalizacja pierwotna** – kanalizacja kablowa, do której wciąga się kable telekomunikacyjne lub rury kanalizacji wtórnej.

**Kanalizacja rozdzielcza** – kanalizacja kablowa jedno- lub wielootworowa prze- znaczona do kabli rozdzielczych.

**Kanalizacja wtórna** – zespół rur wciąganych do otworów kanalizacji pierwotnej, stanowiących dodatkowe zabezpieczenie kabli optotelekomunikacyjnych (ewentualnie innych).

**Karta sieciowa** – karta rozszerzenia, służąca do przekształcania pakietów danych w sygnały, które są przesyłane w sieci komputerowej; karty NIC pracują w określonym standardzie, np. Ethernet, Token Ring, FDDI, ArcNet, 100 VGAnyln.

**Konwerter światłowodowy satelitarny** – urządzenie umożliwiające odbiór sygnałów satelitarnych i przesyłanie sygnału wizyjnego światłowodami do wirtualnych konwerterów; optyczny bilans mocy (dopuszczalne tłumienie) musi wynosić minimum 11 dB.

**Końcówka** – wtyczka zakładana na kabel; pierwszy i ostatni komputer w sieci muszą mieć po jednej końcówce, pozostałe komputery wymagają dwóch.

**Panel krosujący** – przełącznica przystosowana do użycia przewodów krosujących; ułatwia administrację przesunięć i zmian w okablowaniu.

**Para** – skrętka lub jednostronne połączenia (dwa przewodniki o przekroju kołowym) w gwiazdziej czwórce.

**Połączenie spawane** – połączenie przewodników zwykle z osobnych kabli (w przypadku łączenia światłowodów połączenie jest spawane).

**Przewód krosujący** – elastyczna jednostka kabla lub element ze złączem, prze- znaczony do zestawienia połączeń na panelu krosującym.

**Punkt przejścia** – miejsce w okablowaniu poziomym, w którym następuje zmiana kabla.

**Punkt styku (PS)** – punkt połączenia instalacji telekomunikacyjnej z publiczną siecią telekomunikacyjną (punkt styku); PS jest punktem połączenia między okablowaniem i urządzeniami dostawcy a okablowaniem budynkowym.

**Router** – urządzenie kierujące dane do wielu różnych sieci; jego głównym za- daniem jest odczytywanie adresów z poszczególnych pakietów, tak aby wiedzieć, gdzie je kierować.

**Rura kanalizacji kablowej** – rura osłonowa z polichlorku winylu (PVC), polipropylenu (PP), polietylenu (PE) lub z innego materiału o nie gorszych właściwościach, a także rura stalowa stosowana do zestawienia ciągów kanalizacji kablowej.

**Rurociąg kablowy** – ciąg rur polietylenowych lub innych o nie gorszych właściwościach oraz zasobników złączowych, układanych bezpośrednio w ziemi i stanowiących osłonę ochronną dla kabli światłowodowych.

**Sensory** – urządzenia generujące sygnał; sensorami mogą być przyciski sterownicze, czujki ruchu i/lub obecności, czujniki dymu, czujniki temperatury, czujniki otwarcia okien, stacje pogodowe i wiele innych.

**Serwer** – komputer udostępniający określone zasoby innym komputerom lub pośredniczący w przekazywaniu danych między komputerami; serwerem nazywa się też systemy oprogramowania biorące udział w udostępnianiu zasobów.

**Skrętka** – element kabla składający się z dwóch izolowanych przewodników skręconych razem w określony sposób, tworzących symetryczną linię transmisyjną.

**Studnia kablowa** – pomieszczenie podziemne wbudowane w ciągi kanalizacji kablowej, umożliwiające wciąganie, montaż i konserwację kabli lub przynajmniej jedno z tych zadań.

**Studnia kablowa stacyjna** – studnia kablowa przy budynku telekomunikacyjnym, przeznaczona do wprowadzenia kanalizacji kablowej do tego budynku.

**Studnia kablowa szafkowa** – studnia kablowa przeznaczona do wprowadzenia kabli do szafki kablowej.

**System okablowania** – medium transmisyjne łączące stacje robocze i serwery; w przypadku sieci bezprzewodowych może to być promieniowanie elektromagnetyczne w postaci fal radiowych lub promieniowania podczerwonego (o długości fali 380 – 750 nm).

**Szafka telekomunikacyjna** – zamknięta przestrzeń do przechowywania sprzętu telekomunikacyjnego, zakończeń kablowych i okablowania połączeniowego; szafka telekomunikacyjna jest uważana za punkt połączeniowy między podsystemami okablowania szkieletowego.

**Światłowod telekomunikacyjny** – włókna szklane ułożone cylindrycznie, pokryte powłoką lakierową nadającą im wytrzymałość mechaniczną oraz odporność na oddziaływanie chemiczne otoczenia, w szczególności na działanie zakłóceń elektro- magnetycznych; pozwala na przesyłanie sygnałów wizyjnych i sterujących.

**Telekomunikacja** – nadawanie, odbiór lub transmisja informacji, niezależnie od ich rodzaju, za pomocą przewodów, fal radiowych bądź optycznych lub innych środków wykorzystujących energię elektromagnetyczną.

**Teletechniczna skrzynka abonencka** – miejsce do montażu aktywnych urządzeń abonenckich, w tym dla operatora telekomunikacyjnego.

**Terminator** – urządzenie „zamykające” linię kablową z jednej lub dwóch stron.

**Tor przewodowy** – dwa odizolowane przewody tworzące wraz z urządzeniami końcowymi obwód elektryczny, w którym przepływ prądu jest wykorzystywany do przesyłania sygnałów telekomunikacyjnych, teletechnicznych, teleinformatycznych lub sterowniczych.

**Trójnik** – nasadka nakładana na karty sieciowe; każda karta sieciowa wymaga jednego trójnika.

**Wzmacniacz (repeater)** – urządzenie, które wzmacnia sygnał wejściowy, nie zmieniając jego kształtu.

**Zasilanie awaryjne** – układ bezprzerwowego zasilania UPS; stosowany w układach zasilania sieci teleinformatycznych ze względu na konieczność polepszenia parametrów zasilania, a w szczególności eliminacji: fluktuacji częstotliwości, spadków napięcia, wyższych harmonicznych, krótkotrwałych zaników oraz dłuższych przerw w zasilaniu, a także okresowych przebiegów.

### 1.2.3. Terminy i definicje dotyczące wszystkich omawianych instalacji

**Dokumentacja powykonawcza** – dokumentacja budowy (obiektu budowlanego) z naniesionymi zmianami, dokonanymi w toku wykonywania robót.

**Odbiór częściowy** – odbiór części obiektu, instalacji lub robót, stanowiący etapową całość. Do niego zalicza się również odbiory fragmentów instalacji, które w dalszym etapie robót przeznaczone są do zakrycia. Jako odbiór częściowy traktuje się również odbiór robót zlecony jednemu spośród wykonawców (podwykonawcy).

**Odbiór końcowy** – odbiór powykonawczy budowy (obiektu budowlanego), podczas którego następuje sprawdzenie zgodności wykonania obiektu z projektem, przepisami techniczno-budowlanymi oraz Polskimi Normami. Podczas odbioru końcowego dokonuje się sprawdzenia wszystkich instalacji specjalistycznych (w tym elektrycznych, telekomunikacyjnych), szczególnie pod kątem ich prawidłowego i bezpiecznego działania.

**Odbiór międzyoperacyjny** – odbiór, który dotyczy kontroli jakości między kolejnymi fazami (etapami) procesu technologicznego wykonywania robót.

**Specyfikacja techniczna** – dokument określający cechy, które powinien mieć wyrób lub proces jego wytwarzania w zakresie jakości, parametrów technicznych, bezpieczeństwa lub wymiarów, w tym w odniesieniu do nazewnictwa, symboli, badań i metodologii badań, opakowania, znakowania i oznaczania wyrobu.

### 1.3. Oznaczenia i skróty

- AIZ – antenowa instalacja zbiorcza
- BHP – bezpieczeństwo i higiena pracy
- BIOZ – bezpieczeństwo i ochrona zdrowia
- CDSO – centrala dźwiękowego sygnału ostrzegawczego
- CSO – centrala sterująca oddymianiem
- CSP – centrala sygnalizacji pożarowej
- DTR – dokumentacja techniczno-ruchowa
- GSM – standard telefonii komórkowej
- IP – stopień ochrony
- ISP – instalacja sygnalizacji pożarowej
- LZP – linia zasilania podstawowego
- LZR – linia zasilania rezerwowego
- m.cz. – mała częstotliwość
- nn – niskie napięcie,
- SN – średnie napięcie,
- WN – wysokie napięcie
- OSD – operator sieci dystrybucyjnej
- PE – przewód ochronny,
- N – przewód neutralny,
- PEN – przewód ochronno-neutralny
- PUZ – przeciwpożarowe urządzenie zabezpieczające
- PV – moduł fotowoltaiczny
- PVC – polichlorek winylu
- ROP – ręczny ostrzegacz pożarowy
- SAP – sygnalizacja alarmowa pożarowa; (dawniej) system alarmowy pożarowy
- SEE – system energetyczny
- SPZ – samoczynne ponowne załączenie
- SSP – system sygnalizacji pożarowej
- SUG – stałe urządzenie gaśnicze
- SZR – samoczynne załączanie rezerwy
- TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT – układy sieci
- TSL – teletechniczna szafka lokalowa
- UPS – zasilacz awaryjny
- UTA – urządzenie transmisji alarmu
- UV – promieniowanie ultrafioletowe
- WLZ – wewnętrzna linia zasilająca
- WZ – wskaźnik zadziałania (czujki)
- ZUD – zespół uzgadniania dokumentacji

#### Oznaczenia w języku angielskim

- AC (Alternating Current) – prąd zmienny (przemienny)
- ASD (Aspirating Smoke Detector) – czujka dymu zasysająca
- ATM (Asynchronous Transfer Mode) – szerokopasmowy standard komunikacji, realizujący przesył pakietów poprzez łącza wirtualne
- BAPV (Building Applied Photovoltaics) – systemy fotowoltaiki PV instalowane na budynkach
- BIPV (Building Integrated Photovoltaics) – systemy fotowoltaiki PV połączone z elementami konstrukcyjnymi budynku
- DC (Direct Current) – prąd stały
- DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) – standard telewizji cyfrowej DVB nadawanej naziemnie
- EB (Equipotential Bonding) – połączenie wyrównawcze, ekwipotencjalizacja
- FTTH (Fiber to the Home) – światłowód doprowadzony bezpośrednio do mieszkania
- GSM (Global System for Mobile Communications) – standard telefonii komórkowej
- GPS (Global Positioning System) – globalny system pozycjonowania
- HDMI (High Definition Multimedia Interface) – interfejs służący do przesyłania cyfrowego nieskompresowanego sygnału audio i wideo
- HVI (High-Voltage Insulated) – izolacja wysokonapięciowa
- ISDN (Integrated Services Digital Network) – sieć cyfrowa z integracją usług
- LAN (Local Area Network) – lokalna sieć komputerowa
- LCD (Liquid Crystal Display) – urządzenie wyświetlające obraz
- LEMP (Lightning Electromagnetic Impulse) – piorunowy impuls elektromagnetyczny
- LPL (Lightning Protection Level) – poziom ochrony odgromowej
- LPS (Lightning Protection System) – urządzenie piorunochronne
- LPZ (Lightning Protection Zone) – strefa ochronna
- PELV (Protected extra-low Voltage) – bardzo niskie napięcie ochronne
- RCD (Residual Current Device) – urządzenie różnicowoprądowe
- SELV (Safety extra-low Voltage) – bardzo niskie napięcie bezpieczne

- SPD (Surge Protection Device) – urządzenia ochrony przepięciowej (np. ograniczniki przepięć)

#### 1.4. Uczestnicy procesu budowlanego

Uczestnikami procesu budowlanego, w rozumieniu przepisów prawa budowlanego, są: inwestor, inspektor nadzoru inwestorskiego, projektant oraz kierownik budowy lub kierownik robót. *Pracodawca*, chociaż nie jest wyszczególniony jako uczestnik procesu budowlanego, ponosi odpowiedzialność za zapewnienie bezpieczeństwa i higieny pracy swoim pracownikom [1, 25].

Obowiązki poszczególnych uczestników procesu budowlanego wynikające z przepisów prawa budowlanego, w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa podczas eksploatacji instalacji elektroenergetycznych na terenie prowadzonych robót budowlanych, można przedstawić następująco [30]:

##### Inwestor

Do obowiązków inwestora należy zorganizowanie procesu budowy (robot budowlanych) z uwzględnieniem zawartych w przepisach zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, a w szczególności zapewnienie:

- opracowania projektu budowlanego i, stosownie do potrzeb, innych projektów,
- objęcia kierownictwa budowy przez kierownika budowy,
- opracowania planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ).

##### Projektant

Do podstawowych obowiązków projektanta należy m.in. opracowanie projektu budowlanego w sposób zgodny z przepisami prawa budowlanego oraz z zasadami wiedzy technicznej, a także zapewnienie, w razie potrzeby, udziału w jego opracowaniu osób posiadających uprawnienia budowlane do projektowania w odpowiedniej specjalności oraz wzajemne skoordynowanie techniczne opracowań projektowych wykonanych przez te osoby. Niezbędne może być opracowanie projektu instalacji elektrycznej zasilającej urządzenia na terenie budowy, uwzględniającego różne etapy prowadzonej budowy. Opracowane projekty powinny uwzględniać wartości w przepisach zasady bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w procesie budowy. Ponadto projektant sporządza informację dotyczącą bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, uwzględnianą w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Ma obowiązek sprawowania nadzoru autorskiego nad realizacją projektu podczas prac budowlanych. Projektant ma prawo wstrzymać roboty budowlane w razie zaistnienia możliwości powstania zagrożeń.

##### Kierownik budowy lub kierownik robót

Do podstawowych obowiązków kierownika budowy należy w szczególności:

- zorganizowanie budowy i kierowanie nią w sposób zgodny z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami, w tym techniczno-budowlanymi oraz przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy,
- koordynowanie realizacji zadań zapobiegających zagrożeniom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
- sporządzenie lub zapewnienie sporządzenia, przed rozpoczęciem budowy, planu BIOZ (planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia – w przypadkach określonych w ustawie Prawo budowlane),
- koordynowanie działań zapewniających przestrzeganie zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zawartych w przepisach oraz określonych w planie BIOZ,
- wstrzymanie robót budowlanych w przypadku stwierdzenia możliwości powstania zagrożenia oraz bezzwłoczne zawiadomienie o tym właściwego powiatowego lub wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego,
- realizacja decyzji i zaleceń wpisanych do dziennika budowy,
- prowadzenie dokumentacji budowy, w tym przechowywanie kopii protokołów sprawdzenia ochrony przeciwporażeniowej,
- wyznaczenie osób odpowiedzialnych za rejestrowanie i przechowywanie wyników kontroli elektronarzędzi.

Kierownik budowy ma prawo wystąpić do inwestora o zmiany w rozwiązaniach projektowych, jeżeli są one uzasadnione koniecznością zwiększenia bezpieczeństwa realizacji robót budowlanych lub usprawnienia procesu budowy. Przytoczone obowiązki i prawa kierownika budowy stosuje się odpowiednio do kierowników robót. W szczególności, kiedy elektryk kieruje budową linii napowietrznych, kablowych lub obiektów energetycznych.

##### Inspektor nadzoru inwestorskiego

Do podstawowych obowiązków inspektora nadzoru inwestorskiego należy w szczególności:

- reprezentowanie inwestora na budowie przez sprawowanie kontroli zgodności jej realizacji z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej,
- potwierdzanie faktycznie wykonanych robót oraz usunięcia wad, a także – na żądanie inwestora – kontrolowanie rozliczeń budowy.



Inspektor nadzoru inwestorskiego ma prawo:

- wydawania kierownikowi budowy lub kierownikowi robót poleceń, potwierdzonych wpisem do dziennika budowy, dotyczących usunięcia nieprawidłowości lub zagrożeń, wykonania prób lub badań,
- żądania od kierownika budowy lub kierownika robót dokonania poprawek bądź ponownego wykonania wadliwie wykonanych robót,
- wstrzymania dalszych robót budowlanych, w przypadku gdyby ich kontynuacja mogła spowodować zagrożenie bądź skutkować niedopuszczalną niezgodnością z projektem lub pozwoleniem na budowę [33].

Wszyscy uczestnicy procesu budowlanego zobowiązani są do współpracy w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy w procesie przygotowania i realizacji budowy [9, 10]. Bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy na stanowiskach pracy sprawują kierownik budowy lub robót oraz inżynier budowy, stosownie do zakresu obowiązków.

### 1.5. Wymagania BHP przy wykonywaniu robót elektrycznych

Wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji urządzeń energetycznych określa rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. z 2019 poz. 1830). Sposób organizacji i nadzoru prac eksploatacyjnych w danej jednostce organizacyjnej określa pracodawca. Przy wykonywaniu robót każdy wykonawca jest zobowiązany do przestrzegania aktualnie obowiązujących przepisów w zakresie BHP [4, 13, 24 – 26, 28, 29].

W przypadku dużych budów ważne jest, aby podwykonawca robót elektrycznych również przestrzegał przepisów BHP określonych przez generalnego wykonawcę w tym zakresie [106]. W przypadku wykonywania robót elektrycznych w czynnych obiektach (oddziałach zakładu) inwestor powinien zapewnić odpowiednie zabezpieczenia i urządzenia ochronne, jak również nadzór w zakresie BHP ze strony użytkownika obiektu. Samodzielny wykonawca robót elektrycznych powinien być członkiem Izby Inżynierów Budownictwa, posiadać uprawnienia budowlane oraz ważne świadectwo kwalifikacyjne E i D w zakresie dozoru i eksploatacji instalacji oraz urządzeń elektroenergetycznych [1, 2, 4, 16]. W budynku powinny być zainstalowane odpowiednie oznaczenia (tablice) oraz znaki bezpieczeństwa [109].

Ze względu na spełniane funkcje wyróżnia się tablice:

- ostrzegawcze, ostrzegające o mogącym powstać zagrożeniu; umieszczane na słupach linii napowietrznych, drzwiczkach szafek rozdzielnic, np.: „Urządzenie elektryczne!”, „Pod napięciem”,
- nakazu, polecające wykonywanie określonych czynności; umieszczane na łącznikach, silnikach, pulpitach sterowniczych, np.: „Przed pracą uziemić”, „Używaj narzędzi tylko zasilanych napięciem 24 V”,
- zakazu, zakazujące wykonywania czynności, które są w danej sytuacji nie- bezpieczne, nieprawidłowe; umieszczane np. na drzwiach celek rozdzielni: „Nie załączaj – pracują ludzie”, „Nie wchodzić”, „Nie załączać”, „Dotykanie wzbronione”,
- informacyjne, wskazujące na możliwość osiągnięcia stanu bezpieczeństwa i zwracające uwagę na stan urządzeń; umieszcza się je w miejscu pracy przy urządzeniach elektrycznych, np.: „Miejsce pracy”, „Wyłącznik główny”, „Wyłączono”, „Uziemiono”.

Urządzeń elektrycznych nie należy dotykać oraz zbliżać się do nich, jeżeli nie zachodzi taka potrzeba, wynikająca na przykład z konieczności posługiwania się urządzeniami przenośnymi lub załączania i wyłączania obwodów odbiorników elektrycznych. Przed wykonaniem czynności łączeniowych, wymianą bezpieczników lub elektrycznych źródeł światła należy sprawdzić przez oględziny stan urządzeń, które mogą być dotknięte, a szczególnie stan ich obudów i widocznych części izolacyjnych. W przypadku zauważenia jakiegokolwiek uszkodzenia należy zaniechać uprzednio przewidzianych czynności.

Prace przy urządzeniach i instalacjach elektrycznych powinny być wykonywane w większości przypadków przy całkowitym wyłączeniu napięcia. W zależności od zastosowanych metod i środków zapewniających bezpieczeństwo mogą być prowadzone prace w pobliżu napięcia oraz pod napięciem zgodnie z rozporządzeniem [25], ale przez specjalnie do tego przygotowane ekipy monterskie. Wyłączenie urządzeń i instalacji elektroenergetycznych spod napięcia powinno być dokonane w taki sposób, aby uzyskać przerwę izolacyjną w obwodach zasilających urządzenia i instalacje.

Za przerwę izolacyjną uważa się:

- otwarte zestyki łącznika w odległości określonej w normach przedmiotowych (np. dla rozłącznika PN-EN 60947-1) lub w dokumentacji producenta,
- wyjęte wkładki bezpiecznikowe,
- zdemonutowanie części obwodu zasilającego,
- przerwanie ciągłości połączenia obwodu zasilającego w łącznikach o obudowie zamkniętej, stwierdzone w sposób jednoznaczny na podstawie położenia wskaźnika odwzorowującego otwarcie łącznika.

Przed przystąpieniem do wykonywania prac przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych wyłączonych spod napięcia należy kolejno [25]:

- zastosować odpowiednie zabezpieczenie przed przypadkowym załączeniem napięcia,
- wywiesić tablicę ostrzegawczą w miejscu wyłączenia obwodu o treści: „Nie załączać”,
- sprawdzić brak napięcia w wyłączonym obwodzie,
- uziemić wyłączone urządzenia z obu stron zasilania,
- zabezpieczyć i oznaczyć miejsce pracy odpowiednimi znakami i tablicami ostrzegawczymi.

Zabezpieczeniem przed przypadkowym załączeniem napięcia jest:

- wyjęcie wkładek bezpiecznikowych w obwodzie zasilającym lub zablokowanie napędu otwartego łącznika (w urządzeniach o napięciu znamionowym do 1 kV),
- unieruchomienie i zablokowanie napędów łączników lub wstawienie przegród izolacyjnych między otwarte zestyki łączników (w urządzeniach o napięciu znamionowym powyżej 1 kV).

Podczas prac elektroinstalacyjnych należy stosować sprzęt ochronny. Izolacyjny sprzęt ochronny należy poddawać okresowo próbom wytrzymałości elektrycznej. Sprzęt, którego termin ważności próby okresowej został przekroczony, nie nadaje się do dalszego stosowania i powinien zostać natychmiast wycofany z użycia.

Przed każdym użyciem sprzętu ochronnego należy sprawdzić:

- wartość napięcia, do jakiego sprzęt jest przeznaczony (sprzęt izolacyjny i wskaźniki),
- stan ogólny sprzętu przez szczegółowe oględziny,
- termin ważności próby okresowej,
- poprawne działanie wskaźnika napięcia.

W przypadku negatywnego wyniku powyższych sprawdzeń nie wolno używać sprzętu i należy oddać go do kontroli technicznej. Jeżeli wynik negatywny zostanie potwierdzony, to sprzęt powinien zostać zezłomowany. Przy wykonywaniu instalacji elektrycznych i telekomunikacyjnych trzeba przestrzegać ogólnych zasad BHP oraz wymagań przy pracach na wysokości i w wykopach ziemnych [22, 23, 28 – 30]. W przypadku instalacji telekomunikacyjnych należy zwrócić szczególną uwagę na szkodliwe niewidzialne promieniowanie optyczne występujące na zakończeniach włókien światłowodowych. Takie miejsca powinny być odpowiednio oznakowane.

## 2. DOKUMENTACJA TECHNICZNA

Dla każdego budynku lub obiektu budowlanego powinna być opracowana dokumentacja techniczna zgodnie z przepisami [1, 2, 13, 31, 32] z uwzględnieniem postanowień Polskich Norm odpowiednio do potrzeb wymienionych w spisie literatury. W zależności od wielkości i ważności inwestycji dokumentację należy wykonać w większej (4 – 5) lub mniejszej liczbie tomów (2 – 3). W przypadkach typowych dokonuje się podziału na cztery tomy (ogólnotechniczny, prefabrykaty urządzeń, instalacje, kosztorys). W przypadku bardzo dużych inwestycji dokumentację należy podzielić na poszczególne zadania inwestycyjne lub obiekty. Projekt budowlany należy przedstawić właściwym władzom lokalnym w celu uzyskania pozwolenia na budowę [31, 33]. W dziedzinie elektroenergetyki powinien on zawierać projekty zagospodarowania działki lub terenu oraz projekt architektoniczno-budowlany.

Projekt wykonawczy powinien być ostatnim stadium dokumentacji, opracowywanym na podstawie projektu wstępnego dla poszczególnych zadań lub obiektów. Dokumentację jednostadiową należy wykonywać w przypadku małych lub nieskomplikowanych inwestycji, dla których zbędne jest opracowywanie niektórych zadań projektowych. Dokumentację projektową należy sporządzić w oddzielnych tomach lub częściach dla następujących obiektów i elementów instalacji:

- napowietrzne linie elektroenergetyczne,
- kablowe linie elektroenergetyczne i sterowniczo-sygnalizacyjne,
- stacje elektroenergetyczne,
- instalacje elektryczne 3-fazowe (siły) i układy sterowniczo-napędowe,
- aparatura kontrolno-pomiarowa i regulacyjna,
- instalacje oświetlenia wewnętrznego i zewnętrznego,
- instalacje piorunochronne i uziemiające,
- instalacje telekomunikacyjne,
- gospodarka elektroenergetyczna.

Instytucja projektująca jest zobowiązana do dokonania uzgodnień. Uzgodnienia te powinny dotyczyć kompletu dokumentacji zawierającej rozwiązania wszystkich branż. Zakres uzgodnień, jednostki uzgadniające oraz tryb uzgadniania zależą od charakteru projektowanej inwestycji. Uzgodnień należy dokonać w zakładach uzgodnień dokumentacji projektowej (ZUDP) obiektów inżynierskich, mieszczących się zwykle przy terenowych organach administracji państwowej. Przy sporządzeniu kosztorysu obowiązują ceny umowne. Ze złożonych do przetargu ofert inwestor wybiera najkorzystniejszą, biorąc pod uwagę cenę oraz inne istotne dla niego czynniki, np. terminowość i solidność wykonania, fachowość. Do ogłoszenia przetargu konieczne jest określenie rodzaju i zakresu robót. Rodzaj i ilość robót w kosztorysie określa projektant, natomiast ceny i wartość robót ustala wykonawca [31, 37]. Zawartość dokumentacji opisano szczegółowo w załączniku 1.

### **3. MATERIAŁY I WYROBY STOSOWANE W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH BUDYNKÓW**

#### **3.1. Wymagania formalne**

Parametry techniczne urządzeń należy przyjmować zgodnie z odpowiednimi opracowaniami branżowymi. Aspekty wizualne, w tym kolorystyka i lokalizacja elementów widocznych w przestrzeniach reprezentacyjnych, należy realizować zgodnie ze specyfikacją i rysunkami branży architektonicznej.

Elementy instalacji sanitarnych, elektrycznych, teletechnicznych oraz przeciwpożarowych montowane w przestrzeniach widocznych należy wykonywać w oparciu o ustalenia zawarte w Dokumentacji Projektowej oraz w wyniku obowiązkowej koordynacji robót montażowych. Przed przystąpieniem do montażu należy uzyskać akceptację Nadzoru Autorskiego.

Do wykonania instalacji elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych w budownictwie użyteczności publicznej należy stosować przewody, kable, sprzęt, osprzęt oraz aparaturę i urządzenia elektryczne wprowadzone do obrotu zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego [20].

Sprzęt elektryczny i telekomunikacyjny może być wprowadzony do obrotu tylko pod warunkiem skonstruowania zgodnego z zasadami dobrej praktyki inżynierskiej w zakresie zasad bezpieczeństwa, jego właściwego zainstalowania, utrzymywania w odpowiednim stanie technicznym i użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, a także jeżeli jest oznakowany w sposób określony w § 11 rozporządzenia [13] i w [5 – 7, 17, 18] oraz nie zagraża bezpieczeństwu ludzi, zwierząt domowych i mienia.

Podane niżej zasady dopuszczania do obrotu dotyczą sprzętu elektrycznego przeznaczonego do użytkowania przy napięciu nominalnym od 50 V do 1000 V prądu przemiennego lub od 75 V do 1500 V prądu stałego. Zasady dopuszczania do obrotu powyżej 1 kV oparte są na ustawach [5, 19].

Domniemywa się, że wyrób spełnia wymagania podstawowe, jeżeli jest zgodny z normami zharmonizowanymi. Jeżeli sprawdzenie wymagań zasadniczych jest niemożliwe ze względu na brak norm zharmonizowanych, domniemywa się, że sprzęt elektryczny spełnia te wymagania, o ile jego parametry są zgodne z normami Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC) dotyczącymi tego sprzętu. W przypadku braku norm IEC domniemywa się, że sprzęt elektryczny spełnia wymagania podstawowe, jeżeli jest zgodny z normami krajowymi w zakresie tego sprzętu, opracowanymi z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa Międzynarodowej Komisji do Spraw Przepisów Dotyczących Zatwierdzania Sprzętu Elektrycznego (CEE).

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel, w wyniku wewnętrznej kontroli produkcji, powinien zapewnić i zadeklarować, że sprzęt elektryczny spełnia wymagania podstawowe, wystawiając deklarację zgodności UE. Na sprzęcie elektrycznym producent powinien umieścić znak CE, potwierdzając, że sprzęt elektryczny spełnia wymagania określone przepisami rozporządzenia [17], czyli wymagania dyrektyw Unii Europejskiej.

W celu ochrony przed zagrożeniami powodowanymi przez sprzęt elektryczny, w procesie jego projektowania i produkcji należy przewidzieć i zastosować odpowiednie środki techniczne, zapewniające bezpieczeństwo użytkowania [17]. Na sprzęcie elektrycznym powinny być umieszczone podstawowe informacje, których znajomość i przestrzeganie są warunkiem bezpieczeństwa użytkowania. W przypadku braku możliwości zamieszczenia informacji na obudowie należy je podać w instrukcji obsługi lub świadectwie gwarancyjnym. Na obudowie sprzętu elektrycznego musi być także podana nazwa producenta oraz umieszczony znak firmowy lub znak towarowy.

W budownictwie użyteczności publicznej przy zastosowaniu urządzeń elektrycznych lub instalacji elektrycznej o napięciu nominalnym wyższym niż 1 kV stosuje się inne kryteria. Wówczas za dopuszczone do obrotu uznaje się wyroby mające deklarację właściwości użytkowych potwierdzającą spełnienie wymagań podstawowych, określonych na podstawie oceny technicznej w oparciu o przedmiotowe normy wyrobu PN-EN, PN-HD, PN IEC lub w przypadku ich braku – o normy krajowe lub wymagania techniczne specjalnie opracowane wewnętrznie przez producenta. W budownictwie użyteczności publicznej i ich otoczeniu są instalowane wyroby elektryczne (mechaniczno-elektryczne), będące wyrobami budowlanymi, np. słupy oświetleniowe, stałe urządzenia gaśnicze (pompy, tryskacze) [18]. Do tych wyrobów należy stosować systemy oceny i weryfikacji właściwości użytkowych oraz sposoby ich oznaczania znakiem CE [18], jak dla wyrobów budowlanych – zgodnie z ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. z 2004 r. nr 92, poz. 881) [6] wraz z aktami wykonawczymi oraz rozporządzeniem UE nr 305/2011 [17].

Wprowadzenie do obrotu wyrobu budowlanego w systemie europejskim jest możliwe, jeżeli została dla niego ustanowiona norma zharmonizowana lub gdy wyrób jest zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną. W tym przypadku należy dokonać oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobu budowlanego w odniesieniu do jego podstawowych charakterystyk zgodnie z jednym z systemów określonych w załączniku V rozporządzenia nr 305/2011 [17], ze zmianami wprowadzonymi

rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) nr 568/2014 z dnia 18 lutego 2014 r. (Dz. U. L 157 z 27.5.2014, s. 76) przez producenta z udziałem jednostki notyfikowanej. Wymagane jest utworzenie i prowadzenie przez producenta zakładowej kontroli produkcji. Następnie producent wyrobu sporządza, jako podstawę do deklaracji właściwości użytkowych, dokumentację techniczną, w której opisuje wszystkie istotne elementy związane z wymaganym systemem oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. Po przeprowadzeniu oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych producent sporządza deklarację właściwości użytkowych, zgodnie z art. 4 i 6 rozporządzenia nr 305/2011 ze zmianą wprowadzoną rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) nr 574/2014 z dnia 21 lutego 2014 r. (Dz.U. L 159 z 28.5.2014, s. 41), oraz umieszcza oznakowanie CE wraz z informacją towarzyszącą temu oznakowaniu, w sposób określony w art. 9 rozporządzenia nr 305/2011 [17].

Sytuacja wygląda zgoła odmiennie, gdy dla danego wyrobu nie opracowano normy zharmonizowanej. Obowiązkiem producenta jest wówczas uzyskanie krajowej oceny technicznej (KOT) lub europejskiej oceny technicznej (EOT), których wydawaniem zajmuje się w Polsce m.in. Instytut Techniki Budowlanej.

W każdym systemie oceny zgodności i weryfikacji właściwości użytkowych wymagane jest utworzenie i prowadzenie przez producenta zakładowej kontroli produkcji. Po wykazaniu w wyniku dokonanej oceny zgodności, że wyrób spełnia wymagania określone w specyfikacji technicznej, producent wyrobu (lub jego upoważniony przedstawiciel) wystawia krajową deklarację zgodności i następnie umieszcza na wyrobie znak budowlany, dołączając do wyrobu wymaganą informację – a wyrób może zostać wprowadzony do obrotu.

Osobną grupę stanowią wyroby automatyki pożarowej dotyczące systemów alarmowania i powiadamiania, ostrzegania i ewakuacji oraz urządzenia do uruchamiania urządzeń przeciwpożarowych, wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej, a także dźwigi dla straży pożarnej, przewody, kable do urządzeń przeciwpożarowych i znaki bezpieczeństwa oraz oprawy oświetleniowe do oświetlenia awaryjnego.

Wykaz tych wyrobów oraz wymagania techniczno-użytkowe zawiera załącznik do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych (Dz. U. z 2010 r., nr 85, poz. 533)\*. Wymienione wyżej wyroby są wyrobami budowlanymi, w związku z tym podlegają wymaganiom rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r., które ustanowiło zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchyliło dyrektywę Rady 89/106/EEG. Zgodnie z art. 10 Prawa budowlanego wyroby wytworzone w celu zastosowania w obiekcie budowlanym w sposób trwały, o właściwościach użytkowych umożliwiających prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym obiektom budowlanym spełnienie podstawowych wymagań, można stosować przy wykonywaniu robót budowlanych wyłącznie, jeżeli wyroby te zostały wprowadzone do obrotu lub udostępnione na rynku krajowym zgodnie z przepisami odrębnymi, a w przypadku wyrobów budowlanych – również zgodnie z zamierzonym zastosowaniem.

Dopuszczenie do użytkowania tych wyrobów może nastąpić dopiero po uzyskaniu pozytywnej oceny właściwości użytkowych zidentyfikowanego wyrobu, potwierdzonych w zależności od potrzeb badaniami, opiniami ekspertów lub innymi dokumentami, jeżeli wynika to z warunków stosowania wyrobu lub pozytywnej oceny warunków techniczno-organizacyjnych producenta wyrobu. Dopuszczenia wydają jednostki badawczo-rozwojowe Państwowej Straży Pożarnej wskazane przez Ministra Spraw Wewnętrznych.

Ocenę zgodności urządzeń radiowych i końcowych urządzeń telekomunikacyjnych z wymaganiami zasadniczymi dokonuje się w oparciu o ustawę Prawo telekomunikacyjne [8] oraz rozporządzenie [20]. Artykuł 153 ustawy [3] stanowi, że urządzenia radiowe i telekomunikacyjne urządzenia końcowe, wprowadzane do obrotu i używania, powinny spełniać wymagania podstawowe w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa użytkownika, kompatybilności elektromagnetycznej, a w przypadku urządzeń radiowych także efektywnego wykorzystania zasobów częstotliwości lub zasobów orbitalnych, zgodnie z [8].

Wypełnienie obowiązku oceny zgodności i wartości użytkowych jest warunkiem koniecznym do sporządzenia deklaracji właściwości użytkowych i oznakowania CE. Metody badań niezbędnych do dokonania oceny zgodności urządzenia telekomunikacyjnego z zasadniczymi wymaganiami określają odpowiednie normy zharmonizowane. Możliwe jest także zastosowanie metod badań zawartych w innych dokumentach technicznych, o ile umożliwiają one sprawdzenie zgodności urządzeń z wymaganiami podstawowymi.

---

\* Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. z 2010 r. nr 85, poz. 553).

### **3.2. Wymagania techniczne**

#### **3.2.1. Informacje wstępne**

Do wykonania instalacji elektrycznej w budynkach użyteczności publicznej należy stosować podstawowe wyroby elektryczne, a mianowicie: przewody, kable, urządzenia, aparaturę i materiały elektroinstalacyjne. Powinny one spełniać wymagania formalne [6] i określone wymagania techniczne.

Użycie innych wyrobów, tutaj niewymienionych, jest możliwe pod warunkiem posiadania przez nie dopuszczenia do stosowania w budownictwie i uwzględnienia ich w zatwierdzonym projekcie dotyczącym instalacji elektrycznych w budynku [6].

Grupy materiałów stanowiących osprzęt instalacyjny do kabli i przewodów to:

- przepusty kablowe i osłony krawędzi,
- drabinki instalacyjne,
- koryta i korytka instalacyjne,
- kanały i listwy instalacyjne,
- rury instalacyjne,
- kanały podłogowe,
- systemy mocujące,
- puszki elektroinstalacyjne,
- końcówki kablowe, zaciski i konektory,
- pozostały osprzęt (oznaczniki przewodów, linki nośne i systemy naciągowe, dławice, złączki i szyny, zaciski ochronne itp.).

#### **3.2.2. Zasilanie i rozdział energii elektrycznej w budynkach**

Stosownie do wielkości mocy zapotrzebowanej obiektu [2, 21] oraz charakteru i miejsca jego usytuowania przewiduje się zasilanie budynku bezpośrednio z konsumentowej stacji transformatorowej zainstalowanej w budynku

Przyłącza (kod CPV 31342000-5)

Należy stosować przyłącza kablowe.

Przyłącza kablowe należy stosować zawsze w przypadku kablowych sieci rozdzielczych o napięciu do 1 kV. Część przyłącza kablowego znajdującego się na słupie (w górnej jego połowie) powinna być wygięta w dół w kształcie fajki, natomiast w części dolnej, przyziemnej słupa, przed uszkodzeniami mechanicznymi kabel należy chronić kątownikiem lub rurą ze specjalną zaślepką lub dławicą. Kabel wchodzący w skład przyłącza powinien być chroniony w ziemi na odcinku około 0,5 m, a nad ziemią na słupie na odcinku 2 m.

Złącza (kod CPV 44322200-5)

Należy stosować złącza:

- kablowe zewnętrzne w obudowach (skrzynkach, szafkach) odpornych na UV, warunki atmosferyczne oraz uszkodzenia mechaniczne; usytuowane na zewnątrz budynku, wolno stojące, przyściennie lub we wnękach, w miejscach dostępnych dla służb energetycznych,
- kablowe wewnętrzne w obudowach, umieszczone wewnątrz budynku, wolno stojące, przyściennie lub w zestawie z rozdzielnicą (drzwiczki obudów powinny być przystosowane do zamykania i plombowania).

Liczba złączy w budynku powinna być zgodna z projektem sieci rozdzielczej i zależna od obciążenia i rozległości instalacji. Złącze należy dobierać zgodnie z katalogami urządzeń rozdzielczych wydanych przez producentów.

Podstawowe dane techniczne złączy:

- napięcie znamionowe: 400/230 V, 50 Hz,
- prąd znamionowy: 63, 125, 200, 250, 400 A,
- maksymalny przekrój żył przyłączanych kabli: 240 mm<sup>2</sup>,
- stopień ochrony obudowy: minimum IP 43,
- obudowa wykonana w I lub II klasie ochronności.

#### **3.2.3. Elementy instalacji elektrycznych**

Kable elektroenergetyczne (kod CPV 31320000-5)

Zaleca się stosowanie kabli elektroenergetycznych [116, 122] o:

- izolacji i powłoce polwinitowej, np. typu YKY lub YAKY,
- izolacji z polietylenu usieciowanego i powłoce polwinitowej typu YKXS lub YAKXS,
- żyłach aluminiowych (Al) lub miedzianych (Cu).

Podstawowe dane techniczne kabli:

- napięcie znamionowe: 0,6/1 kV, 3,6/6 kV, 6/10 kV, 8,7/15 kV, 12/20 kV, 18/30 kV,
- liczba żył: 1, 3, 4, 5 (zależnie od przeznaczenia),
- przekrój znamionowy żył: 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 630, 800, 1000 mm<sup>2</sup>.

Przewody instalacyjne (kod CPV 31321200-7)

Należy stosować przewody izolowane (z izolacją lub izolacją i powłoką) do układania na stałe, jednożyłowe lub wielożyłowe, do układania w osłonach lub bez osłon, pod tynkiem, w tynku albo na tynku (podłożu).

Wymagane podstawowe parametry przewodów:

- napięcie znamionowe izolacji: 300/300, 300/500, 450/750 i 600/1000 V,
- przekrój znamionowy żył: 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240 mm<sup>2</sup> (każdy rodzaj przewodów jest produkowany w określonym zakresie przekrojów żył).
- Zaleca się stosowanie przewodów o żyłach miedzianych (Cu):
- jednożyłowych o żyłach miedzianych i izolacji polwinitowej typu DY (DYd; DYc), LY (LYd; LYc) do wykonywania instalacji w rurach, listwach, kanałach instalacyjnych,
- wtynkowych o żyłach miedzianych, izolacji i powłoce polwinitowej typu YDYt, do wykonywania instalacji wtynkowych lub osłoniętych,
- wielożyłowych o żyłach miedzianych, izolacji i powłoce polwinitowej, typu YDY (YDYp), YLY do wykonywania instalacji natynkowych.

Należy stosować przewody o żyłach miedzianych (Cu) przy przekrojach do 10 mm<sup>2</sup>. Przewody o żyłach aluminiowych (Al) można stosować dopiero przy przekrojach powyżej 10 mm<sup>2</sup>.

Przewody szynowe (kod CPV 45315700-5)

Przewody szynowe służą do przesyłu i rozdziału energii elektrycznej oraz zasilania odbiorników siłowych i oświetleniowych w szerokim zakresie mocy znamionowej. Przewody szynowe pełnią też czasami funkcje rozbudowanych przestrzennie rozdzielnic, co pozwala na unikanie stosowania wielu kabli i przewodów.

W zależności od potrzeb odbiorczych stosuje się przewody szynowe:

- magistralne typu AM i DM, o prądach znamionowych 1000 – 2300 A. Przewody tego typu stanowią częściowe przedłużenie układu szyn zbiorczych rozdzielnic stacyjnej; służą przede wszystkim do zasilania obwodów wykonanych przewodami rozdzielczymi oraz odbiorników o bardzo dużych mocach,
- rozdzielcze typu MR, o prądach znamionowych 160 – 630 A, służą do zasilania grup odbiorników oraz pojedynczych odbiorników o znacznych mocach,
- małogabarytowe, siłowe typu MS 10 do zasilania dużej liczby odbiorników trójfazowych,
- oświetleniowe typu MO 4 do zasilania opraw oświetleniowych,
- ślizgowe, osłonięte, do zasilania narzędzi ręcznych,
- ślizgowe, przeważnie nieosłonięte, do zasilania suwnic.

Podane nazwy typów odnoszą się do przewodów produkcji krajowej. W niektórych przypadkach, szczególnie przy stosowaniu przewodów importowanych, mogą wystąpić inne oznaczenia.

Systemy mocujące przewody, kable, instalacje wiązkowe i osprzęt

Uchwyty do mocowania kabli i przewodów [98] – klinowane w otworze z elementem trzymającym stałym lub zaciskowym, wbijane i mocowane do innych elementów (np. paski zaciskowe lub uchwyty kablów przykręcane); głównie z tworzyw sztucznych (niektóre elementy mogą być wykonane także z metali).

Uchwyty do rur instalacyjnych – wykonane z tworzyw i w typowych wielkościach, takich jak rury instalacyjne – mocowanie rury poprzez wciskanie lub przykręcanie (otwarte lub zamykane).

Końcówki kablów, zaciski i konektory – wykonane z materiałów dobrze przewodzących prąd elektryczny, jak aluminium, miedź, mosiądz, montowane poprzez zaciskanie, skręcanie lub lutowanie; ich zastosowanie ułatwia podłączanie i umożliwia wielokrotne odłączanie i przyłączanie przewodów do instalacji bez konieczności każdorazowego przygotowania końców przewodu oraz umożliwia systemowe izolowanie za pomocą osłon izolacyjnych.

Pozostały osprzęt – ułatwia montaż i zwiększa bezpieczeństwo obsługi; wyróżnić można kilka grup materiałów: oznaczniki przewodów, dławnice, złączki i szyny, zaciski ochronne itp.

### 3.2.4. Urządzenia zasilająco-rozdzielcze (kod CPV 45317300-5)

Należy stosować urządzenia zasilająco-rozdzielcze uwzględniające wyposażenie techniczne budynku, liczbę zasilanych wlv, ich prądy ciągłe oraz sposób zasilania budynku, a mianowicie:

- rozdzielnice główne budynku, zestawy rozdzielnic (tablic) głównych,
- prefabrykowane szyby instalacyjne.

Elementem konstrukcyjno-osłonowym omawianych urządzeń powinny być szafki metalowe lub z tworzywa sztucznego o różnych wielkościach modułowych. Drzwiczki szafek należy przystosować do zamykania i plombowania.

### 3.2.5. Aparatura łączeniowa i zabezpieczeniowa (kod CPV 31200000-8)

**Aparaty łączeniowe**

Do wyłączania lub załączania obwodu elektrycznego w stanie bezprądowym należy stosować odłączniki lub przełączniki o napędzie ręcznym lub elektromagnesowym, jak podano niżej.

**Łączniki izolacyjne (odłączniki, przełączniki)**

Do wyłączania lub załączania obwodu elektrycznego w stanie bezprądowym należy stosować odłączniki lub przełączniki w wykonaniu ręcznym zatablicowym.

Podstawowe parametry łączników:

- napięcie znamionowe UN = 500 V AC,
- prąd znamionowy IN = 100, 200, 400, 600, 1000, 1500 A,
- liczba biegunów: 2, 3, 4.

**Łączniki izolacyjne (rozłączniki)**

Do załączania lub wyłączania obwodów prądu przemiennego i stałego o małych wartościach prądów ( $I < I_N$  ciągłego) można stosować rozłączniki ręczne zatablicowe.

Podstawowe parametry techniczne łączników (rozłączników):

- napięcie znamionowe UN = 230/400, 500, 660, 1000 V,
- prąd znamionowy IN = 100, 200, 400, 600, 1000, 1500 A,
- liczba biegunów: 2, 3.

Zaleca się stosowanie rozłączników bezpiecznikowych. Podstawowe parametry techniczne rozłączników:

- napięcie znamionowe UN = 230/400 V,
- prąd znamionowy IN = 16, 25, 40, 63, 80, 100 A,
- liczba biegunów: 1, 2, 3, 4.

Zaleca się ich stosowanie jako wyłączników głównych.

**Styczniki**

Styczniki to łączniki przystosowane do pracy w obwodach wymagających dużej częstości łączeń. Należy używać ich do wykonywania łączeń manewrowych w układach elektrycznych. W zależności od potrzeby można stosować styczniki w wersjach standardowych oraz cichych na napięcia sterujące od 24 V do 230 V prądu przemiennego. W niektórych przypadkach, szczególnie przy długich obwodach sterujących, należy rozważyć sterowanie prądem stałym.

**Aparaty zabezpieczające**

**Wyłączniki instalacyjne**

Wyłączniki instalacyjne należy stosować w instalacjach elektrycznych do zabezpieczania obwodów od skutków przeciążeń i zwarć (wyłączania prądów roboczych i zwarciovych) oraz do ochrony przeciwporażeniowej. W budownictwie użyteczności publicznej należy stosować następujące odmiany wyłączników:

- w zależności od sposobu montażu: zatablicowe, płaskie jedno- lub czterobiegunowe oraz bardzo rzadko wkrętkowe,
- w zależności od pełnionej funkcji: nadprądowe, różnicowoprądowe, nadprądowe z członem różnicowoprądowym, selektywne, silnikowe.

**Wyłączniki instalacyjne zatablicowe i wkrętkowe**

Przeznaczone do zabezpieczania obwodów w instalacjach elektrycznych w budynkach. Do instalowania łącznie z gniazdem bezpiecznikowym E27 lub jako za- tablicowe.

Podstawowe parametry techniczne:

- wyłączniki o charakterystykach L, H, K,
- prądy znamionowe IN = 0,5; 1,6; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 16; 20; 25 A,
- napięcia znamionowe:
- dla AC – UN = 400 V,
- dla DC – UN = 250 V.

**Wyłączniki instalacyjne płaskie nadprądowe**



Do zabezpieczania obwodów w instalacjach elektrycznych w budynkach zaleca się stosowanie wyłączników instalacyjnych nadprądowych. Wyłączniki powinny być przystosowane do instalowania na szynie TH 35.

Należy stosować wyłączniki o charakterystykach B; natomiast w obwodach zasilających silniki o charakterystykach C i D lub inne odbiorniki o dużym prądzie rozruchowym. Szczegółowe dane można znaleźć w katalogu producenta.

Podstawowe parametry techniczne dla wyłączników o charakterystyce B:

- prądy znamionowe  $I_N = 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 \text{ A}$ ,
- napięcia znamionowe:
- dla AC –  $U_N = 400 \text{ V}$ ,
- dla DC –  $U_N = 250 \text{ V}$ .

Znamionowa zdolność łączeniowa – dla wyłącznika od 6 A do 63 A wynosi 6 kA lub 10 kA.

Znamionowa zdolność łączeniowa – dla wyłącznika 80 A wynosi od 10 kA do 50 kA. Podstawowe dane techniczne dla wyłączników o charakterystyce C i D:

- prądy znamionowe  $I_N = 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 \text{ A}$ ,
- dla prądu przemiennego AC:
- napięcie znamionowe: 230 i 400 V; 50 Hz,
- dla prądu stałego DC:
- napięcie znamionowe: 60 i 110 V,
- zdolność łączeniowa: od 6 kA do 10 kA.

Wyłączniki nadprądowe silnikowe

W zależności od potrzeb należy stosować wyłączniki silnikowe z wyzwalaczami elektromagnesowymi lub termicznymi. Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe  $U_N = 660 \text{ V}$ ,
- prądy znamionowe w zależności od typu od 0,1 do 40 A,
- znamionowa zwarciova zdolność łączeniowa do 10 kA.

Wyłączniki różnicowoprądowe

Do ochrony przeciwporażeniowej w instalacji elektrycznej w budynkach należy stosować wyłączniki różnicowoprądowe przystosowane do montażu na szynie TH 35. Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe: 230 lub 380 V (400 V), 50 Hz,
- prąd znamionowy: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 A,
- znamionowy prąd różnicowy: 10, 30, 100, 300, 500 mA,
- czas zadziałania: poniżej 0,05 s,
- zdolność łączeniowa do 10 kA,
- typy charakterystyk: AC, A i B.

Wyłączniki różnicowoprądowe selektywne

Do zapewnienia selektywności wyłącznika różnicowoprądowego względem znajdujących się za nim w obwodzie wyłączników nadprądowych, licząc od strony zasilania, należy stosować wyłączniki selektywne. W tym celu można używać zestawów składających się z wyłącznika nadprądowego i wyłącznika różnicowoprądowego. Powinna zostać zapewniona selektywność w zakresie prądów zwarciovych do 25 kA.

Bezpieczniki (podstawy i gniazda bezpiecznikowe)

Bezpieczniki należy dobrać zgodnie z projektem, według charakterystyki czasowo-prądowej podanej przez producenta.

Podstawowe dane techniczne bezpieczników instalacyjnych:

- napięcie znamionowe podstawy: 660 V,
- prądy znamionowe wkładki bezpiecznikowej: 2, 4, 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 35, 50, 63, 80, 100 A,
- prąd znamionowy gniazda bezpiecznikowego: 25, 63, 100 A,
- wykonanie: ściennie, zamknięte, otwarte, tablicowe oraz małowabarytowe do montażu na typowej szynie TH 35,
- zdolność łączeniowa bezpieczników instalacyjnych: od 30 kA do 100 kA,
- główki bezpiecznikowe: gwint E 27; E 33,
- miniaturowe do urządzeń rozłączników bezpiecznikowych przystosowanych do montażu na szynie TH 35,
- stopień ochrony podstawy: minimum IP 2X.

### 3.2.6. Aparatura zabezpieczająca obwody zasilające budynki oraz styczniki

Do zabezpieczania urządzeń i obwodów zasilających budynki przed skutkami zwarć, przeciążeń i zaniku napięcia oraz łączenia prądów roboczych należy stosować aparaty w wykonaniu podanym niżej.

#### Bezpieczniki wielkiej mocy (stacyjne)

Do zabezpieczania urządzeń i obwodów zasilających budynki, gdzie występują duże prądy robocze (powyżej 63 A) i zwarciove, należy stosować bezpieczniki mające wkładki bezpiecznikowe wyposażone w styki nożowe i umocowane w podstawach z materiału izolacyjnego z zaciskami szczękowymi. W zależności od wartości prądu znamionowego (63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 A) należy stosować podstawy bezpiecznikowe w czterech wielkościach: 0, 1, 2 i 3.

#### Wyłączniki zwarciove

Do łączenia prądów roboczych oraz do zabezpieczenia odbiorników i urządzeń zasilających przed skutkami zwarć, przeciążeń i zaniku napięcia należy wykorzystywać uniwersalne wyłączniki zwarciove wykonane w różnych odmianach, jako: otwarte, w obudowie metalowej lub wysuwane. W zależności od potrzeb powinno się stosować wyłączniki z napędem ręcznym, elektromagnesowym lub silnikowym.

Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe: 500 V AC, 220 V DC,
- prąd znamionowy: od 400 do 2500 A.

Można także wykorzystywać wyłączniki zwarciove w obudowie izolacyjnej.

#### Łączniki stycznikowe (styczniki)

Do wykonywania dużej częstości łączeń należy stosować styczniki prądu stałego lub przemiennego produkowane na prąd ciągły od 40 do 630 A AC i od 25 do 1600 A DC. Użycie styczników nie zwalnia wykonawcy z zastosowania w instalacji odpowiednich zabezpieczeń przetężeniowych.

### 3.2.7. Układanie przewodów i rozprowadzenie instalacji w budynku

#### Osprzęt instalacyjny

Rury instalacyjne wykonane z tworzyw sztucznych albo metalowe, głównie stalowe – zasadą jest używanie materiałów o wytrzymałości elektrycznej powyżej 2 kV, niepalnych lub trudno zapalnych, które nie podtrzymują płomienia, a gazy wydzielane przez rury w wysokiej temperaturze mają być nieszkodliwe dla człowieka. Należy stosować rury z materiałów niepalnych, trudno zapalnych, niepodtrzymujących płomienia, odpornych na temperaturę otoczenia (–5°C do +60°C), o wytrzymałości elektrycznej izolacji 2 kV. Do instalacji wewnętrznych zaleca się stosować ze względu na wytrzymałość mechaniczną lekkie i średnie rury, wykonane jako:

- gładkie: giętkie lub sztywne,
- karbowane giętkie,
- elastyczne,
- karbowane sztywne, o zewnętrznej powierzchni karbowanej i wewnętrznej powierzchni gładkiej.

Do instalacji wewnętrznych zaleca się stosowanie rur o następujących średnicach:

- gładkie: 16, 19, 24, 26, 32, 35, 35, 45, 55 mm,
- karbowane: 16, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 37, 47, 52, 54 mm,

Średnica rury powinna być dostosowana do średnicy i liczby układanych przewodów lub kabli. Do łączenia rur, wykonywania odgałęzień należy wykorzystywać złączki, kolanka i trójniki odpowiednie do zastosowanych typów rur.

Rury stalowe czarne, malowane lub ocynkowane mogą być gładkie lub karbowane – średnice typowych rur gładkich (sztywnych): od 0,13 do 0,42 mm. Dobór średnicy rur instalacyjnych zależy od liczby oraz od przekroju poprzecznego wciąganych do wspólnej rury instalacyjnej kabli i przewodów.

Kanały i listwy instalacyjne wykonane z tworzyw sztucznych, blach stalowych albo aluminiowych lub jako kombinacja metal – tworzywo sztuczne ze względu na miejsce montażu mogą być ściennie, przypodłogowe, sufitowe, podłogowe; są odporne na temperaturę otoczenia w zakresie od –5 do +60°C. Służą jako osłony do układania przewodów instalacji zasilających i odbiorczych. Występują wraz z osprzętem, tj. łącznikami, narożnikami, końcówkami.

Wymiary kanałów i listew są zróżnicowane w zależności od decyzji producenta, przeważają płaskie, a ich szerokości wynoszą 10 (16) do 256 (300) mm. Kanały o większej szerokości mają przegrody wewnętrzne stałe lub mocowane w celu umożliwienia prowadzenia różnych rodzajów instalacji w ciągach równoległych we wspólnym kanale lub listwie. Zasady instalowania równoległego różnych sieci przy wykorzystaniu kanałów i listew instalacyjnych należy przyjmować według zaleceń producenta i zaleceń normy. Kanały pionowe o wysokości od 176 do 2800 mm występują w odmianie podstawowej i o podwyższonych wymaganiach estetycznych jako słupki lub kolumny aktywacyjne. Osprzęt kanałów i listew można podzielić na dwie grupy: ułatwiający prowadzenie instalacji oraz pokrywy i stanowiący wyposażenie użytkowe, jak gniazda i przyciski instalacyjne silno- i słaboprądowe, elementy sieci telefonicznych, transmisji danych oraz audio-wideo.

Kanały podłogowe wykonywane są z blachy lub tworzyw sztucznych (zamknięte lub z otwieraną pokrywą na całej długości) wraz z systemem kasetonów do mocowania gniazd wtyczkowych do układania:

- w betonie,
- w warstwie wyrównawczej podłogi,
- w podłogach pustakowych,
- w podwójnych podłogach instalacyjnych.

Korytka instalacyjne wykonane z perforowanych taśm stalowych lub gładkie, aluminiowe lub siatkowe oraz z tworzyw sztucznych w formie prostej lub grzebieniowej o szerokości od 50 mm do 600 mm. Wszystkie rodzaje korytek mają bogate zestawy elementów dodatkowych, ułatwiających układanie według zaprojektowanych linii, oraz zapewniają utrudniony dostęp do kabli i przewodów dla nieuprawnionych osób. Systemy korytek metalowych mają łączniki łukowe, umożliwiające płynne układanie kabli sztywnych (np. o większych przekrojach żył).

Korytka druciane są wykonane z drutu ocynkowanego, stosowane przy nie- wielkiej liczbie ułożonych w jednej warstwie kabli (np. obciążenie od 2 kg/mb do 3 kg/mb).

Drabinki instalacyjne wykonane z perforowanej taśmy stalowej lub aluminiowej i zabezpieczone przed korozją. Drabinki można mocować systemowo lub samo- nośnie. Stanowią one osprzęt różnych elementów instalacji elektrycznej. Pozwalają na swobodne mocowanie nie tylko kabli i przewodów, ale także innego wyposażenia, dodatkowo łatwo z nich budować skomplikowane ciągi drabinkowe odpowiednio do potrzeb.

Puszki elektroinstalacyjne do instalowania gniazd i łączników, puszki sufitowe, przelotowe i łączące, puszki odgałęźne lub podłogowe:

- należy stosować puszki odpowiednie dla danego systemu instalacji w budynku: natynkowe, podtynkowe, natynkowo-wtynkowe,
- puszki sprzętowe powinny być przystosowane do mocowania w nich gniazd i łączników za pomocą wkrętów lub „pazurków”.
- Wymagane podstawowe parametry puszek:
- puszka sprzętowa:  $\phi$  60 mm,
- puszka sufitowa i końcowa:  $\phi$  60 mm, 60  $\phi$  60 mm,
- puszka rozgałęźna:  $\phi$  70 mm, przyłączalność przewodów o przekroju od 1 mm<sup>2</sup> do 6 mm<sup>2</sup>,
- stopień ochrony: minimum IP 2X,
- wytrzymałość elektryczna izolacji 2 kV,
- wykonanie z materiałów niepalnych lub niepodtrzymujących płomienia.

Dobór typu puszki uzależniony jest od systemu instalacyjnego. Ze względu na system montażu występują puszki natynkowe, podtynkowe, natynkowo-wtynkowe, podłogowe.

Wyróżniamy następujące systemy mocowania przewodów, kabli i osprzętu, elementów do instalacji wiązkowych:

- uchwyty do mocowania przewodów, kabli, rur instalacyjnych do podłoża,
- opaski i klamry do wykonania wiązek przewodów i kabli.

Przepusty kablowe i osłony krawędzi: w przypadku podziału budynku na strefy pożarowe, w miejscach przejścia kabli między strefami lub w celu ochrony izolacji przewodów przy przejściach przez ścianki konstrukcji wsporczych należy stosować przepusty ochronne. Kable i przewody układane bezpośrednio na podłodze należy chronić przez stosowanie osłon (rury instalacyjne, listwy podłogowe).

#### Sprzęt instalacyjny

Łączniki ogólnego przeznaczenia do instalacji podtynkowych, natynkowych i natynkowo-wtynkowych. Łączniki powinny być przystosowane do instalowania w puszkach  $\square$  60 mm za pomocą wkrętów lub „pazurków”.

Zaciski należy przystosować do łączenia przewodów o przekroju od 1,0 mm<sup>2</sup> do 2,5 mm<sup>2</sup>. Obudowy łączników powinny być wykonane z materiałów niepalnych lub niepodtrzymujących płomienia.

Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe: 250 V, 50 Hz,
- prąd znamionowy: 6, 10 A,
- stopień ochrony w wykonaniu zwykłym: minimum IP 2X,
- stopień ochrony w wykonaniu szczelnym: minimum IP 44.

Gniazda wtyczkowe ogólnego przeznaczenia do instalacji podtynkowych, natynkowych i natynkowo-wtynkowych:

- gniazda powinny zostać wyposażone w styk ochronny i przystosowane do in- stalowania w puszkach  $\phi$  60 mm za pomocą wkrętów lub „pazurków”,

- obudowy łączników należy wykonać z materiałów niepalnych lub niepodtrzymujących płomienia.

Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe: 250 V, 50 Hz,
- prąd znamionowy: 10, 16 A,
- stopień ochrony w wykonaniu zwykłym: minimum IP 2X,
- stopień ochrony w wykonaniu szczelnym: minimum IP 44.

Sprzęt oświetleniowy

Sprzęt oświetleniowy należy dobierać z katalogów producentów, odpowiednio do potrzeb oświetleniowych pomieszczenia i warunków środowiskowych, zazwyczaj w uzgodnieniu z architektem wnętrz. Wypusty sufitowe i ściennie powinny być przy- stosowane do instalowania opraw oświetleniowych.

Sprzęt do innych instalacji

Należy stosować następujący sprzęt do instalacji:

- przyzywowej: dzwonki, gongi,
- telefonicznej: centrale, rozety, gniazda, wtyczki telefoniczne,
- antenowej: zbiorczej telewizji lub telewizji kablowej.

Liczniki

Podstawowe dane techniczne liczników do pomiaru energii elektrycznej (odpowiedniej taryfy) prądu trójfazowego wynoszą:

- napięcie znamionowe: 3 □ 230/400 V, 50 Hz,
- prąd znamionowy: 5, 10 A,
- przeciążalność prądowa: do 400% prądu przemiennego (AC).

### **3.2.8. Wyroby stosowane do wykonania instalacji piorunochronnych (kod CPV 45312311-0)**

Instalacje piorunochronne zewnętrzne – zwody i przewody odprowadzające, uziomy

Do wykonania instalacji piorunochronnej zewnętrznej należy stosować materiały takie, jak: stal bez pokrycia, stal ocynkowana, aluminium, miedź w postaci blach, drutów, linek, taśm, rur, kształtowników, prętów [46 – 48].

Instalacje piorunochronne należy wykonywać z elementów z jednego rodzaju materiału (metal); w przypadku zastosowania dwóch rodzajów metalu należy w miejscach łączenia zainstalować złączkę dwumetalową, zabezpieczoną przed korozją. Instalacje piorunochronne powinny być wykonywane z wykorzystaniem, w pierwszej kolejności, występujących w obiekcie części naturalnych, jeżeli spełniają one wymagania wymiarowe (przede wszystkim grubości blach użytych jako zwody) [46 – 48].

Metalowe pokrycia chronionych obiektów, wykorzystane jako zwody, nie po- winny być pokryte materiałem izolacyjnym. Cienkie pokrycie farbą ochronną lub asfaltem o grubości 1 mm lub warstwą PVC grubości 0,5 mm nie jest uznawane za izolator w warunkach wyładowania piorunowego [46].

Jako zwody należy wykorzystywać [46 – 48]:

- zewnętrzne warstwy metalowe pokrycia dachowego, jeżeli wewnętrzne warstwy pokrycia są niepalne lub trudno zapalne,
- wewnętrzne warstwy metalowe pokrycia dachowego oraz metalowe dźwigary, jeżeli zewnętrzne warstwy pokrycia są niepalne lub trudno zapalne,
- zbrojenie żelbetowego pokrycia dachu,
- elementy metalowe wystające ponad dach,
- zewnętrzne warstwy metalowe pokrycia ścian bocznych jako zwody od uderzeń bocznych.

Jako przewody odprowadzające należy stosować:

- stalowe słupy nośne,
- zbrojenie żelbetowych słupów nośnych,
- warstwy metalowe pokrycia ścian zewnętrznych oraz pionowe elementy metalowe umieszczone na zewnętrznych ścianach obiektów.

Jako uziomy naturalne należy wykorzystywać [44, 75]:

- metalowe podziemne części chronionych obiektów budowlanych i urządzeń technologicznych, nieizolowane od ziemi,
- nieizolowane od ziemi żelbetowe fundamenty i podziemne części chronionych obiektów; pokrycia betonu malowaną warstwą przeciwwilgociową nie uznaje się za warstwę izolacyjną,
- metalowe rurociągi wodne oraz osłony studni artezyjskich znajdujące się w odległości nie większej niż 10 m od chronionego obiektu; pokrycie rur warstwą przeciwwilgociową z farby, asfaltu lub taśmą nie stanowi warstwy izolacyjnej w warunkach wyładowań piorunowych (za izolację uważa się np. co najmniej podwójną warstwę papy smarowanej lepikiem),
- uziomy sąsiednich obiektów budowlanych znajdujących się w odległości nie większej niż 10 m od chronionego obiektu.

Używać należy osprzęt w postaci wsporników, uchwytów, zacisków, złączek, osłon, śrub itp. Ograniczniki przepięć atmosferycznych i łączeniowych przystosowane są do montażu na szynie TH 35. Ograniczniki (zainstalowane 3 stopnie) powinny zapewniać zmniejszenie przepięcia do 1,5 kV.

Podstawowe dane techniczne:

- napięcie znamionowe: 230 V,
- maksymalne dopuszczalne napięcie robocze: 280 V,
- typ: T1, T2, T3,
- znamionowy prąd wyładowczy: w zależności od aparatu od 15 do 100 kA.

### **3.2.9. Podstawowe wyroby stosowane do wykonania instalacji telekomunikacyjnych (kod CPV 45317000-2)**

Podstawowe wyroby stosowane w instalacjach telekomunikacyjnych [22] to: kable telekomunikacyjne, akcesoria i osprzęt telefoniczny, sprzęt i osprzęt telewizyjny (CPV 32000000-3), sprzęt i osprzęt komputerowy według (CPV 30230000-0).

### **3.2.10. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyki (AKPiA) – kod CPV 31200000-8**

AKPiA charakteryzuje się olbrzymią różnorodnością. Należy stosować aparaty, mierniki i urządzenia ściśle według wykonanego specjalistycznego projektu technicznego. Do podstawowych elementów AKPiA należą:

- mierniki wtórne, czyli miliamperomierze, miliwoltomierze, kompensatory kontrolne,
- przetworniki przepływu i poziomu,
- solomierze,
- regulatory, czujniki,
- siłowniki z mechanizmem wykonawczym (np. kłapa, zasuw),
- mierniki temperatury, czujniki temperatury,
- pirometry,
- czujniki przepływu, ciśnienia, poziomu cieczy,
- rotametry,
- analizatory parametrów sieci,
- ciśnieniomierze,
- sterowniki komputerowe (zestawy pomiarowe).

### **3.3. Zalecane wymagania w zakresie reakcji na ogień elementów instalacji elektrycznych kabli i przewodów**

Producentów i dostawców wyrobów budowlanych w Europie obowiązuje od dnia 1 lipca 2017 r. rozporządzenie CPR [19] rozszerzone o kable i przewody, które zostały potraktowane jako wyroby budowlane i odpowiednio sklasyfikowane pod kątem ich odporności na ogień. Producent lub dystrybutor musi każdy typ kabla stosowanego jako wyrób budowlany oznaczyć (odpowiednią etykietą) klasą reakcji na ogień i zaopatrzyć w deklarację właściwości użytkowych (ang. *Declaration of Performance* – DoP) – jest to warunek konieczny do wprowadzenia wyrobu na rynek unijny. CPR nie odnosi się do wszystkich wyrobów kablowych, a tylko do tych, które zostały wyprodukowane i wprowadzone do obrotu w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych lub ich częściach. Wykaz i parametry reakcji na ogień wyrobów budowlanych przedstawia tablica 2.

Tablica 2. Wykaz i parametry poszczególnych klas reakcji na ogień wyrobów budowlanych

Oznaczenia zgodne z rozporządzeniem [13]		Klasa reakcji na ogień wg PN-EN 13501-6:2019-02E [111]		
Określenie podstawowe	określenie uzupełniające	klasa podstawowa	oznaczenie dotyczące klasyfikacji dymienia	oznaczenie dotyczące klasyfikacji płonących kropli / cząstek
Niepalne	—	A1	—	—
		A2	s1, s2, s3	d0
Niezapalne*	—	A2	s1, s2, s3	d1, d2
		B	s1, s2, s3	d0, d1, d2

Oznaczenia zgodne z rozporządzeniem [13]		Klasa reakcji na ogień wg PN-EN 13501-6:2019-02E [111]		
Określenie podstawowe	określenie uzupełniające	klasa podstawowa	oznaczenie dotyczące klasyfikacji dymienia	oznaczenie dotyczące klasyfikacji płonących kropli / cząstek
Trudno zapalne	—	C	s1, s2, s3	d0, d1, d2
		D	s1	d0, d1, d2
Łatwo zapalne	—	D	s2, s3	d0, d1, d2
		E	—	—
		E	—	d2
—	niekapiące	A1	—	—
		A2, B, C, D	s1, s2, s3	d0
—	samogasnące	co najmniej E	—	—
—	intensywnie dymiące	A2, B, C, D	s3	d0, d1, d2
		E	—	—
		E	—	d2
—		F	właściwości nieokreślone**	

\* Klasyfikacja nie dotyczy materiałów podłogowych.

\*\* Wyroby klasy F uważa się za łatwo zapalne, kapiące, intensywnie dymiące. Jeżeli nie podano klasy wyrobu, należy przyjąć klasę F.

Zgodnie z normą PN-EN 13501-6:2019-02E [111] klasyfikacja reakcji na ogień opiera się na podobnych zasadach, jak w przypadku wyrobów budowlanych, jednak ma wymagania całkowicie odrębne od norm dotyczących klasyfikacji wyrobów budowlanych, ma swoją specyfikę, ściśle sprecyzowane wymagania badawcze i należy ją stosować tylko w odniesieniu do kabli elektrycznych. Wraz z włączeniem kabli i przewodów do wykazu wyrobów budowlanych, w UE zdefiniowano 7 klas palności dla kabli – od A<sub>ca</sub> do F<sub>ca</sub> (ca oznacza „kabel”). Klasa jest przypisywana w oparciu o kryteria, takie jak rozprzestrzenianie płomienia i wytwarzanie ciepła. Klasyfikacja obejmuje również wyroby niepalne (A<sub>ca</sub>) i trudno zapalne (B1<sub>ca</sub>, B2<sub>ca</sub>, C<sub>ca</sub>), normalnie zapalne (D<sub>ca</sub>, E<sub>ca</sub>), aż po łatwo palne (F<sub>ca</sub>). W tablicy 3 podano wykaz i parametry poszczególnych klas reakcji na ogień.

Zgodnie z normą [111], dotyczącą klasyfikacji kabli elektrycznych, stosowane są następujące symbole:

- FS – rozprzestrzenianie płomienia, m,
- FIGRA – indeks określający dynamikę pożaru, W/s,
- H – pionowe rozprzestrzenianie się płomienia, mm,
- PCS – ciepło spalania, MJ/kg,
- Peak HRR – maksymalna ilość wydzielanego ciepła, kW,
- Peak SPR – maksymalna ilość produkowanego dymu, m<sup>2</sup>/s,
- THR1200s – całkowita ilość uwalnianego ciepła, MJ,
- TSP1200s – całkowita produkcja dymu, m<sup>2</sup>.

Tablica 3. Klasy reakcji na ogień oraz kryteria, jakie powinny spełniać kable i przewody elektroenergetyczne [111]

Klasa reakcji na ogień	Norma badawcza	Parametry ciągłe, parametry zgodności* i kryteria oceny reakcji na ogień
Aca	PN-EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 MJ/kg
B1ca	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50339 (30 kW)	H ≤ 425 mm, THR1200s ≤ 10 MJ, PeakHRR ≤ 30 kW, FIGRA ≤ 120 W/s, FS ≤ 1,75 m
B2ca	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50339 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR1200s ≤ 15 MJ, PeakHRR ≤ 30 kW, FIGRA ≤ 150 W/s, FS ≤ 1,5 m
Cca	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50339 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR1200s ≤ 30 MJ, PeakHRR ≤ 60 kW, FIGRA ≤ 300 W/s, FS ≤ 2 m
Dca	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50339 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR1200s ≤ 70 MJ, PeakHRR ≤ 400 kW, FIGRA ≤ 1300 W/s
Eca	PN-EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm
Fca	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50339 (20,5 kW)	wyrób nie spełnia wymagań klasy Eca
<p>* Definicje parametrów ciągłych i parametrów zgodności:</p> <p>PCS – całkowite ciepło spalania, zdefiniowane jako ciepło spalania materiału po jego pełnym spalaniu w określonych warunkach i całkowitej kondensacji wytworzonej wody (parametr ciągły). H – pionowe rozprzestrzenianie się płomienia (parametr zgodności).</p> <p>THR1200s – całkowita ilość ciepła wydzielonego od początku trwania badania do jego zakończenia, wyłączając udział źródła ognia (parametr ciągły).</p> <p>PeakHRR – maksymalna wartość wydzielającego się ciepła (wyłączając HRR palnika), mierzona podczas aplikacji płomienia, uśredniona wartość z 30 s (parametr ciągły).</p> <p>FIGRA – wskaźnik szybkości wzrostu pożaru (parametr ciągły).</p> <p>FS – pionowe rozprzestrzenianie się płomienia równe długości zniszczeń próbki badawczej.</p>		

Istnieją również trzy dodatkowe klasy, które odnoszą się do innych wymagań, takich jak wytwarzanie dymu (s1 i s2), kwasowość / wyroby bezhalogenowe o zmniejszonej palności (a1) oraz płonące krople (d1 i d2). Wymagania te podano w tablicy 4.

Zgodnie z rozporządzeniem CPR kable muszą być dobrane w zależności od wymaganego poziomu bezpieczeństwa w budynku. Na przykład, kable klasy B2ca muszą być stosowane w pracach budowlanych wymagających zachowania rygorystycznych norm bezpieczeństwa w budownictwie użyteczności publicznej (np. w szpitalach).

Kable klasy Cca są stosowane w budynkach o wysokich wymaganiach z zakresu bezpieczeństwa (budynki użytkowe i biura), a kable klasy Dca i Eca w pracach budowlanych o średnich i niskich wymaganiach. Kable klasy Fca mogą być stosowane w budynkach bez żadnych wymogów bezpieczeństwa.

W projektowanym budynku należy stosować okablowanie w następujących klasach reakcji na ogień:

- na drogach ewakuacyjnych: B2ca-s2-d1-a3,

- w pomieszczeniach technicznych (strefa PM): ECA,
  - w pozostałych przestrzeniach Dca-s2-d1-a3.
- W posadzce oraz pod tynkiem dopuszcza się stosowanie okablowanie w klasie ECA. Przyjęto, że *minimalna dozwolona klasa palności kabli w budynkach to Eca*.

Tablica 4. Dodatkowe klasy reakcji na ogień dla kabli elektroenergetycznych [111]

Dodatkowe klasy reakcji na ogień	Norma badawcza	Parametry ciągłe, parametry zgodności* i kryteria oceny reakcji na ogień
s1	PN-EN 50339 (dla klas reakcji na ogień: B1ca, B2ca, Cca, Dca)	$TSP_{1200s} \leq 50m^2$ , $PeakSPR \leq 0,25 m^2/s$
s2		$TSP_{1200s} \leq 400m^2$ , $PeakSPR \leq 1,5 m^2/s$
s3		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy s1 lub s2
s1a	PN-EN 61034-2 (dla klas reakcji na ogień: B1ca-s1, B2ca-s1, Cca-s1, Dca-s1)	transmitancja $\geq 80\%$
s1b		transmitancja $\geq 60\% < 80\%$
d0	PN-EN 50339 (dla klas reakcji na ogień: B1ca, B2ca, Cca, Dca)	w ciągu 1200 s trwania badania nie występują żadne płonące krople / cząstki
d1		w ciągu 1200 s trwania badania płonące krople / cząstki nie występują dłużej niż 10 s
d2		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy d0 lub d1
a1	PN-EN 60754-2 (dla klas reakcji na ogień: B1ca, B2ca, Cca, Dca)	przewodność $< 2,5 \mu S/mm$ pH $> 4,3$
a2		przewodność $< 10 \mu S/mm$ pH $> 4,3$
a3		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy a1 lub a2
* Definicje parametrów ciągłych i parametrów zgodności: TSP1200s – całkowita ilość wydzielonego dymu od początku trwania badania do jego zakończenia (parametr ciągły). PeakSPR – maksymalna wartość wydzielającego się dymu, mierzona podczas aplikacji płomienia, uśredniona wartość z 60 s (parametr ciągły).		

Rozporządzenie CPR [19] nie dotyczy bezpośrednio projektowania i budowy obiektów budowlanych, ale wymaga zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego budynków, czyli pośrednio wymaga stosowania kabli o określonej klasie reakcji na ogień, dzięki czemu łatwiej spełnić wymaganie podstawowe tego rozporządzenia.

Rozporządzenie CPR nie narzuca krajom członkowskim UE wymagań co do rodzajów budynków i powiązanych z nimi kabli o określonych klasach reakcji na ogień. Wymagania odnośnie do zastosowania kabli o określonej klasie reakcji na ogień w określonym rodzaju budynku powinny wynikać z analizy ryzyka dokonanej przez projektanta instalacji elektrycznej lub z krajowych dokumentów formalno-prawnych. Każdy kraj członkowski UE powinien wprowadzić odpowiednie wymagania dla budynków we własnym zakresie.

Rozporządzenie CPR w odniesieniu do kabli wdrożono, wykorzystując postanowienia dwu norm:



- PN-EN 13501-6:2019, określającej szczegóły dotyczące zasad klasyfikacji reakcji na ogień,
- PN-EN 50575:2015, określającej szczegóły dotyczące badań wyrobów.

Określenie klasy reakcji na ogień badanego kabla realizuje się według wielu norm i badań. Wyniki badań pozwalają sklasyfikować kable w jednej z klas:  $A_{ca}$ ,  $B1_{ca}$ ,  $B2_{ca}$ ,  $C_{ca}$ ,  $D_{ca}$ ,  $E_{ca}$ ,  $F_{ca}$ , zależnie od właściwości materiałów użytych do budowy kabli.

Aktualnie stosowane materiały izolacyjne pozwalają wyprodukować kable odpowiadające wymaganiom klas reakcji na ogień od  $F_{ca}$  do  $B2_{ca}$ .

Wymagania zamieszczone w publikacji autorstwa A. Borowego, A. Kolbreckiego oraz K. Kaczorek-Chrobak pt. Kable elektryczne stosowane w budynkach. Wymagania dotyczące reakcji na ogień [124], wydanej przez Instytut Techniki Budowlanej w 2020 r., różnią się od wymagań przedstawionych w normie N SEP-E 007-2017-09 Instalacje elektroenergetyczne i teletechniczne w budynkach. Dobór kabli i innych przewodów ze względu na ich reakcje na ogień.

Publikacja, podobnie jak norma N SEP-E 007-2017-09, ma cechy klasyfikujące ją jako zbiór zasad wiedzy technicznej. Zgodnie z wymaganiami CPR o przyjęciu określonej klasy reakcji na ogień decydować ma projektant na podstawie analizy ryzyka, która powinna obejmować analizę zagrożenia pożarowego, ocenianą na podstawie gęstości obciążenia ogniowego oraz analizę warunków ewakuacji ludzi z budynku.

Stosując zasadę, że każdy kraj członkowski powinien wprowadzić odpowiednie wymagania dla budynków we własnym zakresie, w Polsce wprowadzono normę SEP-E 007. Taka norma funkcjonuje w przestrzeni prawnej, ale jest nieobowiązująca i zawiera kontrowersyjne wymagania. Dlatego każdy zainteresowany może wykorzystać ją według własnego uznania.

Kable i przewody powinny także spełniać dodatkowe wymagania w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie płomienia (ognia). Te wymagania dla kabli instalowanych w wiązkach oraz prowadzonych pojedynczo w budynkach zawarte są w tablicach 5 i 6.

Zróznicowanie wymagań związane jest z przyporządkowaniem stref pożarowych budynków, wysokości budynków i miejsca instalacji kabli oraz przewodów elektrycznych. Kable prowadzone w wydzielonych szachtach lub obudowach o określonej odporności ogniowej powinny mieć klasę reakcji na ogień co najmniej  $E_{ca}$ . Dopuszcza się prowadzenie kabli elektrycznych rozprzestrzeniających ogień, pod warunkiem okrycia ich warstwą tynku o grubości co najmniej 5 mm. Zapewnia to nierozprzestrzenianie płomienia (ognia) po kablach i przewodach.

Tablica 5. Minimalne wymagania dodatkowe w zakresie reakcji na ogień kabli. Rozprzestrzenianie płomieni (ognia) po kablach instalowanych w wiązkach [111]

Rodzaj strefy pożarowej	Budynek o dwóch kondygnacjach nadziemnych		Budynek niski (N)		Budynek średnio wysoki (SW)		Budynek wysoki (W) lub wysokościowy (WW)	
	poza drogami ewakuacyjnymi	na drogach ewakuacyjnych	poza drogami ewakuacyjnymi	na drogach ewakuacyjnych	poza drogami ewakuacyjnymi	na drogach ewakuacyjnych	poza drogami ewakuacyjnymi	na drogach ewakuacyjnych
ZL I	Eca		Dca-s2, d1, a3				B2ca-s2, d1, a3	
ZL II	Dca-s2, d1, a3				B2ca-s2, d1, a3		–	B2ca-s1b, d1, a3
ZL III	Eca		Dca-s2, d1, a3					B2ca-s1b, d1, a3
ZL IV	Eca					Dca-s2, d1, a3		B2ca-s2, d1, a3
ZL V	Dca-s2, d1, a3					B2ca-s2, d1, a3		
PM, garaże i in.	Eca					Dca-s2, d1, a3	Eca	B2ca-s2, d1, a3
Budynki wymienione w § 213*[13]	Eca							
Określenia ZL I – ZL V, PM oraz N, SW, W, WW zostały zdefiniowane w § 8 rozporządzenia [13]:								
*1) do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie:								
a) mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej,								
b) mieszkalnych i administracyjnych w gospodarstwach leśnych;								
2) wolno stojących do dwóch kondygnacji nadziemnych łącznie:								
a) o kubaturze brutto do 1500 m <sup>3</sup> przeznaczonych do celów turystyki i wypoczynku,								
b) gospodarczych w zabudowie jednorodzinnej i zagrodowej oraz w gospodarstwach leśnych,								
c) o kubaturze brutto do 1000 m <sup>3</sup> przeznaczonych do wykonywania zawodu lub działalności usługowej i handlowej, także z częścią mieszkalną;								
3) wolno stojących garaży o liczbie stanowisk postojowych nie większej niż 2;								
4) inwentarskich o kubaturze brutto do 1500 m <sup>3</sup> .								

Tablica. 6. Minimalne wymagania dodatkowe w zakresie reakcji na ogień kabli. Rozprzestrzenianie płomieni (ognia) po kablu instalowanym pojedynczo [111]

Rodzaj strefy pożarowej	Budynek o dwóch kondygnacjach nadziemnych		Budynek niski (N)		Budynek średnio wysoki (SW)		Budynek wysoki (W) lub wysokościowy (WW)	
	poza drogami ewakuacy- jnymi	na drogach ewakuacy- jnych	poza drogami ewakuacy- jnymi	na drogach ewakuacy- jnych	poza drogami ewakuacy- jnymi	na drogach ewakuacy- jnych	poza drogami ewakuacy- jnymi	na drogach ewakuacy- jnych
ZL I					Dca-s2, d1, a3			B2ca-s2, d1, a3
ZL II					Dca-s2, d1, a3			B2ca-s2, d1, a3
ZL III					Eca	Dca-s2, d1, a3	Eca	B2ca-s2, d1, a3
ZL IV						Dca-s2, d1, a3	Eca	B2ca-s2, d1, a3
ZL V					Dca-s2, d1, a3			B2ca-s2, d1, a3
PM, garaże i in.					Eca	Dca-s2, d1, a3	Eca	B2ca-s2, d1, a3
Budynki wymienione w § 213*[13]	Eca							
Określenia ZL I – ZL V, PM oraz N, SW, W, WW zostały zdefiniowane w § 8 rozporządzenia [13]: *1) do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie: a) mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, b) mieszkalnych i administracyjnych w gospodarstwach leśnych; 2) wolno stojących do dwóch kondygnacji nadziemnych łącznie: a) o kubaturze brutto do 1500 m <sup>3</sup> przeznaczonych do celów turystyki i wypoczynku, b) gospodarczych w zabudowie jednorodzinnej i zagrodowej oraz w gospodarstwach leśnych, c) o kubaturze brutto do 1000 m <sup>3</sup> przeznaczonych do wykonywania zawodu lub działalności usługowej i handlowej, także z częścią mieszkalną; 3) wolno stojących garaży o liczbie stanowisk postojowych nie większej niż 2; 4) inwentarskich o kubaturze brutto do 1500 m <sup>3</sup> .								

Wymagania zawierające relacje kabli między rozprzestrzenianiem płomienia (ognia) a klasami reakcji na ogień określono w tablicy 7.

Tablica 7. Relacje między rozprzestrzenianiem płomienia (ognia) a klasami reakcji na ogień [111]

Określenie dotyczące rozprzestrzeniania płomienia (ognia) stosowane w rozporządzeniu [13]	Klasa reakcji na ogień kabli według PN-EN 13501-6 [111]
Nierozprzestrzenianie płomienia (ognia)	Aca
	B1ca-s (1, 1a, 1b, 2, 3), d (0, 1, 2), a (1, 2, 3) B2ca-s (1, 1a, 1b, 2, 3), d (0, 1, 2), a (1, 2, 3) Cca-s (1, 1a, 1b, 2, 3), d (0, 1, 2), a (1, 2, 3) Dca-s (1, 1a, 1b, 2, 3), d (0, 1, 2), a (1, 2, 3)
	Eca

Asortyment urządzeń i kabli przedstawiony w rozdziale 3 nie wyklucza zastosowania wyrobów do wykonania instalacji elektrycznych o innych parametrach.

#### 4. WYKONANIE INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ. WYMAGANIA OGÓLNE

Warunki techniczne podane w niniejszym rozdziale dotyczą głównie wykonania i odbioru instalacji elektrycznych wewnętrznych o napięciu do 1 kV instalowanych w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej. Do wykonania instalacji elektrycznych należy stosować przewody, kable, sprzęt, osprzęt oraz aparaturę i urządzenia mające aktualne deklaracje właściwości użytkowych i oznakowane znakiem CE lub budowlanym B [17, 18].

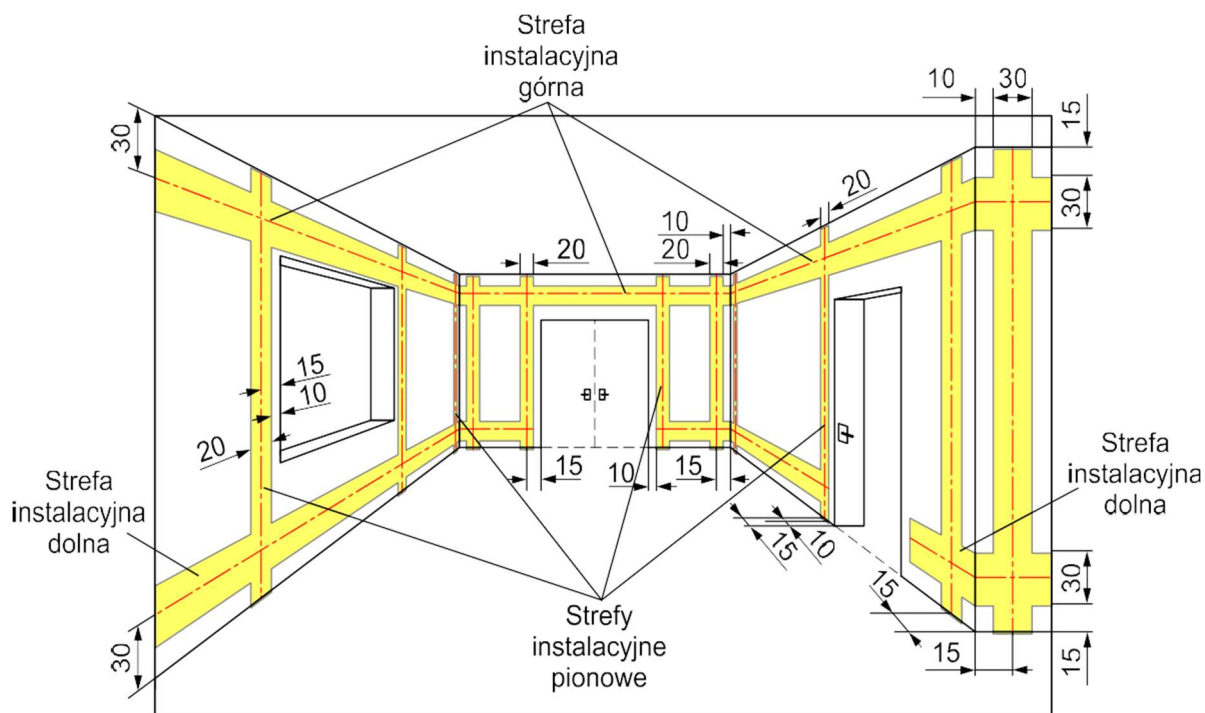
Wszystkie urządzenia wraz z oprzewodowaniem oraz wszystkie ciągi instalacyjne powinny być tak zaprojektowane i zainstalowane, aby możliwe było ich swobodne funkcjonowanie oraz dostęp do nich w czasie przeglądów i konserwacji [20].

Instalacje elektryczne powinny zapewniać ciągłą dostawę energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych, stosownie do potrzeb użytkowników [2]. Należy zapewnić równomierne obciążenie faz linii zasilających w instalacji elektrycznej przez odpowiednie przyłączenie w budynku odbiorów jednofazowych [2]. W razie takiej konieczności trzeba umożliwić całkowitą wymianę kabli i przewodów w danym pomieszczeniu bez naruszania konstrukcji budynku.

Należy zapewnić bezkolizyjność instalacji elektrycznych z innymi instalacjami występującymi w budynku. Można to uzyskać, stosując rozmieszczanie przewodów (rur) w określonych strefach. Dotyczy to przewodów układanych w tynku, pod tynkiem lub w bruzdach. Unika się wtedy uszkodzenia przewodów ułożonych w sposób niewidoczny na wykończonej powierzchni, co także ułatwia późniejszą rozbudowę instalacji elektrycznych. Coraz częściej instalacje elektryczne wykonywane są bez montażu puszek rozgałęźnych, które stanowiły pewnego rodzaju punkty orientacyjne tras prowadzenia przewodów i dlatego wyznaczenie tras w tym przypadku jest szczególnie ważne. Generalnie trasy przebiegu przewodów, kabli, powinny być prowadzone wzdłuż linii prostych, równoległych lub prostopadłych do krawędzi ścian i stropów. Pokazano to na rysunku 4.1. Obwody elektryczne wewnętrznych linii zasilających (wlz) należy prowadzić w budynku w wydzielonych kanałach, pionowych szybach instalacyjnych w specjalnych systemach podłogowych lub sufitowych. Nie wolno prowadzić kabli i przewodów w ciągach (kanałach) kominowych [13, 50].

Odbiorcze obwody elektryczne do zasilania odbiorników znajdujących w danym pomieszczeniu należy prowadzić w obrębie tego samego pomieszczenia [13]. W instalacjach odbiorczych pomieszczeń należy stosować odrębne obwody elektryczne do zasilania:

- oświetlenia ogólnego,
- oświetlenia awaryjnego (ewakuacyjnego oraz zapasowego),
- gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia,
- każdego z odbiorników wymagających indywidualnego zabezpieczenia.



Rys. 4.1. Usytuowanie stref instalacyjnych na ścianach (wymiary w centymetrach)

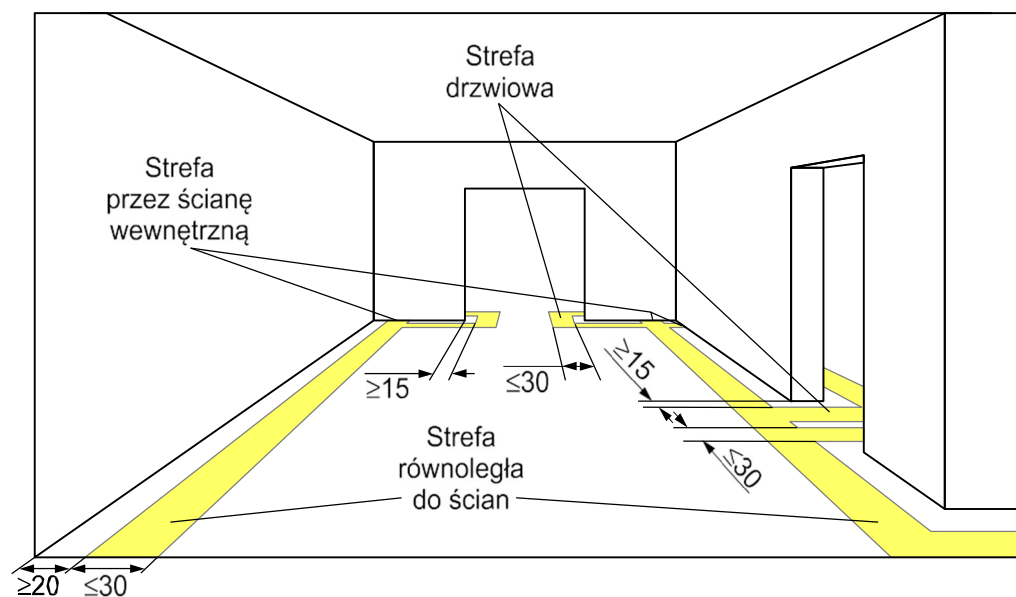
Rozdzielnice (tablice) z aparatami zabezpieczającymi powinny się instalować w taki sposób, aby zapewnić łatwą obsługę i zabezpieczenie przed dostępem osób niepowołanych [13].

Zaleca się stosowanie następujących stref instalacyjnych w warstwach podłogi na stropie, na najniższej kondygnacji na płycie fundamentowej lub podłożu leżącym na gruncie:

- strefa instalacyjna prowadzona w podłodze pomieszczenia równolegle do ścian w minimalnej odległości 20 cm i o maksymalnej szerokości 30 cm,
- strefa instalacyjna prowadzona w podłodze przez otwór drzwiowy pomieszczenia (rys. 4.2) w odległości minimalnej 15 cm od ościeża drzwi i o maksymalnej szerokości 30 cm.

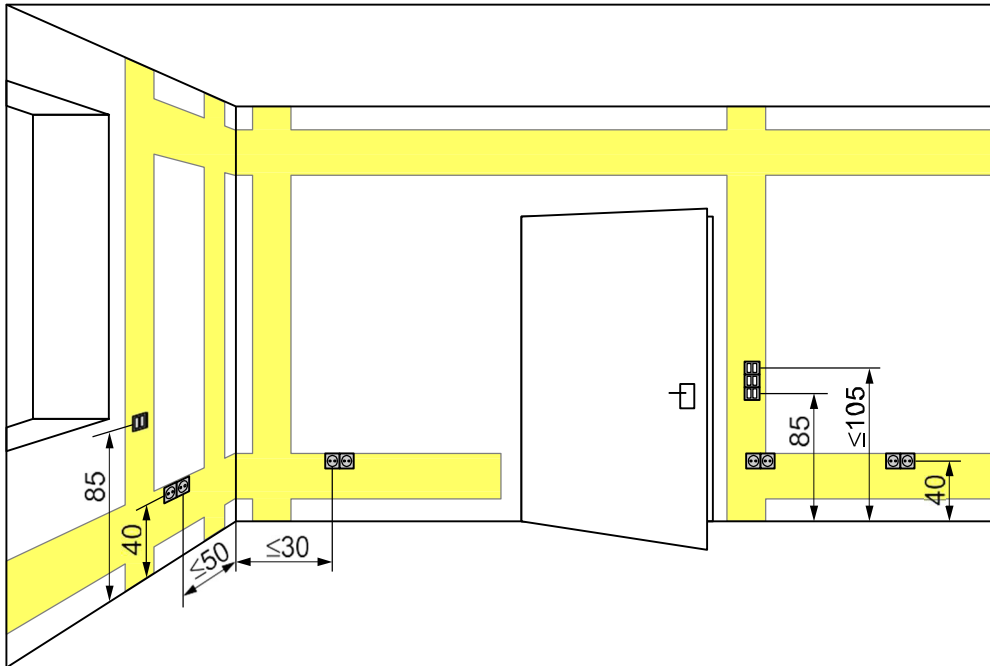
Strefa instalacyjna o maksymalnej szerokości 30 cm powinna być prowadzona prostopadłe przez ścianę wewnętrzną pomieszczenia w poziomie warstw podłogi, w odległości minimalnej 20 cm od ściany równoległej.

Strefę przejścia przewodów przez ścianę wewnętrzną wprowadzono w celu rozproszczenia systemów telekomunikacyjnych.



Rys. 4.2. Zalecane usytuowanie stref instalacyjnych w podłodze (wymiary w centymetrach)

W każdym pomieszczeniu należy zainstalować odpowiednią do potrzeb liczbę gniazd wtyczkowych (rys. 4.3) w celu zapewnienia funkcjonalności instalacji, tak aby nie było potrzebne stosowanie przedłużaczy, rozgałęziaczy itp. [2, 13].



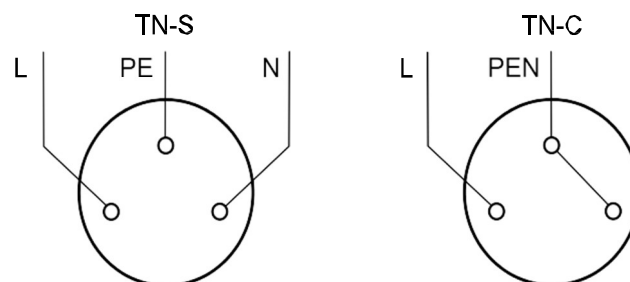
Rys. 4.3. Zalecane rozmieszczenie gniazd wtyczkowych i łączników w pomieszczeniu (wymiary w centymetrach)

Gniazda wtyczkowe i łączniki oświetlenia należy instalować w sposób niekolidujący z wyposażeniem pomieszczenia. Mocowanie puszek w ścianach i gniazd wtyczkowych w puszkach powinno zapewnić niezbędną wytrzymałość na wyciąganie wtyczki z gniazda bez uszkodzenia sprzętu lub jego zamocowania. Zaleca się instalowanie puszek z otworami do mocowania gniazd za pomocą wkrętów.

W pomieszczeniach wilgotnych (łazienkach i toaletach) należy przestrzegać zasady poprawnego rozmieszczania sprzętu z uwzględnieniem stref ochronnych [13]. Położenie załącz/wyłącz łączników oświetlenia należy przyjmować w ten sposób, aby w całym pomieszczeniu było ono jednakowe.

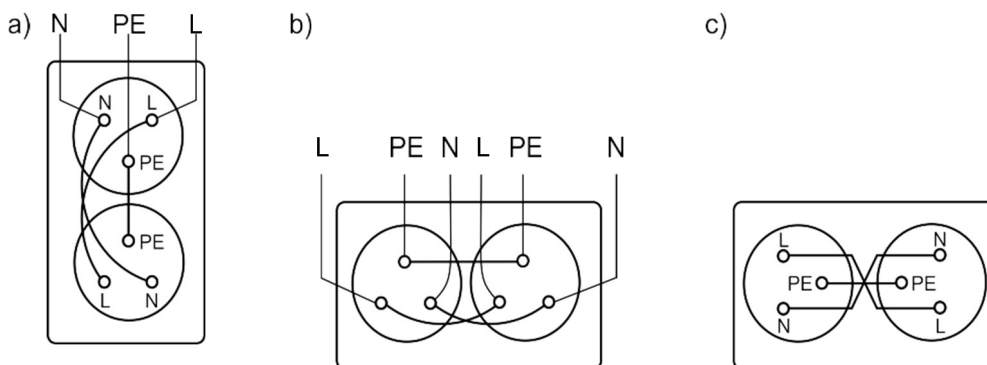
We wszystkich pomieszczeniach należy instalować gniazda wtyczkowe wyłącz- nie ze stykiem ochronnym. Pojedyncze gniazda wtyczkowe ze stykiem ochronnym zaleca się instalować w takim położeniu, aby styk ten występował u góry gniazda. Zaleca się także, aby przewody do gniazd wtyczkowych dwubiegunowych przyłączać w taki sposób, żeby przewód fazowy dochodził do lewego zacisku, a przewód neutralny do prawego zacisku (patrzac z przodu).

W istniejących rozwiązaniach instalacyjnych, gdzie występuje układ sieci TN-C, przewód fazowy należy przyłączać do lewego bieguna, natomiast przewód ochronno-neutralny PEN do styku ochronnego połączonego z prawym biegunem (rys. 4.4).



Rys. 4.4. Schemat przyłączenia przewodów do gniazda wtyczkowego ze stykiem ochronnym w układzie sieci TN-S i TN-C

W przypadku gniazd wtyczkowych podwójnych powinna obowiązywać zasada przyłączania przewodów, jak dla gniazd wtyczkowych pojedynczych (poz. 1 na rys. 4.4). W związku z powyższym gniazda podwójne powinny mieć krzyżowe połączenia zacisków prądowych, tak jak to przedstawiono na rysunku 4.5.



Rys. 4.5. Schemat przyłączenia przewodów do gniazda wtyczkowego podwójnego ze stykami ochronnymi w układzie sieci TN-S

Zaleca się stosowanie gniazd podwójnych w układzie dwóch pojedynczych we wspólnej obudowie (rys. 4.5b). Nie należy stosować gniazd wtyczkowych wielokrotnych (podwójnych, potrójnych), w których nie może być realizowany jednakowy układ biegunów względem styku ochronnego PE, tak jak podano na rysunku 4.5.

W nowych instalacjach zaleca się stosowanie gniazd wtyczkowych modułowych w układzie poziomym [121]. Gniazda podwójne powinno się stosować w instalacjach istniejących, gdzie nie ma możliwości zamiany na gniazda modułowe (fot. 1).



Fot. 1. Widok zainstalowanych gniazd modułowych

Pomieszczenia powinny być wyposażone w wypusty oświetleniowe, a liczba wypustów i ich rozmieszczenie – zapewniać prawidłowe oświetlenie pomieszczenia zgodnie z wymaganiami norm i przepisów [13, 77]. Wszystkie wypusty oświetleniowe powinny mieć wyprowadzony przewód ochronny PE.

Jeżeli przekrój przewodów nie przekracza  $\phi \leq 0 \text{ mm}^2$ , instalacje elektryczne należy wykonywać przewodami o żyłach miedzianych Cu, zaleca się również stosowanie przewodów miedzianych, jeżeli ich przekrój przekracza  $10 \text{ mm}^2$  [13]. Instalacje elektryczne należy wykonywać [71] i zabezpieczać w taki sposób, aby nie stały się źródłem pożarów w budynku, ani nie powodowały rozprzestrzeniania się ognia [7, 27].

Teren (środowisko), na którym stoją budynki użyteczności publicznej, powinien mieć zapewnioną ochronę przed skażeniem, emitowaniem niedopuszczalnego poziomu drgań, hałasu oraz oddziaływanie pola elektromagnetycznego, wytwarzanym przez instalację elektryczną zainstalowaną w tych budynkach [13]. Instalacje elektryczne nie mogą być źródłem zakłóceń elektromagnetycznych (EMI) [62]. Zastosowane zabezpieczenia przed porażeniem prądem, pożarem i przepięciami w instalacjach elektrycznych powinny być skuteczne w działaniu.

## **5. URZĄDZENIA ZASILAJĄCE BUDYNKI UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ**

### **5.1. Wymagania ogólne dotyczące zasilania budynków**

Układ zasilania i rozdziału energii elektrycznej w budynku powinien zapewniać [2]:

- wymagane parametry dostarczanej energii odpowiednie do potrzeb odbiorców [2, 99],
- niezawodność zasilania,
- przyjęte wymagania użytkowe,
- dogodny montaż,
- dogodną eksploatację instalacji elektrycznych i urządzeń rozdzielczych [74].

Budynki użyteczności publicznej należy zasiląć z publicznej sieci (kablowej lub napowietrznej) [54, 55] lub z odrębnej stacji transformatorowej [51, 52, 101]. Budynki użyteczności publicznej powinny mieć niezawodne układy zasilania, a niektóre mieć zapewniony nawet I stopień pewności zasilania (np. serwerownie)\*. W budynku należy stosować jedno przyłącze na cały budynek, niezależnie od rodzaju zabudowy (zwarta czy rozczłonkowana), chyba że warunki zasilania stanowią inaczej. W projektowanym budynku muzeum przewidziano zasilanie obiektu z konsumentowej (wnętrzowej) stacji transformatorowej, która zostanie zasilona linią kablową SN z sieci elektroenergetycznej zgodnie z otrzymanymi warunkami przyłączeniowymi.

Złącze kablowe należy instalować na zewnątrz budynku (obiektu budowlanego), w miarę możliwości w pobliżu głównego wejścia. Wszystkie budynki powinny być wyposażone w następujące urządzenia zasilające:

- złącze kablowe lub napowietrzne,
- przeciwpożarowy wyłącznik prądu (dla budynków o kubaturze powyżej 1000 m<sup>3</sup> lub zawierających strefy zagrożone wybuchem) [108],
- rozdzielnicę główną budynku [72],
- rozdzielnice obwodowe,
- oddzielne rozdzielnice dla: hydroforni, węzła cieplnego, wentylatorni, pompy pożarowej, zasilania maszynowni dźwigu [72] (jeżeli w budynku są dźwigi osobowe i towarowe), serwerowni, garaży, pływalni, sal wykładowych oraz innych w zależności od wyposażenia budynku.

Urządzenia zasilające powinny być zainstalowane zgodnie z wymaganiami za- wartymi w warunkach przyłączenia obiektu (budynku) do sieci [21].

Budynki użyteczności publicznej, w których zanik napięcia w sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, mienia i środowiska, należy zasiląć z co najmniej dwóch niezależnych źródeł energii elektrycznej. Budynki takie powinny mieć zasilanie rezerwowe (załączane samoczynnie – SZR). W budynkach wysokościowych jednym ze źródeł powinien być zespół prądotwórczy [76]. Zespół prądotwórczy powinien być również zainstalowany w szpitalach oraz w innych budynkach użyteczności publicznej o szczególnym przeznaczeniu. Decyzje w tym zakresie podejmuje przyszły użytkownik budynku.

Rezerwowym źródłem zasilania może być zasilanie z sieci elektroenergetycznej (druga linia), pod warunkiem że jest ono niezależne od zasilania podstawowego i że zakłócenia zasilania podstawowego nie będą miały wpływu na funkcjonowanie zasilania rezerwowego. W projektowanym budynku rezerwowe źródło zasilania dla wybranych odbiorów stanowi agregat prądotwórczy.

Niektóre odbiorniki, dotyczące bezpieczeństwa ludzi i mienia (np. oświetlenie awaryjne), wymagają zastosowania całkowicie niezależnego od sieci elektroenergetycznej źródła zasilania w postaci zespołu prądotwórczego lub baterii akumulatorów.

Urządzenia odbiorcze wewnątrz budynków na- leży przyłączać do sieci za pośrednictwem:

- rozdzielnic tablicowych izolowanych, w pomieszczeniach ogólnie dostępnych, jeżeli prąd znamionowy tych rozdzielnic nie przekracza 100 A lub
- rozdzielnic szafowych o prądzie ponad 100 A, ustawianych w wydzielonych pomieszczeniach.

### **5.2. Wymagania ogólne dotyczące urządzeń zasilających**

Głównym źródłem zasilania budynków (obiektów budowlanych) użyteczności publicznej jest sieć elektroenergetyczna [90]. Urządzenia zasilające budynki użyteczności publicznej należy projektować, budować, użytkować i utrzymywać zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi i Polskimi Normami [1, 2, 13] oraz zasadami wiedzy technicznej, tak aby zapewniały:

- bezpieczeństwo konstrukcji,
- bezpieczeństwo pożarowe,
- bezpieczeństwo użytkowania,
- odpowiednie warunki higieniczne, zdrowotne oraz ochronę środowiska,
- ochronę przed hałasem i drganiami,



- ochronę przed promieniowaniem jonizującym i polami elektromagnetycznymi [3, 62],
- oszczędność energii.

Urządzenia zasilające powinny być tak wykonane, aby zapewniały dostawę energii elektrycznej w sposób niepowodujący narażenia życia i zdrowia przebywających w budynku ludzi oraz zagrożenia pożarowego [27] i środowiska [3]. Urządzenia zasilające budynki użyteczności publicznej powinny zapewniać dostawę energii do odbiorów budynku w taki sposób, aby zasilane energią elektryczną wszystkie lub wybrane urządzenia techniczne mogły funkcjonować nieprzerwanie i niezawodnie.

Elementy urządzeń zasilających należy tak zbudować, aby wymiana uszkodzonego elementu odbywała się w możliwie krótkim czasie, a zakłócenia w funkcjonowaniu urządzeń technicznych budynku spowodowane uszkodzeniem miały ograniczony zasięg.

Moc i energię zapotrzebowaną należy ustalać na podstawie opracowanych założeń techniczno-ekonomicznych budynku. Jeżeli założenia takie nie były wykonane, moc i energię zapotrzebowaną ustala się na podstawie dostępnych wskaźników, dotyczących budynków o podobnym przeznaczeniu lub wykonanych pomiarów rzeczywistych w takich budynkach. W budynkach użyteczności publicznej wartość mocy jednostkowej oświetlenia nie może przekraczać określonych wielkości dopuszczalnych wymienionych w tablicy 8.

Tablica 8. Wartości mocy jednostkowej oświetlenia budynków

Typ budynku	Maksymalna wartość mocy jednostkowej [W/m <sup>2</sup> ]		
Klasa kryteriów*	A	B	C
Biura	15	20	25
Szkoły	15	20	25
Szpital	15	25	35
Restauracje	10	25	35
Sportowo-rekreacyjne	10	20	30
Handlowo-usługowe	15	25	35
* Ustala się następujące klasy kryteriów: A – spełnianie kryteriów oświetlenia w stopniu podstawowym. B – spełnianie kryteriów oświetlenia w stopniu rozszerzonym. C – spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu pełnym z uwzględnieniem komunikacji wizualnej.			

Zasilanie napięciem do 1 kV można wykonać w budynku o mocy zapotrzebowanej do 250 kW prądu przemiennego AC o napięciu 400 V, to jest zaliczonych do IV i V grupy przyłączeniowej, jeżeli można także zapewnić rezerwowanie dostarczonej mocy z takiej sieci [2, 21].

Odnosnie do budynków użyteczności publicznej, takich jak: duże zakłady usługowe, galerie handlowe, zaliczone do III grupy przyłączeniowej, stosuje się do zasilania napięcie powyżej 1 kV (średnie napięcie – SN). Dokładna wartość tego napięcia jest określana przez przedsiębiorstwo energetyczne i zależy od mocy zainstalowanych urządzeń i od układu sieci średniego napięcia [21, 99, 100].

Zróżnicowane wymagania dotyczące pewności zasilania budynków i obiektów budowlanych wymusiły wprowadzenie klasyfikacji odbiorców energii elektrycznej i podział na kategorie zasilania. Kategorie te klasyfikuje się zgodnie z kryterium przyjętym w gospodarce energetycznej:

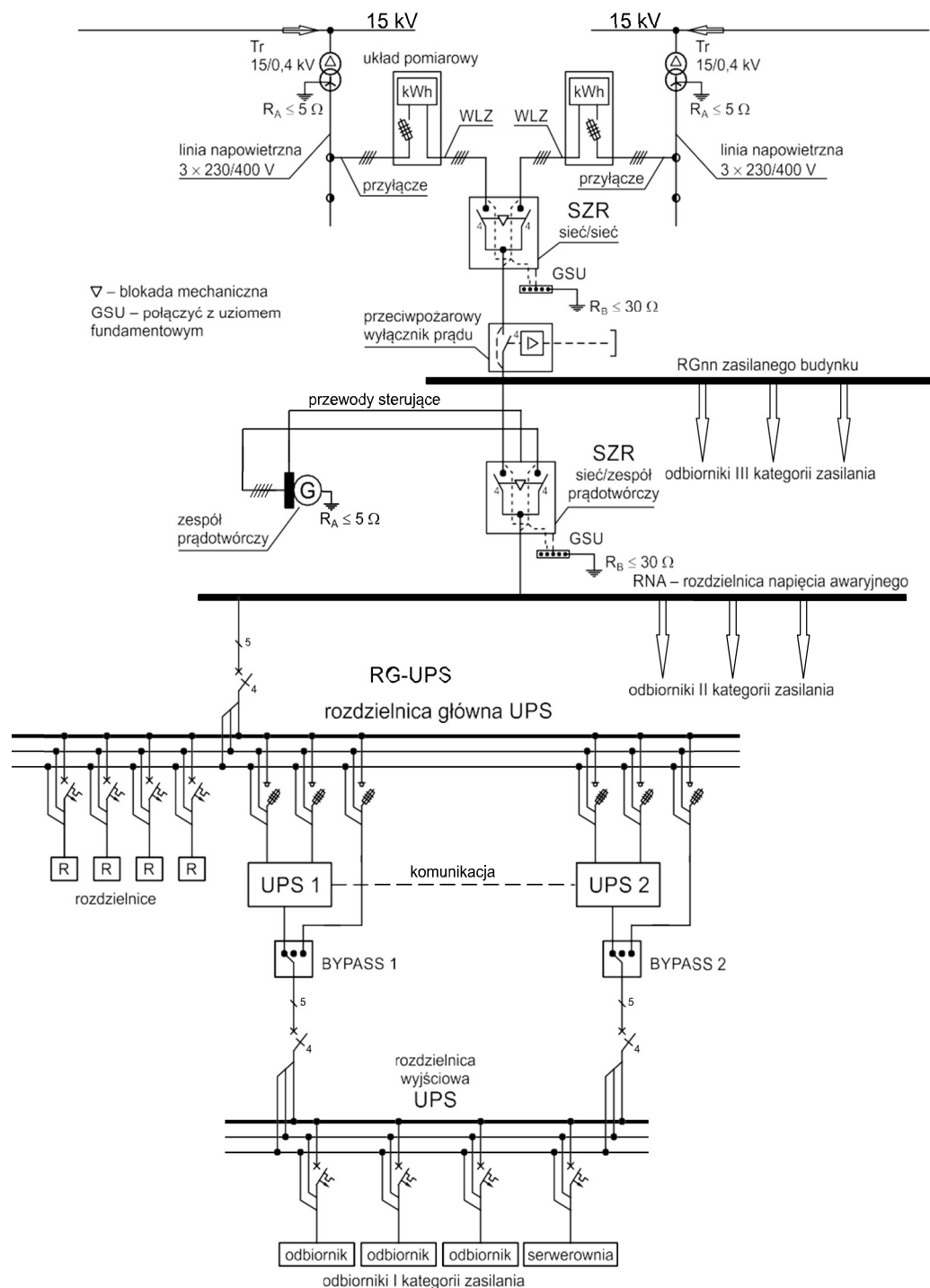
- III kategoria zasilania – odbiorniki, w których dowolnie długa przerwa w dostawie energii elektrycznej nie spowoduje żadnych negatywnych skutków (np. budynki administracyjne, usługi, obiekt handlowy),
- II kategoria zasilania – odbiorniki, w których krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej (do kilku minut) nie spowoduje negatywnych skutków (np. szkoły, przedszkola),
- I kategoria zasilania – odbiorniki, w których nawet krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej może spowodować zagrożenie życia ludzi lub znaczne straty materialne spowodowane np. przerwaniem procesu produkcyjnego (np. serwerownia, szpital – sala operacyjna).

Przykładowy układ zasilania obiektu budowlanego, w którym występują wszystkie kategorie zasilania, przedstawia rysunek 5.1.

Ponieważ w wyniku różnych zdarzeń losowych mogą nastąpić przerwy w dostawie energii elektrycznej lub jej jakość jest niewystarczająca, w uzasadnionych technicznie lub ekonomicznie przypadkach należy instalować urządzenia zasilania awaryjnego i gwarantowanego. Do tych źródeł należą:

- druga linia elektroenergetyczna (zasilanie rezerwowe),
- zespół prądotwórczy (zasilanie awaryjne),
- zasilacz UPS (zasilanie gwarantowane),
- siłownia telekomunikacyjna (zasilanie gwarantowane), która jest stosowana w systemach łączności.

Rezerwowanie zasilania należy wykonać wtedy, gdy czas od wyłączenia zasilania do jego przywrócenia, określony dla grup przyłączeniowych w umowie sprzedaży lub w umowie przesyłowej, jest dłuższy od wymagań wynikających z procedur eksploatacyjnych budynku, a także wymagań ochrony zdrowia, życia lub środowiska.



Rys. 5.1. Schemat zasilania budynków użyteczności publicznej I kategorii pewności zasilania

### 5.3. Rezerwowanie zasilania

Rezerwowe zasilanie powinno obejmować:

- linię zasilającą o napięciu poniżej 1 kV lub
- stację SN/nn (średniego napięcia/niskiego napięcia) i linię o napięciu poniżej 1 kV dla grup przyłączeniowych IV i V,
- stację 110/SN, stacje SN/nn wraz z liniami o napięciu powyżej 1 kV i poniżej 1 kV dla grup przyłączeniowych I, II i III,
- odbiorniki lub ich część przyłączone do rozdzielnic o napięciu poniżej 1 kV za pośrednictwem zespołu prądotwórczego,
- odbiorniki lub ich część przyłączone do rozdzielnic o napięciu poniżej 1 kV za pośrednictwem UPS.

Sposób rezerwowania należy uzgodnić z użytkownikiem budynku oraz przedsiębiorstwem energetycznym [21]. Wartość rezerwowanej mocy powinna wynosić:

- 100% w budynku przeznaczonym na żłobek, przedszkole, szkołę, domy towarowe, szpital,
- 100% mocy potrzebnej do zasilania dźwigów osobowych, pomp pożarowych, wentylatorów, sprężarek w hydroforni, pomp w wymiennikach ciepła, klimatyzatorów, obwodów oświetlenia awaryjnego (zapasowego i ewakuacyjnego), chłodni i ustalonych z użytkownikiem odbiorów w budynkach o innym przeznaczeniu niż w punkcie a).

Należy stosować samoczynne ograniczenie pobieranej mocy, jeżeli rezerwowanie nie obejmuje 100% mocy. Na czas zasilania rezerwowego należy ograniczyć pobór mocy do wartości, jaka może być dostarczona z rezerwowego zasilania, przewidując procedurę samoczynnego wyłączenia części odbiorników, których wyłączenie nie spowoduje przede wszystkim zagrożenia dla osób przebywających w budynku.

Załączenie zasilania rezerwowego SZR powinno nastąpić samoczynnie po zaniku napięcia zasilania podstawowego. Działanie załączania rezerwy powinno być bez- zwłoczne. Jeżeli przewidziane jest samoczynne ograniczenie pobieranej mocy, samo- czynne załączenie rezerwy powinno nastąpić po wykonaniu procedury tego ograniczenia. Po powrocie napięcia w zasilaniu podstawowym powinno nastąpić samo- czynne przełączenie na to zasilanie.

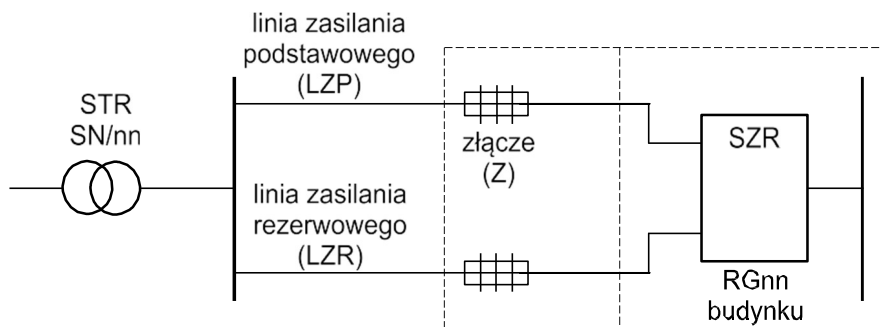
Ręczne załączenie zasilania może być wykonane, jeżeli zostaną ustalone warunki organizacyjne gwarantujące, iż w okresie wykonywania tego załączenia nie nastąpi zagrożenie życia lub zdrowia osób. Dla układów SZR należy opracować instrukcję eksploatacji, która musi zostać uzgodniona z właściwym OSD.

### 5.4. Budynki zasilane napięciem do 1 kV

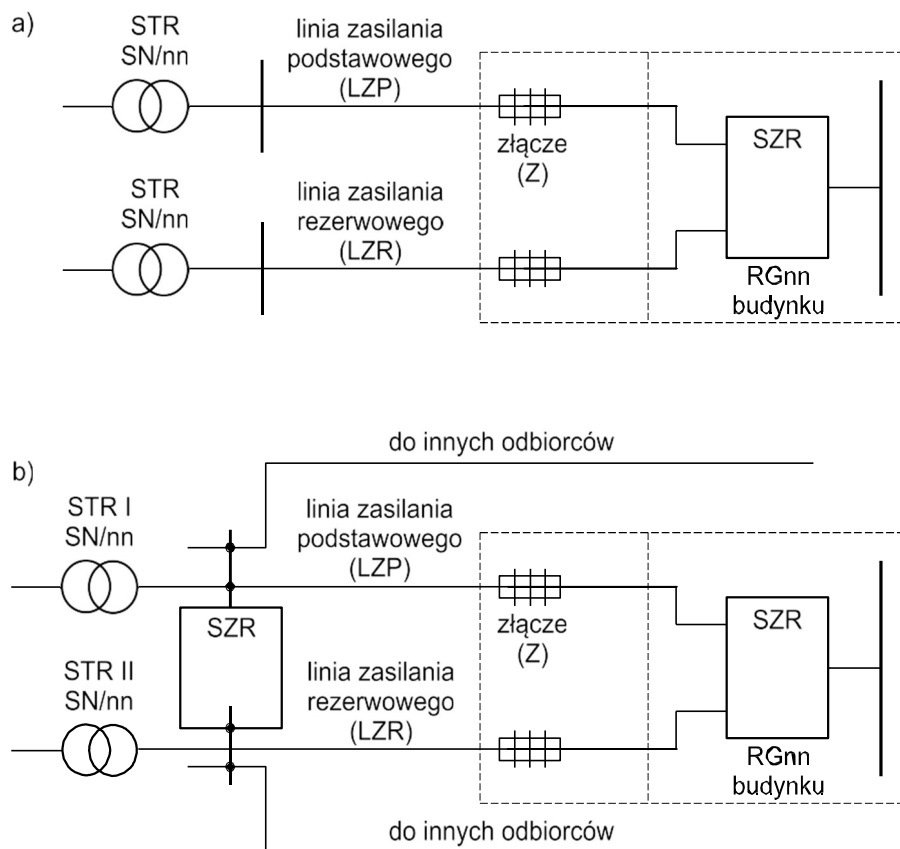
W rozwiązaniach zasilania budynków w sieci poniżej 1 kV [50, 53] stosować można układ magistralny. W układzie tym magistrala (pętla) powinna być przyłączona do dwu stacji SN/nn i w jednym ze złączy podzielona (rozcięta).

Poniżej przedstawiono inne zalecane rozwiązania zasilania budynków użyteczności publicznej. Zasilanie odbiorników w tych budynkach następuje z rozdzielnic głównej (RG), połączonej z siecią dostawcy za pośrednictwem złącza (Z), w jeden z poniższych sposobów:

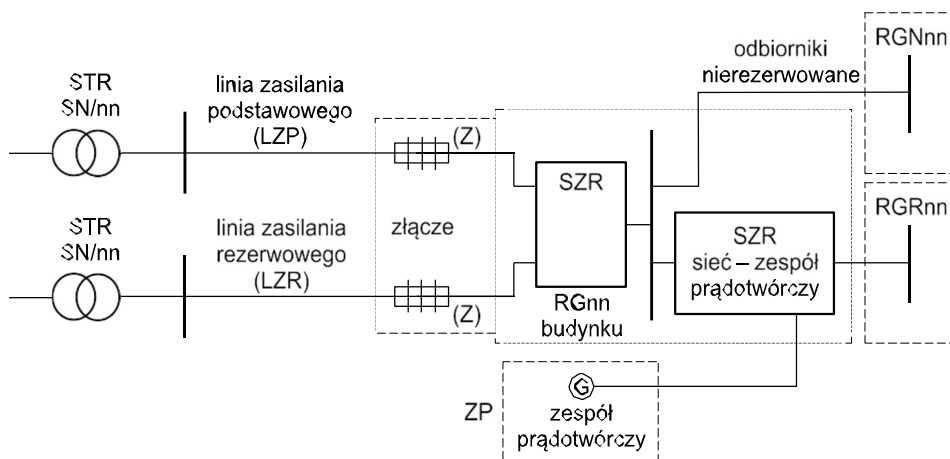
- linia zasilania podstawowego (LZP) i linia zasilania rezerwowego (LZR) z tej samej stacji transformatorowej (rys. 5.2),
- linia zasilania podstawowego i linia zasilania rezerwowego przyłączone do dwóch stacji transformatorowych (rys. 5.3a) lub różnych sekcji stacji dwutransformatorowej (rys. 5.3b),
- według schematu na rysunku 5.3a lub 5.3b z dodatkowym źródłem rezerwowym w postaci zespołu prądotwórczego (rys. 5.4).



Rys. 5.2. Zasilanie budynku liniami niskiego napięcia (nn) z tej samej stacji transformatorowej  
RGnn – rozdzielnica główna niskiego napięcia, STR – stacja transformatorowo-rozdzielcza



Rys. 5.3. Zasilanie budynku liniami nn  
a) z dwóch stacji transformatorowych, b) z dwóch sekcji stacji dwutransformatorowej

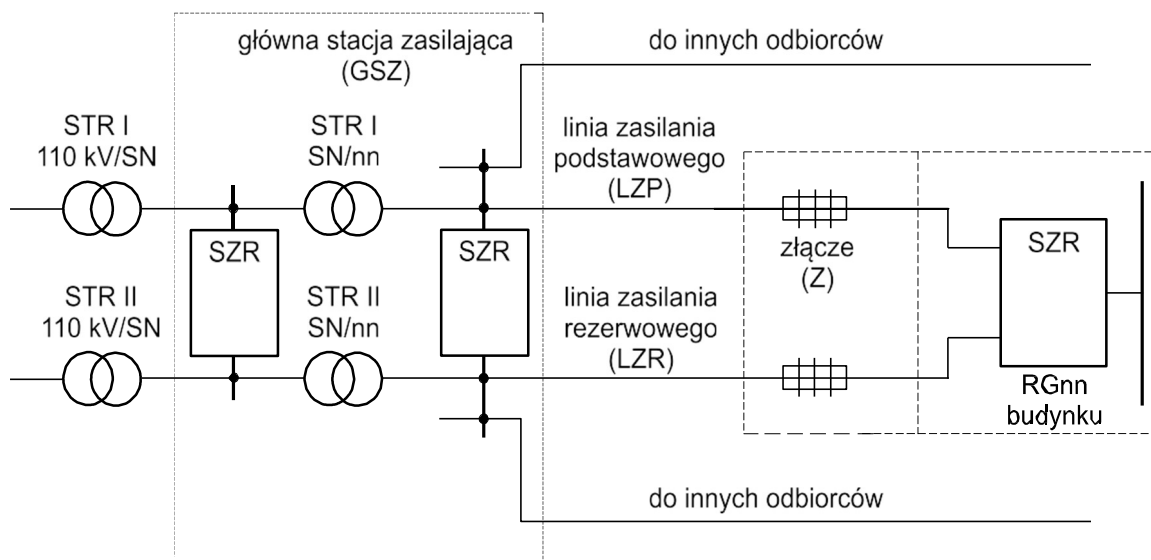


Rys. 5.4. Zasilanie budynku liniami nn i z zespołu prądotwórczego

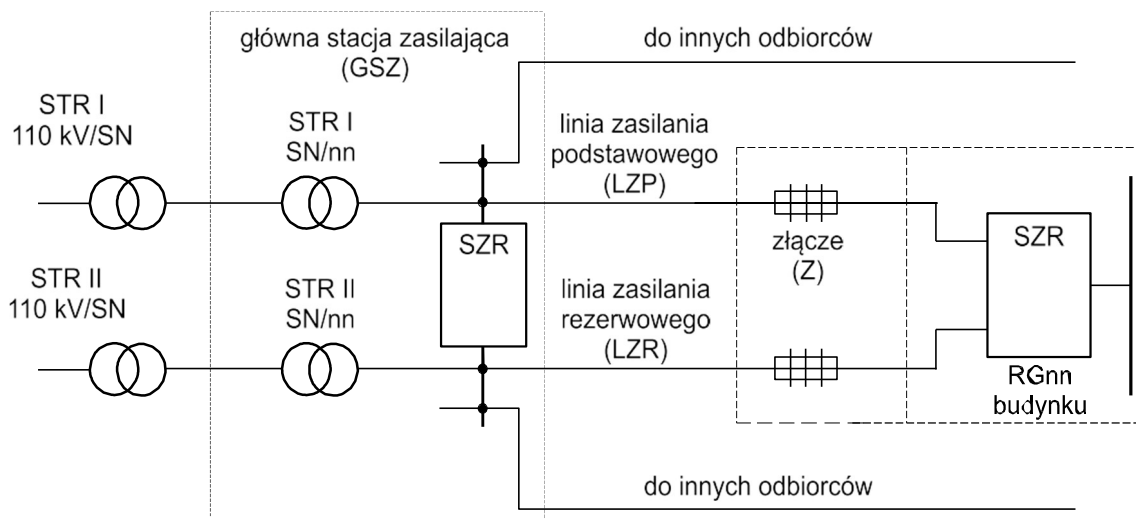
## 5.5. Budynki zasilane napięciem powyżej 1 kV

Budynki o mocy pobieranej do 2 MW

W budynkach, w których moc pobierana przez odbiorniki o napięciu powyżej 1 kV nie przekracza 2 MW, rozległość rozmieszczenia odbiorników jest niewielka i nie przewiduje się zwiększania mocy pobieranej ponad 2 MW – do zasilania należy zastosować główną stację zasilającą (GSZ), dwutransformatorową, zasilaną liniami średniego napięcia z dwóch stacji 110/SN (rys. 5.5) lub z różnych sekcji jednej takiej stacji (rys. 5.6) [49].



Rys. 5.5. Zasilanie budynku z GSZ/SN, połączoną liniami z dwoma stacjami 110/SN



Rys. 5.6. Zasilanie budynku z GSZ/SN, połączoną liniami z I i II sekcją stacji 110/SN

## 5.6. Wymagania dotyczące lokalizacji urządzeń zasilających

Budynki zasilane napięciem powyżej 1 kV

Główne stacje zasilające i stacje pośrednie powinny być umieszczone w pobliżu środka ciężkości obciążeń zasilanego obszaru, jeżeli nie jest to sprzeczne z innymi ważnymi wymaganiami technicznymi lub ekonomicznymi.

Pomieszczenie stacji może być zlokalizowane wewnątrz budynku (stacja wbudowana lub przybudowana) albo na zewnątrz w oddzielnym budynku (stacja wolno stojąca). Umieszczenie stacji wewnątrz budynku wymaga uzgodnienia ze specjalistą z zakresu ochrony przeciwpożarowej. Pomieszczenie stacji wewnątrz budynku może być usytuowane, pod warunkiem że:

- zostanie zachowana odległość pozioma i pionowa co najmniej 2,8 m od pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi,

- ściany i stropy będą stanowiły oddzielenie przeciwpożarowe oraz będą miały zabezpieczenia przed przedostawaniem się cieczy i gazów.

Rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe pomieszczenia stacji zlokalizowanej wewnątrz budynku musi zapewnić, zgodnie z wymaganiami Polskich Norm, ochronę sąsiednich pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi przed uciążliwym hałasem i szkodliwymi drganiami. Podpory, zamocowania oraz złącza transformatorów i rozdzielnic o napięciu powyżej i poniżej 1 kV oraz przewodów wentylacyjnych powinny zostać wykonane w sposób uniemożliwiający przenoszenie niedopuszczalnego hałasu i drgań na elementy budynku. Powietrze do wentylacji komór transformatorowych powinno być pobierane i wydalone bezpośrednio na zewnątrz budynku. Otwory wentylacyjne należy rozmieszczać w sposób wykluczający narażenie osób na niebezpieczeństwo. Do stacji wbudowanych należy wykonać odpowiedniej szerokości i wysokości dojścia oraz otwory umożliwiające swobodny transport poziomy i pionowy elementów stacji. Dla stacji przybudowanych i wolno stojących (kontenerowych) należy przewidzieć utwardzone drogi dojazdowe o odpowiedniej szerokości. Pomieszczenia stacji umieszczonych wewnątrz budynku nie mogą mieć okien. W obiekcie budowlanym stacji należy wykonać:

- kanały, wnęki, przepusty w ścianach lub/i fundamentach do prowadzenia kabli,
- przepusty do umieszczenia izolatorów lub płyt przepustowych dla szyn,
- drzwi do transportu elementów stacji,
- otwory w posadzce lub/i w ścianach do mocowania elementów stacji,
- stosowne kotwy, ramy, rury wraz z ich zamocowaniem,
- system uziemiający stacji.

### **5.7. Ustawienie i zamocowanie rozdzielnic prefabrykowanych**

Elementy transportowe rozdzielnic prefabrykowanych, pojedyncze celki lub zestawy 2+4 celkowe (szafowe) po wprowadzeniu należy ustawić na ramie fundamentowej. Na kolejność ustawienia celek lub zestawów powinna wskazywać ich numeracja porządkowa oraz rysunek zestawieniowy rozdzielnicy (DTR).

W przypadku rozdzielnic o dużych wymiarach, dostarczanych w członach konstrukcyjnych, należy na ramie nośnej ustawić człony główne (wyłącznikowe, rozłącznikowe itp.), a na nich człony szynowo-odłącznikowe, po czym skrócić je śrubami zgodnie z zaleceniami producenta.

Człony stałe rozdzielnic dwuczłonowych średnionapięciowych zestawia się i montuje bez członów ruchomych, które wprowadza się do szaf dopiero po zakończeniu montażu głównych elementów rozdzielnicy.

Po ustawieniu wszystkich elementów rozdzielnicy łączy się je mechanicznie, przez skręcenie śrubami sąsiadujących ze sobą celek, szaf lub zestawów. Tak zestawioną rozdzielnicę mocuje się do podłoża, przykręcając śrubami poszczególne celki (szafy) do ramy fundamentowej. Niektóre typy rozdzielnic mocować można za pomocą specjalnych zaczepów dostarczanych wraz z rozdzielnicą przez producenta.

## **5.8. Instalacje elektryczne zasilające aparaturę kontrolno-pomiarową i automatykę oraz urządzenia regulacji instalacji i urządzeń sanitarnych (AKPiA)**

### **5.8.1. Wymagania podstawowe**

W obwodach aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki stosuje się następujące rodzaje zasilania:

- bezpośrednio (jedno- lub trójfazowe) z sieci lub instalacji elektrycznej z rozdzielnic (tablicy rozdzielczej) lub gniazda wtyczkowego,
- pośrednie, przez transformator obniżający napięcie lub transformator bezpieczeństwa (ochronny),
- pośrednie z zastosowaniem stabilizatora napięcia,
- z przetwornicy dwumaszynowej,
- rezerwowe (z zastosowaniem SZR lub UPS).

Instalacja elektryczna zasilająca AKPiA powinna być zbudowana i eksploatowana tak, jak cała instalacja elektryczna znajdująca się w budynku. Do zasilania urządzeń (np. przenośne urządzenia pomiarowe, narzędzia ręczne oraz lampy ręczne) w takich pomieszczeniach, jak: hydrofornie, kotłownie, węzły ciepłownicze, wymiennikownice ciepła, pralnie, kanały rewizyjne, należy stosować bardzo niskie napięcie SELV.

Przenośne urządzenia pomiarowe oraz narzędzia ręczne można zasilć indywidualnie z zastosowaniem transformatora separacyjnego zgodnie z zasadami podanymi w tablicy 15. Zaleca się stosowanie urządzeń II klasy ochronności. Jeżeli wykorzystywane jest urządzenie I klasy ochronności, to powinno ono mieć uchwyt wykonany z materiału izolacyjnego lub pokryty materiałem izolacyjnym.

Przy stosowaniu uziemień funkcjonalnych niektórych urządzeń zainstalowanych na stałe, jak na przykład aparaty pomiarowe i aparaty sterownicze, należy stosować połączenia wyrównawcze miejscowe, łączące wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce z uziemieniem funkcjonalnym.

Źródła napięć powinny być instalowane na zewnątrz takich pomieszczeń, jak hydrofornie, kotłownie, węzły ciepłownicze, wymiennikownice ciepła, pralnie, kanały rewizyjne.

### **5.8.2. Trasy instalacji, tablice, sprzęt i osprzęt elektryczny dla AKPiA**

Trasy instalacji powinny być prowadzone tak, aby:

- zapewnić łatwy dostęp do obwodów elektrycznych na całej trasie wykonanej instalacji,
- zagwarantować bezkolizyjność instalacji elektrycznych zasilających z innymi instalacjami,
- zapewnić możliwość całkowitej wymiany instalacji i przewodów bez naruszania konstrukcji budynku,
- zachować co najmniej minimalne odległości przy zbliżeniach i skrzyżowaniach z innymi instalacjami zgodnie z obowiązującymi przepisami, a w szczególności, aby:
- poziome odcinki przewodów elektrycznych zostały usytuowane co najmniej 0,1 m poniżej przewodów z instalacją gazową (jeżeli gaz jest lżejszy od powietrza),
- przewody elektryczne krzyżujące się z instalacją gazową były oddalone od niej co najmniej o 0,02 m,
- w przypadku instalacji z gazem ciekłym przewody elektryczne były umieszczone co najmniej 0,1 m powyżej przewodów gazowych.

Trasy przewodów należy wykonywać w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów. Rozdzielnice (tablice) z aparatami zabezpieczającymi należy sytuować w taki sposób, aby zapewnić mocowanie sprzętu i osprzętu elektrycznego. Należy je wykonać zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 8.11.6.

Rodzaje obwodów

W instalacjach AKPiA należy wykonać następujące obwody elektryczne:

- zasilania, sygnalizacji, sterowania, blokad itp.,
- pomiarowe, do przesyłania sygnałów niskoprądowych (np. 0 do 20 mA), niskonapięciowych od 1 mV do kilku woltów, zmian rezystancji itp.

Obwody pomiarowe nie mogą być prowadzone w jednym wspólnym kablu z obwodami sterowniczymi, sygnalizacyjnymi lub zasilającymi, gdyż może to spowodować znaczne zakłócenia sygnałów pomiarowych. Na długich odcinkach tras kable pomiarowe powinny być ułożone w większej odległości (200 mm) od innych kabli.

### 5.8.3. Rodzaje przewodów i kabli (oprzewodowanie)

Obwody elektryczne instalacji należy prowadzić przy użyciu kabli sygnalizacyjnych lub przewodów wielożyłowych. Do obwodów pomiaru temperatury z wykorzystaniem termoelementów trzeba stosować przewody kompensacyjne. W układach maszyn cyfrowych i innych obwodach specjalnych, gdzie wymagany jest ekran, należy wykorzystywać kable ekranowane. Przekrój przewodów fazowych w obwodach prądu przemiennego i przewodów czynnych w obwodach prądu stałego nie powinien być mniejszy od podanego w tablicy 10.

Tablica 10. Minimalne przekroje przewodów z miedzi do stosowania w instalacjach AKPiA w budownictwie [70]

Rodzaj oprzewodowania		Zastosowanie w obwodach	Przewód	
			materiał	przekrój $s$ [mm <sup>2</sup> ]
Instalacja stała	kable i przewody izolowane	siłowe i oświetleniowe	miedź	1,5
		sygnalizacyjne i sterownicze	miedź	0,5*
Połączenia giętkie kablami i przewodami izolowanymi		specjalne zastosowanie	miedź	jak określono w odpowiedniej normie
		inne zastosowanie		0,75*
		obwody bardzo niskiego napięcia specjalnego zastosowania		0,75

\* W obwodach sygnalizacyjnych i sterowniczych przeznaczonych do urządzeń elektronicznych dopuszcza się stosowanie przekroju  $s = 0,1 \text{ mm}^2$ .

### 5.8.4. Wykonanie obwodów elektrycznych

Jeżeli nie można tego uniknąć, poszczególne odcinki trzeba łączyć na listwach zaciskowych umieszczonych w puszkach przelotowych. Konstrukcje nośne kabli należy uziemić lub połączyć z przewodem ochronnym, w zależności od przyjętego systemu ochrony przeciwporażeniowej. Kable i przewody słaboprądowe należy mocować do konstrukcji za pomocą uchwytów. Uchwyty należy mocować do konstrukcji przy użyciu ocynkowanych wkrętów lub śrub, nakrętek i podkładek sprężystych. Trasy prowadzone w korytkach prefabrykowanych nie wymagają mocowań, natomiast trasy pionowe należy mocować opaskami przytwierdzonymi do dna korytka perforowanego. Nie wymagają mocowania kable układane w kanałach. Przy przejściach tras przez ściany i stropy trzeba stosować przepusty z rur osadzonych w ścianach i stropach. Po przeprowadzeniu kabli przepusty należy uszczelnić. Każdy kabel należy oznaczyć, podając na oznaczniakach numer kabla, typ, przekrój i liczbę żył. Oznaczniki powinny być umieszczone na obu końcach, a przy przejściach – po obydwu stronach ścian i stropów. Wymagania dotyczące przewodów ochronnych w budynkach podane zostały w rozdziale 7.1.

### 5.8.5. Montaż aparatury kontrolno-pomiarowej i regulacyjnej

Przed przystąpieniem do montażu należy dokonać oględzin aparatury i urządzeń w celu stwierdzenia ich kompletności i prawidłowości zmontowania oraz wyeliminowania urządzeń uszkodzonych. Aparaturę kontrolno-pomiarową i regulacyjną należy mocować tak, aby nie była narażona na drgania. Aparaturę powinno się mocować do konstrukcji za pomocą śrub lub wkrętów z nakrętkami i podkładkami sprężystymi, zwracając uwagę na dokładne jej usytuowanie zgodnie z wymaganiami producenta. Aparaturę należy tak zamontować, aby zapewnić możliwość łatwego demontażu. Miejsce montażu aparatów trzeba oznaczyć w sposób widoczny i trwały pełnym symbolem obwodu pomiarowego lub automatyki oraz numerem elementu obwodu. Wszystkie aparaty powinny być ustawione w miejscach łatwo dostępnych i dobrze widocznych w pozycji wskazanej przez producenta. Przy montażu należy przestrzegać zaleceń i wymagań producenta aparatury. Jeśli nie ma przeciwwskazań, należy przestrzegać następujących warunków:

- temperatura otoczenia powinna mieścić się w granicach od +5°C do +40°C,
- powietrze w miejscu montażu nie może być zapyłone i nie mogą występować w nim substancje agresywne,
- wilgotność powietrza nie może przekraczać 90%,
- przyrządy pomiarowe należy zabezpieczyć przed drganiami i wstrząsami mechanicznymi; szafy i tablice pomiarowe lub inne konstrukcje nośne powinny uwzględniać te wymagania (mieć odpowiednią amortyzację),



- w pobliżu przyrządów nie mogą występować silne pola magnetyczne i elektryczne,
- zaciski ochronne urządzeń zawsze muszą być połączone z przewodem ochronnym.

Manometry powinny być połączone poprzez zawory lub kurki z króćcem do przyłączania manometrów wzorcowych. Termometry należy zaopatrzyć w osłony zapobiegające uszkodzeniom, a termostaty lub puszki kompensacyjne – montować w pobliżu termoelementu w miejscu, w którym wahania temperatury otoczenia utrzymują się w granicach od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  dla termostatów i od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$  dla puszek kompensacyjnych. Niewykorzystane dławiki termostatu należy zaślepić. Siłowniki elektryczne trzeba montować bezpośrednio na zaworach lub na konstrukcji stalowej o odpowiedniej wytrzymałości i sztywności oraz mocować przy użyciu śrub. Sterowniki powinno się montować jak najbliżej mechanizmu wykonawczego, aby uzyskać należytą sztywność układu kinetycznego. Oznaczenie aparatury elewacyjnej należy umieszczać nad otworem w elewacji od strony wewnętrznej konstrukcji tablicy lub szafy, natomiast oznaczenie aparatury mocowanej na konstrukcjach wsporczych umieszczać trzeba bezpośrednio obok miejsca jej mocowania. Przy gęstej zabudowie dla pełnej jednoznaczności oznaczenia powinno się powtórzyć na aparaturze.

#### 5.8.6. Montaż osprzętu elektrycznego dla aparatury (AKPiA)

Osprzęt należy montować, zwracając uwagę na właściwy sposób ustawienia, zapewniający możliwość łatwego demontażu i łatwego dostępu dla obsługi. W przypadku urządzeń niezabezpieczonych fabrycznie przed możliwością porażenia ludzi prądem elektrycznym należy wykonać dodatkowe osłony tak, aby spełnić wymagania w zakresie ochrony podstawowej, a elementy półprzewodnikowe – montować na osobnych płytach z tworzyw izolacyjnych i umieszczać w miejscach łatwo dostępnych. Najmniejsze odległości między półkami przekaźnikowymi powinny wynosić 160 mm, a korytka z przewodami montować w odległości co najmniej 60 mm od dolnej krawędzi półki przekaźnikowej. Odległości między osiami sąsiadujących ze sobą listew zaciskowych nie powinny być mniejsze niż 160 mm. Odległość pomiędzy osią najwyżej położonej listwy zaciskowej i dolną krawędzią aparatu umieszczonego nad nią nie powinna być mniejsza niż 170 mm, natomiast odległość od podłogi do dolnej krawędzi najniższej położonej listwy zaciskowej w szafie lub tablicy pomiarowej – mniejsza niż 200 mm. Napisy informacyjne dla osprzętu sterowniczego należy wykonać na tabliczkach. Listwy montażowe powinny być oznaczone symbolami. Zaciski listew montażowych należy oznaczać kolejnymi liczbami.

#### 5.8.7. Montaż zestawów automatyki

Zestawy automatyki należy ustawiać bezpośrednio na fundamencie lub na odpowiednich amortyzatorach. Przed ustawieniem zestawu trzeba sprawdzić, czy jego stanowisko jest wyposażone w odpowiednie otwory dla swobodnego doprowadzenia instalacji i tras impulsowych. Zasilanie zestawów automatyki energią elektryczną powinno być niezawodne. Konstrukcje nośne (metalowe) zestawów automatyki muszą być uziemione lub połączone przewodem ochronnym PE z istniejącym w budynku systemem ochrony przeciwporażeniowej.

#### 5.8.8. Przyłączanie aparatów, sprzętu i osprzętu elektrycznego

Przyłączanie aparatów, sprzętu i osprzętu zainstalowanego na sterownicach (tablicach) lub szafach należy wykonać przez połączenie zacisków aparatów, sprzętu i osprzętu przewodami izolowanymi z zaciskami listew montażowych. Przy przyłączaniu przewodów do aparatury należy stosować następujące zasady:

- połączenia przewodów powinny być zgodne z adresami podanymi w dokumentacji,
- zastosowane przekroje przewodów powinny być zgodne z dokumentacją,
- kolory powłok izolacyjnych przewodów użytych do oprzewodowania winny być zgodne z dokumentacją. Dopuszcza się zmianę kolorów przewodów z wyjątkiem koloru zielono-żółtego dla przewodów ochronnych PE i niebieskiego dla przewodów neutralnych N,
- zasilanie dla każdego aparatu powinno być oddzielne; zabrania się zasilania aparatów przy łączeniu ich mostkami z aparatu na aparat,
- obwody pomiarowe powinny być oddzielone od siłowych,
- połączenia lutowicze przewodów należy wykonać we właściwy sposób; lutować można tylko przy użyciu kalafonii; stosowanie pasty lutowiczej jest niedopuszczalne,
- końce przewodów miedzianych wielodrutowych powinny być ocynowane lub zabezpieczone zaprasowanymi tulejkami; zalecane jest stosowanie tulejek zamiast cynowania,
- należy pozostawić odpowiednie zapasy długości przewodów przy zaciskach aparatów, sprzętu, osprzętu i listew montażowych na skrócenie przewodu i założenie końcówek adresowych,
- nie należy dopuszczać do nacięć żył przewodów przy zdejmowaniu powłok izolacyjnych.

Opis końcówki adresowej, jeżeli w dokumentacji nie podano innego sposobu, powinien składać się:

- przy aparacie: z numeru zacisku aparatu, symbolu listwy montażowej i numeru zacisku tej listwy, do której przyłączony jest drugi koniec przewodu,
- przy mostkach między aparatami: z numeru zacisku aparatu, symbolu aparatu, do którego przewód jest prowadzony i numeru zacisku tego aparatu,
- przy mostkach na zaciskach listew montażowych: z numeru zacisku listwy, do której przewód jest prowadzony (nie dotyczy mostków stałych).

Opisy końcówek muszą być zgodne z oznaczeniami na schematach montażowych i w tabelach łączy.

#### **5.8.9. Przyłączanie aparatów, sprzętu i osprzętu zabudowanych na oddzielnych konstrukcjach wsporczych (AKPiA)**

Końcówki kabli sygnalizacyjnych należy przygotować tak, aby można było do- prowadzić ich żyły do przewidzianych w projekcie zacisków aparatów sprzętu i osprzętu, zwracając szczególną uwagę na pewność połączeń i niezawodność izolacji. Końce przewodów należy wprowadzić do aparatów, sprzętu lub osprzętu przez dławiki uszczelniające, przy czym przewody zasilające należy wprowadzić przez od- dzielny dławik. Formowanie przewodów należy dokonywać po sprawdzeniu pra- widłowości połączeń. Przewody należy formować w wiązki lub układać w korytkach. Przy przyłączaniu przewodów do zacisków tablicowych i aparatowych należy zapewnić niezawodność połączeń oraz czytelność i trwałość opisu.

#### **5.8.10. Pozostałe elementy sprzętu i osprzętu (AKPiA)**

Montaż elementów, takich jak reduktory, filtry, stacje redukcyjne, odwadniacze, odoliwiacze itp., należy wykonać przy użyciu elementów wsporczych. Należy też zapewnić właściwą pozycję pracy elementów zgodnie z dokumentacją techniczno-ruchową (DTR) i łatwy dostęp dla obsługi. Przed przystąpieniem do montażu elementów powinno się je obejrzeć, aby stwierdzić ich kompletność i brak uszkodzeń oraz usunąć wszystkie zanieczyszczenia i opiłki, które mogą dostać się do wnętrza elementu i spowodować jego wadliwą pracę. Do regulacji średnic przewodów impulsowych należy stosować odpowiednie złącza redukcyjne. Rozgałęzienia sygnałów należy wykonywać, stosując odpowiednie złącza trój- lub czterodrogowe. Każde po- łączenie końcowe należy oznaczyć wybijanym adresem. Oznaczniki wykonuje się z blachy mosiężnej o grubości od 0,25 do 0,3 mm lub aluminiowej odpowiednio grubszej.

#### **5.8.11. Ogólne warunki wykonania ochrony przeciwporażeniowej dla instalacji AKPiA**

W warunkach środowiskowych stwarzających zwiększone zagrożenie należy wprowadzić odpowiednie obostrzenia i zastosować specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych [65]. Obostrzenia polegają na:

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

We wszystkich przypadkach, gdy powinna zostać obniżona wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale, powinien być również skrócony dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania. W przypadku ochrony przeciwporażeniowej przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia należy stosować obwody SELV (nieuziemione), a w szczególnie uzasadnionych przypadkach – obwody PELV (uziemione).

## 6. INSTALACJE ODBIORCZE

### 6.1. Wymagania ogólne

W budownictwie użyteczności publicznej występują pomieszczenia i obiekty, które charakteryzują się dużą różnorodnością pod względem warunków środowiskowych oraz rodzajem podłoża, na/w którym są montowane instalacje elektryczne. Występują głównie następujące rodzaje pomieszczeń: suche, wilgotne, przejściowo wilgotne i mokre, pomieszczenia z wyziewami żrącymi, pomieszczenia niebezpieczne pod względem pożarowym, niebezpieczne pod względem wybuchowym, pomieszczenia klatek schodowych i korytarzy, kondygnacji podziemnych, pomieszczenia o specjalnym przeznaczeniu (np. serwerownie), pomieszczenia użytkowane medycznie. We wszystkich tego typu pomieszczeniach należy stosować [13] podstawowe środki ochrony przed skutkami:

- porażenia prądem elektrycznym,
- oddziaływania prądów przeciążeniowych i zwarciovych,
- oddziaływania cieplnego,
- obniżenia napięcia,
- doziemień w sieciach wysokiego napięcia,
- przepięć atmosferycznych i łączeniowych,
- zagrożenia wybuchowego.

Instalacje elektryczne oraz odbiorniki energii elektrycznej są zawsze narażone na działanie otaczającego środowiska. Instalacja i jej wyposażenie powinny być tak dobrane, aby były zdolne do właściwego działania bez wprowadzania niedopuszczalnych zakłóceń środowiska. Uwzględnienie oddziaływania środowiska to uwzględnienie wpływu takich czynników zewnętrznych, jak temperatura otoczenia, wilgotność itp. Wpływy zewnętrzne to również użytkowanie urządzeń elektrycznych związane ściśle z następującymi czynnikami: zdolność osób, rezystancja ciała ludzkiego, styczność ludzi z potencjałem ziemi, warunki ewakuacji, rodzaj produkowanych lub magazynowanych materiałów. Ważna jest również konstrukcja obiektów budowlanych, w których znajdują się urządzenia elektryczne. Trzeba wówczas uwzględnić zastosowane materiały konstrukcyjne oraz konstrukcję obiektu budowlanego. Rodzaje wpływów zewnętrznych są oznaczone za pomocą kodu składającego się z dwóch dużych liter i liczby 1, 2, 3 [67, 105]. Pierwsza litera oznacza kategorię wpływu zewnętrznego (A – środowisko, B – użytkowanie, C – konstrukcja), druga – charakter wpływu (D – woda, F – korozja), a liczba określa klasę wpływu (1 – słaby, 2 – średni, 3 – silny). Stosownie do rodzaju pomieszczenia należy stosować odpowiednie wymagania instalacyjne opisane szczegółowo poniżej dla poszczególnych rodzajów pomieszczeń.

### 6.2. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach suchych

Pomieszczenia suche to takie, w których temperatura powietrza wynosi od +5°C do +35°C, a wilgotność względna do 75%. Są to pomieszczenia ogrzewane i niezapylone. W budownictwie użyteczności publicznej są nimi (bez łazienek): biura, szkoły, przedszkola, hotele, obiekty handlowe.

W pomieszczeniach tego typu instalacje elektryczne należy wykonywać przewodami:

- izolowanymi jedno- i wielożyłowymi w rurach pod tynkiem,
- izolowanymi jedno- i wielożyłowymi w rurach po wierzchu na tynku,
- wtynkowymi,
- jedno- i wielożyłowymi w listwach instalacyjnych przypodłogowych i naściennych,
- jedno- i wielożyłowymi w kanałach instalacyjnych (sufitowych, ściennych, podparapetowych),
- jedno- i wielożyłowymi w kanałach instalacyjnych (podłogowych, podpodłogowych i napodłogowych).

Należy stosować sprzęt instalacyjny w wykonaniu:

- natynkowym do instalacji na tynku, murze i innym podłożu,
- podtynkowym przeznaczonym do instalacji podtynkowej,
- wtynkowym do instalacji wtynkowej.

W zależności od sposobu montażu należy wykorzystywać łączniki naścienne, podtynkowe, wtynkowe, panelowe, ościeżnicowe. W pomieszczeniach suchych należy stosować łączniki w obudowie zwykłej, otwartej. W zależności od sposobu montażu należy wybierać gniazda wtyczkowe naścienne, do wbudowania, wtynkowe, tablicowe, ościeżnicowe, przenośne, stołowe, podpodłogowe. Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 2X. Należy stosować osprzęt znormalizowany (puszki instalacyjne sprzętowe  $\phi$  60, puszki rozgałęźne  $\phi$  70, rury, złączki) wykonany z materiałów niepalnych lub niepodtrzymujących palenia.

### 6.3. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach przejściowo wilgotnych, wilgotnych i mokrych (bardzo wilgotnych)

W takich pomieszczeniach ciało człowieka może być mokre i mieć małą rezystancję (opór elektryczny). Jest to szczególnie niebezpieczne ze względu na porażenie prądem. W budownictwie użyteczności publicznej pomieszczenia takie charakteryzujemy następująco:

- pomieszczenia przejściowo wilgotne: kuchnie, klatki schodowe, dobrze przewietrzane piwnice o temperaturze od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+35^{\circ}\text{C}$  i wilgotności względnej do 75%; przejściowo może występować para wodna i skropliny,
- pomieszczenia wilgotne: źle przewietrzane piwnice, suszarnie, pralnie, kuchnie zbiorowego żywienia, lodownie, w których temperatura powietrza wynosi do  $+35^{\circ}\text{C}$ , a wilgotność względna od 75% do 100%; para wodna może się skraplać,
- pomieszczenia bardzo wilgotne (mokre): kabiny kąpielowe, łaźnie, w których wilgotność względna wynosi stale około 100%; para wodna skrapla się na ścianach, sufitach, podłodze oraz sprzęcie.

W pomieszczeniach mokrych (łaźniach, łazienkach, kabinach kąpielowych) instalacje elektryczne należy wykonywać w specjalnych strefach. W strefie 0 nie powinno się stosować urządzeń i instalacji elektrycznych. W strefie I wolno instalować tylko ogrzewacze wody. Nie mogą znajdować się w niej puszkiz rozgałęźne instalacji elektrycznej, gniazda wtyczkowe, łączniki elektryczne itp. W strefie 2 wolno stosować jedynie oprawy oświetleniowe o wzmocnionej izolacji i ogrzewacze wody. W strefie 3 mogą być instalowane ogrzewacze wody i pralki, a także gniazda wtyczkowe zabezpieczone wysokoczułym wyłącznikiem różnicowoprądowym lub zasilane z transformatora ochronnego. W strefie 3 mogą też znajdować się elementy instalacji elektrycznej, np. puszkiz lub łączniki. Dopuszczone do stosowania w poszczególnych strefach odbiorniki elektryczne, łączniki, gniazda, puszkiz itp. powinny mieć obudowy o następujących stopniach ochrony: w strefie 0 – IPX7, w strefie 1 – IPX5, w strefie 2 – IPX4, a w strefie 3 – IPX1. W strefach 2 i 3 łazienek publicznych obudowy ww. elementów instalacji powinny mieć stopień ochrony IPX5. W łazienkach powinny także zostać wykonane połączenia wyrównawcze dodatkowe.

W pomieszczeniach omawianego typu instalacje elektryczne należy wykonywać:

- przewodami wielożyłowymi na uchwytach dystansowych,
- przewodami wielożyłowymi w korytkach i na drabinkach instalacyjnych,
- przewodami izolowanymi na podporach izolacyjnych,
- przewodami wtynkowymi z izolacją i powłoką (osprzęt szczelny),
- przewodami jednożyłowymi w rurach z tworzyw sztucznych i stalowych z osprzętem szczelnym,
- przewodami jedno- i wielożyłowymi w listwach instalacyjnych przypodłogowych i naściennych,
- przewodami jedno- i wielożyłowymi w kanałach instalacyjnych,
- kablami.


Należy stosować sprzęt instalacyjny w wykonaniu:

- natynkowym do instalacji na tynku, murze i innym podłożu,
- podtynkowym przeznaczonym do instalacji podtynkowej,
- wtynkowym do instalacji wtynkowej.

W pomieszczeniach wilgotnych należy stosować łączniki w obudowie szczelnej, zamkniętej. W zależności od sposobu montażu należy wykorzystywać łączniki na- ściennie, podtynkowe, wtynkowe, panelowe, ościeżnicowe.

W zależności od sposobu montażu trzeba stosować gniazda wtyczkowe naściennie, do wbudowania, wtynkowe, tablicowe, ościeżnicowe, przenośne, stołowe, pod- podłogowe. Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 24 do IP 46.

Należy stosować osprzęt znormalizowany (puszkiz instalacyjne sprzętowe  $\phi$  60 mm, puszkiz rozgałęźne  $\phi$  70 mm, rury, złączki) wykonany z materiałów niepalnych lub nie- podtrzymujących palenia. W pomieszczeniach wilgotnych, wyposażonych w instalację wodną (np. hydroformie), zachodzi zwiększone ryzyko porażenia prądem elektrycznym. Instalacja powinna mieć stopień ochrony co najmniej IP 44. Urządzenia muszą być zabezpieczone przed możliwością dostawania się wody do elementów znajdujących się pod napięciem, zaś wszystkie urządzenia i metalowe obudowy powinny być połączone przewodem wyrównawczym o przekroju co najmniej 4 mm<sup>2</sup>. Jeśli przewód wyrównawczy jest chroniony przed uszkodzeniem mechanicznym, to przekrój może wynosić 2,5 mm<sup>2</sup>. Przewód powinien być trwale przyłączony do metalowych elementów za pomocą specjalnych zacisków, opasek lub złącz śrubowych. W szczególności połączeniami wyrównawczymi muszą być objęte metalowe obudowy wszystkich urządzeń zasilanych prądem elektrycznym, metalowe rury oraz zawory (krany) zainstalowane na metalowych rurach, wszystkie większe elementy wykonane z materiałów przewodzących (np. stoły warsztatowe, regały, konstrukcje lub szafki basenowe).

Ruchomy sprzęt elektryczny powinien spełniać warunki klasy II (oznaczony jest symbolem ). Natomiast urządzenia o I klasie ochronności, jeśli muszą być używane w pomieszczeniach mokrych, powinny mieć uchwyty wykonane z materiału izolacyjnego lub być nim pokryte.

#### 6.4. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach z wyziewami żrącymi

W pomieszczeniach z wyziewami żrącymi wydzielają się pary lub gazy działające szkodliwie na urządzenia elektryczne. W budownictwie użyteczności publicznej takimi pomieszczeniami są np. magazyny (składy) chemiczne, akumulatornie, mieszalnie farb i lakierów.

W pomieszczeniach tego typu w instalacjach elektrycznych należy stosować takie same przewody, jak w pomieszczeniach wilgotnych, oprócz przewodów izolowanych w rurach stalowych. W przypadku stosowania przewodów gołych (np. suwnica), ich przekrój  $S$  nie może być mniejszy niż 4 mm<sup>2</sup>.

Zaleca się wykonywanie instalacji elektrycznej przewodami wielożyłowymi na uchwytach dystansowych. Można stosować sprzęt instalacyjny w wykonaniu na- tynkowym i podtynkowym. W pomieszczeniach z wyziewami żrącymi należy stosować łączniki w obudowie szczelnej, zamkniętej. Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 34 do IP 46. W miarę możliwości łączniki i gniazda wtyczkowe montować należy na zewnątrz pomieszczenia, a odbiorniki powinno się podłączać poprzez wyłączniki.

### 6.5. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach gorących

Pomieszczenia gorące to takie, w których temperatura w dłuższych okresach przekracza +35°C, a wilgotność względna jest różna. W budownictwie użyteczności publicznej pomieszczeniami gorącymi są np.: łaźnie, sauny, palarnie, prasownie odzieży, piekarnie w marketach. W tych pomieszczeniach instalacje elektryczne należy wykonywać przewodami:

- gołymi, miedzianymi na gałkach, rolkach i izolatorach,
- jednożyłowymi izolowanymi w rurach pod tynkiem,
- o wzmocnionej izolacji cieplnej na uchwytach dystansowych,
- jedno- i wielożyłowymi w rurach stalowych w prefabrykowanych kanałach instalacyjnych (podłogowych, podpodłogowych i napodłogowych).

Można stosować sprzęt instalacyjny w wykonaniu natynkowym i podtynkowym. Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 45.

### 6.6. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem pożarowym

Pomieszczenia niebezpieczne pod względem pożarowym są zaliczone pod względem bezpieczeństwa pożarowego do I, II i III kategorii; magazynuje się w nich, produkuje, przerabia materiały łatwopalne. Sytuacje niebezpieczne może spowodować wysoka temperatura i iskrzenie. Dlatego urządzenia i instalacje znajdujące się w tych pomieszczeniach muszą mieć odpowiednio szczelną obudowę oraz nie należy tam przekraczać dopuszczalnej temperatury powietrza w zależności od temperatury zapłonowej występujących materiałów palnych [27].

W budownictwie użyteczności publicznej pomieszczeniami zagrożonymi pożarem są np.:

- sklepy, magazyny lub hurtownie materiałów palnych, takich jak: drewno, mąka, materiały tekstylne, niektóre tworzywa sztuczne,
- stolarnie, warsztaty spawalnicze,
- magazyny, w których występują zbiorniki paliwa lub oleju.

W omawianych pomieszczeniach wszystkie urządzenia technologiczne, na których mogą występować zjawiska elektryczności statycznej, powinny być uziemione. W pomieszczeniach o zwiększonym niebezpieczeństwie pożaru nie należy instalować transformatorów i kondensatorów elektroenergetycznych do kompensacji mocy biernej, zawierających palny czynnik izolacyjny oraz stanowisk ładowania akumulatorów. W pomieszczeniach zagrożonych pożarem, w których występują palne materiały stałe, należy stosować urządzenia elektryczne w wykonaniu normalnym z osłonami o stopniu ochrony przed przedostawaniem się do ich wnętrza ciał stałych, co najmniej [27]:

- IP4X w odniesieniu do elektrycznych maszyn wirujących z elementami iskrzącymi oraz przenośnych gniazd wtyczkowych,
- IP3X w odniesieniu do przenośnych lamp oświetleniowych i maszyn bez elementów iskrzących oraz gniazd wtyczkowych instalowanych na stałe,
- IP2X w odniesieniu do pozostałych urządzeń elektrycznych.

W obszarach zagrożonych pożarem, w których występują palne ciecze lub palne materiały rozdrobnione, wymaga się zastosowania osłon:

- IP5X w odniesieniu do mogących iskrzyć maszyn wirujących oraz przenośnych opraw oświetleniowych i gniazd wtyczkowych,
- IP4X w odniesieniu do ruchomych maszyn wirujących bez elementów iskrzących, do instalowanych na stałe lamp oświetleniowych i gniazd wtyczkowych oraz do elektrycznych urządzeń grzejnych, urządzeń rozdzielczych, łączników, puszek rozgałęźnych i bezpieczników,
- IP3X w odniesieniu do pozostałych urządzeń elektrycznych.

Źródła światła zainstalowane w obszarach zagrożonych pożarem powinny być osłonięte kloszem ochronnym (nie dotyczy to świetlówek). W omawianych pomieszczeniach należy stosować miedziane przewody o izolacji i/lub powłokach polwinitowych lub z innych materiałów o ograniczonych możliwościach rozprzestrzeniania płomienia i o podwyższonym napięciu znamionowym. Przez pomieszczenia zagrożone pożarem nie należy prowadzić przewodów zasilających odbiorniki zainstalowane poza tym pomieszczeniem.

Szczególną uwagę należy zwracać na staranne wykonanie i utrzymanie w dobrym stanie wszelkich połączeń przewodów. W pomieszczeniach zagrożonych pożarem instalacje powinny być wyposażone w łączniki umożliwiające wyłączenie instalacji spod napięcia z miejsc łatwo dostępnych, niezagrożonych pożarem. W pomieszczeniach tego typu do wykonania instalacji elektrycznych należy stosować przewody jednożyłowe:

- w rurach stalowych po wierzchu na uchwytych,
- izolowane układane na stałe pod tynkiem,
- izolowane w kanałach lub rurkach z niepalnego tworzywa sztucznego po wierzchu.

Kanały lub rurki należy uszczelnić, jeżeli mogłyby się w nich gromadzić materiały palne. Dopuszcza się stosowanie przewodów jednożyłowych w rurach instalacyjnych z tworzyw sztucznych trudno zapalnych, układanych pod tynkiem oraz przewodami wielożyłowymi w korytkach, na drabinkach, a także wykorzystywanie przewodów szynowych. W pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem pożarowym należy stosować sprzęt (łączniki, gniazda) w obudowie szczelnej, zamkniętej. Obudowy sprzętu, osprzętu (łączników, gniazdek wtyczkowych), opraw oświetleniowych, urządzeń elektrycznych powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 44. W pomieszczeniu powinna być zastosowana ochrona przeciwpożarowa zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 7.6.

#### **6.7. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem wybuchowym**

Pomieszczenia niebezpieczne pod względem wybuchowym to takie, w których występują gazy lub pary, palne włókna lub pyły tworzące z powietrzem mieszaninę wybuchową. W budownictwie użyteczności publicznej takimi pomieszczeniami są np. sklepy, magazyny lub hurtownie benzyn, oleju, trocin, węgla, lakierów, waty, materiałów pirotechnicznych. W pomieszczeniach tego typu w instalacjach elektrycznych należy stosować przewody:

- jednożyłowe w rurach stalowych pod tynkiem,
- opancerzone na uchwytych dystansowych,
- wielożyłowe na klamerkach metalowych w obudowie osłoniętej.

Należy stosować urządzenia, sprzęt, osprzęt w wykonaniu przeciwwybuchowym  $E_x$ . Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny zapewniać ochronę o stopniu minimum IP 67. Sprzęt instalacyjny należy mocować zgodnie z instrukcjami montażu podanymi przez producentów. Szczegółowe zasady instalacji elektrycznych i dobór urządzeń oraz sprzętu elektrycznego dla pomieszczeń niebezpiecznych pod względem wybuchowym podano w warunkach technicznych D3/2021 Instytutu Techniki Budowlanej [115].

#### **6.8. Wymagania dotyczące instalacji oświetleniowych w różnych pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej**

##### **6.8.1. Wymagana ogólna**

W budynkach użyteczności publicznej [93] występują zwiększone wymagania w stosunku do natężenia oświetlenia pomieszczeń. Należy stosować oprawy umożliwiające osiągnięcie natężenia oświetlenia o wartości do 500 lx, a nawet 1000 lx. Oprawy żarowe należy wykorzystywać w pomieszczeniach pomocniczych i tam, gdzie są one niezbędne. W obiektach handlowych trzeba wydzielić z oświetlenia ogólnego obwody oświetlenia nocnego, które załącza się poprzez zegar sterujący zbcznikowanym wyłącznikiem umieszczonym we wnęce na zewnątrz budynku.

W budynkach wysokich i wysokościowych, kinach, szpitalach, pomieszczeniach handlowych, produkcyjnych i magazynowych o powierzchni powyżej 2000 m<sup>2</sup>, lokalach gastronomicznych o powierzchni powyżej 500 m<sup>2</sup> itp. w razie przerwy w działaniu oświetlenia podstawowego należy stosować oświetlenie awaryjne (zapasowe lub ewakuacyjne), zapewniające dostateczne oświetlenie stanowisk pracy, przejść i dróg komunikacyjnych.

Instalacja oświetlenia ewakuacyjnego powinna być zasilana z baterii akumulatorów obliczonych na obciążenie prądowe w ciągu co najmniej jednej godziny w celu umożliwienia opuszczenia pomieszczeń. Oświetlenie awaryjne powinno włączać się samoczynnie po zaniku oświetlenia podstawowego. Przewody oświetlenia ewakuacyjnego powinny być obciążone prądem nie większym niż 10 A i zabezpieczone wyłącznikami o prądzie znamionowym co najmniej o jeden stopień większym, niż to wynika z obciążenia obwodu. Minimalne natężenie oświetlenia dróg ewakuacyjnych powinno wynosić 1 lx na wysokości 0,2 m nad podłogą.

W pomieszczeniach, gdzie są wykonywane czynności zapewniające bezpieczeństwo, np. przywracające zasilanie (rozdzielnia WN), wymagane natężenie oświetlenia zapasowego nie powinno być mniejsze niż 15 lx (0,1 natężenia znamionowego). Pojemność źródeł zasilania powinna zapewniać pracę urządzeń oświetlenia zapasowego w warunkach zbliżonych do znamionowych w czasie wynikającym z wykonywanych czynności oraz warunków występujących w pomieszczeniu. Oświetlenie podstawowe pomieszczeń o dużych powierzchniach (ponad 100 m<sup>2</sup>), użytkowanych przez dużą liczbę osób (ponad 50), powinno być wykonane za pomocą kilku obwodów przyłączonych do niezależnych rozdzielnic zasilających [93].

#### 6.8.2. Wymagania dotyczące instalacji oświetlenia awaryjnego

Budynki i obiekty budowlane, a przede wszystkim obiekty użyteczności publicznej, muszą być wyposażone w urządzenia przeciwpożarowe, którym należy zapewnić konserwację i naprawy w sposób gwarantujący ich sprawne i niezawodne funkcjonowanie. Odpowiedzialni za to są ich właściciele, zarządcy lub użytkownicy obiektu budowlanego [1, 13]. Na podstawie rozporządzeń [26, 27] instalacje oświetlenia awaryjnego są urządzeniami przeciwpożarowymi. Zgodnie z rozporządzeniem [27] wszystkie urządzenia przeciwpożarowe powinny być poddawane przeglądom technicznym i czynnościom konserwacyjnym nie rzadziej niż raz w roku i muszą spełniać wymagania odpowiednich polskich norm. Instalacje oświetlenia awaryjnego mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi, co powoduje, że ich parametry techniczne, a przede wszystkim niezawodność, obwarowane są wieloma powiązanymi ze sobą normami. Dotyczy to zarówno przepisów określających ich właściwości funkcjonalne, jak i parametry oświetleniowe czy elektryczne.

W Polsce aktualnie najważniejszą normą dotyczącą oświetlenia awaryjnego jest [96]. Wymagania tej normy są ściśle powiązane z wymaganiami dotyczącymi oprav oświetlenia awaryjnego, a także instalacjami oświetlenia ewakuacyjnego [95, 96]. Oprawy oświetlenia awaryjnego z własnym źródłem zasilania powinny być wyposażone w wewnętrzny układ testujący lub być podłączone do zdalnego układu testującego.

Właściciel, zarządca lub użytkownik części lub całości obiektu budowlanego [13, 27], w którym prowadzona jest działalność gospodarcza o charakterze rozrywkowym, polegająca na organizowaniu gier lub zabaw, w trakcie których ich uczestnicy uwalniają się z zamkniętej przestrzeni lub też w inny sposób ograniczona jest możliwość ich przemieszczania się, wskutek czego ograniczona jest możliwość ich ewakuacji, powinien przed rozpoczęciem takiej działalności oraz co najmniej raz na 2 lata przeprowadzać praktyczne sprawdzenie organizacji ewakuacji ludzi w miejsce bezpieczne, na zewnątrz obiektu budowlanego lub do sąsiedniej strefy pożarowej, a także sprawdzić spełnienie wymagań ochrony przeciwpożarowej. Wymagania te stosuje się także w przypadku działalności gospodarczej o podobnym przedmiocie, bez względu na nazwę, jaką dany przedsiębiorca się posługuje. Sprawdzenia powinny być dokonywane z udziałem rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego, lub jego części powiadamia właściwego miejscowo komendanta powiatowego (miejskiego) Państwowej Straży Pożarnej o terminie przeprowadzenia czynności sprawdzających, nie później niż na 7 dni przed ich przeprowadzeniem. Właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego sporządza ze sprawdzeń protokół zawierający ocenę organizacji ewakuacji ludzi oraz spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej. Właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego, lub jego części składa protokół do właściwej komendy powiatowej (miejskiej) Państwowej Straży Pożarnej w terminie 7 dni od dnia przeprowadzenia praktycznego sprawdzenia organizacji ewakuacji ludzi w miejsce bezpieczne oraz spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej.

Najważniejsze wymaganie do oceny istniejącej w danym obiekcie instalacji oświetlenia awaryjnego i jej konserwacji jest następujące: projekt instalacji oświetlenia awaryjnego musi być uzgodniony z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. W obiekcie muszą znajdować się aktualne schematy systemu oświetlenia awaryjnego, które powinny identyfikować wszystkie oprawy awaryjne i główne komponenty. Schematy powinny być podpisane przez rzeczoznawcę. System oświetlenia awaryjnego musi być zgodny z wymaganiami przepisów i norm [26, 27]. Urządzenia przeciwpożarowe powinny być poddawane przeglądom technicznym i czynnościom konserwacyjnym zgodnie z zasadami określonymi w Polskich Normach dotyczących urządzeń przeciwpożarowych, w odpowiedniej dokumentacji techniczno-ruchowej oraz instrukcjach obsługi. Przeglądy techniczne oraz czynności konserwacyjne nie mogą odbywać się rzadziej niż raz w roku i powinny być przeprowadzone w sposób zgodny z instrukcją ustaloną przez producenta.

W przypadku instalacji oświetlenia awaryjnego z centralną baterią, przewody i kable wraz z zamocowaniami powinny być ognioodporne, o takim czasie wytrzymałości ogniowej, w jakim ma działać oświetlenie awaryjne, zgodnie z zapisem rozporządzenia [27]. Na podstawie rozporządzenia [27] oświetlenie awaryjne [94] należy wykonywać zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi wymagań w tym zakresie. Czas działania oświetlenia awaryjnego wynosi minimum 1 godzinę. Zanik zasilania oprav podstawowych na drogach ewakuacyjnych musi spowodować włączenie oświetlenia ewakuacyjnego [95].

W budynku musi istnieć możliwość testowania oprav oświetlenia awaryjnego bez wyłączania zasilania. Oprawy oświetlenia awaryjnego z własnym źródłem zasilania powinny być wyposażone w

wewnętrzny układ testujący lub być podłączone do zdalnego układu testującego [96]. Prawidłowo zaprojektowane i wykonane oświetlenie ewakuacyjne [27] powinno spełniać następujące warunki:

- Natężenie oświetlenia E powinno wynosić min. 1 lx w osi drogi ewakuacyjnej. Wzdłuż centralnej linii drogi ewakuacyjnej stosunek  $E_{maks.} / E_{min.}$  nie powinien być większy niż 40:1.
- Na poziomie podłogi na niezabudowanym polu czynnym strefy otwartej natężenie oświetlenia E musi wynosić min. 0,5 lx.
- W strefie otwartej stosunek  $E_{maks.} / E_{min.}$  nie powinien być większy niż 40:1. Wymagania te muszą być spełnione również pod koniec ustalonego czasu działania oświetlenia ewakuacyjnego.
- W strefie wysokiego ryzyka eksploatacyjne natężenie oświetlenia ewakuacyjnego na płaszczyźnie odniesienia nie powinno być mniejsze niż 10% eksploatacyjnego natężenia podstawowego, wymaganego dla danych czynności, i musi wynosić min. 15 lx.
- W strefie wysokiego ryzyka równomierność natężenia  $E_{średnie} / E_{maks.}$  nie powinna być mniejsza niż 0,1.
- Minimalna wartość wskaźnika oddawania barw Ra powinna wynosić 40.

W celu zapewnienia odpowiedniego natężenia oświetlenia wszystkie oprawy do oświetlenia ewakuacyjnego powinny być umieszczane co najmniej 2 m nad podłogą:

- przy każdych drzwiach wyjściowych przeznaczonych do wyjścia ewakuacyjnego,
- w pobliżu schodów, tak aby każdy stopień był oświetlony bezpośrednio,
- w pobliżu każdej zmiany poziomu,
- obowiązkowo przy wyjściach ewakuacyjnych i znakach bezpieczeństwa,
- przy każdej zmianie kierunku,
- przy każdym skrzyżowaniu korytarzy,
- na zewnątrz i w pobliżu każdego wyjścia końcowego,
- w pobliżu każdego punktu pierwszej pomocy,
- w pobliżu każdego urządzenia przeciwpożarowego i przycisku alarmowego.

Znaki przy wszystkich wyjściach awaryjnych i wzdłuż dróg ewakuacyjnych powinny być tak podświetlone, aby jednoznacznie wskazywały drogę ewakuacji do bezpiecznego miejsca.

Punkty pierwszej pomocy oraz urządzenia przeciwpożarowe i przyciski alarmowe powinny być oświetlone w taki sposób, aby natężenie oświetlenia na podłodze w ich pobliżu wynosiło minimum 5 lx (w „pobliżu” oznacza w obrębie 2 m, mierzonych w poziomie).

Instalacje oświetlenia ewakuacyjnego w obiektach powinny spełniać następujące wymagania:

- znaki ewakuacyjne powinny być dobrze oświetlone,
- oświetlenie dróg ma umożliwić bezpieczną ewakuację do miejsc bezpiecznych (stref bezpieczeństwa),
- oświetlenie ma zabezpieczyć widoczność i zlokalizowanie miejsc sygnalizacji pożaru, a także rozmieszczenia i użycia sprzętu przeciwpożarowego,
- mieć możliwość testowania poprzez symulację zaniku zasilania oświetlenia podstawowego,
- automatycznie włączyć się w przypadku awarii dowolnej części zasilania podstawowego; gwarantować, że lokalne (miejscowe) oświetlenie ewakuacyjne będzie pracować w przypadku awarii zasilania podstawowego w danym miejscu,
- zabezpieczać przed ciemnością na drodze ewakuacyjnej w razie awarii jednej oprawy awaryjnej.

Konieczne jest rejestrowanie zdarzeń i ich raportowanie. Plany i schematy oświetlenia ewakuacyjnego powinny być zabezpieczone i przechowywane w obiekcie. Rysunki muszą jednoznacznie identyfikować wszystkie oprawy awaryjne i główne komponenty. W obiekcie powinien być przechowywany rejestr, dostępny do kontroli prowadzonej przez każdą upoważnioną osobę. Rejestr powinien być prowadzony w formie rękopisu lub w formie elektronicznej, wygenerowany przez urządzenie do automatycznego testowania. Rejestr powinien znajdować się pod opieką osoby wyznaczonej przez właściciela obiektu i zawierać co najmniej następujące informacje:

- datę odbioru systemu z załączeniem stosownych świadectw (certyfikatów),
- datę każdej kontroli okresowej i testu,
- datę i skrócony opis każdego serwisu, inspekcji i wykonanego testu,
- datę i skrócony opis każdego defektu i podjętych środków zaradczych,
- datę i skrócony opis każdej zmiany wprowadzonej do instalacji oświetlenia awaryjnego.

W przypadku używania urządzeń do automatycznego testowania należy opisać ich podstawowe parametry i tryb pracy.

Serwis i testowanie oświetlenia ewakuacyjnego w obiektach powinien przebiegać zgodnie z [27]. W przypadku używania automatycznego urządzenia testującego informacje powinny być rejestrowane co miesiąc.



W przypadku wszystkich innych systemów testy wraz z zarejestrowaniem ich wyników powinny być wykonywane w następujący sposób:

- codziennie: w przypadku systemów centralnego zasilania należy wizualnie kontrolować wskaźnik właściwej pracy,
- comiesięcznie: włączyć w trybie pracy awaryjnej każdą oprawę i każdy wewnętrznie oświetlany znak ewakuacyjny poprzez symulację awarii zasilania oświetlenia podstawowego, na okres wystarczający do sprawdzenia, czy każda oprawa świeci. W tym czasie należy sprawdzić prawidłowe funkcjonowanie wszystkich opraw oświetlenia awaryjnego i podświetlanych znaków,
- corocznie: wykonać test comiesięczny, a także test pełnookresowy, połączony z pomiarem czasu pracy awaryjnej i zarejestrowaniem jego wyników.

Zasadniczy podział systemów oświetlenia awaryjnego związany jest ze sposobem zasilania opraw. Oprawy oświetlenia awaryjnego mogą posiadać wewnętrzne źródło zasilania (akumulatory) lub być zasilane ze źródła zewnętrznego (centralna bateria akumulatorów). W przypadku oświetlenia awaryjnego dróg ewakuacyjnych, w którym wymagane natężenie światła jest na poziomie 1 lx, zalecane są systemy oświetlenia awaryjnego oparte na oprawach z własnym akumulatorem. W takim przypadku rozproszenie bezpieczeństwa na wszystkie oprawy oświetlenia awaryjnego [96] w obiekcie, z których każda przełącza się w tryb pracy awaryjnej niezależnie od innych urządzeń system, jest bardzo pożądane.

#### **6.9. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem narażeń (uszkodzeń) mechanicznych**

Instalacja elektryczna występująca w różnego rodzaju pomieszczeniach gospodarczych, warsztatach, magazynach itp. budynków użyteczności publicznej często jest narażona na uszkodzenia mechaniczne. Ochrona instalacji elektrycznych przed uszkodzeniem mechanicznym polega na doborze przewodów o stosownej izolacji i odpowiednim sposobie ułożenia przewodów oraz co bardzo ważne na stosowaniu właściwego osprzętu i sprzętu instalacyjnego. W przypadku sprzętu instalacyjnego chodzi głównie o stopień ochrony obudowy i odporność na udary mechaniczne. Przechowywany sprzęt ogrodniczy i cięższe narzędzia mogą łatwo uszkodzić elementy obwodu elektrycznego lub urządzenia stanowiące wyposażenie. Ela- styczne przewody służące do zasilania urządzeń zamontowanych na stałe powinny znajdować się wewnątrz pancernych węży osłonowych (przypominających wyglądem metalowe węże prysznicowe). Obustronne połączenia węży ochronnych muszą być trwałe. Najlepiej gdy instalacja poprowadzona jest w rurkach ukrytych pod tynkiem. Jeśli instalacja jest wykonywana jako natynkowa, to przewody powinny być ułożone w rurkach instalacyjnych lub korytkach kablowych wykonanych z wysoko- udarowego tworzywa lub ze stali. Także osprzęt elektryczny, gniazda wtyczkowe, wyłączniki i urządzenia używane w takich miejscach powinny mieć obudowy wykonane z materiałów trudnych do uszkodzenia mechanicznego (fot. 2). W instalacji natynkowej rurki lub kanałki powinny być bezpośrednio doprowadzone do łączników lub gniazd wtyczkowych, tak aby przewód był zawsze osłonięty (na wejściu do urządzenia za pomocą specjalnych dławików lub kształtek).

Fot. 2. Widok sprzętu elektrycznego (gniazd wtyczkowych) zabezpieczonego przed uszkodzeniem mechanicznym



### 6.10. Instalacje odbiorcze na klatkach schodowych i korytarzach

Klatki schodowe i korytarze są w zasadzie pomieszczeniami suchymi lub czasami przejściowo-wilgotnymi. Instalacje elektryczne należy tam prowadzić zgodnie z wymaganiami dotyczącymi takich pomieszczeń.

Instalacje układane pionowo (główna linia zasilająca, wewnętrzne linie zasilające) zaleca się prowadzić grupowo z zastosowaniem poniższych rozwiązań:

- prowadzenie ciągów układanych w kanałach wykonanych w ścianach działowych (w przypadku ich odpowiedniej grubości); kanały zamykane są drzwiczkami stalowymi,
- prowadzenie instalacji w zestawach tablic umieszczonych w ścianach działowych; drzwiczki tych zestawów powinny być zlicowane ze ścianą korytarzową lub klatki schodowej; wyposażenie zestawu ma być dostosowane do potrzeb budynku, a wysokość zestawu do wysokości kondygnacji,
- prowadzenie instalacji w kanałach umieszczonych w ścianach działowych; szkielet kanału należy wykonać ze stali kształtowej, a obudowę z blachy stalowej lub płyt STG; kanały zamykane są drzwiczkami stalowymi dostępnymi od strony korytarza, zlicowanymi z powierzchnią ściany; korzystnym rozwiązaniem jest usytuowanie tych kanałów jako przylegających do kanałów wentylacyjnych i tworzących z nimi wspólny blok.

W przypadku budynków szkieletowych o konstrukcji mieszanej zaleca się wykorzystanie ścian monolitycznych usztywniających do prowadzenia w nich instalacji elektrycznych zatapiających. We wszystkich wymienionych rozwiązaniach za regułę uważa się umieszczanie rozdzielnic (tablic rozdzielczych) w pionowych kanałach. Zaleca się stosowanie rozwiązań w wykonaniu małogabarytowym o szerokości 250 mm.

Instalacje układane poziomo należy prowadzić przede wszystkim w stropie, stosując rury z tworzyw sztucznych zatapiające w stropie między warstwami zbrojenia. Instalacje te prowadzić można również na tynku, stosując tradycyjne rozwiązania natynkowe oraz maskując je za pomocą osłon. Jeżeli istnieją takie możliwości, należy wykorzystywać rozwiązania jak dla budynków o konstrukcjach ścianowych.

W budynku gospodarczym\* instalacje elektryczne zaleca się prowadzić w przestrzeni między sufitem a stropem (sufit podwieszany). Powyższe rozwiązanie można też stosować bez maskowania we wnętrzach o małych wymaganiach estetycznych. W konkretnych przypadkach wyboru sposobu wykonania instalacji należy brać pod uwagę:

- warunki ogólne, w jakich ma pracować instalacja,
- poprawność eksploatacji,
- łatwość przystosowania instalacji w przypadku wzrostu obciążenia,
- ekonomiczność przyjętego rozwiązania.

W miarę możliwości należy unikać prowadzenia instalacji w konstrukcyjnych słupach stalowych, a jeśli jest taka konieczność – instalację ograniczyć do montażu łącznika lub gniazda wtyczkowego.

---

\* Przez budynek gospodarczy należy rozumieć budynek przeznaczony do niezawodowego wykonywania prac warsztatowych oraz do przechowywania materiałów, narzędzi, sprzętu i płodów rolnych; może to być także budynek do rekreacji indywidualnej w zabudowie zagrodowej.

### 6.11. Instalacje odbiorcze w pomieszczeniach kondygnacji podziemnych

Za kondygnacje podziemne budynku uważa się kondygnacje usytuowane poniżej poziomu przylegającego do niego terenu co najmniej w połowie ich wysokości w świetle lub usytuowane pod nim. Pomieszczenia kondygnacji podziemnej budynku to takie, w których minimalna temperatura otoczenia wynosi od +5°C do +35°C, a wilgotność względna od 75% do 100%, ciśnienie atmosferyczne od 860 hPa do 1060 hPa, nie występuje kondensacja pary wodnej; stopień ochrony obudowy IP54. Instalacje elektryczne w kondygnacjach podziemnych powinny być wykonywane w następujący sposób:

- przewodami jedno- i wielożyłowymi w rurach z tworzyw sztucznych gładkich, zatapiających w stropach (zatapianie rur w stropach stosuje się w przypadku gdy trasa instalacji jest prosta lub z nielicznymi załamaniami),
- przewodami jedno- i wielożyłowymi w rurach z tworzyw sztucznych gładkich, układanych na uchwytach na tynku,
- przewodami jedno- i wielożyłowymi w rurach z tworzyw sztucznych gładkich, układanych na konstrukcjach wsporczych,
- przewodami jedno- i wielożyłowymi w rurach z tworzyw sztucznych gładkich, układanych na drabinkach,
- przewodami wielożyłowymi lub kablami na uchwytach na tynku; rozwiązanie stosuje się przy prowadzeniu jednego lub dwu obwodów na wspólnej trasie w miejscach, gdzie nie istnieje niebezpieczeństwo mechanicznego uszkodzenia,
- przewodami wielożyłowymi lub kablami układanymi w korytkach,
- kablami układanymi w kanałach,
- kablami układanymi w rurach stalowych.

W przypadku wykonania instalacji kablami i przewodami wielożyłowymi jako szczególnie korzystne uważa się stosowanie korytek lub drabinek, które ułatwiają montaż i późniejszą eksploatację instalacji.

Wykonanie instalacji kablami układanymi w kanałach należy stosować w przypadku budynków wysokich przy bardzo rozbudowanych instalacjach sanitarnych, gdy nie ma możliwości prowadzenia obwodów po ścianie lub stropie piwnicy. Kanały powinny być odkryte, a kable należy układać bezpośrednio na ich dnie.

Szczególną uwagę należy zwrócić na wentylację kanałów, zapewniającą odprowadzenie ciepła. Kładzenie kabli w rurach przeznaczonych do układania w ziemi można stosować w przypadku budynków niepodpiwniczonych. Rury układa się bezpośrednio w gruncie przed wylaniem podłogi piwnicy.

We wszystkich możliwych przypadkach instalację oświetlenia piwnic zaleca się wykonywać w rurach instalacyjnych na ścianach i stropach piwnic. Poza tym instalacja ta może być również wykonana:

- przewodami wielożyłowymi z izolacją i powłoką, układanymi na tynku,
- w rurach instalacyjnych gładkich na tynku.

Przy opisanych wyżej sposobach układania instalacji na tynku jako zasadę należy przyjąć prowadzenie instalacji po jednej stronie korytarza piwnicznego, zostawiając przeciwną stronę na prowadzenie instalacji sanitarnych.

W kondygnacjach podziemnych o dużych wymaganiach w zakresie wykończenia wnętrz, instalacje elektryczne natynkowe można obudować osłoną lub stosować maskowanie za pomocą podwieszonego sufitu.

Instalacje w pralniach, suszarniach, przyłączach wody, gazu i węzłach cieplnych należy wykonywać przewodami wielożyłowymi układanymi:

- na ścianach za pomocą uchwytów i kołków wstrzeliwanych w beton,
- w podłogach z zastosowaniem rur osłonowych wkuwanych w beton (podejście do silników).

### 6.12. Instalacje elektryczne na zewnątrz pomieszczeń

Zalicza się do nich instalacje oświetlenia budynków, dróg wewnętrznych, placów, konstrukcji reklam. W polskich warunkach klimatycznych instalacje tego rodzaju są eksploatowane w temperaturze powietrza od -40°C do +40°C, a wilgotności względnej – od 5% do 100%. Występuje możliwość padania wody w postaci rozpylonej pod kątem 60°. Obecność obcych ciał stałych – nie mniejszych niż 2,5 mm. W instalacjach elektrycznych na zewnątrz pomieszczeń należy stosować przewody, takie jak w pomieszczeniach wilgotnych. Dopuszcza się stosowanie przewodów o izolacji z polwinitu i tiokolu ze sprzętem szczelnym, w miejscach osłoniętych od silnego działania promieni słonecznych. Obudowy sprzętu, osprzętu, opraw oświetleniowych i urządzeń powinny być w wykonaniu szczelnym oraz zapewniać ochronę minimum o stopniu IP 34. Sprzęt instalacyjny można mocować w puszkach za pomocą różnorodnych systemów mocowania dostępnych na rynku. Zainstalowane szafy zasilające, rozdzielcze czy sterownicze powinny być przystosowane do zamykania i plombowania [67, 87, 107].

Oprawy oświetleniowe zainstalowane na wysokości mniejszej niż 2,8 m nad poziomem gruntu należy wyposażyć w obudowę lub umieścić w miejscu ogrodzonym.

W tablicach 13 i 14 przedstawiono zestawienia możliwości zastosowania różnych systemów układania instalacji elektrycznych w zależności od charakteru pomieszczenia oraz użycia odpowiednich przewodów elektrycznych w zależności od systemu instalacji i rodzaju pomieszczenia.

## 7. OCHRONA I ZABEZPIECZENIA W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH BUDYNKU

### 7.1. Instalacje ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym

Ochroną przeciwporażeniową jest zestaw działań oraz specjalnych instalacji mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa człowieka podczas pracy z urządzeniami zasilanymi elektrycznie [106]. Działania ochronne dzielimy na dwie główne grupy: środki nietechniczne (szkolenia, organizacja pracy, badania okresowe pracowników) i środki techniczne.

Środki techniczne polegają głównie na wykonaniu specjalnych instalacji zabezpieczających oraz zastosowaniu odpowiednich zasłon, barier oraz umieszczaniu części czynnych poza zasięgiem ręki. Generalnie ochrona przeciwporażeniowa dzieli się na podstawową, dodatkową, równoczesną i uzupełniającą zgodnie z tablicą 15. Zadaniem ochrony przeciwporażeniowej podstawowej jest ochrona ludzi i zwierząt przed zagrożeniami, które mogą powstać w wyniku dotyku części czynnych instalacji elektrycznej. Ochrona ta może być osiągnięta przez:

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

W szczególności ochrona przeciwporażeniowa podstawowa (przed dotykiem bez- pośrednim) ma do spełnienia dwa zadania:

- odizolować, osłonić i umieścić w takich miejscach części czynne, aby człowiek nie mógł ich dotknąć,
- części czynne odizolować od korpusów, obudów i innych dostępnych części przewodzących urządzeń, aby zapobiec przedostaniu się na nie napięcia.

Można to zrealizować, stosując następujące środki:

- izolację podstawową,
- osłonę o stopniu ochrony co najmniej IP2X, zapobiegającą umyślnemu dotknięciu części czynnych, tak umocowaną, że nie można jej usunąć bez użycia narzędzia,
- odgrodzenie o stopniu ochrony niższym niż IP2X (poręcz, siatka), zapobiegające przypadkowemu dotknięciu części czynnych, co może wystarczać w miejscach dostępnych tylko dla wykwalifikowanego personelu,
- umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki z dostępnych stanowisk, np. na wysokości przekraczającej 2,5 m.

Zadaniem ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (przed dotykiem pośrednim) jest ochrona ludzi i zwierząt przed zagrożeniami, które mogą powstać w wyniku dotyku części przewodzących dostępnych (np. metalowa obudowa silnika, pralki) w instalacji elektrycznej. Ochrona ta może być osiągnięta przez:

- zapobieganie przepływowi prądu przez ciało człowieka lub zwierzęcia prądu rażeniowego wynikającego z uszkodzenia,
- ograniczenie do niegroźnej wartości prądu rażeniowego wynikającego z uszkodzenia, który może przepłynąć przez ciało człowieka,
- ograniczenie do bardzo krótkiej wartości (0,04 do 0,4 s) czasu trwania przepływu prądu przez ciało prądu rażeniowego wynikającego z uszkodzenia.

Podstawową zasadą ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym jest dbanie o to, aby części niebezpieczne nie były dostępne, a dostępne części przewodzące nie były niebezpieczne, zarówno w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej, jak i w przypadku pojedynczego uszkodzenia.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej jest zapewniona przez środki ochrony podstawowej, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia – przez środki ochrony przy uszkodzeniu. Alternatywnie, ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym jest zapewniona przez środek ochrony wzmocnionej, który gwarantuje ochronę zarówno w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej, jak i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.

Środek ochrony powinien składać się z:

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

Ochrona uzupełniająca jest określona jako zespół środków technicznych uzupełniających ochronę podstawową i/lub ochronę przy uszkodzeniu w specjalnych warunkach wpływów zewnętrznych i w niektórych specjalnych instalacjach lub lokalizacjach określonych w arkuszach normy PN-HD 60364 grupy 700. Postanowienia dotyczące ochrony przy uszkodzeniu mogą być pominięte dla następującego wyposażenia [80 – 88]:

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

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

Rodzaje i środki ochrony przeciwporażeniowej przedstawiono w tablicy 15.

Tablica 15. Rodzaje i środki ochrony przeciwporażeniowej [57, 78]

Rodzaj ochrony	Środek ochrony	
Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim)	izolacja podstawowa części czynnych	powszechnie stosowane środki ochrony
	przegrody lub obudowy	
	przeszkody	środki ochrony stosowane tylko w instalacjach dostępnych dla osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych, lub osób będących pod nadzorem wyżej wymienionych osób
	umieszczenie poza zasięgiem ręki	
Ochrona przy uszkodzeniu (przed dotykem pośrednim)	samoczynne wyłączenie zasilania	powszechnie stosowane środki ochrony
	izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona	
	separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika	
	izolowanie stanowiska	środki ochrony stosowane tylko wtedy, gdy instalacja jest pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych tak, że nieautoryzowane zmiany nie mogą być dokonywane
	nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe	
	separacja elektryczna do zasilania więcej niż jednego odbiornika	
Równoczesna ochrona przed dotykem bezpośrednim i pośrednim; ochrona realizowana przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia	obwody SELV lub PELV	środek ochrony stosowany we wszystkich sytuacjach
Ochrona uzupełniająca	urządzenia ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA	środek ochrony uzupełniającej, stosowany w układach AC w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu, a także w przypadku nieostrożności użytkowników
	dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne	środek ochrony uzupełniającej stosowany jako uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu

Ochrona podstawowa

Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim) jest ochroną przed porażeniem prądem elektrycznym w czasie normalnej eksploatacji urządzeń.

Tablica 16. Środki ochrony podstawowej przed dotykiem bezpośrednim [114]

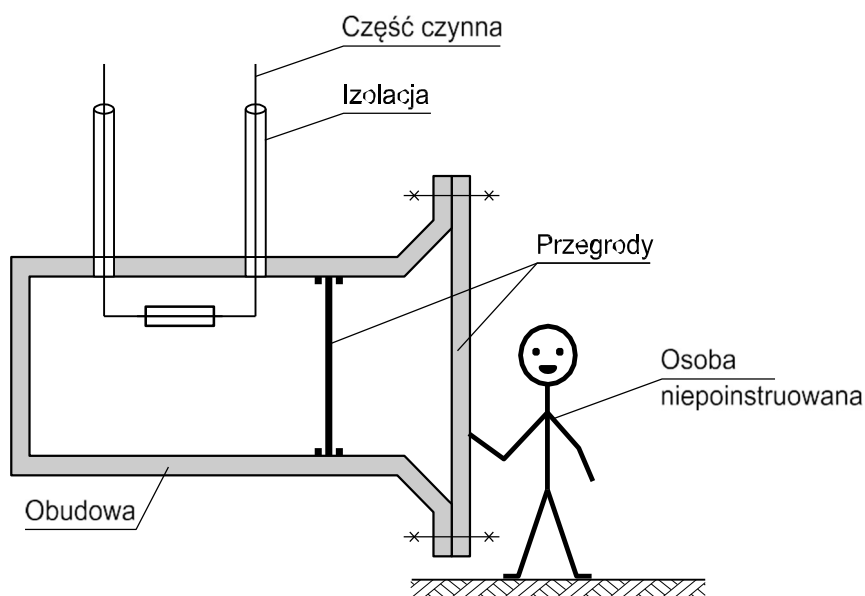
Ochrona przed jakimkolwiek dotykiem	Ochrona przed niezamierzonym dotykiem	Uzupełniająca ochrona w przypadku dotyku bezpośredniego
ochrona za pomocą: – izolacji, – przegrody, – obudowy	ochrona za pomocą: – bariery, – umieszczenia poza zasięgiem ręki	ochrona za pomocą urządzenia ochronnego różnicowoprądowego o dużej czułości ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ )

#### Izolacja podstawowa części czynnych

Izolacja jest zastosowana w celu zapewnienia ochrony podstawowej, czyli przeznaczonej do zapobiegania dotknięciu części czynnych. Wymaga się, aby części czynne były całkowicie pokryte izolacją, która może być usunięta tylko przez jej zniszczenie. W przypadku stosowania konkretnych urządzeń elektrycznych izolacja w ich budowie powinna spełniać wymagania zawarte w normach dotyczących tych urządzeń.

#### Przegrody lub obudowy

Przegrody lub obudowy są przeznaczone do zapobiegania dotknięciu części czynnej, zastosowane w celu zapewnienia ochrony podstawowej (rys. 7.1).



Rys. 7.1. Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim – izolowanie części czynnych oraz ochrona przez zastosowanie obudowy i przegrody)

Poziome górne powierzchnie przegród lub obudów, które są łatwo dostępne, powinny mieć zapewniony stopień ochrony co najmniej IPXXD lub IP4X. Przegrody lub obudowy powinny być trwale zamocowane, mieć dostateczną stabilność i trwałość, zapewniającą utrzymanie wymaganego stopnia ochrony i dostateczne oddzielenie części czynnych w określonych warunkach normalnej eksploatacji, z uwzględnieniem miejscowych warunków środowiskowych. Jeżeli konieczne jest usunięcie przegród, otwarcie obudów lub usunięcie części obudów, to czynności te powinny być możliwe do wykonania tylko za pomocą klucza lub narzędzia.

#### Przeszkody (bariery)

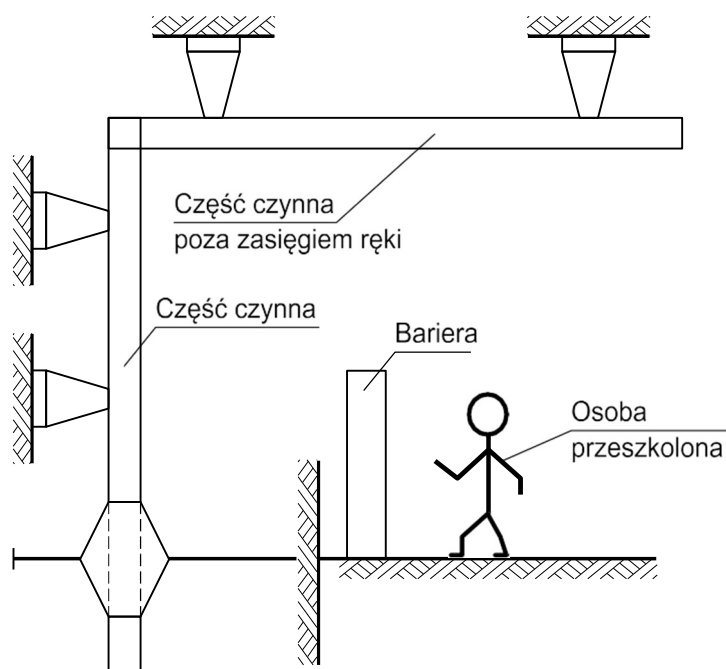
Przeszkody są środkiem ochrony podstawowej, przeznaczone do ochrony przed przypadkowym dotknięciem części czynnych, lecz nie chronią przed zamierzonym dotykiem spowodowanym rozmyślnym obejściem przeszkody. Przeszkody powinny uniemożliwiać:

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

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

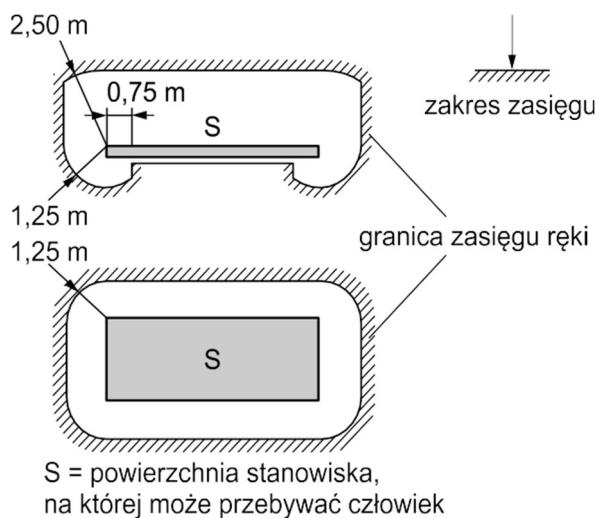
#### Umieszczenie poza zasięgiem ręki

Ochrona polegająca na umieszczeniu poza zasięgiem ręki jest środkiem ochrony podstawowej (rys. 7.2).



Rys. 7.2. Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim) – izolowanie części czynnych oraz ochrona przez zastosowanie obudowy i bariery

Ma ona jedynie zapobiegać niezamierzonemu dotknięciu części czynnych. Części jednocześnie dostępne, o różnych potencjałach, nie powinny znajdować się w zasięgu ręki. Dwie części uważa się za jednocześnie dostępne, jeżeli znajdują się od siebie w odległości nie większej niż 2,50 m, jak to przedstawiono na rysunku 7.3.



Rys. 7.3. Strefy zasięgu ręki

Jeżeli przestrzeń, w której normalnie mogą przebywać ludzie, jest ograniczona w kierunku poziomym przez przeszkodę (np. poręcz lub siatkę), zapewniającą ochronę w stopniu mniejszym niż IPXXB lub IP2X, to zasięg ręki powinien być mierzony od tej przeszkody. W kierunku pionowym zasięg ręki wynosi 2,5 m od powierzchni stanowiska S, przy czym nie uwzględnia się żadnych pośrednich przeszkód mających stopień ochrony mniejszy niż IPXXB lub IP2X. Zasięg ręki odnosi się do bezpośredniego dotknięcia gołą ręką bez użycia innych przedmiotów (np. narzędzi lub drabin). W miejscach, w których normalnie wykonuje się czynności z użyciem przedmiotów przewodzących dużych i długich, odległości podane wyżej powinny być powiększone tak, aby zostały uwzględnione odpowiednie wymiary tych przedmiotów.

#### Ochrona przy uszkodzeniu

Ochrona przy uszkodzeniu jest ochroną przed dotykiem pośrednim (tabl. 17). Dotyk pośredni oznacza dotknięcie przez człowieka lub zwierzę części przewodzącej dostępnej, która znalazła się pod napięciem w wyniku uszkodzenia, np. izolacji podstawowej.



Części przewodzące dostępne powinny być przyłączone do przewodu ochronnego na warunkach określonych dla każdego układu sieci. Każdy obwód powinien mieć odpowiedni przewód ochronny przyłączony do właściwego zacisku (szyny) uziemiającego. Jednocześnie dostępne części przewodzące powinny być przyłączone do tego samego uziemienia indywidualnie, w grupach lub zbiorowo.

Tablica 17. Środki ochrony przy uszkodzeniu (przed dotykiem pośrednim) i zakres ich stosowania [114] (urządzenia ochronne przetężeniowe, różnicowoprądowe, urządzenia kontroli stanu izolacji)

Ochrona przy uszkodzeniu	Z zastosowanym przewodem ochronnym	Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieci	Układ sieci TN	Samoczynne wyłączenie zasilania za pomocą	Urządzeń ochronnych przetężeniowych (bezpieczników nadmiarowych) urządzeń ochronnych różnicowo-prądowych
			Układ sieci TT		
			Układ sieci IT dla drugiego uszkodzenia		
		Stała kontrola stanu izolacji (SKSI)	Stosujemy tylko w sieci IT dla pierwszego uszkodzenia	Urządzenia kontrolne: urządzenie kontroli stanu izolacji (UKSI)	
	Bez stosowania przewodu kontrolnego	Bez samoczynnego wyłączenia zasilania i stałej kontroli izolacji		Ochrona przez zastosowanie: <ul style="list-style-type: none"><li>- II klasy izolacji lub równoważnej,</li><li>- izolowanie stanowiska,</li><li>- nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowo - ekwipotencjalnych</li></ul>	

W przypadku powstania zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym w obwodzie, urządzenie ochronne powinno samoczynnie przerwać zasilanie przewodu liniowego obwodu lub urządzenia w maksymalnym czasie wyłączenia podanym w tablicy 18 dla normalnych warunków środowiskowych oraz w maksymalnym czasie wyłączenia podanym w tablicy 19 dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu.

Tablica 18. Maksymalne czasy wyłączenia dla normalnych warunków środowiskowych [57]

Układ sieci	$U_o \leq 50 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U_o \leq 230 \text{ V}$	$230 \text{ V} < U_o \leq 400 \text{ V}$	$U_o > 400 \text{ V}$	$U_o \leq 50 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U_o \leq 230 \text{ V}$	$230 \text{ V} < U_o \leq 400 \text{ V}$	$U_o > 400 \text{ V}$
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
$U_o$ – nominalne napięcie AC lub DC przewodu liniowego względem ziemi. a – wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż ochrona przeciwporażeniowa.								

Samoczynne wyłączenie zasilania – wymagania podstawowe

Jest to środek ochrony, w którym ochronę podstawową stanowi izolacja między częściami czynnymi i częściami przewodzącymi dostępnymi, a ochronę dodatkową stanowi samoczynne wyłączenie zasilania w przypadku zagrożenia niebezpiecznymi skutkami patofizjologicznymi przy uszkodzeniu izolacji podstawowej. Samo- czynne wyłączenie zasilania powinno nastąpić w wymaganym czasie wówczas, gdy na skutek uszkodzenia ochrony podstawowej na części przewodzącej dostępnej pojawi się napięcie, które ze względu na wartość i czas utrzymywania może powodować przy dotyku tej części niebezpieczne dla ludzi skutki patofizjologiczne. Środek ten wymaga koordynacji układu sieciowego (TN, TT, IT), parametrów przewodów ochronnych (połączenia z uziemem za pomocą przewodu ochronnego, będącego jednym z przewodów instalacji lub wprost z niezależnym uziemem) i urządzeń ochronnych.

Należy pamiętać, że:

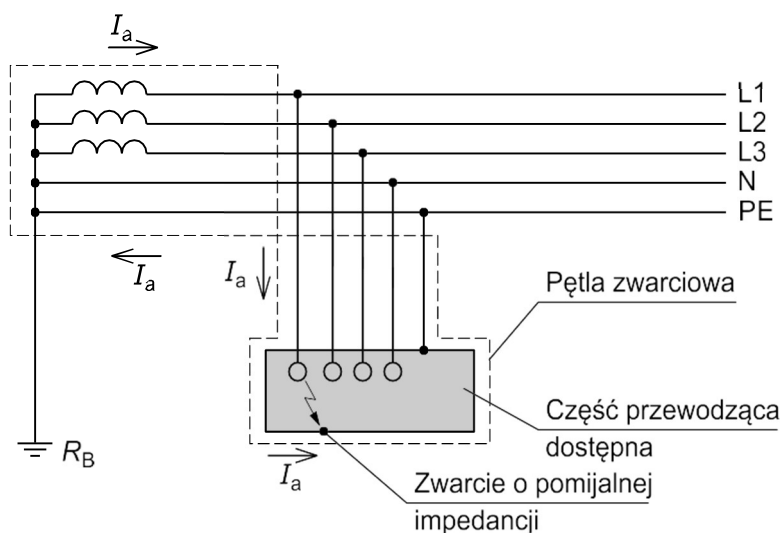
- Dłuższe czasy wyłączenia mogą być dopuszczone w sieciach rozdzielczych oraz elektrowniach i w sieciach przesyłowych systemów.
- Krótsze czasy wyłączenia mogą być wymagane dla specjalnych instalacji lub lokalizacji objętych arkuszami normy PN-HD (IEC) 60364 grupy 700.
- W przypadku układu sieci IT samoczynne wyłączenie zasilania nie jest zwykle wymagane po pojawieniu się pojedynczego zwarcia z ziemią.
- Maksymalne czasy wyłączenia podane w tablicy 18 powinny być stosowane do obwodów odbiorczych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 63 A.
- Jeżeli w układzie sieci TT wyłączenie jest realizowane przez zabezpieczenia nadprądowe, a połączenia wyrównawcze ochronne są przyłączone do części przewodzących obcych znajdujących się w instalacji, to mogą być stosowane maksymalne czasy wyłączenia przewidywane dla układu sieci TN.
- W układach sieci TN czas wyłączenia nieprzekraczający 5 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w punkcie D.
- W układach sieci TT czas wyłączenia nieprzekraczający 1 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w punkcie D.
- Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania nie może być uzyskane we właściwym czasie, to powinny być zastosowane dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne.
- W normie PN-HD 364-4-481:1994 [67] podane są maksymalne czasy wyłączenia dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu. Dotyczą one specjalnych instalacji lub lokalizacji objętych arkuszami normy PN-HD (IEC) 60364 grupy 700. Czasy te podano w tablicy 19.
- W układach AC powinna być zastosowana ochrona uzupełniająca za pomocą urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA, w związku z tym zaleca się je stosować:
- w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są przewidziane do powszechnego użytkowania i do obsługi przez osoby niewykwalifikowane, oraz
- w obwodach zasilających urządzenia ruchome o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A, używanych na zewnątrz.

Tablica 19. Maksymalne czasy wyłączenia dla warunków środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu w układzie sieci TN [57]

U0	Maksymalne czasy wyłączenia	
	napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale $U_L \leq 25 \text{ V AC}; U_L \leq 60 \text{ V DC}$	
[V]	[s]	
120	0,35	
230	0,20	
277	0,20	
400	0,05	
480	0,05	
580	0,02	

#### Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TN

Sieć TN charakteryzuje się tym, że wszystkie części przewodzące dostępne instalacji są przyłączone do uziemionego punktu zasilania za pomocą przewodów ochronnych PE (rys. 7.4).



Rys. 7.4. Impedancja pętli zwarcioviej  $Z_s$  oraz prąd zwarciovowy  $I_a$  w sieci TN-S

Warunkiem samoczynnego wyłączenia jest stosowanie urządzeń ochronnych i przewodów tak dobranych, aby w przypadku zwarcia o pomijalnej impedancji przewodu fazowego z przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą dostępną nastąpiło samoczynne wyłączenie zasilania w określonym czasie. Wymaganie to będzie zapewnione przy spełnieniu warunku

$$Z_s I_a \leq U_0 \quad (1)$$

gdzie:

- $Z_s$  – impedancja pętli zwarcioviej,
- $I_a$  – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w wymaganym czasie,
- $U_0$  – napięcie między przewodem fazowym i neutralnym (znamionowe napięcie względem ziemi).

Jeżeli warunek (1) nie może być spełniony, to konieczne jest wykonanie połączenia wyrównawczego dodatkowego (miejscowego).

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

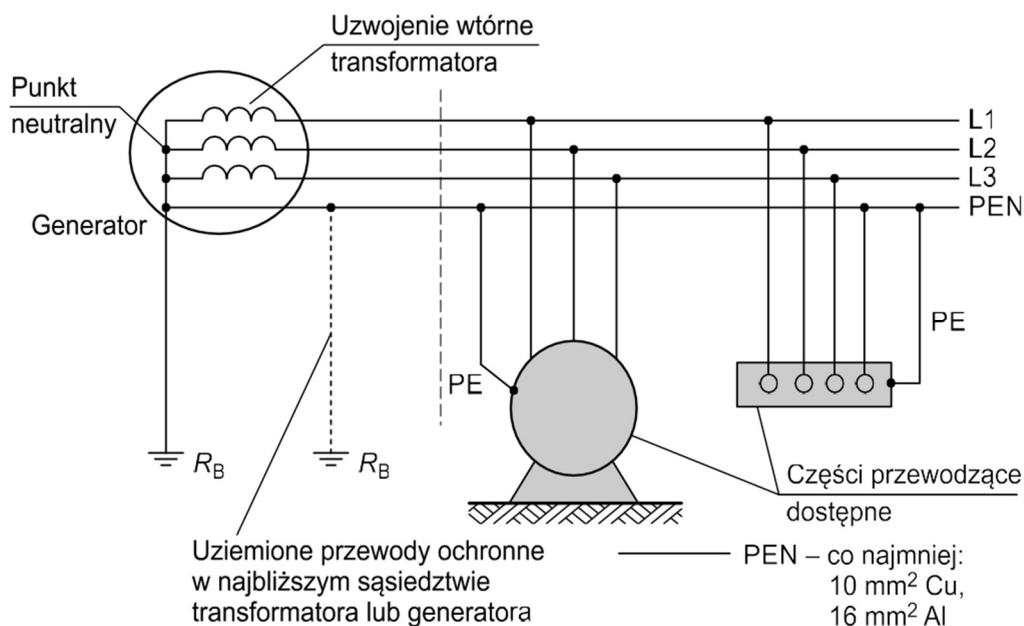
Warunki te są wtedy spełnione, gdy:

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

Części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej powinny być połączone przewodem ochronnym PE z głównym zaciskiem (szyną) uziemiającej instalacji, który z kolei powinien być połączony z uziemionym punktem układu zasilania (rys. 7.5).

Zaleca się dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych w możliwie równo- miernych odstępach, aby ich potencjał w przypadku zwarcia z ziemią był bliski potencjałowi ziemi.

Przewody ochronne powinny być również uziemiane w miejscu wprowadzenia ich do każdego z budynków lub obiektów. Zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodzie ochronnym przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej. W dużych budynkach dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych nie jest możliwe ze względów praktycznych. W takich budynkach połączenia wyrównawcze ochronne między przewodami ochronnymi i częściami przewodzącymi obcymi spełniają podobną funkcję.



Rys. 7.5. Uziemienie punktu neutralnego oraz uziemienie przewodów ochronnych

W układzie sieci TN do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane zabezpieczenia przetężeniowe: nadprądowe, różnicowoprądowe.

Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona

Izolacja taka ma na celu zapobieganie pojawieniu się napięcia o wartości większej od wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale na częściach przewodzących dostępnych w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej.

Ochrona przez zastosowanie urządzenia drugiej klasy ochronności lub o izolacji równoważnej jest stosowana szczególnie w urządzeniach elektrycznych eksploatowanych w warunkach, w których urządzenia elektryczne są obsługiwane przez osoby niepoinstruowane i nieprzeszkolone.

Ogólnie środek ten można stosować we wszystkich pomieszczeniach i warunkach, o ile szczegółowe wymagania nie ograniczają jego stosowania. Takim ograniczeniem może być na przykład bardzo duża wilgotność otaczającego środowiska. Jest to środek ochrony niewymagający zastosowania przewodu ochronnego PE.

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

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

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

Urządzenia elektryczne mogą być:

- urządzeniami klasy ochronności II, mającymi podwójną lub wzmocnioną izolację,
- urządzeniami deklarowanymi w odpowiednich normach produktu jako równoważne urządzeniom klasy ochronności II, mającymi całkowitą izolację. Takie urządzenia oznaczone są symbolem:



Urządzenia elektryczne mające tylko izolację podstawową powinny mieć wykonaną w czasie montażu instalacji izolację dodatkową, zapewniającą stopień bezpieczeństwa równoważny urządzeniom klasy ochronności II. Takie urządzenia oznaczone są symbolem umieszczonym w widocznym miejscu na zewnątrz i wewnątrz obudowy.



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



Urządzenia elektryczne, mające wszystkie części przewodzące oddzielone od części czynnych tylko izolacją podstawową, powinny być umieszczone w obudowach izolacyjnych zapewniających stopień ochrony co najmniej IPXXB lub IP2X [105].

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

#### Separacja elektryczna

Separacja elektryczna (oddzielenie) jest środkiem ochrony przy uszkodzeniu. Polega na odizolowaniu obwodu elektrycznego odbiornika od obwodu sieci zasilającej. Obwód zalicza się do separowanego wówczas, gdy jest zasilany z transformatora separacyjnego lub źródła zapewniającego poziom bezpieczeństwa równo- ważny transformatorowi separacyjnemu (np. przetwornica separacyjna z uzwojeniami zapewniającymi równoważną separację). Podstawowym warunkiem bezpiecznej eksploatacji urządzeń jest dobry stan izolacji obwodu odbiornika i obwodu transformatora lub przetwornicy separacyjnej.

Separacja elektryczna jest środkiem ochrony, w którym:

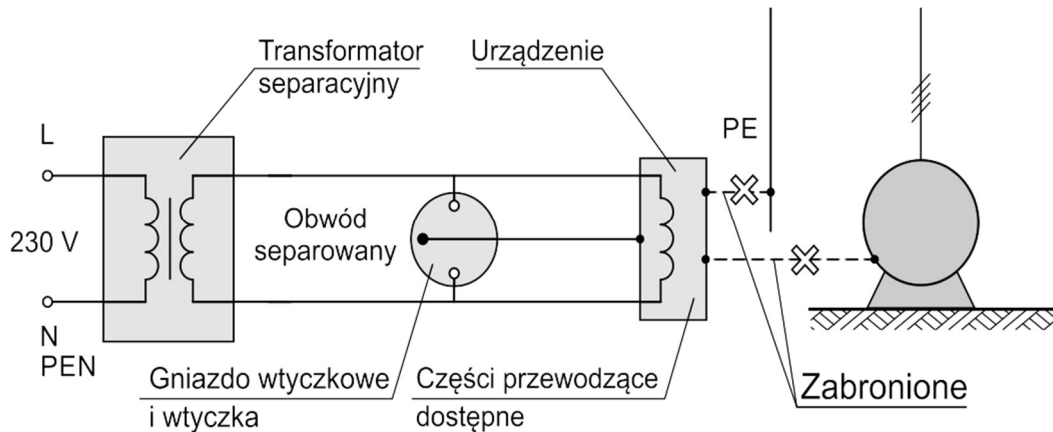
- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych lub przez przegrody, lub obudowy,
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez separację podstawową obwodu od innych obwodów i od ziemi.

Separowany obwód powinien być zasilany ze źródła, z co najmniej separacją podstawową, a napięcie separowanego obwodu nie powinno przekraczać 500 V. Części czynne separowanego obwodu nie powinny być połączone z żadnym punktem innego obwodu lub z ziemią, lub z przewodem ochronnym.

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

- napięcie znamionowe obwodów separowanych jest nie niższe od najwyższego napięcia nominalnego,
- każdy obwód jest zabezpieczony przed skutkami prądu przetężeniowego.

Części przewodzące dostępne obwodu separowanego nie powinny być połączone ani z przewodem ochronnym, ani z częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów, ani z ziemią. Separacja elektryczna powinna być ograniczona do zasilania jednego odbiornika elektrycznego (rys. 7.10).



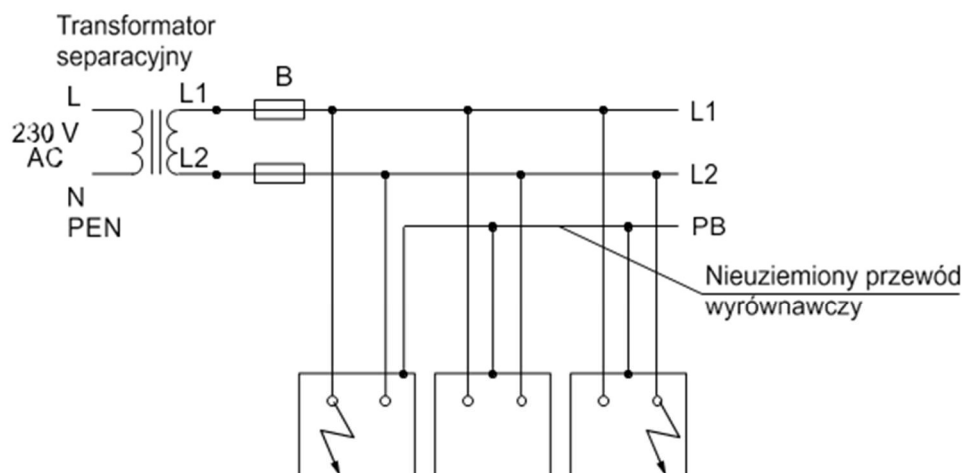
Rys. 7.10. Ochrona przeciwporażeniowa realizowana za pomocą separacji

W przypadku gdy więcej niż jeden odbiornik elektryczny jest zasilany z obwodu separowanego należy zastosować izolowane, nieuziemiowane przewody ochronne wyrównawcze łączące części przewodzące dostępne tych odbiorników. *To rozwiązanie można stosować tylko pod nadzorem.*

Takie połączenia nie powinny być przyłączone do przewodów ochronnych lub części przewodzących dostępnych innych obwodów, lub jakiegokolwiek części przewodzącej obcej. Przypadek taki przedstawiono na rysunku 7.11.

Przewody wyrównawcze w przypadku wystąpienia zwarcia podwójnego w dwóch różnych odbiornikach umożliwiają przepływ prądu  $I$ , powodującego samoczynne wyłączenie zasilania. W przypadku podwójnego zwarcia dwóch części przewodzących dostępnych z przewodami o różnej biegunowości, jak to pokazano na rysunku 7.11, urządzenie zabezpieczające powinno zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od podanego w tablicy 18 lub 19. Zaleca się stosowanie oddzielnego oprzewodowania obwodów separowanych. W obwodzie separowanym iloczyn napięcia znamionowego (w voltach) i łącznej długości przewodów oprzewodowania (w metrach) nie powinien przekraczać liczby 100 000. Jednak łączna długość oprzewodowania nie powinna przekraczać 500 m. Wynikają z tego następujące maksymalne długości oprzewodowania:

- dla  $U_n = 230\text{ V}$  długość ta wynosi 435 m,
- dla  $U_n = 400\text{ V}$  – 250 m,
- dla  $U_n = 500\text{ V}$  – 200 m.



Rys. 7.11. Zwarcie podwójne w obwodzie separowanym  
B – wyłącznik lub bezpiecznik

Rys. 7.11. Zwarcie podwójne w obwodzie separowanym  
B – wyłącznik lub bezpiecznik

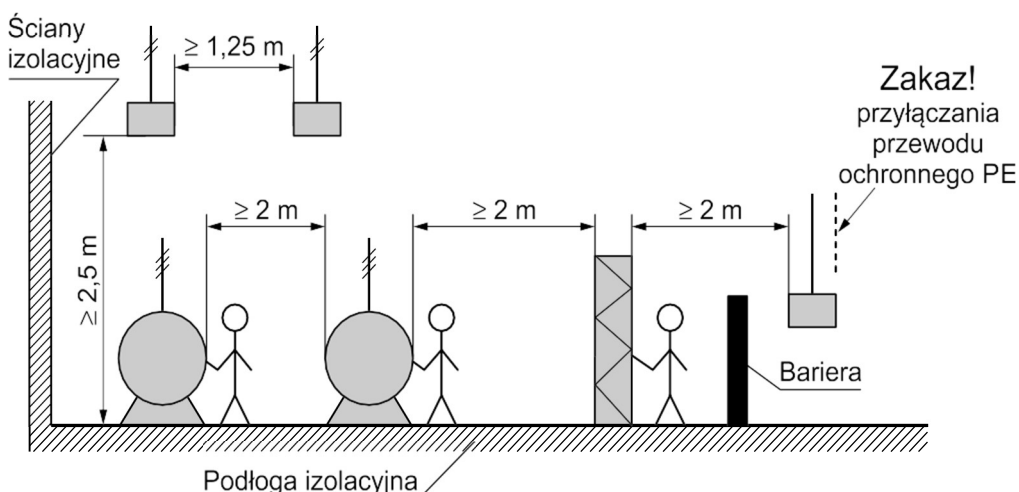
#### Izolowanie stanowiska

Izolowanie stanowiska stosuje się w przypadku urządzeń zainstalowanych na stałe. Stanowisko (podłoga i ściany) powinno być wówczas odizolowane od ziemi. Części przewodzące powinny być tak rozmieszczone, aby w normalnych warunkach człowiek nie mógł dotknąć jednocześnie dwóch części przewodzących dostępnych lub części przewodzącej dostępnej i części przewodzącej obcej (rys. 7.12).

Izolowanie stanowiska jest środkiem ochrony przy uszkodzeniu mającym zapobiegać jednoczesnemu dotykowi części, które mogą być o różnym potencjale na skutek uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych. Ten środek ochrony można stosować tylko pod nadzorem. Wszystkie urządzenia elektryczne powinny spełniać wymagania jednego ze środków ochrony podstawowej.

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

- 50 k $\Omega$ , jeżeli nominalne napięcie instalacji nie przekracza 500 V lub
- 100 k $\Omega$ , jeżeli nominalne napięcie instalacji przekracza 500 V.



Rys. 7.12. Ochrona przeciwporażeniowa realizowana za pomocą izolowania stanowiska

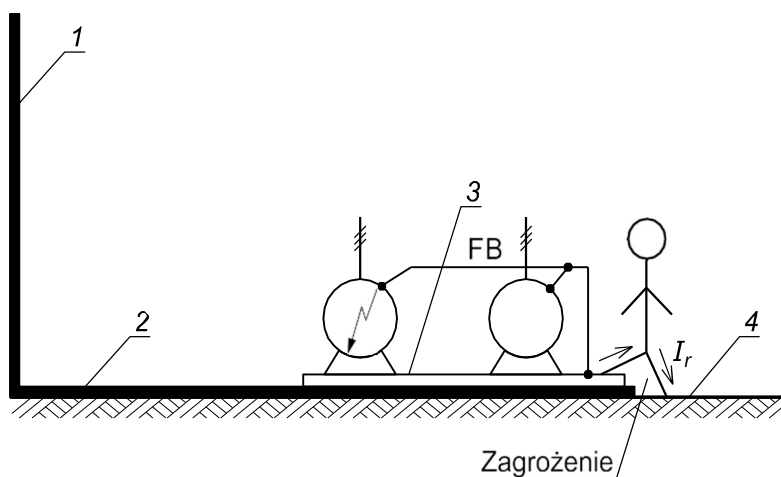
Jeżeli w każdym punkcie rezystancja jest mniejsza od wymienionej wartości, to ze względu na ochronę przed porażeniem elektrycznym podłogi i ściany są uważane za części przewodzące obce. Aby te warunki były spełnione, to odległość między dwoma częściami przewodzącymi dostępnymi lub częścią przewodzącą dostępną i częścią przewodzącą obcą nie powinna być mniejsza niż 2 m. Odległość ta może wynosić 1,25 m, jeżeli części przewodzące znajdują się poza strefą zasięgu ręki, jak na rysunku 7.12. Między częściami przewodzącymi obcymi i dostępnymi można umieszczać bariery (w

miarę możliwości z materiału izolacyjnego) zwiększające odległość na drodze jednoczesnego dotyku tych części. Bariera taka nie może być połączona z ziemią lub częścią przewodzącą. Części przewodzące obce można po- kryć materiałem izolującym. Izolacja taka powinna mieć dostateczną wytrzymałość mechaniczną i wytrzymać próbę napięciem o wartości co najmniej 2 kV. Prąd upływowy w normalnych warunkach nie powinien przekraczać 1 mA. Izolacja ścian i podłóg nie powinna podlegać działaniu wilgoci. Na stanowiskach izolowanych nie mogą być stosowane urządzenia I klasy ochronności. Oznacza to zakaz umieszczania na tych stanowiskach przewodu ochronnego PE.

#### Nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe

Nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe są środkiem ochrony przy uszkodzeniu. Mają one na celu zapobieganie pojawieniu się niebezpiecznych napięć dotykowych. Wszystkie urządzenia elektryczne [114] powinny spełniać wymagania jednego ze środków ochrony podstawowej. Także ten środek ochrony można stosować tylko pod nadzorem. Przewody połączeń wyrównawczych powinny łączyć między sobą wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce. System nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych nie powinien mieć połączenia elektrycznego z ziemią ani bezpośrednio, ani przez części przewodzące dostępne lub części przewodzące obce.

Należy przewidzieć środki ostrożności zapobiegające narażeniu na niebezpieczną różnicę potencjałów osób wchodzących do pomieszczenia z nieziemionymi połączeniami wyrównawczymi miejscowymi, szczególnie w takim przypadku, gdy prze- wodząca podłoga izolowana od ziemi jest połączona z nieziemionym systemem połączeń wyrównawczych miejscowych (rys. 7.13).



Rys. 7.13. Niebezpieczna różnica potencjałów w przypadku wejścia człowieka do pomieszczenia objętego nieziemionymi miejscowymi połączeniami wyrównawczymi

1 – ściana izolacyjna, 2 – podłoga izolacyjna, 3 – podłoga nieizolowana, 4 – podłoga przewodząca izolowana od ziemi;  $I_r$  – prąd rażeniowy

#### Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

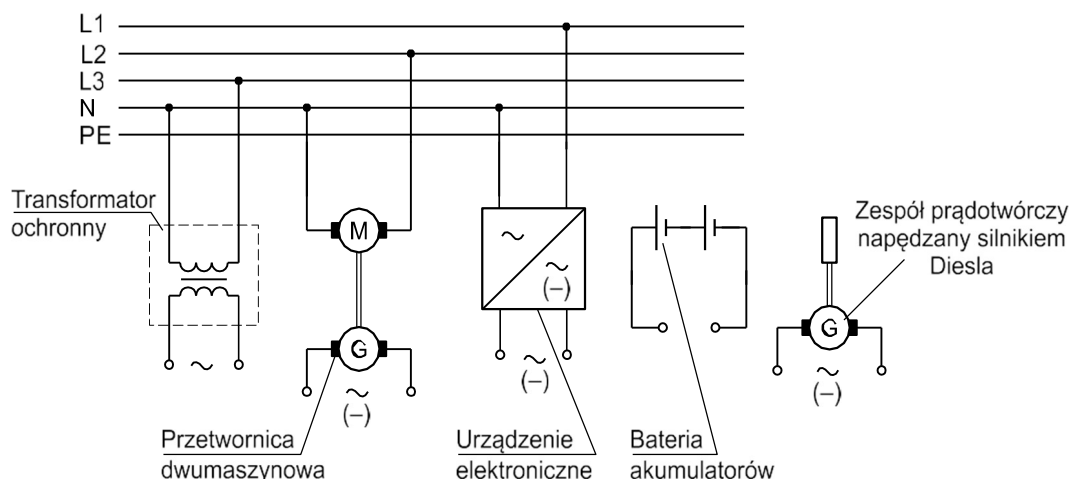
Ochrona równoczesna polega na zastosowaniu bardzo niskiego napięcia, które składa się z jednego z dwóch różnych obwodów SELV lub PELV. Równoczesna ochrona podstawowa, czyli ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim w czasie normalnej pracy, jak i przy dotyku pośrednim przy uszkodzeniu, wymaga:

- ograniczenia napięcia w obwodach SELV lub PELV do górnej granicy zakresu I, to jest 50 V AC lub 120 V DC oraz
- separacji ochronnej obwodu SELV lub PELV od wszystkich obwodów innych niż obwody SELV lub PELV oraz izolacji podstawowej między obwodem SELV lub PELV i innymi obwodami SELV lub PELV, oraz
- tylko dla obwodu SELV izolacji podstawowej między obwodem SELV i ziemią. Stosowanie SELV lub PELV jest uważane za środek ochrony we wszystkich sytuacjach (rys. 7.14).

Następujące źródła zasilania mogą być stosowane do obwodów SELV lub PELV [2, 99, 100]:

- transformator ochronny,
- źródło prądu zapewniające stopień bezpieczeństwa równy stopniowi bezpieczeństwa transformatora ochronnego (np. przetwornica dwumaszynowa z uzwojeniem zapewniającym równoważną izolację),
- elektrochemiczne źródło (np. bateria) lub inne źródło niezależne od obwodu wyższego napięcia (np. prądnica z napędem dieslowskim),
- niektóre urządzenia elektroniczne spełniające wymagania odpowiednich norm [110], w których zastosowano środki zabezpieczające, tak że nawet w przypadku wewnętrznego uszkodzenia napięcie na zaciskach wyjściowych nie przekroczy górnej granicy zakresu I.





Rys. 7.14. Źródła zasilania dla SELV i PELV

Obwody SELV lub PELV powinny mieć:

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

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

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

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

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

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

Części przewodzące dostępne obwodów SELV nie powinny być połączone z ziemią lub z przewodami ochronnymi, lub dostępnymi częściami przewodzącymi innych obwodów. Jeżeli napięcie nominalne przekracza 25 V AC lub 60 V DC, lub urządzenie jest zanurzone, powinna być przewidziana ochrona podstawowa obwodów SELV i PELV za pomocą:

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

Ochrona podstawowa jest niekonieczna w normalnych suchych warunkach dla:

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

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

Bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV

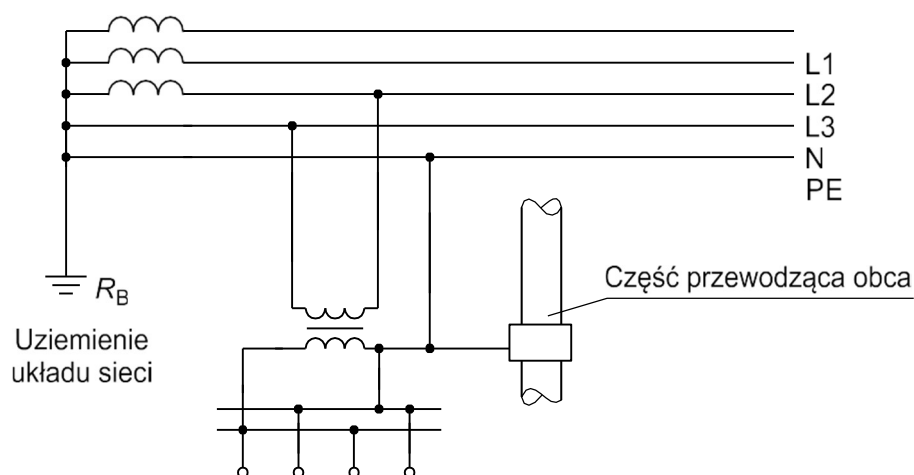
Jeżeli ze względów funkcjonalnych jest stosowane napięcie nominalne nieprzekraczające 50 V AC lub 120 V DC, lecz wymagania odnoszące się do SELV lub PELV nie są spełnione i gdzie SELV lub PELV

nie są niezbędne, do zapewnienia ochrony podstawowej i ochrony przy uszkodzeniu powinny być przyjęte dodatkowe środki. Ta kombinacja środków ochrony jest określona jako FELV. Ochrona podstawowa powinna być zapewniona przez:

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

Części przewodzące dostępne urządzenia obwodu FELV (rys. 7.15) powinny być połączone z przewodem ochronnym obwodu pierwotnego źródła zasilania, pod warunkiem że pierwotny obwód jest chroniony przez samoczynne wyłączenie zasilania. Źródłem zasilania obwodu FELV może być transformator z co najmniej separacją podstawową między uzwojeniami.

Jeżeli obwód FELV jest zasilany z obwodu wyższego napięcia przez takie urządzenia, jak autotransformatory, potencjometry, urządzenia półprzewodnikowe [114] itp., które nie zapewniają minimum separacji podstawowej między tymi obwodami, to obwód FELV powinien być uznany za przedłużenie obwodu wejściowego i zabezpieczony przez środki ochrony zastosowane w obwodzie wejściowym.



Rys. 7.15. Urządzenia i obwody bardzo niskiego napięcia funkcjonalnego FELV (nie zaznaczono urządzeń ochronnych przetężeniowych)

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

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

#### Ochrona uzupełniająca

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA są środkiem ochrony uzupełniającej [114], stosowanym w układach AC w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu. Są także środkiem ochrony uzupełniającej w przypadku nieostrożności użytkowników w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są przewidziane do powszechnego użytkowania i do obsługi przez osoby niewykwalifikowane oraz w obwodach zasilających urządzenia ruchome o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A, używanych na zewnątrz.

Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne uważa się za uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu. Powinny one obejmować wszystkie równocześnie dostępne części przewodzące urządzenia stałego i części przewodzące obce, obejmując, gdzie jest to możliwe, metalowe zbrojenia konstrukcji betonowych. Układ połączeń wyrównawczych powinien być połączony z przewodami ochronnymi wszystkich zastosowanych urządzeń (włącznie z gniazdami wtyczkowymi).

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

$$\text{gdzie: } R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

UL – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale,  
Ia – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie.

Dodatkowe ochronne połączenie wyrównawcze

Dodatkowe połączenia wyrównawcze to celowe połączenia elektryczne, stosowane w celu zwiększenia bezpieczeństwa, które zapobiegają występowaniu niebezpiecznych napięć dotykowych między jednocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi.

W każdym budynku, w którym części metalowe, niebędące częścią instalacji elektrycznej, mogą być przyczyną powstania niebezpiecznej różnicy potencjałów, należy je połączyć z głównym zaciskiem uziemiającym za pomocą ochronnych połączeń wyrównawczych; połączenia mogą obejmować następujące metalowe części:

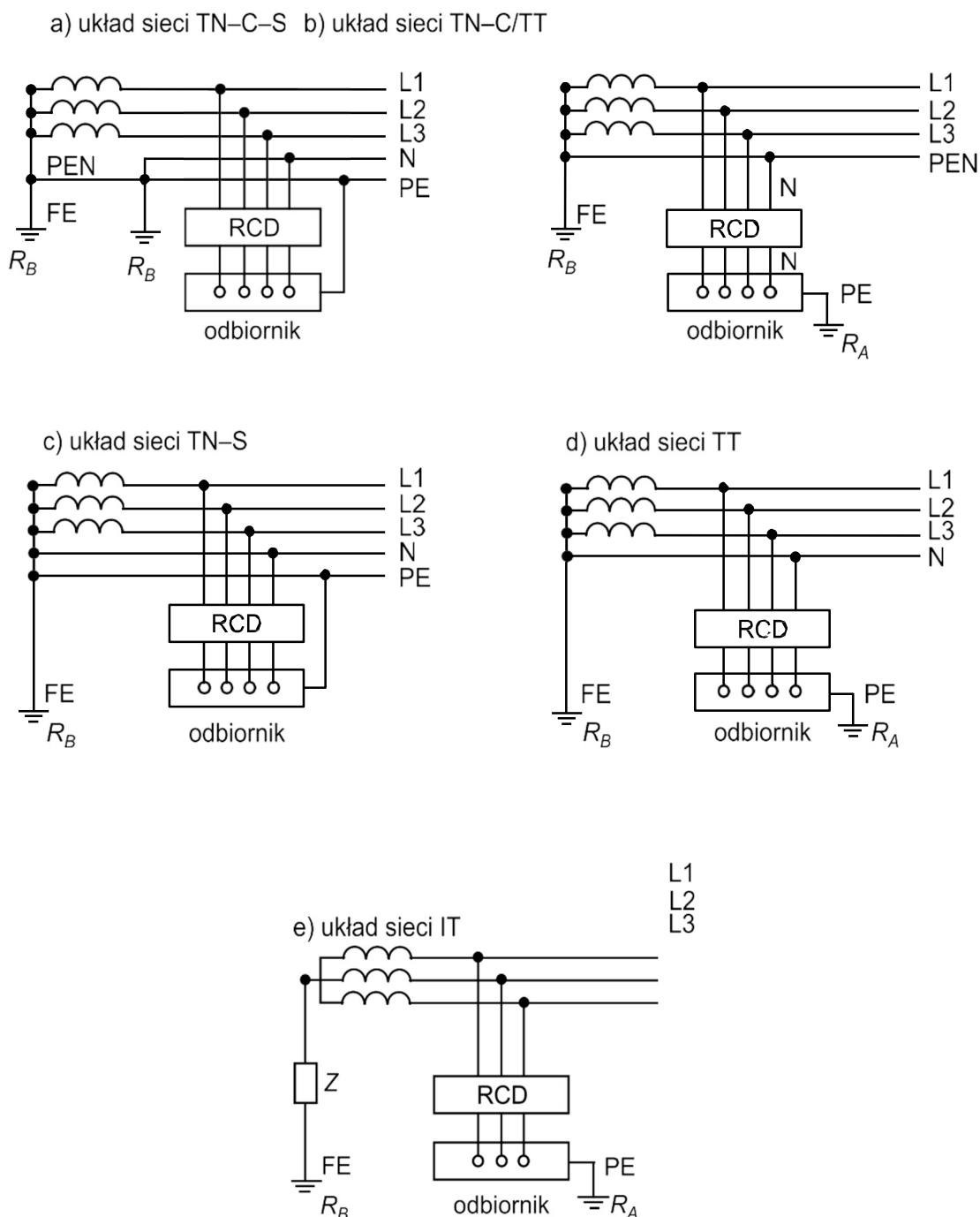
- konstrukcyjne obce części przewodzące strukturalne zewnętrzne,
- dostępne zbrojenie konstrukcji z betonu zbrojonego.

## **7.2. Wymagania dotyczące układów sieci i elementów instalacyjnych**

### **7.2.1. Wymagania dotyczące instalowania w poszczególnych układach sieci urządzeń ochronnych różnicowoprądowych**

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe należy instalować zgodnie z projektem w obwodach instalacji budynku w obudowach rozdzielnic (szafkach, tablicach) na szynach (listwach) montażowych (np. TH35). Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci z wyjątkiem układu TN-C po stronie obciążenia. Sposoby instalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci pokazano na rysunku 7.16.

Tam, gdzie takie części przewodzące są doprowadzone z zewnątrz, należy je połączyć w budynku możliwie jak najbliżej miejsca wprowadzenia. Nie wymaga się, aby rury metalowe wchodzące do budynku, z sekcją izolacyjną instalowaną przy ich wejściu, były objęte ochronnymi połączeniami wyrównawczymi.



Rys. 7.16. Sposoby zainstalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci

L1, L2, L3 – przewody fazowe prądu przemiennego, N – przewód neutralny,  
 PE – przewód ochronny, PEN – przewód ochronno-neutralny, FE – przewód uziemiający funkcjonalny, RCD – urządzenie ochronne różnicowoprądowe, Z – impedancja,  
 RB – uziemienie układu sieci, RA – uziemienie przewodu ochronnego

Przewód ochronny PE nie może przechodzić przez obwód urządzenia ochronnego różnicowoprądowego. Urządzenia ochronne różnicowoprądowe powinny być montowane w obudowach (szafkach, rozdzielnicach) o stopniu ochrony minimum IP 24.

W przypadku stosowania ochrony grupowej, przez szeregowo zainstalowane urządzenia ochronne różnicowoprądowe, należy zastosować minimum dwa takie urządzenia. Po stronie zasilania – urządzenia ochronne różnicowoprądowe selektywne, a po stronie obciążenia – urządzenie ochronne różnicowoprądowe bezzwłoczne lub krótkozwłoczne. Znamionowy prąd różnicowy urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, zainstalowanego po stronie zasilania, powinien być równy co naj-


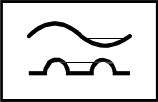


mniej trzykrotnej wartości znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, zainstalowanego po stronie obciążenia.




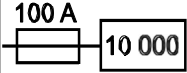

W każdym obwodzie z zainstalowanym urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym konieczne jest zamontowanie zabezpieczenia nadprądowego zainstalowanego przed tym urządzeniem. Urządzenia ochronne różnicowoprądowe (wyłączniki) należy instalować zgodnie z umieszczonymi oznaczeniami na obudowie i instrukcjami montażowymi producenta.

### 7.2.2. Typy wyłączników różnicowoprądowych

W zależności od sposobu budowy i przeznaczenia wyróżnia się różne typy wyłączników różnicowoprądowych (tabl. 20). Konstrukcja wyłączników różnicowoprądowych jest taka, że w czasie wyłączania są otwierane zestyki biegunów fazowych i bieguna neutralnego N. Czasy wyłączenia wyłączników (tabl. 21) zależą od krotności prądu uszkodzeniowego (różnicowego)  $I_{\Delta n}$  w stosunku do znamionowego prądu różnicowego  $I_{\Delta n}$  oraz typu wyłącznika.

Tablica 20. Typy wyłączników różnicowoprądowych [57]

Typ	Oznaczenie	Zakres stosowania
AC		Do stosowania przy prądach różnicowych przemiennych. Wyłączniki można stosować do zabezpieczenia instalacji i urządzeń elektrycznych, w których nie są zainstalowane urządzenia energoelektroniczne, mogące powodować znaczne odkształcenia parametrów sieci zasilającej.
A		Do stosowania w obwodach, w których występuje prąd różnicowy przemienny i prąd stały pulsujący ze składową stałą do 6 mA oraz ze sterowaniem (lub bez) kąta fazowego. Zastosowanie w sieciach elektroenergetycznych, w których zainstalowane są źródła dużych zakłóceń (np. zasilacze energoelektroniczne).
B		Do stosowania w sieciach, w których prąd różnicowy ma przebieg sinusoidalnie przemienny, stały pulsujący z prądem stałym wygładzonym o wartości do 6 mA, stałym występującym w układach prostownikowych. Wyłączniki mają człon działający w sposób bezpośredni na prądy różnicowe oraz człon o działaniu pośrednim reagujący na składową stałą tego prądu.
		Wyłącznik bezzwłoczny odporny na prąd różnicowy 500 A o przebiegu 8/20 $\mu$ s.

Typ	Oznaczenie	Zakres stosowania
G		Wyłącznik krótkozwłoczny o czasie przetrzymywania 10 ms. Odporny na udarowy prąd różnicowy 3 kA, 8/20 $\mu$ s.
S		Wyłącznik selektywny z opóźnieniem. Opóźnienie czasowe wy- zwalania – element RC w obwodzie wtórnym przekładnika sumującego. Przeznaczony do współpracy przy połączeniu szeregowym z wyłącznikiem różnicowoprądowym bezzwłocznym.
		Wyłącznik przeznaczony do pracy poza pomieszczeniem, w temperaturze do $-25^{\circ}\text{C}$ .
		Realizacja dobezpieczenia za pomocą wkładek bezpiecznikowych – aby zdolność zwarciowa układu bezpiecznik-wyłącznik była wystarczająca. Brak wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej oznacza, że dopuszczalny prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej wynosi 63A. W podanym przykładzie spodziewany prąd zwarciowy nie może przekraczać 10 kA.
kV		Wyłącznik o podwyższonej odporności na udary prądowe o znormalizowanej fali 8/20 $\mu$ s.

Podane w tablicy 21 maksymalne czasy wyłączenia odnoszą się również do wyłączników typu A i B, z tym że podane wartości prądów uszkodzeniowych ( $I_{\Delta} = I_{\Delta n}$ ,  $I_{\Delta} = 2 I_{\Delta n}$ ,  $I_{\Delta} = 5 I_{\Delta n}$ ) niesinusoidalnych należy pomnożyć przez współczynnik o wartości 1,4 – w przypadku wyłączników o prądach  $I_{\Delta n} > 0,01$  A oraz współczynnik o wartości 2,0 – w przypadku wyłączników o prądach  $I_{\Delta n} \leq 0,01$  A.

Tablica 21. Czasy wyłączenia wyłączników RCD typu AC [57]

Typ wyłącznika	$I_n$ [A]	$I_{\Delta n}$ [A]	Czas wyłączenia [s] dla $I_{\Delta}$ równego			Uwagi
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	
Bezzwłoczny	dowolny	dowolny	0,3	0,15	0,04	czas maksymalny
Selektywny S	$\square$ 25	$\square$ 0,03	0,5	0,2	0,16	czas maksymalny
			0,13	0,06	0,05	czas minimalny

$I_n$  – prąd znamionowy w torach głównych,  
 $I_{\Delta n}$  – znamionowy prąd różnicowy,  
 $I_{\Delta}$  – prąd wyzwalający.

### 7.2.3. Wymagania dotyczące przewodów uziemiających, głównego zacisku (szyny) uziemiającego, przewodów ochronnych, głównych i dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych

#### Przewody uziemiające

Przewody uziemiające stanowią drogę przewodzącą lub jej część między danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem lub układem uziomowym. W instalacji elektrycznej budynku danym punktem jest zwykle główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca), zaś przewód uziemiający łączy ten punkt z uziomem lub układem uziomowym. Minimalne przekroje przewodów uziemiających umieszczonych w ziemi podano w tablicy 22.

Tablica 22. Minimalne przekroje przewodów uziemiających umieszczonych w ziemi

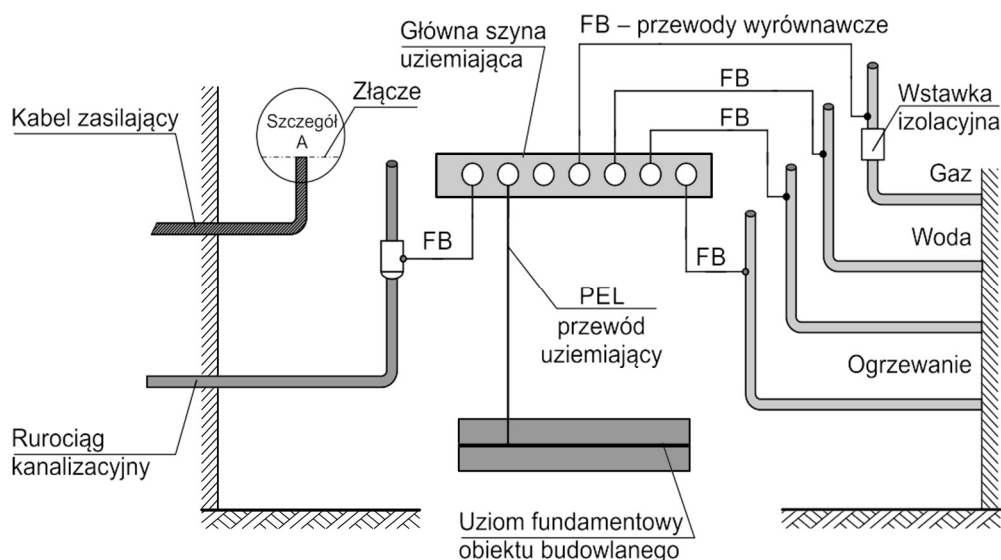
Przewód uziemiający	Przekrój minimalny [mm <sup>2</sup> ]			
	przewód chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi		przewód niechroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi	
	miedź	stal	miedź	stal
Chroniony przed korozją	2,5	10	16	16
Niechroniony przed korozją	25	50	25	50

#### Główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca)

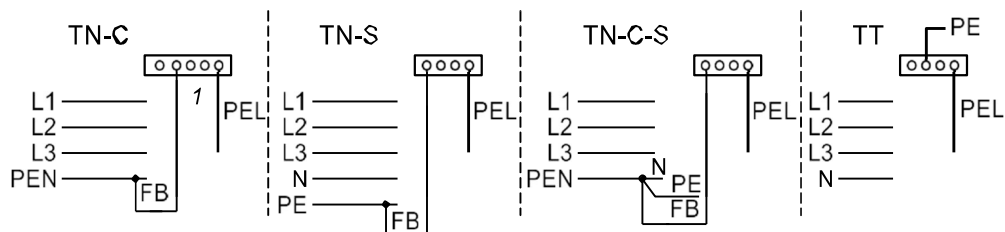
W każdej instalacji elektrycznej, w której stosowane jest połączenie wyrównawcze ochronne, powinien znajdować się główny zacisk uziemiający (główna szyna uziemiająca; rys. 7.17), do którego należy przyłączyć przewody:

- ochronne wyrównawcze,
- uziemiające,
- ochronne,
- uziemiające funkcjonalne (jeżeli występują).

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



Szczegół A – podłączenia w złączu dla różnych układów sieci



Rys. 7.17. Zasada zastosowania połączenia głównego w budynku

#### Przewody ochronne

Przekrój każdego przewodu ochronnego [120] powinien spełniać warunki samo- czynnego wyłączenia zasilania oraz wytrzymać spodziewany prąd zwarcia. Przekrój przewodu ochronnego powinien być albo obliczony, albo dobrany zgodnie z zasadami podanymi w tablicy 23.

Tablica 23. Minimalny przekrój przewodów ochronnych [57, 114]

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

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

- 25 mm<sup>2</sup>, wykonanych z miedzi,
- 35 mm<sup>2</sup>, wykonanych z aluminium,

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

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

- 2,5 mm<sup>2</sup> Cu lub 16 mm<sup>2</sup> Al w przypadku stosowania ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi,



- 4 mm<sup>2</sup> Cu lub 16 mm<sup>2</sup> Al w przypadku niestosowania ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi uważana jest za skuteczną, jeżeli przewód ochronny leży w rurze, kanale i listwie instalacyjnej lub jeżeli jest on chroniony w podobny sposób. Przewód ochronno-neutralny PEN może być używany w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe i, z przyczyn mechanicznych, powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 10 mm<sup>2</sup> dla żył miedzianych i 16 mm<sup>2</sup> dla żył aluminiowych. Przewód PEN powinien mieć izolację odpowiednią dla napięcia nominalnego układu. Metalowe obudowy oprzewodowania oraz części przewodzące obce nie mogą być stosowane jako przewody PEN, z wyjątkiem obudów przewodów szynowych.

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

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

Gdy stosowane są zabezpieczenia nadprądowe jako element ochrony przeciw- porażeniowej, przewód ochronny powinien być częścią tego samego układu oprzewodowania, jak przewody fazowe lub powinien być umieszczony w ich bez- pośredniej bliskości. Przewody ochronne wzmocnione dla przyłączonych na stałe odbiorników, w których prąd w przewodzie ochronnym przekracza 10 mA, należy zaprojektować w sposób następujący:

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

Przekrój przewodów ochronnych wyrównawczych, które są przeznaczone do głównego połączenia wyrównawczego ochronnego i które są połączone z głównym zaciskiem (szyną) uziemiającym, nie powinien być mniejszy niż [20]:

- 6 mm<sup>2</sup> Cu lub
- 16 mm<sup>2</sup> Al, lub
- 50 mm<sup>2</sup> Fe.

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

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

Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

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

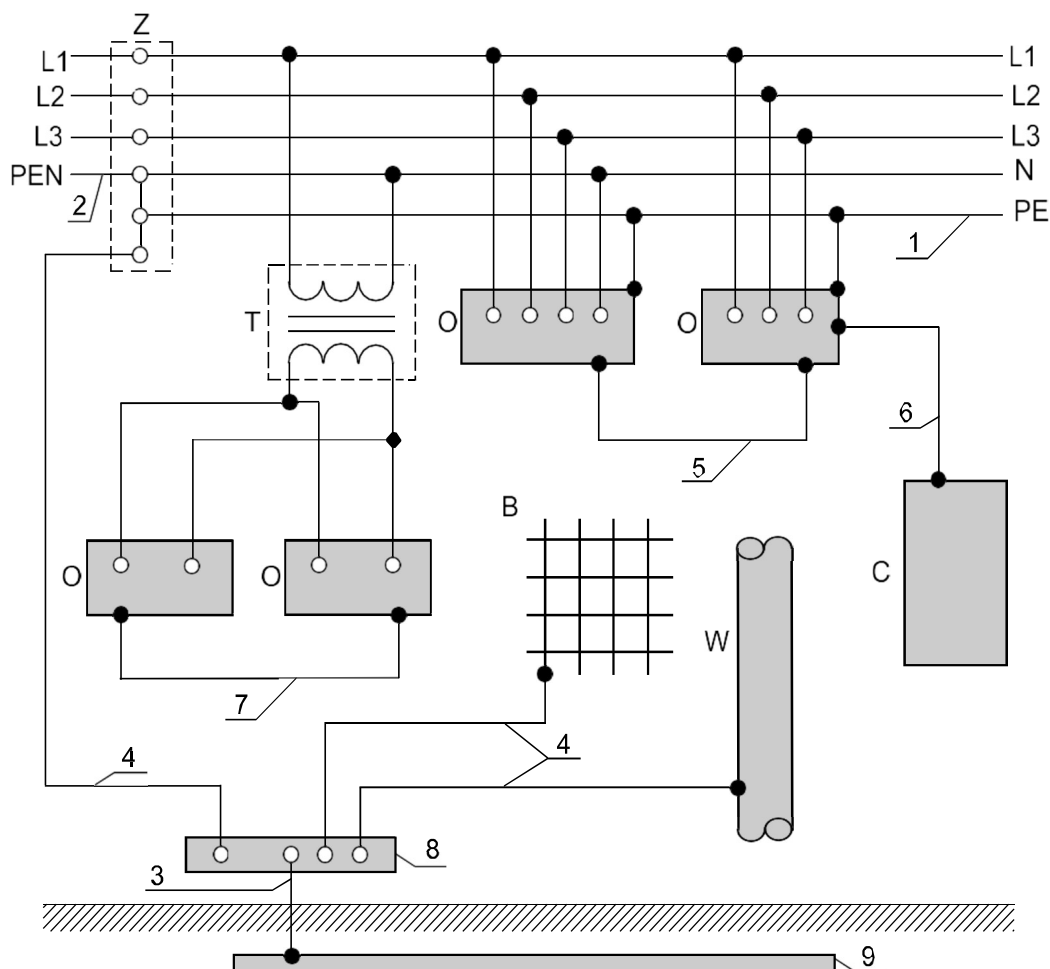
Nie są dopuszczone do stosowania jako przewody ochronne lub jako przewody ochronne wyrównawcze następujące metalowe elementy:

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

Na rysunku 7.18 przedstawiono schemat połączeń ochronnych.

W instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe przewód ochronno-neutralny PEN, a w układzie sieci TN-C powinien mieć przekrój żyły nie mniejszy niż 10 mm<sup>2</sup> Cu lub 16 mm<sup>2</sup> Al. W związku z powyższym,

szczególnie w instalacjach odbiorczych budynków, w których dostosowanie przekroju przewodu PEN do postanowień określonych normą jest trudne lub wręcz niemożliwe (ze względów praktycznych – za duże przekroje), oraz w celu poprawy stanu bezpieczeństwa przeciwporażeniowego użytkowników, koniecznością staje się stosowanie układu sieci TN-S lub TN-C-S.



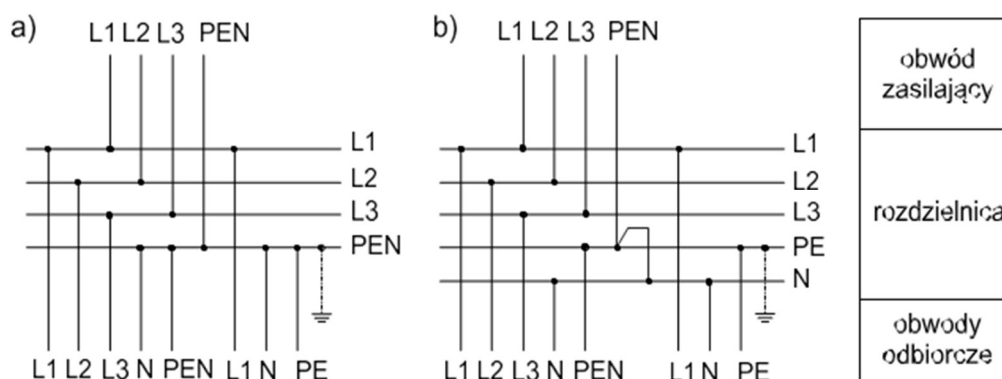
Rys. 7.18. Schemat połączeń ochronnych w budynku

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

W przypadku układu sieci TN-C-S rozdzielanie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N powinno następować w złączu lub w rozdzielnicy głównej budynku, a punkt rozdziłu powinien być uziemiony, ponieważ zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodzie ochronnym PE przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

Przewód ochronny PE i ochronno-neutralny PEN w układzie sieci TN, w którym stosowane jest samoczynne wyłączenie zasilania jako ochrona przy uszkodzeniu, należy wielokrotnie uziemiać – na przykład w złączu i rozdzielnicy głównej. Instalacja elektryczna w budynkach powinna być wykonana w układzie sieci TN-S (przewody L1; L2; L3; N; PE). Nie wyklucza to stosowania w szczególnie uzasadnionych przypadkach układu sieci TT lub IT. W układzie sieci TN-C-S należy stosować jedno z dwóch rozwiązań rozdzielnic (złącze, rozdzielnica główna – rys. 7.19):

- z zastosowaniem czterech szyn zbiorczych (rys. 7.19a),
- z zastosowaniem pięciu szyn zbiorczych (rys. 7.19b).



Rys. 7.19. Wymagane układy rozwiązań rozdzielnic w układzie sieci TN-C-S  
a) z czterema szynami zbiorczymi, b) z pięcioma szynami zbiorczymi

Rozdzielnica przedstawiona na rysunku 7.19a może pracować w układzie TN-C lub TN-C-S, natomiast rozdzielnica przedstawiona na rysunku 7.19b może pracować we wszystkich układach TN, a także w układach TT lub IT po odpowiednim dla danego układu sieci połączeniu lub rozłączeniu szyny PE z szyną N.

Należy stosować oznaczenia identyfikacyjne przewodów i zacisków przyłączeniowych odbiorników zgodnie z informacjami podanymi w tablicy 24. Oznaczenia barwne powinny być stosowane na całej długości przewodu za pomocą barwnej izolacji lub za pomocą barwnych oznaczników. Dopuszcza się stosowanie oznaczeń barwnych tylko w dostępnych i widocznych miejscach.

Barwa jasnoniebieska jest przeznaczona dla przewodu neutralnego N lub przewodu środkowego M. Barwa ta nie może być używana w celu identyfikacji innych przewodów, jeżeli zachodzi możliwość pomyłki. W przypadku braku żył N lub M w przewodzie wielożyłowym, żyła oznaczona barwą jasnoniebieską może być wykorzystana do innych celów z wyjątkiem wykorzystania jej jako żyły ochronnej. Jeżeli stosuje się oznaczenie barwne, to gołe przewody szyn zbiorczych, wykorzystane jako przewody N lub M, powinny być oznaczone barwą jasnoniebieską na całej długości lub w postaci jasnoniebieskich pasków szerokości od 15 do 100 mm, umieszczonych w określonych odległościach od siebie albo we wszystkich widocznych i dostępnych miejscach. Za określoną odległość uważa się odległość, przy której w danych warunkach jest zawsze zapewniona możliwość identyfikacji.

Kombinacja dwubarwna zielono-żółta powinna być używana tylko do oznaczeń i identyfikacji przewodu ochronnego PE. Jeżeli przewód ochronny może być łatwo zidentyfikowany przez jego kształt, konstrukcję lub usytuowanie (np. przewód koncentryczny), to nie jest konieczne oznaczenie na całej długości. Wymagane jest wówczas oznaczenie zakończeń przewodu i części dostępnych za pomocą wyraźnych symboli graficznych lub kombinacji dwubarwniej zielono-żółtej.

Tablica 24. Oznaczenia identyfikacyjne przewodów i zacisków przyłączeniowych odbiorników [104]

Liczba żył	Kolory żył **				
	żyła ochronna	żyła robocza (czynna)			
3	zielono-żółty	niebieski	brązowy	–	–
4	zielono-żółty	–	brązowy	czarny	szary
4*	zielono-żółty	niebieski	brązowy	czarny	–
5	zielono-żółty	niebieski	brązowy	czarny	szary

\* Tylko dla wybranych zastosowań (np. przy zasilaniu kuchni indukcyjnych).  
 \*\* W tablicy nieizolowane przewody koncentryczne, takie jak metalowa powłoka, druty pancerza, druty żyły powrotnej, nie są określane jako żyła. Przewód koncentryczny jest identyfikowany swoim położeniem i dlatego nie wymaga oznaczenia kolorem.

Gołe przewody lub szyny zbiorcze wykorzystane jako przewód ochronny PE po- winny być oznaczone barwami żółtą i zieloną na przemian, w postaci pasków o szerokości od 15 do 100 mm, stykających się ze sobą na całej długości przewodu, albo we wszystkich dostępnych i widocznych miejscach. Jeżeli do oznaczenia przewodu PE stosuje się taśmę samoprzylepną, to powinna ona być wyłącznie dwubarwna, zielono-żółta. Przewód ochronno-neutralny PEN izolowany powinien być oznakowany jedną z następujących metod PN-HD 60364-5-51 [69]:

- barwą zielono-żółtą na całej długości i dodatkowo jasnoniebieskimi znacznikami przy zakończeniach lub
- barwą jasnoniebieską na całej długości i dodatkowo zielono-żółtymi znacznikami przy zakończeniach.

Można stosować w tym przypadku obie metody. W przypadku przewodów fazowych norma [69] zaleca następujące barwy: brązową, czarną lub szarą.

#### Główne i dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne

Zastosowanie połączeń wyrównawczych ochronnych ma na celu ograniczenie do wartości dopuszczalnych długotrwale w danych warunkach środowiskowych napięć występujących pomiędzy różnymi częściami przewodzącymi. Każdy budynek po- winien mieć główne połączenie wyrównawcze ochronne. Główne połączenie wyrównawcze ochronne powstaje dzięki umieszczeniu w najniższej (przyziemnej) kondygnacji budynku głównego zacisku (szyny) uziemiającego, do którego są przyłączone: przewody uziemiające, przewody ochronne, przewody uziemiające funkcjonalne (jeżeli występują) oraz następujące części przewodzące obce: metalowe rury, a także metalowe urządzenia wewnętrznych instalacji wody zimnej, wody gorącej, kanalizacji, centralnego ogrzewania, gazu, klimatyzacji, metalowe powłoki i pan- cerze kabli elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych [112, 113].

Elementy przewodzące wprowadzane do budynku z zewnątrz (rury, kable) po- winny być przyłączone do głównego zacisku (szyny) uziemiającego możliwie jak najbliżej miejsca ich wprowadzenia (rys. 7.20).

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

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

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

Wszystkie połączenia i przyłączenia przewodów biorących udział w ochronie przeciwporażeniowej powinny być wykonane w sposób pewny, 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.





Bardzo ważne jest rozróżnienie głównych połączeń wyrównawczych ochronnych od połączeń uziemiających. Aby określone elementy mogły być wykorzystane jako uziomy, muszą spełniać określone wymagania i musi być wyrażona zgoda właściwej jednostki na ich wykorzystanie. Dotyczy to na przykład kabli.

W celu zaprojektowania i wykonania skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w budynkach należy ściśle i jednoznacznie stosować oznaczenia przedstawione w tablicy 25.

Niektóre elementy, jak na przykład rury metalowe zawierające łatwopalne gazy lub płyny itp., nie mogą być wykorzystywane jako uziomy.



Tablica 25. Oznaczenia przewodów i zacisków urządzeń [41, 57]

Oznaczenie żyły przewodu	Oznaczenie zacisku urządzenia	Znak graficzny <sup>b</sup>
Przewody AC (napięcie przemienne)	–	~
Faza 1 (L1)	U	
Faza 2 (L2)	V <sup>a</sup>	
Faza 3 (L3)	W <sup>a</sup>	
Przewód środkowy	M	
Przewód neutralny	N	
Przewody DC (napięcie stałe)	–	==
Przewód dodatni (L+)	+	+
Przewód ujemny (L–)	–	–

Przewód ochronny PE	PE	
– Przewód PEN	PEN	
– Przewód PEL	PEL	
– Przewód PEM	PEM	
Przewód ochronny wyrównawczy (ekwipotencjalny) PB <sup>c</sup>	PB	
– uziemiony (PBE)	PBE	–
– nieuziemiony (PBU)	PBU	–
Przewód uziemiający funkcjonalny (FE) <sup>d</sup>	FE	
Przewód ekwipotencjalny funkcjonalny (FB)	FB	

<sup>a</sup> Wymagane tylko w systemach z więcej niż jedną fazą.

<sup>b</sup> Znaki graficzne odpowiadają symbolom stosowanym w IEC 60417 o numerach:

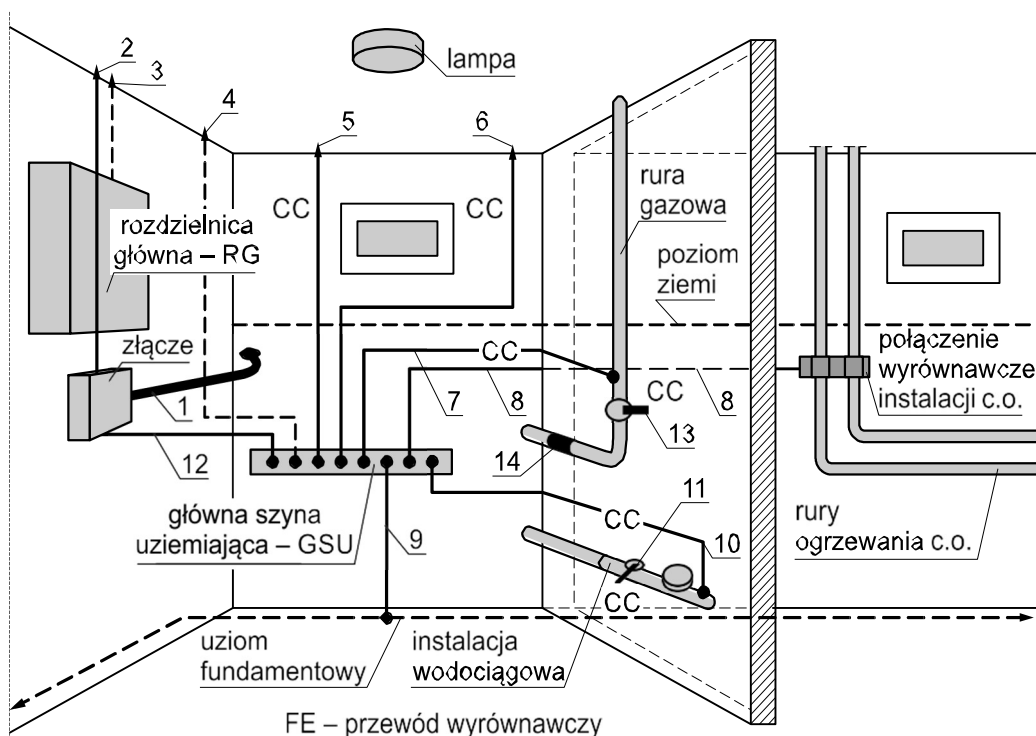
~ IEC 60417÷5032	 IEC 60417÷5019
== IEC 60417÷5031	 IEC 60417÷5018
⊕ IEC 60417÷5005	 IEC 60417÷5020
— IEC 60417÷5006	 IEC 60417÷5021

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

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

Wszystkie wyżej wymienione elementy powinny być w danym budynku połączone ze sobą poprzez główny zacisk (szynę) uziemiający w celu stworzenia ekwipotencjalizacji. Aby zrealizować połączenia wyrównawcze ochronne, nie wykorzystując metalowych rur gazowych jako elementów uziemienia, za wystarczające uważa się zainstalowanie wstawki izolacyjnej na wprowadzeniu rury gazowej do budynku.

Na rysunku 7.20 przedstawiono przykładowe wykonanie połączeń wyrównawczych głównych w pomieszczeniu przyłączowym budynku.



Rys. 7.20. Przykładowe wykonanie połączeń wyrównawczych głównych w pomieszczeniu przyłączowym budynku

1 – kabel zasilający złącze instalacji elektrycznej, 2, 3 – przewody instalacji elektrycznej, 4 – przewód PE, gdy instalacja pracuje w układzie TT, 5 – połączenia wyrównawcze urządzeń, instalacji sygnalizacyjnej, 6 – połączenia wyrównawcze do łącza teleinformatycznego, 7 – połączenia wyrównawcze instalacji gazowej, 8 – połączenia wyrównawcze instalacji grzewczej, 9 – przewód uziemiający, 10 – połączenia wyrównawcze instalacji wodociągowej, 11 – zawór instalacji wodociągowej, 12 – przewód łączący zacisk PE z GŚU, 13 – zawór instalacji gazowej, 14 – wstawka izolacyjna w rurze gazowej

#### 7.2.4. Uziomy

Bezpieczeństwo personelu obsługującego urządzenia elektryczne oraz osób stykających się z tymi urządzeniami w budynkach i obiektach użyteczności publicznej może być zapewnione w wielu przypadkach tylko wtedy, gdy istnieją właściwie wykonane i utrzymywane w tych obiektach układy i urządzenia uziemiające. Ważną częścią tych instalacji są uziomy. Jako uziomy można stosować [113]:

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

Do celów uziemień wykorzystuje się także elementy metalowe osadzone w betonie. Uziomy takie są uziomami fundamentowymi i dzieli się je na sztuczne, ułożone w nieuzbrojonych fundamentach i służące w praktyce do celów uziemienia, oraz naturalne, w których do celów uziemienia wykorzystuje się stalowe pręty, stosowane głównie jako zbrojenie fundamentu. Uziom kwalifikuje się jako fundamentowy, jeżeli beton otaczający pręt zbrojeniowy lub taśmę tworzy otulinę betonową o grubości co najmniej 5 cm.

Rury metalowe do płynów palnych lub gazów nie mogą być wykorzystane jako uziom. Wymaganie to nie wyklucza objęcia tych rur systemem połączeń ochronnych.

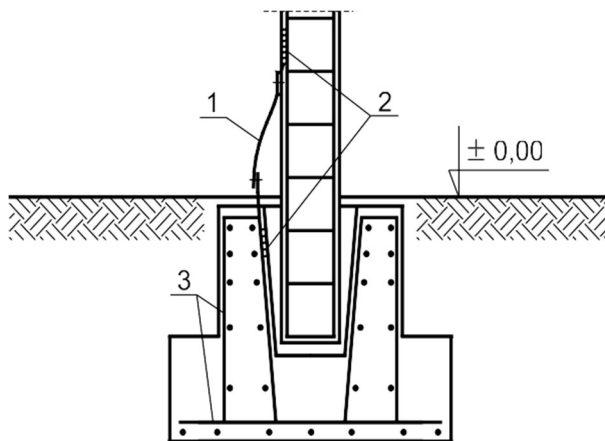
Uziom nie powinien zawierać elementów zanurzonych w wodzie. W nowych obiektach budowlanych należy stosować przede wszystkim uziomy fundamentowe. Tam, gdzie elementy metalowe są otoczone otuliną betonową, zaleca się stosowanie betonu o odpowiedniej jakości i grubości otuliny betonowej wynoszącej co najmniej 5 cm, aby uniknąć korozji elektrod. Uziomy fundamentowe mogą być wykonane z:

- taśm lub drutów stalowych,
- drutów miedzianych.

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

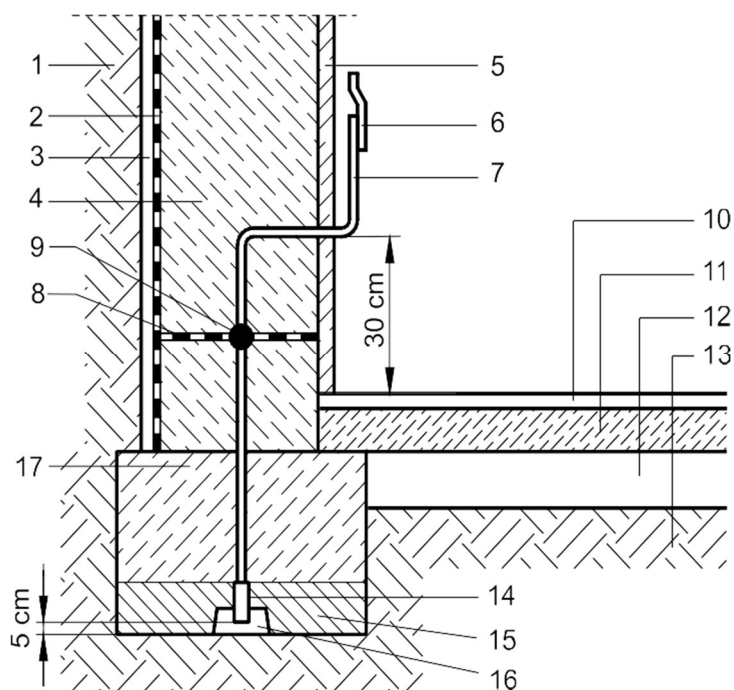
Zaleca się, aby przewody uziemiające przyłączone do uziomów fundamentowych były wprowadzone do betonu od wewnętrznej strony obiektu budowlanego, a w przypadku gdy są one wprowadzone do betonu od zewnętrznej strony, to miejsce ich wprowadzenia powinno znajdować się nad powierzchnią ziemi. Zaleca się wzajemne łączenie uziomu fundamentowego i stalowego zbrojenia żelbetowych konstrukcji z wyjątkiem zbrojenia naprężanego. Na rysunku 7.21 przedstawiono przykład wykorzystania zbrojenia stopy fundamentowej do celów uziemienia, a na rysunku 7.22 przykład wykonania sztucznego uziomu fundamentowego.

Uziom powinien mieć wystarczającą trwałość, którą definiuje się jako czas upływający od umieszczenia go w gruncie do chwili zmniejszenia się, spowodowanego korozją ziemną, przekroju poprzecznego jego elementów tak znacznego, że istnieje duże prawdopodobieństwo powstania przerwy w dowolnej części uziomu. Uziomy powinny również spełniać odpowiednie wymagania dotyczące własności mechanicznych. Powinny mieć one wystarczającą odporność na uszkodzenia mechaniczne, na które są narażone w okresie eksploatacji.



Rys. 7.21. Wykorzystanie zbrojenia stopy fundamentowej jako uziomu 1 – element łączący, 2 – spaw, 3 – zbrojenie stopy fundamentowej





Rys. 7.22. Przykład wykonania sztucznego uziomu fundamentowego

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

Uziomy sztuczne pionowe z rur, prętów lub kształtowników umieszcza się w ziemi w taki sposób, aby ich najniższa część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 3 m, natomiast najwyższa część na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią ziemi. Uziomy sztuczne poziome z taśm lub drutów układa się na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią ziemi. Wymiary powyższe uwzględniają zarówno ochronę uziomów przed uszkodzeniami mechanicznymi, jak i zwiększanie się ich rezystancji uziemienia w wyniku zamarzania i wysychania ziemi. Trwałą wartość rezystancji uziemienia uziomów, zarówno naturalnych, jak i sztucznych, należy zapewnić także przez:

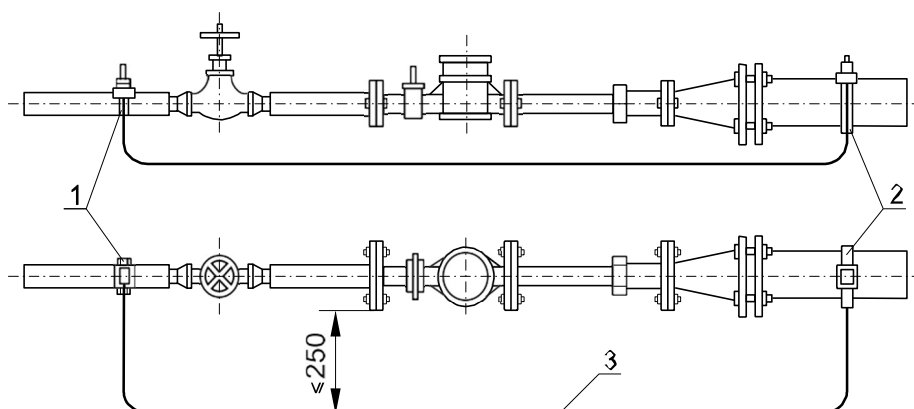
- odpowiednio trwałe połączenia, np. poprzez spawanie, połączenia śrubowe, zaciskanie lub nitowanie,
- ochronę antykorozyjną połączeń.

Minimalne wymiary materiałów powszechnie stosowanych do wykonywania uziomów umieszczonych w ziemi podane są w tablicy 26.

Tablica 26. Najmniejsze dopuszczalne wymiary poprzeczne uziomów

Rodzaj uziomu	Materiał wyrobu		Kształt wyrobu	Wymiary			
				wyrobu		powłoki wyrobu	
				przekrój	średnica	grubość	grubość średnia
				mm <sup>2</sup>	mm	mm	μm
Pozioomy	stal	ocynkowana na gorąco	taśma	100	—	3	70
			pręt	—	10	—	50
	miedź	goła lub ocynkowana	taśma	50	—	2	40
			pręt	35	—	—	40
			lina	35	1,8 jednego drutu	—	5
			—	—	—	—	—
Pionowy	stal	ocynkowana na gorąco	rura	—	25	2	55
			pręt	—	20	—	70
			profilowana	100	—	3	70
		z płaszczem miedzianym	pręt	—	15	—	2000
		pomiedziowana elektrolitycznie	pręt	—	20	—	300
		—	—	—	—	—	—
Fundamentowy	stal	goła	taśma	100	—	—	—
			pręt	—	10	—	—

W przypadku stosowania do celów uziemień metalowych rurociągów wodnych należy starać się zmniejszyć prawdopodobieństwo powstania przerwy w ciągłości uziomu. Wodomierze i zawory wbudowane w rurociągi wodne powinny być bocznikowane (rys. 7.23) przewodem o jednostkowej konduktancji przewodu uziemiającego i dobrej odporności na uszkodzenia mechaniczne i na korozję. Połączenia przewodów uziemiających i bocznikujących z rurami wodociągowymi powinny zapewniać dobrą i trwałą styczność.



Rys. 7.23. Bocznikowanie wodomierza i zaworu przy wykorzystaniu rurociągu wodnego jako uziomu  
1 - złączki taśmowe do rur, 2 - złączki, 3 - przewód bocznikujący

### 7.2.5. Warunki stosowania urządzeń elektrycznych, w tym opraw oświetleniowych o określonych klasach ochronności, zapewniających ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym

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

- przy użyciu separacji elektrycznej (indywidualnej dla jednego urządzenia) lub
- jeżeli urządzenie to jest eksploatowane na izolowanym stanowisku.

Urządzenia klasy ochronności I, w tym oprawy oświetleniowe klasy I, muszą mieć części przewodzące dostępne przyłączone do przewodu ochronnego PE przy zastosowaniu samoczynnego wyłączenia zasilania jako środka ochrony przy uszkodzeniu. Do gniazd wtyczkowych i wypustów oświetleniowych należy doprowadzać przewód ochronny PE.

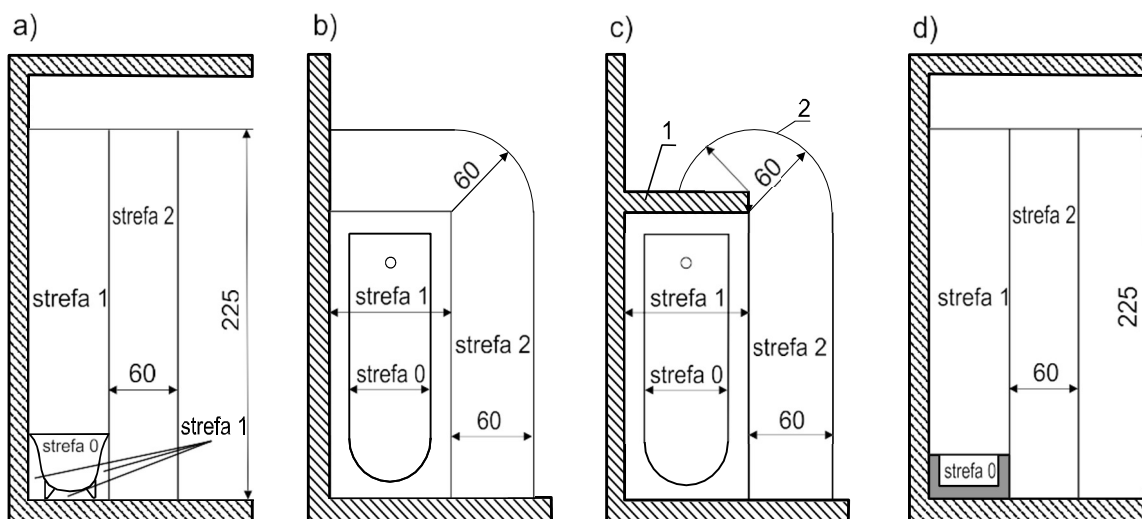
## 7.3. Instalacje elektryczne w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym

### 7.3.1. Wymagania ogólne

Przy wykonywaniu instalacji elektrycznych w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym należy stosować obostrzenia polegające na:

- umieszczaniu urządzeń elektrycznych tylko w określonych miejscach (strefach),
- zakazie stosowania niektórych środków ochrony, takich jak: przeszkody, umieszczanie poza zasięgiem ręki, izolowanie stanowiska, nieuziemiene połączenia wyrównawcze miejscowe (np. baseny),
- stosowaniu urządzeń o odpowiednich stopniach ochrony IP XXX,
- konieczności stosowania dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych,
- konieczności obniżenia napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale w określonych warunkach otoczenia do wartości 25 V i 12 V prądu przemiennego oraz odpowiednio 60 V i 30 V prądu stałego,
- konieczności stosowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekaźnikami różnicowo-prądowymi) o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA,
- kontroli stanu izolacji (doziemienia) w układach sieci IT.

We wszystkich przypadkach, gdy powinna być obniżona wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale, należy również ograniczyć (skrócić) maksymalny dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania zgodnie z zasadami podanymi w normie. W przypadku ochrony przeciwporażeniowej przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia należy stosować obwody SELV, a w szczególnie uzasadnionych przypadkach obwody PELV. Miejsca i pomieszczenia stwarzające zwiększone zagrożenie oraz stosowane w nich środki ochrony i rozwiązania instalacji elektrycznych przedstawione są na rysunkach 7.24 i 7.25.



Rys. 7.24. Wymiary stref w pomieszczeniach zawierających wannę lub prysznic z basenem [81]

a) widok boczny (wanna), b) widok z góry, c) widok z góry (ze stałą przegrodą i promieniem minimalnej odległości wokół przegrody), d) widok boczny (prysznic)  
1 - stała przegroda, 2 - promień minimalnej odległości (wymiary w cm)

### 7.3.2. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub/i prysznic

Charakterystyka strefy 0 (rys. 7.24)

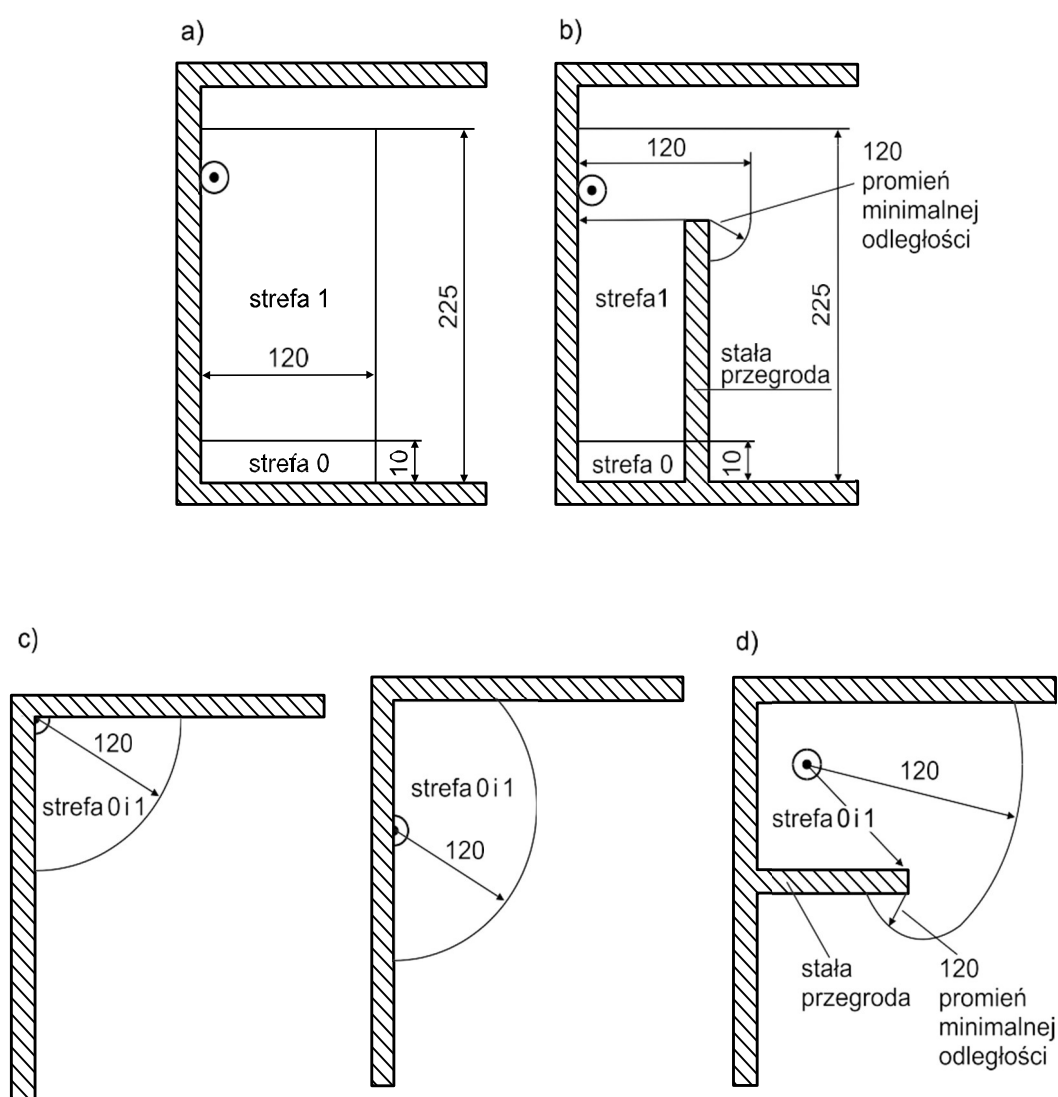
Strefa 0 jest wnętrzem wanny lub basenu prysznica. W przypadku prysznica bez basenu wysokość strefy 0 wynosi 10 cm, zasięg jej powierzchni jest taki sam, jak zasięg poziomy strefy 1.

Charakterystyka strefy 89 (rys. 7.24)

Strefa 89 jest ograniczona:

- poziomem podłogi i poziomą płaszczyzną związaną z najwyższym miejscem umocowania głowicy prysznica lub wypływem wody albo poziomą płaszczyzną znajdującą się 225 cm nad poziomem podłogi (bez względu na to, która jest większa),
- przez powierzchnie pionową:
- otaczającą wannę lub basen prysznica,
- w odległości 120 cm od stałego punktu wypływu wody na ścianie lub suficie dla pryszniców bez basenu.

Strefa 1 nie obejmuje strefy 0. Przestrzeń pod wanną lub basenem prysznica lub prysznicem jest zaliczana do strefy 1.



Rys. 7.25. Wymiary stref 0 i 1 w pomieszczeniach zawierających wannę lub prysznic bez basenu [80]

a) widok boczny, b) widok boczny (ze stałą przegrodą i promieniem minimalnej odległości wokół przegrody), c) widok z góry (dla różnych lokalizacji umocowania wylotu wody), d) widok z góry ze stałym odpływem wody (ze stałą przegrodą i promieniem minimalnej odległości wokół przegrody) – wymiary w cm

Charakterystyka strefy 2 (rys. 7.24)

Strefa 2 jest ograniczona:

- podstawową powierzchnią podłogi i poziomą płaszczyzną związaną z naj- wyższym miejscem umocowania głowicy prysznica lub płaszczyzną poziomą znajdującą się 225 cm ponad podstawową końcową powierzchnią podłogi; przyjmuje się tą, która jest większa,
- pionową powierzchnią na granicy strefy 1 i równoległą płaszczyzną pionową w odległości 60 cm od granicy strefy 1.

Przy prysznicy bez basenu nie ma strefy 2, lecz powiększona jest strefa 1 przez przyjęcie odległości poziomej 120 cm (rys. 7.25).

Ochrona przeciwporażeniowa

W pomieszczeniach wyposażonych w wannę lub prysznic nie należy stosować następujących środków ochrony przeciwporażeniowej wymienionych w tablicy 15:

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

Ochrona za pomocą separacji elektrycznej może być stosowana w przypadku:

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

Ochrony za pomocą separacji elektrycznej nie należy stosować w systemach elektrycznego ogrzewania podłogowego. Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia SELV i PELV może być stosowana, pod warunkiem że ochronę podstawową w tych obwodach zapewniają:

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

Ochrona uzupełniająca jest realizowana poprzez stosowanie:

- urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA, zapewniających ochronę wszystkich obwodów, z wyjątkiem obwodów, w których zastosowano separację elektryczną lub bardzo niskie napięcie SELV i PELV,
- dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych, łączących przewód ochronny z częściami przewodzącymi obcymi.

Dotyczy to takich części przewodzących obcych, jak: metalowe części instalacji wodnej, kanalizacyjnej, ogrzewczej, klimatyzacyjnej, gazowej oraz dostępne metalowe części konstrukcji i zbrojenia budowlanego.

Instalowanie odbiorników energii elektrycznej

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

- zgodny ze stosowną normą i przystosowany do użytkowania w tej strefie zgodnie z instrukcją wytwórcy,
- trwale zainstalowany i stale połączony (bezpośrednio) przewodem do zacisków w sprzęcie zasilającym (puszka, rozdzielnica), a nie poprzez gniazdko wtyczkowe,
- chroniony przez SELV o napięciu nieprzekraczającym 12 V AC lub 30 V DC.

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

- przystosowany do użytkowania w tej strefie zgodnie z instrukcją wytwórcy,
- trwale zainstalowany i stale połączony poprzez zaciski w instalacji elektrycznej (np. puszka, rozdzielnica).

Takimi urządzeniami są: wirówka wodna, pompa prysznica, urządzenie chronione przez SE lub PELV o napięciu nieprzekraczającym 12 V AC lub 30 V DC urządzenia wentylacyjne, suszarki ręczników, urządzenia do podgrzewania wody, oprawy oświetleniowe [97].

Instalowanie urządzeń rozdzielczych, sterujących i osprzętu

W strefie 0 nie można instalować żadnych urządzeń.

W strefie 1 instaluje się:

- puszki łączeniowe i zamocowania służące do zasilania odbiorników energii elektrycznej dopuszczonych do instalowania w strefie 0 i 1,
- osprzęt, łącznie z gniazdami wtyczkowymi z obwodów chronionych przez SELV lub PELV o napięciu nieprzekraczającym 25 V AC lub 60 V DC.

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

W strefie 2 można instalować:

- osprzęt z wyjątkiem gniazd wtyczkowych,

- osprzęt, łącznie z gniazdami wtyczkowymi do urządzeń sygnalizacyjnych i komunikacji, pod warunkiem że wyposażenie jest chronione przez SELV lub PELV.

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

#### Systemy elektrycznego ogrzewania podłogowego

W systemach elektrycznego ogrzewania podłogowego powinny być stosowane wyłącznie przewody grzejne odpowiadające stosownym normom wyrobu lub cienkie wiotkie elementy grzejne zgodne z właściwymi normami wyrobu, pod warunkiem że mają one metalową powłokę lub metalową osłonę, albo cienką metalową siatkę. Cienka metalowa siatka, metalowa powłoka albo metalowa osłona powinny być przyłączone do przewodu ochronnego obwodu zasilania.

Zgodność z ostatnimi wymaganiami nie jest obowiązkowa, jeżeli przewidziany jest środek ochrony SELV do systemu ogrzewania podłogowego.

#### Oprzewodowanie

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

- wariant 1: stały odbiornik zainstalowany nad wanną (np. urządzenie ogrzewające wodę); przewody należy prowadzić pionowo od góry poprzez ścianę z tyłu urządzenia lub prowadzić poziomo w ścianie z tyłu urządzenia,
- wariant 2: urządzenie umieszczone w przestrzeni poniżej wanny; przewody należy prowadzić pionowo od dołu lub prowadzić poziomo przez przyległą ścianę.

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

#### Wpływy zewnętrzne

Zainstalowane urządzenia elektryczne powinny mieć co najmniej następujące stopnie ochrony:

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

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

#### 7.3.3. Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi

Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi to przestrzenie, w otoczeniu których znajdują się głównie metalowe lub przewodzące części, zaś wewnątrz nich dotknięcie powierzchnią ciała otaczających elementów przewodzących jest prawdopodobne, a możliwość przerwania tego dotyku jest ograniczona. Dotyczy to hydroforni, wymiennikowni ciepła, kotłowni, pralni, kanałów rewizyjnych itp. W przestrzeniach tych obowiązują następujące podstawowe zasady w zakresie ochrony przeciwporażeniowej:

- narzędzia ręczne i przenośne urządzenia pomiarowe należy zasilać napięciem nieprzekraczającym napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale (obwód SELV) lub indywidualnie z transformatora separacyjnego – zaleca się stosowanie urządzeń o II klasie ochronności; jeżeli korzystamy z urządzenia o I klasie ochronności, to powinno ono mieć co najmniej uchwyt wykonany z materiału izolacyjnego lub pokryty materiałem izolacyjnym,
- lampy ręczne należy zasilać napięciem nieprzekraczającym napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale (obwód SELV),
- urządzenia zainstalowane na stałe należy chronić przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania, wraz z wykonaniem dodatkowych połączeń wyrównawczych ochronnych albo zasilac indywidualnie z transformatora separacyjnego lub napięciem nieprzekraczającym napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale (obwód SELV),
- źródła napięcia zasilającego należy instalować na zewnątrz przestrzeni ograniczonych powierzchniami przewodzącymi,
- przy stosowaniu uziemień funkcjonalnych niektórych urządzeń zainstalowanych na stałe (np. aparatów pomiarowych i sterowniczych) należy wykonać dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne, łączące z uzziemieniem funkcjonalnym wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce.

## 7.4. Urządzenia i instalacje ochrony przed skutkami prądów przetężeniowych

### 7.4.1. Wymagania ogólne

Do zabezpieczenia przewodów przed skutkami prądów przetężeniowych (przebieżenia i zwarcia) należy wykorzystywać aparaty samoczynnie wyłączające zasilanie. Jako urządzenia zabezpieczające należy stosować wyłączniki wyposażone w wyzwacze przeciężeniowe i wyzwacze zwiarcioe lub bezpieczniki topikowe [59]. Jako urządzenia zabezpieczające przed skutkami przeciężeń należy wykorzystywać:

- wyłączniki wyposażone w wyzwacze przeciężeniowe,
- wkładki topikowe typu g z pełnozakresową charakterystyką wyłączania. Jako urządzenia zabezpieczające przed skutkami zwiarcia należy stosować:
- wyłączniki wyposażone w wyzwacze zwiarcioe,
- wkładki topikowe typu g z pełnozakresową charakterystyką wyłączania,
- wkładki topikowe typu a z niepełnozakresową charakterystyką wyłączania (wkładki dobezpieczające).

Jako urządzenia zabezpieczające przed skutkami przeciężeń i przed skutkami zwiarcia należy stosować:

- wyłączniki wyposażone w wyzwacze przeciężeniowe i zwiarcioe,
- wyłączniki współpracujące z bezpiecznikami topikowymi,
- wyłączniki wyposażone w wyzwacze przeciężeniowe i dobezpieczające wkładki topikowe typu a,
- wkładki topikowe typu g.

Zabezpieczenia (wyłączniki, bezpieczniki) należy instalować na początku każdego obwodu instalacji elektrycznej oraz przed punktem w obwodzie, w którym następuje zmiana:

- przekroju przewodów w instalacji na mniejszy,
- rodzaju przewodów na przewody o mniejszej obciążalności prądowej,
- sposobu ułożenia lub budowy instalacji pogarszającej warunki chłodzenia.

Stosowanie zabezpieczeń przed prądami przeciężeniowymi i zwiarcioowymi nie jest wymagane w przypadku zasilania ze źródeł, w których maksymalny prąd nie może przekroczyć dopuszczalnej obciążalności przewodów (np. przewody zasilane z transformatorów dzwonekowych, agregatów spawalniczych). Zabezpieczenia przewodów przeważnie nie zapewniają ochrony odbiorników przyłączonych do tych przewodów. W obwodach końcowych zabezpieczenie odbiornika musi również spełniać wymagania takie, jak zabezpieczenie przewodu.

### 7.4.2. Zabezpieczenia przeciężeniowe

Zabezpieczenia powinny być tak dobrane, aby wyłączenie zasilania (przerwanie prądu przeciężeniowego) nastąpiło, zanim powstanie niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji, połączeń, zacisków lub otoczenia na skutek nadmiernego wzrostu temperatury [66]. Zabezpieczenia przed skutkami prądu przeciężeniowego nie są wymagane, gdy:

- przewody znajdują się za miejscem zmniejszenia obciążalności długotrwałej, co występuje w przypadku zmiany:
- przekroju przewodu,
- rodzaju przewodu,
- sposobu ułożenia przewodu,
- instalowania przewodu,
- są już skutecznie zabezpieczone od strony zasilania przed prądem przeciężeniowym,
- do przewodów nie są przyłączone gniazda wtyczkowe

ponadto w instalacjach telekomunikacyjnych, sterowania i sygnalizacji (zabezpieczanie jest stosowane według innych zasad).

Nie wymaga się dodatkowych zabezpieczeń przed prądem przeciężeniowym także w miejscach zmiany przekroju, rodzaju i sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji, powodujących zmniejszenie obciążalności przewodów, o ile ich długość nie przekracza 3 m i nie mają one rozgałęzień, przyłączonych gniazd wtyczkowych oraz nie znajdują się w pobliżu materiałów łatwopalnych, a wykonanie instalacji ogranicza do minimum powstanie zwiarcia. Wymienione warunki niestosowania zabezpieczeń przed prądem przeciężeniowym nie dotyczą układów sieci IT, z wyjątkiem przypadków, gdy sieć lub jej część ma zabezpieczenie urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym (przypadki dotyczą sieci lub jej części) oraz gdy całe wyposażenie, łącznie z przewodami, jest zabezpieczone przed skutkami zwiarcia [66].

Zaleca się niestosowanie zabezpieczeń przed prądem przeciężeniowym w obwodach zasilających odbiorniki, których niezamierzone wyłączenie powoduje zagrożenie, czyli w obwodach:

- wzbudzenia maszyn wirujących,
- zasilających elektromagnesy dźwigowe,
- wtórnych przekładników prądowych.

Zaleca się, aby w przypadkach uzasadnionych (np. elektromagnesy dźwigowe) stosować urządzenia sygnalizujące powstanie przeciążenia.

#### 7.4.3. Zabezpieczenia zwarciovowe

Zabezpieczenia zwarciovowe powinny być dobrane tak, aby wyłączenie zasilania (przerwanie prądu zwarciovowego) nastąpiło, zanim wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych i mechanicznych w przewodach lub ich połączeniach. Zabezpieczenie zwarciovowe powinno mieć zdolność do przerywania prądu zwarciovowego o wartości większej od przewidywanego (spodziewanego) prądu zwarciovowego. Czas przepływu prądu zwarciovowego powinien być taki, aby temperatura przewodów nie przekroczyła wartości dopuszczalnej temperatury granicznej, jaką mogą osiągać przewody podczas zwarcia.

Jedno zabezpieczenie zwarciovowe może zabezpieczać kilka połączonych równolegle przewodów, pod warunkiem że charakterystyka działania tego urządzenia i sposób zainstalowania przewodów są odpowiednio skoordynowane. Zabezpieczenia zwarciovowe powinny być zainstalowane na początku obwodu przed punktem, w którym następuje zmiana:

- przekroju przewodu w instalacji na mniejszy,
- rodzaju przewodów na przewody o mniejszej obciążalności prądowej,
- sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji, pogarszających warunki chłodzenia.

Zabezpieczenia zwarciovowe nie muszą być stosowane w przypadkach występowania:

- przewodów łączących generatory, transformatory, prostowniki, baterie akumulatorów z rozdzielnicami (tablicami) sterowniczymi, jeżeli zabezpieczenia znajdują się na tych tablicach,
- obwodów, których niezamierzone wyłączenie może spowodować zagrożenie funkcjonowania instalacji,
- określonych obwodów pomiarowych, jeżeli spełnione są jednocześnie dwa następujące warunki:
- przewody są ułożone w sposób ograniczający do minimum możliwość powstania zwarcia, np. przez dodatkowe zabezpieczenie przewodów przed wpływami zewnętrznymi,
- przewody nie są ułożone w pobliżu materiałów łatwopalnych.

Dopuszcza się inne niż podane wyżej usytuowanie zabezpieczeń zwarciovowych w dwu następujących przypadkach:

- gdy przewody znajdujące się za miejscem obniżenia obciążalności prądowej są skutecznie chronione przez inne, usytuowane bliżej zasilania zabezpieczenie zwarciovowe,
- gdy po zmianie przekroju przewodu spełnione są trzy następujące warunki:
- odcinek oprzewodowania o mniejszym przekroju ma długość nieprzekraczającą 3 m,
- odcinek jest wykonany w sposób ograniczający do minimum powstanie zwarcia (np. przez dodatkowe zabezpieczenie przewodów przed wpływami zewnętrznymi),
- odcinek nie znajduje się w pobliżu materiałów łatwopalnych.

#### 7.4.4. Zabezpieczenia przeciążeniowo-zwarciovowe

Zabezpieczenia przeciążeniowo-zwarciovowe przewodów mogą być wykonane przez:

- wspólne zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe,
- osobne zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe.

W zależności od układu sieci zabezpieczenie przeciążeniowo-zwarciovowe powinno spełniać podane niżej wymagania.

**Zabezpieczenie przewodów fazowych**

Zabezpieczenie przed prądem przetężeniowym powinno być stosowane we wszystkich przewodach fazowych i w zasadzie powinno przerywać prąd tylko w przewodzie, w którym przetężenie nastąpiło. Przerywanie prądu (wartość natężenia prądu spadła do zera) we wszystkich fazach jest wymagane w przypadkach, gdy przerwa przepływu prądu w jednym przewodzie może spowodować powstanie zagrożenia (np. w silnikach trójfazowych).

W układzie sieci TT, w obwodach zasilanych przewodami fazowymi bez przewodu neutralnego N, można nie stosować zabezpieczenia przed prądem przetężeniowym w jednym z przewodów fazowych, jeżeli są spełnione dwa warunki:

- obwody nieobjęte zabezpieczeniem przez urządzenie ochronne różnicowoprądowe nie mają przewodu neutralnego N przyłączonego do punktu neutralnego sieci,
- obwód lub układ zasilania jest wyposażony w zabezpieczenie urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym, przerywającym przepływ prądu jednocześnie we wszystkich przewodach fazowych.

**Zabezpieczenie przewodu neutralnego N w układzie sieci TT i TN**

Jeżeli przekrój przewodu neutralnego N jest co najmniej równy lub równoważny przekrojowi przewodów fazowych, nie wymaga się stosowania w tym przewodzie zabezpieczeń przetężeniowych i wyposażenia go w urządzenia do przerywania przepływu prądu. Jeżeli przekrój przewodu neutralnego N jest mniejszy



niż przekrój przewodów fazowych, wymagane jest zastosowanie w tym przewodzie zabezpieczenia przetężeniowego, odpowiedniego do jego przekroju. W przewodzie neutralnym można nie stosować zabezpieczeń przetężeniowych, jeżeli są spełnione dwa warunki:

- przewód N jest zabezpieczony przed skutkami prądu zwarciovego przez zabezpieczenia usytuowane w przewodach fazowych,
- największa wartość prądu w przewodzie neutralnym, przewidziana w normalnych warunkach pracy, jest wyraźnie mniejsza od obciążalności długotrwałej dla tych przewodów; warunek ten jest spełniony, gdy obciążenie poszczególnych faz jest jednakowe.

W przypadku obecności trzeciej harmonicznej należy dokonać dodatkowo zabezpieczenia przewodu N.

#### 7.4.5. Zabezpieczenie przewodu neutralnego N w układzie sieci IT

W układzie sieci IT nie zaleca się stosowania przewodu neutralnego. Jeżeli przewód N został zastosowany, to w każdym obwodzie powinno znajdować się zabezpieczenie przetężeniowe przewodu neutralnego, przerywające przepływ prądu we wszystkich przewodach danego obwodu, łącznie z przewodem neutralnym. Zabezpieczenie to nie jest wymagane, jeżeli:

- dany przewód neutralny jest skutecznie zabezpieczony od strony zasilania przed skutkami prądu zwarciovego (np. na początku instalacji),
- dany obwód jest wyposażony w zabezpieczenie urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym, którego znamionowy prąd różnicowy nie przekracza 0,15 wartości obciążalności długotrwałej przewodu neutralnego tego obwodu. Zabezpieczenie powinno przerywać przepływ prądu we wszystkich przewodach fazowych obwodu, łącznie z przewodem neutralnym N.

Jeżeli przewiduje się rozłączanie i załączanie przewodu neutralnego, to jego rozłączanie nie powinno następować wcześniej niż przewodów fazowych, a załączanie powinno następować jednocześnie lub wcześniej niż przewodów fazowych.

#### 7.4.6. Selektywność (wybiórczość) zabezpieczeń

Urządzenia zabezpieczające powinny działać w sposób selektywny (wybiórczy), to znaczy w przypadku uszkodzeń wywołujących przetężenie powinno działać tylko jedno zabezpieczenie zainstalowane najbliżej miejsca uszkodzenia w kierunku źródła zasilania. Działanie zabezpieczenia powinno spowodować wyłączenie uszkodzonego odbiornika lub obwodu, zachowując ciągłość zasilania odbiorników i obwodów nieuszkodzonych. Zabezpieczenia przetężeniowe działają selektywnie (wybiórczo), jeżeli ich pasmowe charakterystyki czasowo-prądowe nie przecinają się i nie mają wspólnych obszarów działania [13, 57].

### 7.5. Instalacje ochrony przed skutkami oddziaływania cieplnego

#### 7.5.1. Wymagania ogólne

Przez ochronę przed skutkami oddziaływania cieplnego [58] należy rozumieć zapobieganie negatywnym efektom nagrzewania lub promieniowania cieplnego, wywołanego przez pracujące urządzenia elektryczne. Ochronę przed skutkami oddziaływania cieplnego stosuje się niezależnie od ochrony przed prądem przetężeniowym.

Urządzenia zainstalowane na stałe oraz materiały trwale zamocowane, znajdujące się w pobliżu urządzeń elektrycznych, powinny być zabezpieczone przed szkodliwymi skutkami nagrzewania lub promieniowania cieplnego, wywołanego przez pracujące urządzenia elektryczne. Dotyczy to również ludzi.

Zabezpieczenia te mają chronić przed:

- spalaniem lub zniszczeniem materiałów (ochrona przeciwpożarowa),
- oparzeniem (ochrona przed poparzeniem),
- zakłóceniem bezpiecznego działania zainstalowanych urządzeń (ochrona przed przegrzaniem).

#### 7.5.2. Ochrona przeciwpożarowa

Urządzenia elektryczne nie powinny stwarzać zagrożenia pożarowego dla znajdujących się w pobliżu materiałów. Wymóg ten jest spełniony wówczas, gdy są zachowane zasady podane niżej oraz wymagania podane w instrukcjach producentów urządzeń [56].

W ochronie przeciwpożarowej należy wyróżniać zagrożenia wynikające z [56]:

- temperatury obudowy urządzeń,
- łuku elektrycznego lub iskrzenia spowodowanych przez urządzenia,
- promieniowania cieplnego wytwarzanego przez urządzenia,
- płynów palnych znajdujących się w urządzeniach.

### **7.5.3. Ochrona przed zagrożeniem spowodowanym nadmierną temperaturą obudowy urządzeń elektrycznych**

Urządzenia powinny być montowane na materiałach lub w materiałach mających odpowiednio niską przewodność cieplną i odpornych na temperaturę stwarzającą zagrożenie pożarowe. Urządzenia należy odgrodzić od elementów obiektu budowlanego materiałami mającymi odpowiednio niską przewodność cieplną oraz materiałami odpornymi na wysoką temperaturę. Urządzenia należy instalować tak, aby ciepło było rozproszone w bezpiecznej odległości od wszystkich materiałów, a szkodliwe skutki efektów cieplnych nie zagrażały tym materiałom, przy czym podłoże (podstawa) tych urządzeń powinno mieć odpowiednio niską przewodność cieplną.

Obudowy urządzeń elektrycznych powinny spełniać następujące wymagania:

- materiały, z których są wykonywane obudowy powinny wytrzymywać najwyższą temperaturę, jaka może zostać wytworzona przez to urządzenie,
- materiały palne nie nadają się do wykonywania obudów urządzeń elektrycznych, jeśli nie zostaną zastosowane środki zabezpieczające przed zapaleniem (np. przez pokrycie materiałami niepalnymi lub trudno zapalnymi o odpowiednio niskiej przewodności cieplnej).

### **7.5.4. Ochrona przed łukiem elektrycznym lub iskrzeniem**

Urządzenia elektryczne zainstalowane na stałe, które podczas normalnej pracy mogą spowodować powstanie łuku elektrycznego lub iskrzenia, powinny być chronione przez:

- całkowite osłonięcie materiałami odpornymi na działanie łuku elektrycznego,
- odgrodzenie materiałami odpornymi na działanie łuku elektrycznego od tych elementów obiektu budowlanego, w których łuk mógłby spowodować szkody.

Materiały odporne na działanie łuku elektrycznego, stosowane na osłony lub ogrodzenia, powinny:

- być niepalne,
- mieć niską przewodność cieplną,
- mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną i grubość.

### **7.5.5. Ochrona przed promieniowaniem cieplnym**

Urządzenia elektryczne zainstalowane na stałe, wytwarzające zogniskowane lub skupione promieniowanie ciepłe, powinny znajdować się w odpowiedniej, dostatecznej odległości od wszelkich przedmiotów lub elementów obiektu budowlanego, tak aby w normalnych warunkach pracy nie narażały ich na osiągnięcie niebezpiecznej temperatury.

### **7.5.6. Ochrona przed cieczami palnymi**

Urządzenia elektryczne zainstalowane na stałe, zawierające ponad 25 litrów cieczy palnych, powinny mieć zabezpieczenie przed rozprzestrzenianiem się płonącej cieczy i produktów jej spalania (płomień, dym, gazy toksyczne) do innych części obiektu budowlanego.

Za środki zabezpieczające mogą być uważane:

- studzienki do zbierania wyciekającej palnej cieczy, umożliwiające jej spalenie w przypadku powstania ognia,
- usytuowanie urządzenia elektrycznego w pomieszczeniu o odpowiedniej odporności ogniowej, wyposażonym w progi lub inne środki zapobiegające rozprzestrzenianiu się cieczy poza to pomieszczenie. Pomieszczenie powinno mieć połączenia wentylacyjne jedynie z atmosferą zewnętrzną.

Jeżeli cieczy jest mniej niż 25 litrów, wystarcza zabezpieczenie tylko przed jej wyciekaniem. Zaleca się, aby w przypadku powstania pożaru zostało bezzwłocznie wyłączone zasilanie urządzenia w energię elektryczną.

### **7.5.7. Ochrona przed poparzeniem**

Dostępne części urządzeń elektrycznych, znajdujące się w zasięgu ręki, nie powinny osiągać temperatury mogącej spowodować oparzenie ludzi, a ich temperatura nie może przekroczyć wartości podanych w tablicy 27.

Tablica 27. Najwyższa dopuszczalna temperatura w normalnych warunkach pracy dla znajdujących się w zasięgu ręki części urządzeń elektrycznych

Części dostępne	Rodzaj powierzchni dostępnej	Najwyższa dopuszczalna temperatura [C°]
Elementy manewrowe ręczne	metalowe	55
	niemetalowe	65
Elementy przeznaczone do dotykania, nie do trzymania w ręce	metalowe	70
	niemetalowe	80
Elementy, które nie muszą być dotykane podczas pracy normalnej	metalowe	80
	niemetalowe	90

Wszystkie elementy instalacji, które w normalnych warunkach eksploatacji mogą nawet na krótko osiągnąć temperaturę przekraczającą wartości podane w tablicy 27, powinny być dodatkowo osłonięte tak, aby niemożliwe było przypadkowe ich dotknięcie. Jeżeli normy przedmiotowe na urządzenia elektryczne podają inne dopuszczalne temperatury niż zawarte w tablicy 27, należy przyjąć wymagania norm przedmiotowych.

#### 7.5.8. Ochrona przed przegrzaniem

Ochrona przed przegrzaniem dotyczy:

- systemów wymuszonego ogrzewania powietrzem,
- urządzeń do wytwarzania gorącej wody lub pary.

W przypadku stosowania systemów wymuszonego ogrzewania powietrzem należy przestrzegać następujących warunków:

- elementy grzejne nie mogą być włączone przed ustaleniem się odpowiedniego przepływu powietrza,
- elementy grzejne muszą być wyłączone przy ustaniu przepływu powietrza,
- system musi zostać wyposażony w dwa niezależne od siebie regulatory temperatury, których zadaniem jest zapobieganie wzrostowi temperatury w kanałach powietrznych ponad wartość dopuszczalną.

Warunki dotyczące elementów grzejnych nie muszą być spełnione w centralnych grzejnikach akumulacyjnych. Korpusy i obudowy elementów grzejnych powinny zostać wykonane z materiałów niepalnych.

#### 7.5.9. Urządzenia do wytwarzania gorącej wody lub pary

Urządzenia do wytwarzania gorącej wody lub pary powinny spełniać następujące wymagania:

- należy je skonstruować lub usytuować w sposób zabezpieczający przed przegrzaniem w każdych warunkach pracy,
- jeżeli urządzenie jako całość nie spełnia wymagań odpowiednich norm, należy zastosować zabezpieczenie (np. ogranicznik temperatury, wyłącznik termiczny) niepowracające po zadziałaniu do pierwotnego położenia, funkcjonujące niezależnie od termostatu,
- jeżeli urządzenie nie ma swobodnego odpływu wody, powinno być wyposażone w przyrząd ograniczający jej ciśnienie (zawór bezpieczeństwa).

### 7.6. Instalacje elektryczne funkcjonujące w warunkach pożaru

#### 7.6.1. Wymagania podstawowe

W instalacjach elektrycznych funkcjonujących w warunkach pożaru powinno się stosować odpowiednie kable i przewody wraz z systemem mocowań, które pozwolą na wczesne wykrycie i ograniczenie pożaru oraz jego rozwoju, a także przekażą szybko informację o istniejącym zagrożeniu. Do instalacji elektrycznych funkcjonujących w warunkach pożaru zaliczamy instalacje:

- sygnalizacji pożarowej (układy sterowań, sygnalizacja o zagrożeniu),
- awaryjnego oświetlenia zapasowego i ewakuacyjnego (rozwiązania z centralną baterią),
- dźwiękowego systemu ostrzegawczego (linie głośnikowe, połączenia między CSP a CDSO kiedy znajdują się w różnych pomieszczeniach),
- urządzeń gaśniczych (linie sterujące),
- wentylacji pożarowej (sterowanie),

- zasilające i sterujące wind pożarowych,
- urządzeń do odprowadzania dymu i ciepła (zasilanie siłowników i przyciski sterujące),
- zasilające pompy wodne do gaszenia pożaru, pompy gaszące substancji chemicznych,
- bezpiecznego wyłączania urządzeń,
- zasilające i sterujące drzwiami i bramami pożarowymi.

Przewody i kable elektryczne oraz światłowodowe wraz z ich zamocowaniami, zwane dalej „zespołami kablowymi”, stosowane są w systemach zasilania i sterowania urządzeniami służącymi do ochrony lub przekazu sygnału przez czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia. Czas zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej lub sygnału do urządzeń może być ograniczony do 30 minut, o ile zespoły kablowe znajdują się w obrębie przestrzeni chronionych stałymi samo- czynnymi urządzeniami gaśniczymi wodnymi. Urządzenia przeciwpożarowe powinny mieć zapewnioną ciągłość dostawy energii elektrycznej oraz ciągłość przekazu sygnału przez wymagany czas.

W przypadku przewodów i kabli wraz z zamocowaniami, stosowanymi w systemach zasilania i sterowania urządzeniami przeciwpożarowymi działającymi na zasadzie dostarczania energii elektrycznej, przez czas wymagany rozumie się czas potrzebny do uruchomienia i działania urządzenia. Przewody linii sygnałowych i zasilających sygnalizatory optyczne oraz akustyczne, a także głośnikowe w instalacjach dźwiękowych systemów ostrzegawczych, powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej i sygnału w warunkach pożaru przez czas nie krótszy niż projektowy całkowity czas ewakuacji.

Linie dozоровe prowadzone w obszarach nienadzorowanych powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej i sygnału w warunkach pożaru przez czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia. Nie wymaga się wydłużonego czasu pracy w warunkach pożaru od przewodów i kabli wraz z zamocowaniami, stosowanymi w systemach zasilania i sterowania urządzeniami przeciwpożarowymi, działającymi na zasadzie zaniku zasilania, a także od linii dozоровych systemu sygnalizacji pożarowej prowadzonych w obszarach dozоровania. Urządzenia przeciwpożarowe uruchamiane automatycznie powinny mieć zapewnioną możliwość uruchamiania w trybie sterowania ręcznego, tam gdzie jest to niezbędne. Tryb sterowania ręcznego powinien mieć priorytet wyższy od automatycznego. Kontrola i potwierdzenie wykonania funkcji przez urządzenie przeciwpożarowe powinna być zrealizowana i komunikowana obsłudze przez urządzenie integrujące w budynkach, w których jest one niezbędne. Instalacje przeciwpożarowe powinny umożliwiać sterowanie za pomocą wyspecjalizowanych, dedykowanych sterowników i central, mogących realizować założone funkcje autonomiczne w przypadku uszkodzenia połączeń z systemem sygnalizacji pożarowej.

Ocena zespołów kablowych w zakresie ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału, z uwzględnieniem rodzaju podłoża i przewidywanego sposobu mocowania do niego, powinna być wykonana zgodnie z warunkami określonymi w Polskiej Normie [56] dotyczącej badania odporności ogniowej. Przewody i kable elektryczne w obwodach urządzeń alarmu pożaru, oświetlenia awaryjnego i łączności powinny mieć klasę PR odpowiednią do czasu wymaganego do działania tych urządzeń, zgodnie z zaleceniami Polskiej Normy dotyczącej metody badań palności cienkich przewodów i kabli bez ochrony specjalnej stosowanych w obwodach zabezpieczających.

Zespoły kablów umieszczone w pomieszczeniach chronionych stałymi wodnymi urządzeniami gaśniczymi powinny być odporne na oddziaływanie wody. Jeżeli przewody i kable ułożone są w ognioochronnych kanałach kablowych, wówczas wymaganie odporności na działanie wody uznaje się za spełnione. Zespoły kablów powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w wymaganym czasie nie nastąpiła przerwa w dostawie energii elektrycznej lub przekazie sygnału, spowodowana oddziaływaniami elementów budynku lub wyposażenia.

Przy doborze przewodów zasilających urządzenia elektryczne funkcjonujące w czasie pożaru, oprócz właściwej klasy odporności ogniowej wynikającej z wymaganego czasu funkcjonowania instalacji, należy uwzględnić właściwy dobór przekroju. Dobierane przewody do zasilania urządzeń przeciwpożarowych muszą spełniać wymagania minimalnej wytrzymałości mechanicznej, długotrwałej obciążalności prądowej i przeciążalności, odporności na nagrzewanie przez prądy zwarciov e, spadku napięcia oraz samoczynnego wyłączenia podczas zwarc, zgodnie z powszechnie akceptowanymi zasadami opisanymi w normach przedmiotowych oraz dostępnej literaturze technicznej. Przy doborze przewodów zasilających urządzenia przeciwpożarowe należy uwzględnić wzrost ich rezystancji spowodowany wzrostem temperatury w strefie, przez którą przechodzą przewody, wpływający na wymagany przekrój przewodu wyznaczany z warunku spadku napięcia oraz warunku samoczynnego wyłączenia zasilania podczas zwarc doziemnych. Instalacje przewodów i kabli w obrębie dróg ewakuacyjnych powinny być prowadzone zgodnie z wymaganiami normy [68].

#### 7.6.2. Odporność ogniowa przewodów i kabli

Przewody i kable prowadzone w przestrzeni podpodłogowej podłogi podniesionej i w przestrzeni ponad sufitami podwieszonymi, wykorzystywanej do wentylacji lub ogrzewania pomieszczenia, powinny mieć osłonę lub obudowę o klasie odporności ogniowej co najmniej EI 30, a w budynku wysokościowym lub ze strefą pożarową o gęstości obciążenia ogniowego ponad 4000 MJ/m<sup>2</sup> – co najmniej EI 60.

### 7.6.3. Przeciwpowozarowy wylacznik pradu

Przeciwpowozarowy wylacznik pradu, odcinajacy doplyw pradu do wszystkich obwodow z wyjatkiem obwodow zasilajacych instalacje i urzadzenia, ktorych funkcjonowanie jest niezbedne podczas powazu, nalezy stosowac w strefach powazarowych o kubaturze przekraczajacej 1000 m<sup>3</sup> lub zawierajacych strefy zagrozone wybuchem. Wylacznik lub element sterujacy wylacznikiem nalezy umieszczac w poblizu glownego wejscia do obiektu lub zlacza i odpowiednio oznaczyc.

Odciecie doplywu pradu wylacznikiem przeciwpowozarowym nie moze powodowac samoczynnego zalaczenia drugiego zrodla energii elektrycznej, w tym zespolu pradotworczego, z wyjatkiem zrodla zasilajacego oswietlenie awaryjne, jezeli wystepuje ono w budynku. Zasilanie glowne centrali/instalacji sygnalizacji powazarowej powinno miec odpowiednie wydzielone zabezpieczenie odcinajace, zlokalizowane mozliwie blisko wejscia zasilania do budynku. Powinno byc zapewnione specjalne oznakowanie oraz ograniczenie mozliwosci do nieuprawnionego odlaczenia zasilania glownego. Na wypadek uszkodzenia lub zaniku zasilania glownego powinno byc zapewnione zasilanie rezerwowe z baterii akumulatorow. Pojemnosc baterii akumulatorow powinna byc wystarczajaca do zasilania instalacji na czas wszystkich mozliwych przerw zasilania glownego lub dokonania naprawy. Zasilanie glowne powinna stanowic publiczna siec elektroenergetyczna. Dopuszcza sie jednak zasilanie za pomoca awaryjnych zespolow pradotworczych, gwarantujacych spelnienie powyzzszych wymagan na zasilanie rezerwowe. W zaleznosci od uwarunkowan lokalnych sterowanie przeciwpowozarowym wylacznikiem pradu moze byc miejscowe lub zdalne. Instalacja wylacznika przeciwpowozarowego PWP [13] musi spelniac nastepujace wymagania:

- energie elektryczna do przeciwpowozarowego wylacznika pradu nalezy doprowadzic kablem lub przewodem gwarantujacym dostawe energii elektrycznej w wymaganym czasie pracy urzadzen przylaczanym do niego od strony zasilania, chronionym przed dzialaniem wody lub odpornym na dzialanie wody,
- sterowanie przeciwpowozarowym wylacznikiem pradu nalezy umieścić w poblizu glownego wejscia do obiektu lub strefy powazarowej i odpowiednio oznakowac zgodnie z Polska Norma dotyczaca znakow bezpieczenstwa oraz technicznych srodkow przeciwpowozarowych,
- w przypadku obwodow o obciazalnosci pradowej do 125 A i napieciu do 1 kV dopuszcza sie instalacje rącznego wylacznika pradu, ktory powinien byc umieszczony przy glownym wejsciu do obiektu lub strefy powazarowej. Za projekt i bezpieczenstwo powoz. wylacznika pradu odpowiedzialny jest projektant elektryk i on ponosi pelna odpowiedzialnosc za jego konstrukcje, niezawodnosc dzialania i lokalizacje. Rzeczoznawca ds. zabezpieczen przeciwpowozarowych powinien sprawdzic, czy projekt ten spelnia wymagania w zakresie ochrony powoz. oraz czy wewnetrzna linia zasilajaca, laczaca zlaczce z rozdzielnica glowna, jest ognioodporna oraz chroniona przed dzialaniem wody. Sprawdza on rowniez, czy rozdzielnica jest zabezpieczona przed dzialaniem wody i ognia w wymaganym czasie wynikajacym ze scenariusza zdarzen powazarowych.

### 7.7. Instalacje ochrony przed skutkami obnizenia napiecia\*

Przez pojecie ochrony podnapieciowej nalezy rozumiec zapobieganie negatywnym skutkom obnizenia lub zaniku napiecia, a nastepnie samorozruchowi urzadzen po powrocie napiecia. Ochronę przed skutkami obnizenia napiecia nalezy stosowac wówczas, gdy obnizenie lub zanik napiecia, a nastepnie powrot zasilania moga spowodowac:

- zagrozenie dla ludzi,
- zagrozenie dla budynku lub jego wyposazenia,
- uszkodzenie instalacji elektrycznej lub jej fragmentow,
- uszkodzenie odbiornikow energii elektrycznej.

---

\* W tresci rozdzialu 7.7 przyjeta ustalenia [63].

Zabezpieczenia przed skutkami obniżenia napięcia (podnapięciowe) powinny działać przy przestrzeganiu następujących ogólnych zasad:

- zwłokę w działaniu zabezpieczeń podnapięciowych można stosować tylko wówczas, gdy urządzenie chronione dopuszcza – bez wystąpienia zagrożenia – krótkotrwały zanik lub obniżenie napięcia,
- w przypadku zwłoki w działaniu zabezpieczenia podnapięciowego nie może ona utrudniać natychmiastowego zamykania i otwierania łączników przez urządzenia sterownicze i zabezpieczające,
- charakterystyki zabezpieczeń podnapięciowych powinny spełniać wymagania norm przedmiotowych w zakresie rozruchu i użytkowania chronionych urządzeń,
- jeżeli ponowne załączenie napięcia może spowodować powstanie zagrożeń, wymienionych wyżej, nie może się ono odbywać samoczynnie (automatycznie) po powrocie napięcia.

Zabezpieczeń podnapięciowych nie stosuje się jeżeli ich brak nie spowoduje zagrożenia dla ludzi, a ewentualne inne straty są mało prawdopodobne lub niewielkie. Zabezpieczeń podnapięciowych można nie stosować lub stosować z długą zwłoką, jeżeli dopuszcza się samorozruch urządzeń, a zanik napięcia może spowodować większe straty i zagrożenia niż brak zabezpieczeń podnapięciowych (np. napędy wzbudnic, napędy pomp zasilających kotły parowe).

## **8. MONTAŻ INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH WEDŁUG RÓŻNYCH SYSTEMÓW WYKONANIA**

### **8.1. Wymagania ogólne**

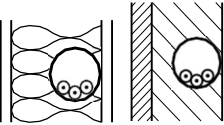
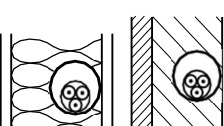
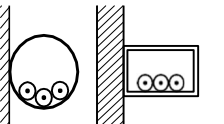
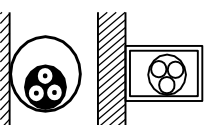
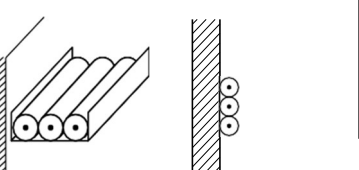
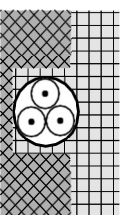
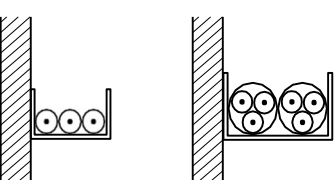
Systemy wykonania instalacji elektrycznych muszą zapewniać:

- właściwą ochronę przeciwporażeniową i przeciwpożarową,
- trwałość i bezpieczeństwo obsługi,
- uniezależnienie od konstrukcji budowlanych,
- funkcjonalność i estetykę,
- prostotę montażu,
- możliwość i łatwość rozbudowy istniejącej instalacji.

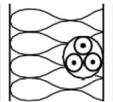
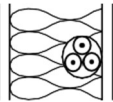
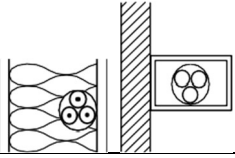
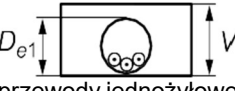
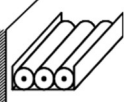


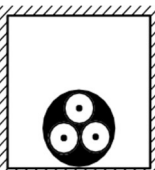
Najczęściej w jednym budynku można zastosować kilka systemów wykonania instalacji, gdyż jeden system może nie spełniać wszystkich wymagań stawianych instalacjom elektrycznym. Przy wykonaniu instalacji elektrycznych wewnętrznych, bez względu na rodzaj i sposób ich montażu, należy przeprowadzić następujące czynności podstawowe (tabl. 29):

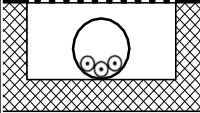
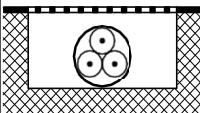
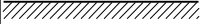

- trasowanie,
- układanie rur osłonowych, listew i tym podobnych elementów, w których będą prowadzone przewody,
- montaż konstrukcji wsporczych i uchwytów,
- przejścia przez ściany i stropy (przepusty),
- układanie i łączenie przewodów,
- montaż osprzętu i sprzętu.

Tablica 29. Systemy instalacji elektrycznych i ich zastosowanie

Systemy wykonywania instalacji elektrycznych <sup>1)</sup>	Sposób ułożenia		Zastosowanie w pomieszczeniach o charakterze <sup>2)</sup>	
	widok w przekroju	symbol	mieszkalnym	ogólnym
W rurach instalacyjnych pod tynkiem	 <p>przewody jednożyłowe ściany cieplnie izolowane</p>	A1	+	+
	 <p>przewody wielożyłowe ściany cieplnie izolowane</p>	A2		
W rurach lub listwach instalacyjnych na ścianie i suficie	 <p>przewody jednożyłowe</p>	B1	–	+
W rurach lub listwach instalacyjnych na ścianie i suficie	 <p>przewody wielożyłowe</p>	B2	–	+
Po wierzchu, na ścianie albo suficie w korytku nieperforowanym lub wtynkowe <sup>3)</sup>		C	+	+
W bruzdach w murze		C	+	+
W korytkach perforowanych instalacyjnych		E lub F	–	–



Systemy wykonywania instalacji elektrycznych <sup>1)</sup>	Sposób ułożenia		Zastosowanie w pomieszczeniach o charakterze <sup>2)</sup>	
	widok w przekroju	symbol	mieszkalnym	ogólnym
Zatapiane w wielkich płytach	 ściany cieplnie izolowane	A1	+	+
Zatapiane w konstrukcjach monolitycznych	 ściany cieplnie izolowane	A1	+	+
Listwowo zatapiane		B1, B2, A2	+	+
Zunifikowanymi liniami pionowymi ZELP	 przewody jednożyłowe lub wielożyłowe ( $De1$ - średnica zewnętrzna przewodu, $V$ - napięcie znamionowe izolacji)	B1, B2	–	+
Na wspornikach (półkach nie-perforowanych)	 przewody układane obok siebie w odległości nie mniejszej niż: $0,3 De2$ ( $De2$ – zewnętrzna średnica przewodu żyłowego)	E lub F	–	+
Na drabinkach instalacyjnych		E lub F	–	+
Podwieszone lub połączone z linką nośną		F lub G	–	+
W kanałach przewodowych w szybach instalacyjnych budynku		B1, B2	–	+

Systemy wykonywania instalacji elektrycznych <sup>1)</sup>	Sposób ułożenia		Zastosowanie w pomieszczeniach o charakterze <sup>2)</sup>	
	widok w przekroju	symbol	mieszkalnym	ogólnym
W prefabrykowanych kanałach naściennych, sufitowych, podparapetowych	 	B1, B2	+ <sup>4)</sup>	+
W rurach lub kanałach w ziemi	 	D	–	–
<sup>1)</sup> Nie wyklucza się możliwości zastosowania innych systemów instalacyjnych w uzasadnionych technicznie przypadkach. <sup>2)</sup> Przez charakter pomieszczenia należy rozumieć: mieszkalny – przeznaczony na stały pobyt ludzi, znajdujący się w obrębie mieszkania (przedpokój, kuchnia łazienka, pokoje); ogólny – nieprzeznaczony na stały pobyt ludzi: korytarze, klatki schodowe, piwnice, poddasza, strychy, pralnie, kotłownie, hydrofornie i inne pomieszczenia techniczne. <sup>3)</sup> Nie zaleca się; można stosować jedynie w przypadkach technicznie uzasadnionych. <sup>4)</sup> Nie zaleca się stosowania w mieszkaniu. Można stosować jedynie w przypadkach technicznie uzasadnionych. Cyfra 1 dotyczy przewodów jednożyłowych, a cyfra 2 – wielożyłowych.				

## 8.2. Trasowanie

Przy wytyczaniu trasy ułożenia instalacji elektrycznych należy uwzględniać konstrukcję budynku oraz bezkolizyjność z innymi instalacjami i urządzeniami. Trasa powinna przebiegać wzdłuż linii prostych – równoległych i prostopadłych do ścian i stropów, zmieniając swój kierunek tylko w zależności od potrzeb (łuki i rozgałęzienia, podejścia do urządzeń).

Trasa prowadzenia instalacji kanałowej powinna uwzględniać rozmieszczenie odbiorników oraz instalacje nieelektryczne, takie jak technologiczne, gazowe, wodno-kanalizacyjne, grzewcze itp., aby uniknąć skrzyżowań i niedozwolonych zbliżeń między tymi instalacjami.

Trasa przebiegu powinna być łatwo dostępna do konserwacji lub remontów. Trasowanie powinno uwzględniać miejsca mocowania konstrukcji wsporczych instalacji. Należy przestrzegać utrzymania jednakowych wysokości zamocowania wsporników i odległości między punktami podparcia (zawieszenia).

## 8.3. Instalacje elektryczne w korytkach i na drabinkach kablowych oraz na uchwytych, wspornikach i wieszakach

### 8.3.1. Wymagania ogólne

Omawiane instalacje należy stosować w pomieszczeniach suchych, wilgotnych, z wyziewami żrącymi oraz w piwnicach, barakach, kanałach i tunelach kablowych w wykonaniu zwykłym lub szczelnym. Trasowanie należy wykonać zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziale 8.2. Na przygotowanej trasie należy mocować konstrukcje wsporcze i uchwyty przewidziane do ułożenia na nich instalacji elektrycznych (bez względu na rodzaj instalacji elementy te powinny zostać przymocowane do podłoża w sposób trwały, uwzględniający warunki lokalne i technologiczne w jakich dana instalacja będzie pracować oraz sam rodzaj instalacji). Na zainstalowanych podłożach, konstrukcjach i uchwytych należy układać przewody wielożyłowe i kable; w zależności od wymagań określonych w projekcie, rodzaju przewodów i kabli oraz kierunku trasy (poziomego, pionowego) mogą być one układane „luzem” lub mocowane. Zaleca się, aby odległości między miejscami zamocowania lub zawieszenia nie przekraczały:

- 0,4 m dla przewodów wielożyłowych i kabli nieopancerzonych o powłoce ołowianej przy zawieszeniu poziomym lub pochyłym pod kątem do 30°,
- 0,8 m przy instalowaniu poziomym lub pochyłym pod kątem 30° kabli innych niż w punkcie a), z wyjątkiem kabli opancerzonych drutami oraz przy pochyłym zawieszeniu (przekraczającym 30°) kabli według punktu a),
- 1,5 m przy instalowaniu poziomym lub pochyłym pod kątem 30° kabli opancerzonych drutami oraz przy zawieszeniu pochyłym pod kątem większym niż 30° kabli innych niż w punkcie a).

Rozstawienie punktów zamocowań powinno być takie, aby odległości między nimi ze względów estetycznych były jednakowe, a mocowania znajdowały się w pobliżu sprzętu i osprzętu, do którego dany przewód lub kabel jest wprowadzony oraz aby zwisy przewodów między zamocowaniami nie były widoczne. Przy wykonywaniu instalacji przewodami w „wiązkach” należy dodatkowo uwzględnić wymagania odpowiednich instrukcji montażu. Łączenie przewodów i kabli, podejścia i przyłączanie odbiorników należy wykonać zgodnie z rozdziałem 8.11.7. Przy wykonaniu szczelnym wszystkie podejścia do sprzętu, osprzętu, odbiorników i urządzeń należy uszczelniać za pomocą dławic.

### 8.3.2. Instalacje w korytkach i na drabinkach

System układania w korytkach należy stosować w przypadku konieczności równoległego układania kilkunastu obwodów na jednej trasie (gdy liczba obwodów przekracza 5). Można stosować systemy korytek metalowych i z tworzyw sztucznych. Trasowanie należy wykonać zgodnie z rozdziałem 8.2 i projektem instalacji elektrycznych. Podczas mocowania do podłoża konstrukcji wsporczych, na których będą zamocowane korytka lub drabinki, należy uwzględnić nośność tych konstrukcji, aby spełnione były wymagania wytrzymałości mechanicznej ciągów instalacyjnych. Obliczenia wytrzymałościowe należy wykonywać indywidualnie dla każdego ciągu instalacyjnego lub korzystać z danych podawanych przez konstruktorów i producentów systemu. Projektant powinien dobrać odległości mocowania konstrukcji wsporczych (podpór), uwzględniając:

- liczbę i przekrój układanych przewodów w korytkach,
- rodzaj zastosowanych konstrukcji wsporczych, sposób ich mocowania oraz wytrzymałość mechaniczną,
- wytrzymałość statyczną podłoża, do którego mocowana jest podpora,
- wytrzymałość podłoża na docisk,
- wytrzymałość mechaniczną korytek i elementów kotwiących.

Łączenie ze sobą odcinków prostych powinno wykonywać się za pomocą łączni- ka przykręcanego śrubami M6 z łbem półkolistym (łeb wewnątrz korytka) lub w inny sposób podany przez producenta. Przy występowaniu w ciągu instalacyjnym elementów rozgałęźnych i odgałęźnych (w miejscach zmiany kierunku trasy) należy pod tymi elementami instalować dodatkowe podpory. Miejsca przecięć korytek (wykonanych na terenie budowy) trzeba zabezpieczyć przed korozją. Korytko do podpory należy mocować przesuwnie, umożliwiając ruch korytka wzdłuż trasy. Po sprawdzeniu prawidłowości montażu konstrukcji wsporczych i ciągów instalacyjnych w korytkach należy ułożyć przewody.

Przewody w ciągach poziomych trzeba układać luźno na dnie korytek (bez mocowania). Grupy przewodów można łączyć w wiązki opaskami. Liczba układanych przewodów jest zależna od szerokości korytka i wytrzymałości mechanicznej.

W przypadku korytek mocowanych w płaszczyźnie horyzontalnej do ścian należy po ułożeniu przewodów (i zakryciu korytka pokrywą – jeżeli jest) pomierzyć ugięcie:

- krawężników korytka w środku przęsła: nie powinno przekraczać proporcjonalnie wartości  $L/200$  ( $L$  – rozstaw podpór w ciągu),
- dna korytka w środku przęsła: nie powinno przekraczać wartości  $l/20$  ( $l$  – długość wspornika podpory).

Korytkowe i drabinkowe ciągi instalacyjne muszą zapewniać ciągłość obwodu elektrycznego, aby zagwarantować ekwipotentjalne połączenie i uziemienie.

Wszystkie elementy metalowe ciągu należy objąć dodatkowymi ochronnymi po- łączeniami wyrównawczymi.

### 8.3.3. Instalacje w uchwytach (wspornikach)

Instalacje na uchwytach (wspornikach, półkach) należy układać tam, gdzie nie można zastosować korytek lub drabinek instalacyjnych, a istnieją warunki do mocowania uchwytów do konstrukcji budynku. Odległości między uchwytami nie po- winny być większe niż:

- 0,5 m dla przewodów wielożyłowych,
- 1,0 m dla kabli.

Rozstawienie uchwytów powinno być takie, aby odległości między nimi były jednakowe, a uchwyty znajdowały się w pobliżu sprzętu i osprzętu, do którego dany przewód jest wprowadzany. Przewody na wspornikach należy układać tak, aby zwisy przewodów między wspornikami były niewidoczne. Zaleca się układanie przewodów w osłonach z rur.

## 8.4. Instalacje w rurach instalacyjnych z tworzyw sztucznych

Instalacje w rurach z tworzyw sztucznych należy stosować tam, gdzie ich wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne jest wystarczająca. Jeżeli konieczna jest większa wytrzymałość lub zachodzi potrzeba zwiększenia bezpieczeństwa pożarowego budynku, należy układać przewody w rurach metalowych. Rury należy układać w odpowiednio przygotowanych bruzdach, prefabrykowanych kanałach, zakrytych później tynkiem, a jeżeli konstrukcja ścian nie pozwala na to po wierzchu, mocowane do podłoża na konstrukcjach wsporczych. Należy jednak pamiętać, że taki sposób układania rur obniża estetykę pomieszczenia, dlatego zazwyczaj stosuje się go w pomieszczeniach technicznych lub w pomieszczeniach zakrytych na stałe. Trasowanie należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 8.2. Na przygotowanej trasie należy układać rury na konstrukcjach wsporczych mocowanych do podłoża. Konstrukcje wsporcze i uchwyty do ułożenia na nich instalacji elektrycznych, bez względu na rodzaj technologii (system), powinny być zamocowane do podłoża (ścian i stropów) w sposób trwały. Dobór elementów wsporczych powinien uwzględniać warunki lokalne i technologiczne, w jakich dana instalacja będzie pracować oraz sam rodzaj instalacji. Zmiany kierunku trasy należy dokonywać przy użyciu odpowiednich elementów kątowych i rozgałęźnych (złązek kątowych i rozgałęźnych). Można wykonywać łuki na trasach. Spłaszczenie średnicy rury na łuku nie może być większe niż 15% wewnętrznej średnicy rury. Promień gięcia rury oraz zastosowane złączki muszą zapewnić możliwość swobodnego wciągania przewodów. W zależności od przyjętej technologii montażu łączenie rur między sobą oraz ze sprzętem i osprzętem należy wykonać poprzez:

- wsuwanie końców rur w otwory sprzętu i osprzętu z równoczesnym uszczelnieniem,
- wkręcanie w sprzęt i osprzęt nagwintowanych końców rur,
- wkręcanie lub wsuwanie nagrzanego końca rur w otwory sprzętu i osprzętu z równoczesnym uszczelnieniem,
- wsunięcie nagrzanego końca rury (kielicha) na koniec drugiej rury.

Przed przystąpieniem do wciągania przewodów należy sprawdzić prawidłowość i przelotowość wykonanego rurowania zamontowanego sprzętu, osprzętu i połączeń. Wciąganie przewodów należy wykonać za pomocą specjalnego osprzętu montażowego (np. sprężyny instalacyjnej). Nie wolno wykorzystywać do tego celu przewodów, które zostaną potem użyte w instalacji.

### 8.5. Instalacje elektryczne w kanałach (listwach) naściennych

Przed przystąpieniem do wykonania instalacji w kanałach naściennych należy dokonać:

- wyboru typu kanału naściennego,
- wyboru trasy instalacji oraz miejsc instalowania kanału,
- doboru elementów kanału,
- wyboru sposobu mocowania,
- opracowania szczegółowego planu instalacji,
- opracowania rysunków węzłów instalacyjnych. Ponadto należy uwzględnić:
- ochronę przeciwporażeniową,
- ochronę przeciwpożarową,
- koordynację instalacji elektrycznych z innymi instalacjami.

Trasowanie należy wykonać zgodnie ze wskazaniami podanymi w rozdziale 8.2. Wybór typu kanału powinien zależeć od rodzaju i charakteru pomieszczenia, w jakim ma on być zainstalowany. Zaleca się instalowanie kanałów z blachy stalowej w pomieszczeniach o charakterze przemysłowym (warsztaty, laboratoria). W pomieszczeniach o charakterze mieszkalnym, biurowym czy szkolnym należy stosować kanały z tworzyw sztucznych lub aluminium.

Za najbardziej dogodną dla użytkownika wysokość instalowania kanałów naściennych przeznaczonych do mocowania poziomego zaleca się przyjmować 850 mm nad podłogą – jest to najwłaściwsze w pomieszczeniach o charakterze mieszkalnym (np. pokoje hotelowe). Jednak należy pamiętać, że wysokość mocowania kanału powinna być dostosowana do konkretnych warunków użytkowania i możliwości mocowania, zależnych od przeznaczenia pomieszczenia – np. w miejscu przygotowywania posiłków, pod szafkami kuchennymi, pod parapetem. Za najbardziej dogodne miejsca instalowania kanałów naściennych przeznaczonych do mocowania pionowego zaleca się przyjmowanie naroży ścian i miejsca wzdłuż ościeżnic drzwiowych. Przy opracowywaniu planu instalacji elektrycznej należy:

- wykonać go tak, jak przy projektowaniu tradycyjnych instalacji,
- schematycznie zaznaczyć na planie elementy kanału naściennego,
- oznaczyć rodzaj oraz miejsce usytuowania sprzętu i osprzętu.

Ze względów estetycznych kanały należy montować tak, aby ciągi przebiegały w liniach równoległych lub prostopadłych do podłogi. Kanały należy montować w odległości minimum 100 mm od źródeł ciepła o temperaturze 90°C. Zgodnie z planem trasy instalacji należy oznaczyć miejsca mocowania poszczególnych odcinków. W podstawie kanału z tworzywa sztucznego otwory mocujące powinny być rozstawione w odległości nie większej niż 660 mm, natomiast w podstawie kanału z blachy – rozstaw otworów nie większy niż 950 mm. W celu zamocowania podstawy do podłoża należy przygotować odcinki podstawy kanału o odpowiedniej długości; długość należy mierzyć „po ścianie”.

Zakończenia należy wykonać pod kątem 90° dla elementów prostych, a dla zakrętów (zmiany płaszczyzny prowadzenia instalacji) – pod kątem 45°. W podstawach kanału należy wywiercić otwory do

zamocowania w oznaczonych miejscach (jeśli nie mają otworów wykonanych fabrycznie). Mocowanie kanału do podłoża należy wykonać przez:

- wywiercenie otworów i wstawienie kołków rozporowych lub
- wstrzelenie kołków, lub
- zamontowanie konstrukcji wsporczych.

Podstawę kanału należy mocować za pomocą wkrętów lub nakrętek. Odcinki podstawy kanału łączy się przez wsunięcie ich do wnętrza łączników (w przypadku łączników z wkrętami należy dokręcić wkręty). Elementy przeznaczone do wykonywania odgałęzień i zakrętów mocuje się do podłoża tak, jak podstawę kanału i łączy się je z sąsiednimi elementami za pomocą łączników. Przegrody dzielące kanał na odrębne komory – jeżeli są – należy dociąć odpowiednio do długości podstawy i odstępów między sprzętem (gniazdami, łącznikami), a następnie nasunąć na szynę montażową podstawy. Po zamocowaniu przegród należy do podstawy kanału wprowadzić przewody. Przewody układa się w odpowiednich komorach kanału (w danej komorze przewody tego samego obwodu) i zabezpiecza wkładkami podtrzymującymi w odstępach około 40 cm. Puszki sprzętowe należy montować na szynie montażowej podstawy kanału w sposób odpowiedni do konstrukcji puszki i kanału. Puszki montuje się za pomocą płytki zatrzaskowej, bezpośrednio przykręcając je do szyny wkrętami lub przykręcając na wspornikach. Po zamontowaniu i wprowadzeniu przewodów do puszek należy przystąpić do montażu sprzętu instalacyjnego:

- odizolować końce przewodów i przykręcić je do zacisków sprzętu,
- wsunąć sprzęt z dołączonymi przewodami i przykręcić go wkrętami,
- zamocować wszystkie dodatkowe elementy osłony puszek (w kanałach metalowych dodatkowo osłonę izolacyjną) oraz ramki dystansowe.

Po wykonaniu powyższych czynności należy zamocować odpowiednie przycięte odcinki pokryw kanału poprzez ich wsunięcie lub zatrzaskanie na podstawie kanału (w zależności od jego konstrukcji). Wszystkie metalowe części kanałów należy objąć systemem połączeń wyrównawczych (elementy metalowe kanałów powinny być wyposażone w zaciski ochronne). W trakcie montażu instalacji należy połączyć te elementy między sobą w sposób zapewniający metaliczną ciągłość całego ciągu kanału, a następnie połączyć z przewodem ochronnym. W celu zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego ciągów przewodów i kabli należy:

- dokonać właściwego doboru przewodów,
- unikać prowadzenia dużych ciągów w pomieszczeniach o podwyższonej temperaturze,
- uszczelnić przepusty instalacyjne między pomieszczeniami.

Po zakończeniu montażu instalacji kanałowej należy sprawdzić:

- poprawność wykonanej instalacji,
- zgodność połączeń przewodów z projektem technicznym,
- skuteczność ochrony przeciwporażeniowej.

## **8.6. Instalacje elektryczne w kanałach podłogowych**

### **8.6.1. Wymagania ogólne**

Instalacje podłogowe należy stosować w dużych pomieszczeniach biurowych, handlowych, laboratoryjnych itp., w których na całej powierzchni rozmieszczone są odbiorniki energii elektrycznej (np. komputery, kasy, lampy oświetleniowe), wymagające dużej liczby gniazd wtyczkowych. W zależności od rodzaju instalacji podłogowej układanie kanałów w budynku należy wykonać:

- w stropie niższej kondygnacji podczas wykonywania konstrukcji budynku,
- w warstwie podłogowej,
- w czasie prac wykończeniowych.

Oprócz prefabrykowanych kanałów system ten posiada wiele prefabrykowanych elementów dodatkowych, dających możliwość prawidłowego wykonania nowoczesnych rozwiązań instalacyjnych. System spełnia wszystkie wymagania stawiane nowoczesnym instalacjom elektrycznym. Do zastosowania w budynkach służą:

- kanały podpodłogowe, zamknięte, zakryte warstwą podłogową,
- system kanałów otwartych, współpoziomych z podłogą,
- system kanałów zamkniętych, współpoziomych z podłogą,
- system kanałów do podłóg podwójnych (podniesionych),
- kanałowy system zasileniowy,
- kanały napodłogowe,
- kolumny (słupki zasilające).

### **8.6.2. Kanały współpoziome z warstwą podłogową (zamknięte lub otwarte)**

W celu wykonania prawidłowej funkcji kanałów muszą być spełnione następujące warunki:

- powierzchnia przeznaczona do układania kanałów musi zostać przekazana wykonawcy robót elektrycznych po dokładnym jej uprzątnięciu,
- trasowanie wykonane według założeń zawartych w rozdziale 8.2. Na przygotowanej trasie należy:
- ułożyć kanały,

- zamocować podstawy kanałów do podłoża za pomocą specjalnych uchwytów i wkrętów,
- uchwyty (niwelacyjne) rozmieścić co 60 do 80 cm,
- zmontować ciąg kanałowy (podstawy kanałów oraz kasetony do mocowania puszek sprzętowych),
- w większości rozwiązań w miejscach styku dwóch podstaw kanałów element łączący musi wejść połową swojej szerokości pod podstawę drugiego odcinka (w tym celu należy poluzować wkręty mocujące podstawę),
- wykonać rozgałęzienia,
- wstawić przegrody do kanałów (przegrody),
- jeżeli nie stanowią całości z podstawą kanału – należy mocować za pomocą wkrętów co 50 cm lub kleić albo wsuwać w odpowiednią szynę montażową,
- ułożyć przewody (układa się je w otwartym kanale, a nie wciąga),
- zamknąć pokrywy kanałów,
- przyłączyć przewody, w puszkach przyłączeniowych zamontować sprzęt i osprzęt, zamknąć pokrywy puszek,
- wykonać ochronę przeciwporażeniową (wszystkie elementy metalowe kanału objąć połączeniami wyrównawczymi),
- wykonać zabezpieczenia antykorozyjne (jeżeli jest to konieczne).

Po wypoziomowaniu kanałów z ułożoną podłogą nie wolno ich poddawać żadnym obciążeniom ani otwierać, dopóki nie zostanie utwardzona ułożona warstwa podłogi. W powyższym rozwiązaniu, w celu zapobiegania ujemnym skutkom działania na kanał tężejącej warstwy podłogi, należy zastosować specjalne samoprzylepne paski (np. z gumy) do bocznych kształtowników kanału. Jeżeli przewidziana jest izolacja akustyczna, pod wkrętami mocującymi trzeba rozmieścić podkładki izolacyjne. Wykładzinę podłogową należy dokładnie przyciąć i dopasować do pokryw kanałów, puszek i wylotów kanałów.

## **8.7. Instalacje pod tynkiem – instalacje wykonywane przewodami jedno- żyłowymi w rurach instalacyjnych (osłonowych)**

### **8.7.1. Trasowanie**

Trasowanie należy wykonać, uwzględniając konstrukcję budynku oraz zapewniając bezkolizyjność instalacji elektrycznych z innymi instalacjami. Trasa instalacji powinna być prosta i łatwo dostępna do prawidłowej konserwacji i remontów; powinna przebiegać w liniach prostych, równoległych lub prostopadłych do ścian i stropów.

### **8.7.2. Montaż konstrukcji wsporczych i uchwytów**

Konstrukcje wsporcze i uchwyty przewidziane do ułożenia na nich instalacji elektrycznych, bez względu na rodzaj technologii (systemu), powinny zostać zamocowane do podłoża (ścian i stropów) w sposób trwały. Dobór elementów wsporczych powinien uwzględniać warunki lokalne i technologiczne, w jakich dana instalacja pracuje oraz sam rodzaj instalacji.

### **8.7.3. Przejścia przez ściany i stropy**

Wszystkie przejścia obwodów instalacji elektrycznych przez ściany i stropy muszą być chronione przed uszkodzeniami. Przejścia należy wykonywać w przepustach rurowych (rurach osłonowych). Obwody instalacji elektrycznych przechodzące przez podłogi muszą być chronione przed uszkodzeniami do bezpiecznej wysokości. Jako osłony można stosować rury stalowe, rury z tworzyw sztucznych, korytka.

### **8.7.4. Kucie bruzd**

Jeśli nie wykonano bruzd w czasie wznoszenia budynku, należy je zrobić w trakcie montażu instalacji. Bruzdy należy dostosować do średnicy rury z uwzględnieniem rodzaju i grubości tynku. Przy układaniu dwóch lub kilku rur w jednej bruzdzie, szerokość bruzdy powinna być taka, aby odstępy w świetle między rurami wynosiły nie mniej niż 5 mm. Rury zaleca się układać jednowarstwowo. Zabronione jest zarówno kucie bruzd, przebieg i przepustów w betonowych elementach konstrukcyjno-budowlanych, jak i wykonywanie bruzd w cienkich ścianach działowych w sposób osłabiający ich konstrukcję. Przy przejściu z jednej strony ściany na drugą (lub ze ściany na strop) cała rura powinna być pokryta tynkiem. Przejścia przez ściany należy wykonywać w taki sposób, aby rurę można było wyginać łagodnymi łukami o promieniu nie mniejszym od wartości podanych w tablicy 30.

Tablica 30. Najmniejsze dopuszczalne promienie łuku z rur sztywnych

Średnica znamionowa rury [mm]	18	21	22	28	37	47
Promień łuku [mm]	190	190	250	250	350	450

Rury mogą być układane w warstwach konstrukcyjnych podłogi lub zatapiane w warstwie wyrównawczej podłogi, ale w taki sposób, aby były zabezpieczone przed niebezpiecznymi naprężeniami mechanicznymi. Wymaga to uzgodnienia z inwestorem i wykonawcą budowlanym.

#### **8.7.5. Układanie rur i osadzanie puszek**

Rury należy układać i mocować w uprzednio wykonanych bruzdach. Łuki z rur sztywnych należy wykonywać przy użyciu gotowych kolanek lub przez wyginanie rur w trakcie ich układania. Przy kształtowaniu łuku spłaszczenie rury nie może być większe niż 15% wewnętrznej średnicy rury. Najmniejsze dopuszczalne promienie łuku podane są w tablicy 30.

Łączenie rur należy wykonać za pomocą przewidzianych do tego celu złączek (lub przez kielichowanie). Puszki powinny zostać osadzone na takiej głębokości, aby ich górna (zewnątrzna) krawędź po otynkowaniu ściany była zrównana (zlicowana) z tynkiem. Przed zainstalowaniem należy w puszcze wyciąć wymaganą liczbę otworów dostosowanych do średnicy wprowadzanych rur. Koniec rury powinien być wprowadzony do środka puszki na głębokość do 5 mm.

#### **8.7.6. Wciąganie przewodów do rur**

Do rur ułożonych zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 8.8.5, po ich przykryciu warstwą tynku lub masy betonowej, należy wciągnąć przewody przy użyciu odpowiednich narzędzi (przyrządów). Przewody na całej długości ułożenia w rurze nie mogą mieć połączeń. Zabronione jest układanie rur wraz z wciągniętymi przewodami oraz wciąganie przewodów do niezatynkowanych rur. Przewody powinny być ułożone swobodnie i nie powinny zostać narażone na naciągi i dodatkowe naprężenia.

### **8.8. Instalacje w tynku**

#### **8.8.1. Trasowanie**

Trasowanie należy wykonać zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziale 8.2.

#### **8.8.2. Mocowanie puszek**

Puszki należy osadzać na ścianach (przed tynkowaniem) w sposób trwały (np. za pomocą kołków rozporowych). Na ścianach drewnianych puszki należy mocować za pomocą wkrętów do drewna. Puszki po zamontowaniu należy przykryć pokrywami montażowymi.

#### **8.8.3. Układanie i mocowanie przewodów**

Instalacje wtynkowe należy wykonywać przewodami wtynkowymi. Dopuszcza się stosowanie przewodów wielożyłowych płaskich. Na podłożu palnym można układać przewody na warstwie zaprawy murarskiej o grubości co najmniej 5 mm, oddzielającej przewód od podłoża. Łuki i zgięcia przewodów powinny być łagodne, a podłoże do układania przewodów gładkie. Przewody należy mocować za pomocą specjalnych uchwyty. Do puszek należy wprowadzać tylko te przewody, które wymagają łączenia w puszcze; pozostałe przewody prowadzi się obok puszki. Przed tynkowaniem końce przewodów należy ukryć w puszcze, a puszki zabezpieczyć przed zatynkowaniem. Warstwa tynku powinna mieć grubość co najmniej 5 mm. Zabrania się układania przewodów bezpośrednio w betonie, w warstwie wyrównawczej podłogi i w złączach płyt betonowych, bez stosowania osłon rurowych.

#### **8.8.4. Przygotowanie końców żył i łączenie przewodów**

Przygotowanie końców żył i łączenie przewodów należy wykonać zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziale 8.11.7.

#### **8.8.5. Instalacje wykonywane przewodami wielożyłowymi i kablami układanymi w kanałach konstrukcji budowlanych**

System powyższy związany jest z elementami budowlanymi (głównie stropami), w których wykonywane są kanały w czasie produkcji tego elementu. Siatkę bruzd dla odbiorczej instalacji tworzy się w następujący sposób: przewody wielożyłowe należy układać w kanałach stropowych lub w bruzdach ściennych, a następnie przykrywać warstwą tynku. Instalacja wykonana w ten sposób nie zapewnia możliwości wymiany przewodów, dlatego zaleca się ją jedynie w przypadkach technicznie uzasadnionych.

### **8.9. Instalacje zatapiane – instalacje wykonywane przewodami jedno- żyłowymi w rurach instalacyjnych zatapianych w ścianach i stropach budynku monolitycznego**

Trasowanie

Trasowanie należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 8.2. Na- leży zapewnić dostęp do końcowych odcinków instalacji. Trasowaniem należy objąć wszystkie miejsca mocowań puszek, wypustów oświetleniowych, rozgałęzień oraz przejść instalacji ze stropu na ścianki działowe niewylewane.

Mocowanie puszek i rur

Puszki i rury powinny być mocowane w sposób pewny i trwały do form oraz elementów zbrojenia przed zalaniem ich masą betonową. Rury należy łączyć ze sobą przy użyciu złączek. Połączenia puszek z rurami oraz rur między sobą powinny być zabezpieczone przed przedostaniem się do wnętrza masy betonowej. W przypadku instalowania puszek po obu stronach ściany naprzeciw siebie należy montować dwie puszki z elementem rozporowym lub puszką przelotową o długości równej grubości ściany. Puszka powinna mieć wewnątrz przegrodę izolacyjną.

Do zawieszania opraw oświetleniowych na suficie należy stosować puszki sufitowe przystosowane do wkręcania uchwyty (haczyka). W puszkach stropowych, przeznaczonych do wyprowadzenia instalacji ze stropu na ścianki działowe, należy pozostawić około 0,2 m zapasu rury wprowadzonej do puszki. Puszki i rury mocuje się po zestawieniu jednej okładki formy ze zbrojeniem.

Rury po zalaniu masą betonową powinny być drożne, a puszki pozbawione zanieczyszczeń. Mocowanie puszek w celu wyprowadzenia instalacji ze stropu na ścianki działowe niewylewane należy wykonać tak, aby osł puszki pokrywała się z osiłą budowanej ścianki. Zabrania się kucia bruzd, przebić i przepustów w betonowych elementach konstrukcyjno-budowlanych.

Wciąganie przewodów

Przewody należy wciągać do rur w sposób podany w rozdziale 8.8.6.

Przygotowanie końców żył i łączenie przewodów

Przygotowanie końców żył i łączenie przewodów należy wykonać zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziale 8.11.7.

## **8.10. Montaż elementów instalacji elektrycznych**

### **8.10.1. Montaż aparatury**

Aparaturę należy montować w prefabrykowanych konstrukcjach, takich jak skrzynki, szafki, tablice montażowe [117]. W tym celu należy:

- wykonać otwory do mocowania aparatów i listew zaciskowych,
- zamocować profile szynowe TH 35 (lub inne) do umieszczania aparatów i listew zaciskowych,
- zamontować listwy zaciskowe,
- zamontować korytka do układania przewodów (w razie potrzeby),
- zamontować aparaty elektryczne przewidziane w projekcie instalacji,
- oczyścić styki aparatów z konserwantów (jeżeli występują),
- wykonać połączenia przewodami między poszczególnymi aparatami i listwami zaciskowymi,
- wykonać (opisać) oznaczniki na przewodach i oznaczenia na listwach,
- wykonać zgodnie z projektem opisy aparatury, tablic i szaf,
- wykonać połączenie części metalowych obudów i konstrukcji z przewodem ochronnym PE.

W ogólnie dostępnych instalacjach wewnętrznych należy montować aparaty zabezpieczające z pokrywami osłaniającymi części pod napięciem. Aparaty zabezpieczające zainstalowane przed licznikiem należy osłonić pokrywą przystosowaną do plombowania, a wszystkie aparaty – montować w położeniu przewidzianym przez producenta. Aparaty wydzielające duże ilości ciepła należy instalować w odległości co najmniej 15 do 20 mm od innych aparatów. Przewody w rozdzielnicach (skrzynkach, szafkach, tablicach) układa się w wiązkach na uchwytach, korytkach lub luźno między zaciskami aparatów i listew. Przy montażu przewodów jednożyłowych o przekroju żyły powyżej 10 mm<sup>2</sup> należy stosować końcówki. Przewody wielożyłowe należy po odizolowaniu umocować w aparacie i (dla przewodów o przekroju żyły powyżej 6 mm<sup>2</sup>) zastosować końcówki (rozdz. 8.10.7).

### **8.10.2. Montaż opraw oświetleniowych**

Liczba, rozmieszczenie i konstrukcja opraw oświetleniowych powinna spełniać odpowiednie parametry:

- natężenia oświetlenia,
- równomierności oświetlenia,
- stopień zabezpieczenia przed oślnieniem,
- oddawanie barw.

W sieci oświetlenia podstawowego wewnętrznego należy stosować napięcie nie wyższe niż 250 V względem ziemi. Wprowadzenie do obudowy oświetleniowej więcej niż jednego przewodu fazowego jest dopuszczalne tylko dla opraw wielofazowych. Oprawy o napięciu międzyfazowym przekraczającym 250 V powinny zostać trwale oznaczone. W pomieszczeniach o powierzchni powyżej 100 m<sup>2</sup> oprawy powinny być przyłączone do co najmniej dwóch różnych obwodów elektrycznych. Do obwodu oświetleniowego danej fazy należy przyłączyć nie więcej niż 30 opraw z lampami fluorescencyjnymi. Obwody oświetlenia podstawowego wewnętrznego nie mogą mieć zabezpieczeń nadprądowych większych niż 25 A (typowe 1,5 mm<sup>2</sup>). Oprawy zamocowane na zewnątrz pomieszczeń i w pomieszczeniach innych niż suche powinny być mocowane w odległości większej niż 250 cm od powierzchni podłoża (jeżeli są mocowane niżej, to powinny być zasilane napięciem nieprzekraczającym napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale – obwód SELV).



Oprawy oświetleniowe powinny być przystosowane do przyłączenia ich do sieci zasilającej. Uchwyty do opraw zwieszakowych do montowania w stropach na- leży mocować przez:

- wkręcanie do zamocowanej w stropie puszkii sufitowej,
- wkręcanie w kołek rozporowy,
- wbetonowanie,
- zaczepy do mocowania na linie nośnej o  $\phi$  = od 6 do 12 mm. Podane wyżej mocowanie powinno wytrzymać:
- siłę 500 N dla opraw o masie do 10 kg,
- siłę w niutonach równą 50-krotności masy oprawy w kilogramach dla opraw o masie powyżej 10 kg.

Zawieszenie opraw zwieszakowych powinno umożliwiać ruch wahadłowy oprawy. Przewody opraw oświetleniowych należy łączyć za pomocą złączek z przewodami wypustów. Dopuszcza się łączenie opraw oświetleniowych przelotowo pod warunkiem zastosowania złączy przelotowych. Odłączenie jednej oprawy nie może powodować braku zasilania w pozostałych obwodach. Oprawy oświetleniowe w po- kojach, przedpokojach i korytarzach pomieszczeń biurowych nie wchodzą w zakres wyposażenia inwestorskiego. W tych pomieszczeniach należy mocować uchwyty do opraw o wytrzymałości porównywalnej, jak podano wyżej.

#### 8.10.3. Montaż elementów instalacji w wykonaniu szczelnym

W instalacji w wykonaniu szczelnym należy:

- przewody i kable uszczelniać w sprzęcie, osprzęcie, aparatach lub odbiornikach za pomocą dławic (dławików); średnice dławic i otworów uszczelniających pierścieni powinny być dostosowane do średnicy zewnętrznej przewodu lub kabla,
- powłokę przewodu lub kabla uciąć równo z wewnętrzną ścianką obudowy sprzętu, osprzętu, aparatu lub odbiornika, do którego wprowadzany jest przewód,
- po dokręceniu dławic dodatkowo je uszczelnić,
- stosować sprzęt i osprzęt natynkowy w wykonaniu szczelnym (o stopniu ochrony IP 44).

#### 8.10.4. Montaż liczników

Liczniki energii elektrycznej należy montować zgodnie z projektem technicznym, wymaganiami producentów i jednostki prowadzącej rozliczenia. Liczniki na leży instalować na tablicach licznikowych przystosowanych do montażu na nich elementów układu pomiarowego. Przewody układu pomiarowego powinny być prowadzone za tablicą licznikową, w sposób ułatwiający ich kontrolę i sprawdzenie, zaś

w rurach osłonowych oddzielnie przewody prądowe i napięciowe układu pomiarowego.

Dostęp do przewodów za płytą montażową powinien być zabezpieczony przez przystosowanie tablicy licznikowej do plombowania. Tablice, na których mocowane są liczniki, powinny zostać wykonane z materiału izolacyjnego, a otwory w tablicach do wprowadzania przewodów nie powinny mieć ostrych krawędzi. Liczniki niezależnych układów mogą być montowane obok siebie lub jeden pod drugim. Na tablicy licznikowej należy umieścić napisy i opisy w sposób trwały i czytelny. Tablice licznikowe, a na nich liczniki, należy umieszczać w taki sposób, aby liczydła mierników znajdowały się na wysokości od 0,8 do 2,0 m nad podłogą. Liczniki po- winni montować pracownicy przedsiębiorstwa energetycznego dostarczającego energię elektryczną do budynku.

#### 8.10.5. Mocowanie sprzętu i osprzętu

Należy stosować następujący sprzęt i osprzęt instalacyjny:

- rozgałęźniki,
- puszkii instalacyjne,
- wyłączniki i przełączniki,
- łączniki oświetlenia,
- gniazda wtyczkowe,
- wtyczki do mocowania na stałe,
- gniazda bezpiecznikowe,
- skrzynki (obudowy) rozdzielcze,
- przyciski sterownicze.

Instalowanie gniazd wtyczkowych i łączników powinno być zgodne z technologią wykonania instalacji (systemem instalacyjnym) w danym pomieszczeniu [117].

Łączniki oświetlenia należy instalować na wysokości od 1,15 do 1,4 m od podłogi, przy drzwiach od strony klamki (odległość łącznika od otworu ościeżnicy powinna wynosić nie więcej niż 20 cm). Przy rozmieszczaniu gniazd w pomieszczeniach należy uwzględnić charakter i kształt pomieszczenia oraz ustawienie mebli.

Zaleca się, aby:

- w pomieszczeniach, w których instalacja jest wykonana w listwach przypodłogowych, sprzęt był instalowany bezpośrednio obok listwy, z zachowaniem poniższych zasad:

- w systemie listwowym należy stosować sprzęt (gniazda i łączniki) w wykonaniu natynkowym,
- gniazda wtyczkowe należy mocować tuż nad listwami ułożonymi w obrębie podłogi, a łączniki tuż przy listwach prowadzonych po ścianach,
- gniazda wtyczkowe i łączniki należy mocować do podłoża za pośrednictwem kołków rozporowych (na ścianach drewnianych za pomocą wkrętów do drewna),
- mocowanie bezpośrednie sprzętu i osprzętu niehermetycznego do podłoża palnych należy wykonać na podkładkach blaszanych, znajdujących się co najmniej pod całą powierzchnią danego sprzętu,
- w pomieszczeniach, w których instalacja jest wykonana w innej technologii niż listwowa, gniazda umieszcza się na wysokości od 0,15 do 1,4 m nad podłogą (z wyjątkiem instalacji w kanałach podłogowych, gdzie gniazda wtyczkowe mocuje się w podłodze lub puszkach – kasetonach podłogowych).

W pomieszczeniach suchych należy stosować sprzęt instalacyjny w wykonaniu zwykłym, natomiast w pomieszczeniach o zwiększonym zagrożeniu – sprzęt w wykonaniu szczelnym. Sprzęt i osprzęt należy zamocować do podłoża w sposób zapewniający jego pewne, trwałe i bezpieczne osadzenie (najczęściej przez przykręcenie) [121].

#### **8.10.6. Przygotowanie końców żył przewodów, wykonywanie połączeń elektrycznych szyn i przewodów oraz przyłączanie do aparatów i urządzeń**

Powierzchnie stykających się elementów torów prądowych oraz przekładek i podkładek metalowych przewodzących prąd powinny być dokładnie oczyszczone i wygładzone. Zanieczyszczone styki (zaciski aparatów, przewody itp.) pokryte powłoką metalową ogniową lub galwaniczną należy zmywać tylko odczynnikami chemicznymi i szlifować pastą polerską. Powierzchnie styków należy zabezpieczać przed korozją. Połączenia należy wykonać za pomocą spawania (lutowania), zacisków śrubowych lub samozaciskowych. W instalacjach elektrycznych wewnętrznych łączenie przewodów należy wykonywać w sprzęcie i osprzęcie instalacyjnym; nie należy wykorzystywać do tego połączeń skręcanych. Dopuszcza się stosowanie połączeń skręcanych w przewodach instalacyjnych wielożyłowych z użyciem tzw.

„kapturków” odpowiednio dobranych do średnicy skręcanych przewodów. Kolor kapturka musi odpowiadać kolorowi przeznaczenia żyły przewodu (np. zielono-żółty, niebieski). Długość odizolowanej żyły przewodu powinna zapewniać prawidłowe przyłączenie. Przewody w miejscach połączeń powinny mieć odpowiedni zapas długości, a przewód ochronny PE – mieć większy zapas niż przewody czynne; przewody powinny być ułożone swobodnie i nie powinny zostać narażone na naciągi i dodatkowe naprężenia. Zdejmowanie izolacji i oczyszczenie przewodu nie powinno powodować uszkodzeń mechanicznych. Do danego zacisku należy przyłączać przewody o rodzaju, przekroju i liczbie, do jakich zacisk jest przystosowany. Żyłę jednodrutową powinny mieć zakończenia:

- proste, niewymagające obróbki po zdjęciu izolacji, przyłączane do zacisków śrubowych lub samozaciskowych,
- oczkowe w przypadku przewodów przyłączanych pod śrubę lub wkręt (oczko o średnicy wewnętrznej większej o ok. 0,5 mm od średnicy gwintu), które należy wyginać w prawo,
- z końcówką.

Żyłę wielodrutową powinny mieć zakończenia:

- proste, niewymagające obróbki; po zdjęciu izolacji przyłączone do specjalnie przystosowanych zacisków zapewniających obciśnięcie żyły i niepowodujące uszkodzenia struktury zakończenia żyły,
- z końcówką,
- z tulejką (końcówką rurową) umocowaną przez zaprasowanie.

W gniazdach bezpiecznikowych przewodów doprowadzających należy połączyć z szyną gniazda (śrubą stykową), a przewód zabezpieczający z gwintem. W oprawkach oświetleniowych i podobnym sprzęcie przewód fazowy lub „+” należy łączyć ze stykiem wewnętrznym, a przewód neutralny lub „-” z gwintem (oprawką). Śruby i wkręty do łączenia szyn oraz przewodów powinny mieć taką długość, aby po skręceniu połączenia wystawały co najmniej na wysokość od 2 do 6 zwojów. Śruby, nakrętki i podkładki stalowe powinny zostać pokryte galwanicznie metalową warstwą antykorozyjną.

#### **8.10.7. Montaż nowoczesnych instalacji elektrycznych (inteligentnych) w budynkach**

Instalacje elektryczne (inteligentne) powinny zapewniać:

- oszczędność zużywanej energii elektrycznej,
- komfort eksploatacji instalacji w budynku,
- bezpieczeństwo użytkownika instalacji,
- estetykę wykonania,
- elastyczność pracy instalacji,
- odpowiedni poziom inteligencji.

System ma umożliwić pracę instalacji w takich rozwiązaniach, jak:

- współpraca z innymi instalacjami (systemami),
- łączenie urządzeń elektrycznych,
- sterowanie urządzeniami elektrycznymi,
- regulacja urządzeń elektrycznych,
- nadzór nad funkcjonowaniem urządzeń elektrycznych znajdujących się w budynku.

Wszystkie elementy instalacji tego typu można wykonać w zależności od potrzeb i możliwości jako instalacje:

- podtynkowe (w puszkach instalacyjnych),
- natynkowe (na szynie instalacyjnej TH 35),
- wbudowane w szafy, skrzynki, obudowy innych urządzeń elektrycznych,
- ułożone w listwach instalacyjnych.

Napięcie zasilające magistrali instalacyjnej należy uzyskać z zasilacza 24 V DC (obwód SELV). Jako przewód magistralny można stosować skrętkę ekranowaną dwuparową  $2 \times 2 \times 0,8 \text{ mm}^2$ , np. PYCYM lub I-Y(ST)Y  $2 \times 2 \times 0,8 \text{ mm}^2$ . Od rodzaju (sposobu) połączenia użytkowników w wymianie informacji powinien zależeć sposób pracy sieci (topologia – drzewiasta lub magistralna). Do wykonania połączeń do magistrali należy używać przewodów skręconych, ekranowanych we wspólnej osłonie izolacyjnej. W zależności od zastosowania każda pojedyncza para przewodów może mieć własne ekranowanie. Przewód magistralny można prowadzić wspólnie z przewodem zasilającym, łączenie przewodów powinno odbywać się za pomocą zacisków bezśrubowych.

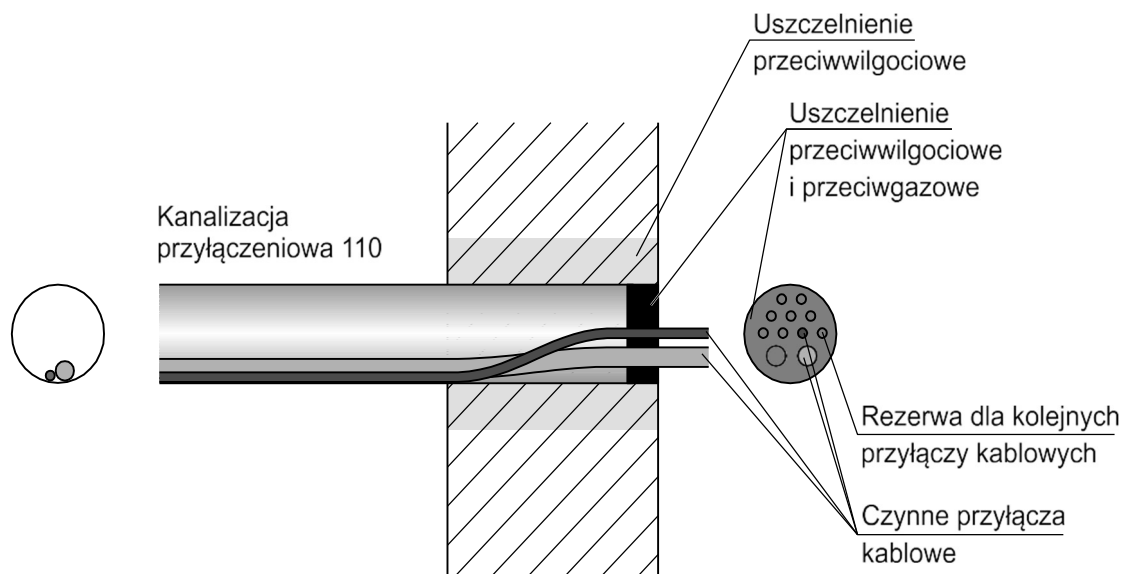
Szczegółowy sposób montażu powinien zawierać projekt nowoczesnej elektrycznej instalacji w budynku. Projekt powinien uwzględniać zalecenia wykonawcze producenta elementów systemu oraz możliwości jego zastosowania w budynku.

## 9. BUDYNKOWA INSTALACJA TELEKOMUNIKACYJNA\*

### 9.1. Wymagania ogólne

W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [13] w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w rozdziale (8a) pt. „Instalacja telekomunikacyjna”, określono, że wykonana w budynkach użyteczności publicznej instalacja telekomunikacyjna powinna umożliwiać rzetelne świadczenie usług:

- transmisji danych przez szerokopasmowy dostęp do Internetu,
- rozprowadzania programów telewizyjnych i radiofonicznych, w tym programów telewizji cyfrowej wysokiej rozdzielczości przez różnych dostawców tych usług na zasadzie równego dostępu i neutralności technologicznej (drogą kablową lub radiową). Zasadę wprowadzenia kanalizacji telekomunikacyjnej do budynku przedstawiono na rysunku 9.1.



Rys. 9.1. Zasada wprowadzenia kanalizacji telekomunikacyjnej do budynku

\* W rozdziale 9 zastosowano w zasadzie oznaczenia i określenia zgodne z rozporządzeniem [13]. W celu lepszego zrozumienia skomplikowanych układów połączeń użyto także określeń i oznaczeń własnych w stosunku do przedstawionych w opracowaniu niektórych proponowanych rysunków i tabel. Dotyczy to szczególnie tzw. punktu styku (PS). Podane w opracowaniu oznaczenia własne nie są sprzeczne z ogólną zasadą podaną w rozporządzeniu [13].

Budynki powinny być wyposażone w funkcjonalne punkty styku (PS), zapewniające połączenie wewnętrznych instalacji telekomunikacyjnych z publiczną siecią telekomunikacyjną. Punkty styku powinny być zlokalizowane w osobnych pomieszczeniach technicznych lub (wewnętrznych lub zewnętrznych) szafach telekomunikacyjnych (punkty kolokacji urządzeń) z zapewnioną opieką o najwyższym standardzie [125].

## 9.2. Budynkowa kanalizacja telekomunikacyjna

W pobliżu budynku użyteczności publicznej, w którym mają być instalowane instalacje telekomunikacyjne, powinna być wykonana kanalizacja telekomunikacyjna doprowadzająca sygnały do budynku. Należy wybudować studzienkę telekomunikacyjną, do której będą mogli się przyłączyć operatorzy telekomunikacyjni.

Od studzienki telekomunikacyjnej do budynku należy wybudować ciąg kanalizacji teletechnicznej. Zaleca się stosowanie co najmniej 1 rury PCV 110 mm, rury karbowanej lub podobnej, lub rury HDPE, umożliwiającej świadczenie usług przez wielu operatorów telekomunikacyjnych. Wspomniany wyżej ciąg elementów osłonowych wykonany poza budynkiem, stanowiący integralną część budynku (zgodnie z ustawą Dz. U. z 2019 r., poz. 1815, p. 6), powinien pozwalać na wprowadzenie kabli telekomunikacyjnych do budynku na zasadzie równego dostępu. Zasada równego dostępu może być zachowana jedynie wtedy, gdy kanalizacja kablowa poza budynkiem i w budynku nie należy do żadnego z operatorów telekomunikacyjnych, a pozwala im jedynie na układanie w niej własnych kabli.

Od miejsca wprowadzenia rur kanalizacji teletechnicznej do budynku powinno się wykonać trasę kablową przy użyciu korytek i drabinek kablowych do głównego punktu styku (PS) z publiczną siecią telekomunikacyjną w budynku. W przypadku większych, rozległych budynków użyteczności publicznej zaleca się sprowadzenie wszystkich kabli wymaganych prawem do punktu styku (np. pod klatką schodową) – dotyczy to kabli światłowodowych, LAN i koncentrycznych.

Wszystkie kable teletechniczne światłowodowe, skrętkowe i współosiowe, po- prowadzone z lokali lub pomieszczeń z danej części budynku, powinny być zakończone na przełącznicach kablowych w punkcie styku PS wykonanym na poziomie 0 lub –1 budynku oraz przystosowane do instalacji urządzeń systemu multiswitchowego RTV 2SAT i widomofonowych (przywóławczych). Schemat rozprowadzenia kanalizacji telekomunikacyjnej w budynku użyteczności publicznej przedstawiono na rysunku 9.2. Przyjęto następujące oznaczenia:

- PK-B – przepust kablowy do budynku,
- PK-D – przepust kablowy dachowy,
- PK-G/P – przepust kablowy garażowy/piwniczny (często wymaga się także specjalnej przegrody pożarowej),
- PK-S – przepust kablowy stropowy,
- PK-Wś – przepust kablowy – wewnętrzny ścienny,
- PS-T – punkt styku (techniczny) budynkowej instalacji telekomunikacyjnej z siecią publiczną (powinien być zlokalizowany na pierwszej kondygnacji nad- ziemnej lub w piwnicy (garażu); w rozległych budynkach należy przewidzieć kilka punktów dystrybucyjnych (PS-1, PS-2),
- PS-D – punkt dostępowy budynkowej kanalizacji telekomunikacyjnej z kanalizacją; kanalizacja telekomunikacyjna i punkty montażu (kolokacji) urządzeń po- winny być przygotowane w sposób umożliwiający wymianę lub instalowanie dodatkowej infrastruktury telekomunikacyjnej (w tym anten); budynki użyteczności publicznej, powinny być wyposażone w budynkową kanalizację telekomunikacyjną, rozumianą jako ciąg elementów osłonowych umożliwiających wprowadzenie kabli do budynku (z piwnicy, garażu lub najniższej kondygnacji i z dachu) oraz ich rozprowadzenie w budynku, w tym między innymi: przepusty kablowe, rury instalacyjne, szyby instalacyjne, koryta, dukty i kanały, sufity podwieszane kabli i urządzeń w trakcie eksploatacji budynku bez naruszania jego konstrukcji telekomunikacyjną zewnętrznych operatorów telekomunikacyjnych (powinien być umieszczony na zewnątrz budynku w miejscu łatwo dostępnym dla operatorów publicznych),
- SK – studnia kablowa – element infrastruktury pozwalający na wprowadzenie kabli telekomunikacyjnych do budynku, w tym dla operatorów kablowych (powinien być umieszczony na zewnątrz budynku w miejscu łatwo dostępnym dla opera- torów publicznych).



### 9.3. Podstawowe elementy budynkowej instalacji telekomunikacyjnej

Podstawowa budynkowa instalacja telekomunikacyjna w budynku użyteczności publicznej, w zależności od jego przeznaczenia, powinna składać się z niżej wymienionych elementów (tabl. 29):

- funkcjonalnego (technicznego) punktu styku (punktów styku) okablowania budynkowego do podłączania usług z sieci publicznej,
- budynkowego okablowania światłowodowego: co najmniej 2 włókna jednomodowe,
- budynkowego okablowania symetrycznego: co najmniej 2 kable UTP kat. 5,
- budynkowego okablowania współosiowego: co najmniej 2 kable RG-6 lub zamiennie 2 włókna jednomodowe (zamiennosc dotyczy kabla koncentrycznego na światłowody jedynie w instalacji zbiorowej TV-SAT),
- instalacji wejściowej sygnalizacji dzwonnej domofonowej – przyzywowej, jeśli jest taka potrzeba (osoby niepełnosprawne),
- telekomunikacyjnej skrzynki – odbiorczej (TS-O) w wybranym pomieszczeniu (lokalu), skrzynki TSM w pomieszczeniu mieszkalnym,
- gniazda abonenckiego światłowodowego (2 x SC/APC),
- masztu antenowego do zbiorowych anten TV i masztu do usług telekomunikacyjnych radiowych,
- antenowej instalacji zbiorowej do odbioru TV satelitarnej i naziemnej (z zastosowaniem 1 kabla współosiowego lub 2 włókien światłowodowych jednomodowych dla określonych typów budynków użyteczności publicznej),
- antenowej instalacji do odbioru sygnałów publicznych operatorów radiowych (do określonych typów budynków standardowej użyteczności publicznej).

### 9.4. Wymagania szczegółowe dla podstawowych elementów budynkowej instalacji telekomunikacyjnej

#### 9.4.1. Kanalizacja telekomunikacyjna budynku

Kanalizację telekomunikacyjną budynku stanowi zainstalowany i połączony pod względem technicznym i funkcjonalnym układ elementów telekomunikacyjnych, wykonany zgodnie z Polską Normą N SEP-002:2009 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje w budynkach mieszkalnych. Podstawy planowania, dotycząca planowania i wykonywania instalacji (tabl. 31).

Układ elementów telekomunikacyjnych umożliwia wymianę lub instalowanie dodatkowej infrastruktury telekomunikacyjnej (anten, kabli, urządzeń, osprzętu) w trakcie eksploatacji budynku, bez konieczności naruszania jego konstrukcji oraz spowodowania możliwości powstania zagrożeń życia, zdrowia, mienia, nieautoryzowanego dostępu do informacji lub pogorszenia warunków transmisyjnych istniejącej infrastruktury.

Kanalizacja telekomunikacyjna budynku rozumiana jest jako ciąg elementów osłonowych, umożliwiający wprowadzenie kabli do budynku oraz ich rozprowadzenie w budynku, w tym:

- przepustów kablowych do budynku, z piwnicy, między stropami i ścianami, z dachu oraz do poszczególnych lokali (pomieszczeń), spełniających zgodnie z zastosowaniem wymagania nierozprzestrzeniania pożaru oraz nieprzedostawania się nie-bezpiecznych gazów i wilgoci,
- rur instalacyjnych (np. PVC 110, HDPE 40, mikrokanalizacji światłowodowej, rur giętkich i innych do zastosowania wewnętrznego lub zewnętrznego),
- pionowych szybów (szachtów) i poziomych kanałów kablowych, przewidzianych w konstrukcji budynku,
- metalowych lub z tworzywa sztucznego korytek instalacyjnych (podpodłogowych, podsufitowych, naściennych),
- sufitów podwieszanych,
- duktów kablowych.

Należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie połączenia budynkowej kanalizacji telekomunikacyjnej z kanalizacją publicznych operatorów telekomunikacyjnych (ISP, GSM itp.). Prowadzenie instalacji telekomunikacyjnej i rozmieszczenie urządzeń telekomunikacyjnych w budynku powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie ich wzajemnego usytuowania i niekorzystnego oddziaływania [11] oraz zapewniać bezpieczeństwo osób korzystających z części wspólnych budynku.

Tablica 31. Podstawowe elementy instalacji telekomunikacyjnej wewnątrz budynków – okablowanie

Podstawowe elementy budynkowej instalacji telekomunikacyjnej		Budynki zamieszkania zbiorowego (hotele domy akademickie, internaty)	Budynki użyteczności publicznej (szpitale, obiekty handlowe i usługowe)	Budynki użyteczności publicznej: oświata publiczna, szkolnictwo wyższe, nauka i wychowanie, przedszkola, żłobki	Budynki administracji publicznej, biura
Ciąg elementów osłonowych pozwalających na wprowadzenie kabli do budynku – kanalizacja kablowa na zewnątrz budynku		tak	tak	tak	tak
Budynkowa instalacja telekomunikacyjna		tak	tak	tak	tak
Funkcjonalny punkt styku budynkowej instalacji telekomunikacyjnej		tak	tak	tak	tak
Okablowanie budynkowe	okablowanie światłowodowe w szerokopasmowych usługach telekomunikacyjnych	–	–	tak	–
	okablowanie symetryczne UTP w szerokopasmowych usługach telekomunikacyjnych	tak	tak	tak	tak
	okablowanie symetryczne UTP w telefonii standardowej i lokalnych systemach teletechnicznych (domofon, sygnalizacja alarmowo- -przzywowa itp.)	tak	tak	tak	tak
	okablowanie współosiowe lub światłowodowe do zbiorowego odbioru televizji naziemnej	tak	–	tak	–



Podstawowe elementy budynkowej instalacji telekomunikacyjnej		Budynki zamieszkania zbiorowego (hotele domy akademickie, internaty)	Budynki użyteczności publicznej (szpitale, obiekty handlowe i usługowe)	Budynki użyteczności publicznej: oświata publiczna, szkolnictwo wyższe, nauka i wychowanie, przedszkola, żłobki	Budynki administracji publicznej, biura
	okablowanie współosiowe lub światłowodowe do zbiorowego odbioru telewizji satelitarnej	tak	–	tak	–
	okablowanie telekomunikacyjne według potrzeb (współosiowe, symetryczne, światłowodowe)	tak	tak	tak	tak

Podstawowe elementy budynkowej instalacji telekomunikacyjnej		Budynki zamieszkania zbiorowego (hotele domy akademickie, internaty)	Budynki użyteczności publicznej (szpitale, obiekty handlowe i usługowe)	Budynki użyteczności publicznej: oświata publiczna, szkolnictwo wyższe, nauka i wychowanie, przedszkola, żłobki	Budynki administracji publicznej, biura
Zakończenie abonenckie	telekomunikacyjna skrzynka lokalowa (np. TSM, TSO)	tak	tak	tak	tak
	gniazdo abonenckie światłowodowe	–	tak	–	–
	gniazdo abonenckie według potrzeb	tak	tak	tak	tak
Instalacja wejściowej sygnalizacji dzwonekowej lub domofonowej		tak	–	tak	tak
Sygnalizacja alarmowo- -przyzywowa dla osób niepełnosprawnych		tak	–	tak	tak
Anteny zbiorowe	antenowa instalacja zbiorcza do odbioru TV naziemnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej
	antenowa instalacja zbiorcza do odbioru TV satelitarnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej	odpowiednio przystosowana do wykonanej instalacji telekomunikacyjnej
	maszt antenowy do anten TV zbiorowych i usług telekomunikacyjnych i radiowych	w miarę potrzeb	w miarę potrzeb	w miarę potrzeb	w miarę potrzeb

Wszelkie ciągi kanalizacji telekomunikacyjnej w budynku powinny być uzgodnione i zatwierdzone przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Schemat rozprowadzenia kanalizacji telekomunikacyjnej w budynku użyteczności publicznej pokazano na rysunku 9

#### 9.4.2. Punkt styku budynkowej instalacji telekomunikacyjnej z publiczną siecią telekomunikacyjną

Punkt styku budynkowej instalacji telekomunikacyjnej (PS-T) z publiczną siecią telekomunikacyjną realizowany jest w formie zespołu przełącznic telekomunikacyjnych, zapewniających pełne możliwości wielokrotnego podłączania i odłączania pomiędzy zewnętrzną siecią telekomunikacyjną operatora telekomunikacyjnego a instalacjami wewnętrznymi i dostosowanych do poszczególnych typów kabli [13, 84]:

- światłowodowych, zakończonych złączami typu SC/APC,
- symetrycznych (kable UTP), wykorzystywanych w domofonach, sygnalizacji alarmowo-przyzywowej i innej (np. telefonia stacjonarna), zakończonych na łączówkach szczelinowych RJ45 (nie zaleca się w tym przypadku stosowania pojedynczych gniazd RJ45 ze względu na konieczność wykorzystania dodatkowych rozgałęźników); przy wykonaniu instalacji LAN, zgodnie z rozporządzeniem [13], kabel UTP zaczyna się w lokalu (np. w TSM) i kończy w szafce punktu styku na poziomie 0 lub –1 budynku na przełącznicy kablowej ze złączami RJ45,
- symetrycznych (kable UTP), przeznaczonych do szerokopasmowych usług telekomunikacyjnych, zakończonych gniazdami typu RJ45 kategorii 5 lub wyższej,
- współosiowych, zakończonych gniazdami typu FF lub innymi.

Punkt styku (PS-T), występujący jako zespół przełącznic, powinien być usytuowany w odrębnym pomieszczeniu technicznym, przygotowanym zgodnie z warunkami technicznymi określonymi w § 96–98 [13], na pierwszej kondygnacji podziemnej lub pierwszej kondygnacji nadziemnej budynku, a w przypadku braku możliwości zapewnienia takiego pomieszczenia – w szafce telekomunikacyjnej (wewnętrznej lub zewnętrznej) wyposażonej w odpowiednią instalację i urządzenia elektryczne (fot. 4).



systemowy punkt styku,  
19" naścienny

kanał instalacyjny do połączenia  
szafek PS z szafkami operatorów

Fot. 4. Punkt styku dla operatorów telekomunikacyjnych o głębokości 250 mm przewidziany do instalacji w garażu na ścianie w ciągach komunikacyjnych. Zespół przełącznic RACK 19" 10 U usytuowany w szafce telekomunikacyjnej na ścianie w garażu [125]

W rozgałęzionych, obszernych budynkach, w przypadku przekroczenia granicznych długości dotyczących pewnych typów kabli, należy przewidzieć kilka PS dystrybucyjnych w oddalonych miejscach budynku – trzeba w tym przypadku zwracać także na odpowiednie okablowanie korespondencyjne pomiędzy głównym punktem styku a poszczególnymi, dodatkowymi punktami dystrybucyjnymi. Warunki techniczne [13] nie zawierają żadnych wymagań co do prowadzenia kabli dla operatorów telekomunikacyjnych i układania ich między punktami styku. Kable między punktami styku powinien prowadzić niezależnie od siebie każdy z operatorów telekomunikacyjnych.

Pomieszczenie techniczne (punkt styku – PS) lub szafka telekomunikacyjna powinna:

- zostać odpowiednio zabezpieczona przed wpływem niekorzystnych czynników zewnętrznych oraz dostępem osób nieupoważnionych,
- być łatwo dostępna dla obsługi technicznej,
- zostać oznakowana w sposób jednoznacznie określający przedsiębiorców telekomunikacyjnych korzystających z tego punktu,
- umożliwiać montaż szafek telekomunikacyjnych, urządzeń i osprzętu instalacyjnego,
- zapewniać możliwość przyłączenia instalacji różnych przedsiębiorców telekomunikacyjnych do instalacji telekomunikacyjnej budynku na zasadzie równego dostępu.

#### 9.4.3. Okablowanie telekomunikacyjne budynku

Okablowanie powinno być wyposażone w określone zestawy kabli telekomunikacyjnych, prowadzonych od punktów styku PS (punktów dystrybucyjnych w budynku) do miejsca ich podłączenia w telekomunikacyjnych szafkach lokalowych odbiorczych (TSM, TS-O) lub do gniazd abonenckich.

Budynki obszerne wielokubatorowe (trasa od PS lub PS-T do TS-O lub np. TSM) mają mieć okablowanie:

- światłowodowe (co najmniej 2 włókna jednomodowe ze złączami SC/APC),

- symetryczne (co najmniej 2 kable UTP kat. 5),
- współosiowe (co najmniej 2 kable RG-6 lub zamiennie dodatkowe 2 włókna światłowodowe jednomodowe).

W przypadku większych, rozległych budynków użyteczności publicznej z wieloma punktami styku (PS) zaleca się wykonanie dystrybucji sygnałów RTV-2SAT w technice światłowodowej. W tym celu należy:

- przeprowadzić przez przygotowany przepust dachowy i sprowadzić do poziomu –1 lub 0, przygotowanymi wcześniej trasami kablami w szachcie teletechnicznym do punktu styku PS, przewody współosiowe z sygnałem od anten naziemnych oraz do zasilania konwerterów optycznych anten satelitarnych oraz światło- wód z minimum dwoma włóknami światłowodowymi z sygnałami z konwerterów; włókna światłowodowe należy zakończyć na dachu budynku złączami FC/PC; zamiennie można zastosować jeden kabel światłowodowy wielowłóknowy, np. 8 lub 12 J z wypawanymi końcówkami FC/PC,
- kable światłowodowe mające ochronny pancerz metalowy wymagają podłączenia pancerza do instalacji uziemiającej budynku; należy również wykonać ochronę przed przepięciami wszystkich przewodów zasilających konwertery optyczne anten satelitarnych i innych urządzeń aktywnych oraz kabli współosiowych anten naziemnych; ochronę przed przepięciami należy wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami,
- między punktami styku (PS) na poziomie –1 lub 0 należy poprowadzić światłowód mający co najmniej dwa (lub trzy) włókna światłowodowe zakończone złączami 2 x FC/PC (lub 2 x FC/PC dla SAT lub jednym kablem światłowodowym wielowłóknowym z dedykowanymi włóknami światłowodowymi zakończonymi złączami 2 x FC/PC); zalecane jest wykonanie jednego głównego węzła dystrybucji optycznych sygnałów RTV-2SAT i poprowadzenie oddzielnych kabli światłowodowych do poszczególnych punktów styku (PS) w topologii gwiazdy.

Inne budynki użyteczności publicznej (trasa od PS-T do gniazda abonenckiego) zawierają budynkowe okablowanie telekomunikacyjne (wg indywidualnych potrzeb).

Minimalne wymagania techniczne wobec budynkowych kabli telekomunikacyjnych

Kable światłowodowe:

- typ kabla: dowolny,
- tłumienność dla długości fali w paśmie od 1310 nm do 1625 nm: nie większa niż 0,4 dB/km,
- tłumienność dla długości fali 1550 nm: nie większa niż 0,25 dB/km,
- tłumienność w paśmie  $1383 \pm 3$  nm: nie większa niż 0,4 dB/km,
- długość fali zerowej dyspersji chromatycznej  $\lambda_0$ : nie mniejsza niż 1300 nm i nie większa niż 1324 nm,
- współczynnik dyspersji chromatycznej D: nie większy niż  $0,092 \text{ ps/nm}^2 \cdot \text{km}$ ,
- nominalna średnica pola modu: (dla  $\lambda = 1310 \text{ nm}$ ) od  $8,6 \mu\text{m}$  do  $9,5 \mu\text{m}$  przy tolerancji średnicy pola modu  $\pm 0,6 \mu\text{m}$ ,
- długość fali odcięcia dla włókna w kablu: nie większa niż 1260 nm,
- tłumienność 100 zwojów o średnicy 60 mm dla długości fali 1625 nm: nie większa niż 0,1 dB,
- tłumienie toru optycznego od punktu połączenia z publiczną siecią telekomunikacyjną (punkt styku) do wyjścia z gniazda lub zakończeń kabli (w TSM): nie powinno przekraczać 1,2 dB przy długości fali 1310 nm i 1550 nm.

Kable symetryczne (skrętka):

- typ kabla: UTP 4 x 2 x 0,5, kategorii 5,
- przepustowość dla łącza między PS a szafką lokalową TS-(L)M powinna posiadać charakterystykę klasy D.
- Kable współosiowe (koncentryczne):
- typ kabla: kategoria RG-6 lub wyższa,
- ekranowanie: w klasie A; podwójny ekran: folia aluminiowa i oplot o gęstości co najmniej 77%,
- miedziana żyła wewnętrzna o średnicy nie mniejszej niż 1 mm,
- tłumienie toru kabla między PS a szafką lokalową nie powinno przekraczać 12 dB przy częstotliwości 860 MHz.

**Inne kable:** według indywidualnych wymagań oraz wymagań sprzętowych i systemowych.

#### 9.4.4. Inne urządzenia

Maszty o odpowiedniej wysokości i wytrzymałości mechanicznej (zaleca się stosować odporność na wiatr o prędkości nie mniejszej niż 160 km/h) usytuowany na dachu budynku wraz z odpowiednim przepustem kablami do budynku lub w uzasadnionych przypadkach usytuowany poza budynkiem. Przystosowany jest do umieszczenia anten przedsiębiorców telekomunikacyjnych, świadczących usługi

telekomunikacyjne drogą radiową oraz umieszczenia odpowiednich elementów instalacji do odbioru TV naziemnej i satelitarnej (maszt o wysokości powyżej 3 m wymaga uzyskania stosownego pozwolenia).

Wzmacniacze, przełączniki wielozakresowe (multiswitches), konwertery oraz pozostały osprzęt aktywny i pasywny służą do odbioru programów telewizyjnych i radiofonicznych rozpowszechnianych w sposób rozsiewczy naziemny i satelitarny. Maszt antenowy dla operatorów bezprzewodowych (nie dotyczy operatorów telefonii komórkowej)

Maszt należy zainstalować stabilnie w miejscu umożliwiającym świadczenie takich usług i możliwie jak najdalej od masztu instalacji zbiorowej RTV-SAT. Instalacja wymaga przygotowania trasy kablowej w celu odpowiedniego układania przewodów pomiędzy częścią dachową a punktem styku PS na poziomie  $-1$  lub  $0$ , obejmując między innymi przepust dachowy oraz listwy, rury osłonowe, koryta kablowe itp. Konieczne jest zapewnienie odpowiedniej ochrony odgromowej masztu antenowego zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Wszystkie urządzenia aktywne i pasywne w instalacji telewizyjnej powinny być uziemione i spełniać wymóg ekranowania w klasie A.

## **9.5. Wymagania szczegółowe dla instalacji telekomunikacyjnych**

### **9.5.1. Wymagania ogólne**

Prowadzenie instalacji telekomunikacyjnej i rozmieszczenie urządzeń telekomunikacyjnych w budynku powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie ich wzajemnego usytuowania i niekorzystnego oddziaływania oraz zapewniać bezpieczeństwo osób korzystających z części wspólnych budynku. Główne ciągi instalacji telekomunikacyjnej powinny być prowadzone poza lokalami użytkowymi oraz innymi pomieszczeniami, których sposób użytkowania może spowodować przerwy lub zakłócenia przekazywanego sygnału.

W instalacji telekomunikacyjnej należy zastosować urządzenia ochrony przed przepięciami, a gdy instalacja może być narażona na przetężenie również urządzenia ochrony przed przetężeniami, natomiast elementy instalacji wyprowadzone ponad dach należy umieścić w strefie chronionej przez instalację piorunochronną, o której mowa w rozdziale 10, lub bezpośrednio uziemić w przypadku braku instalacji piorunochronnej. Instalacje antenowe wychodzące ponad dach oraz dłuższe ciągi instalacji antenowych w budynkach (przekraczające 10 m) powinny być chronione ochronnikami zabezpieczającymi przed przepięciami od wyładowań bezpośrednich i pośrednich.

W dostępnych dla ludzi miejscach, w których znajdują się zakończenia włókien światłowodowych, powinno być umieszczone w widocznym miejscu odpowiednie oznakowanie ostrzegające przed niewidzialnym promieniowaniem optycznym.

Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego powinny mieć klasę odporności ogniowej (EI), wymaganą dla tych elementów. Przepusty instalacyjne o średnicy powyżej 4 cm w ścianach i stropach, niewymienionych w rozdziale 6.2, dla których jest wymagana klasa odporności ogniowej co najmniej EI 60 lub REI 60, powinny mieć klasę odporności ogniowej (EI) tych elementów. Przejścia instalacji przez zewnętrzne ściany budynku, znajdujące się poniżej poziomu terenu, powinny być zabezpieczone przed możliwością przenikania gazu do wnętrza budynku. Na dachu o spadku ponad 25% oraz na dachu pokrytym materiałami łatwymi (łukującymi) należy wykonać stałe dojścia do kominów, urządzeń technicznych oraz anten radiowych i telewizyjnych. Instalacja telekomunikacja w budynkach użyteczności publicznej powinna być wykonana zgodnie z normą PN-EN 50174-2:2010/A1:2011 Technika informatyczna. Instalacja okablowania. Część 2: Planowanie i wykonywanie instalacji wewnątrz budynków\*.

---

\* Wszystkie elementy infrastruktury budynkowej, w tym kable układane między punktem styku a poszczególnymi lokalami lub poszczególnymi szafkami lokalowymi (TS-O lub np. TSM), powinny być integralną częścią budynku (Dz. U. z 2019 r., poz. 1815 [1]). Dotyczy to również kanalizacji kablowej (ciągu rur osłonowych) poza budynkiem, pozwalającej na wprowadzenie kabli do budynku.

### 9.5.2. Dodatkowe elementy budynkowej instalacji telekomunikacyjnej

Rozporządzenia [13, 22] nie określają zakresu ani sposobu wykonania innych instalacji możliwych do wykorzystania jako dodatkowych lokalnych instalacji we wszelkich typach budynków użyteczności publicznej oraz rodzajach pomieszczeń, na przykład instalacji i systemów:

- zabezpieczeń (alarmowych, kontroli dostępu, telewizji dozorowej, sygnalizacji zagrożeń itp.),
- teleinformatycznych,
- akustycznych,
- telemetrycznych,
- sterowania,
- monitoringu.

Wyżej wymienione instalacje teletechniczne wchodzi w skład wyposażenia budynków użyteczności publicznej w różnym zakresie zależnym od charakteru użytkowania budynków. Należy wykonać je zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie przepisami i aktualnymi normami technicznymi oraz (najlepiej) z wykorzystaniem i w połączeniu z istniejącą instalacją telekomunikacyjną budynków.

## 9.6. Wymagania instalacyjne

### 9.6.1. Wymagania podstawowe

Układanie instalacji telekomunikacyjnych w danym pomieszczeniu powinno być ściśle skoordynowane ze sposobem wykonania instalacji elektroenergetycznych. Trasowanie i układanie rur, przewodów i kabli, mocowanie uchwytów i wsporników, układanie korytek, drabinek, kucie bruzd, przejść przez ściany, stropy i szczeliny dylatacyjne, montowanie listew, przewodów i osprzętu instalacyjnego należy wykonywać według wymagań podanych dla instalacji elektroenergetycznych, uwzględniając jednocześnie specyfikę i zalecenia producentów urządzeń telekomunikacyjnych. Przy trasowaniu ciągów instalacyjnych należy dążyć do jak najmniejszej liczby skrzyżowań i zbliżeń z ciągami instalacji elektroenergetycznych oraz siecią wodociągową i kanalizacyjną, instalacją centralnego ogrzewania, kanałami wentylacyjnymi itp.

Kable i przewody telekomunikacyjne powinny być ułożone w taki sposób, aby stanowiły wydzielony ciąg instalacyjny, szczególnie przy prowadzeniu instalacji na wspólnych konstrukcjach wsporczych, na drabinkach, w kanałach itp., usytuowany w wiązki przewodów i kabli. W kanałach zamkniętych układanie kabli elektroenergetycznych razem z prowadzoną instalacją telefoniczną jest niedopuszczalne, niezależnie od ich napięcia znamionowego. W budynkach o ścianach i stropach żelbetonowych o konstrukcji monolitycznej lub wielkopłytkowej, w przypadku instalacji wykonywanej w specjalnie przygotowanych kanałach, bruzdach oraz wnękach zaleca się wiązanie kabli i przewodów wielożyłowych w oddzielne wiązki na wspornikach.

Elementy rozdzielcze powinny być instalowane w obudowach chroniących przed uszkodzeniami mechanicznymi lub w zamkniętych wnękach. Jako elementy rozdzielcze można stosować łączówki zaciskowe w różnym wykonaniu. We wspólnej obudowie mogą znajdować się elementy rozdzielcze różnych instalacji telekomunikacyjnych, pod warunkiem że elementy rozdzielcze instalacji radiowej przewodowej (do 240 V) będą oddzielone od pozostałych przegrodą (ekranem) wykonaną z materiału izolacyjnego. W przypadku wspólnych puszek zbiorczych mogą być dodatkowo instalowane elementy rozdzielcze instalacji elektroenergetycznych (do 400 V) oddzielone stałą przegrodą niepalną.

Zaciski na wspólnych elementach rozdzielczych, należące do różnych torów, powinny być oznakowane w sposób widoczny odpowiednią barwą. Dobór barw powinien być następujący:

- instalacja telefoniczna: bez oznakowania,
- instalacja wskazań i kontroli czasu: barwa niebieska,
- instalacja sygnalizacji alarmowej pożarowej: barwa czerwona,
- instalacje radiowe: barwa biała.

Na łączówkach punktów rozdzielczych należy pozostawiać odpowiedni zapas kabli lub przewodów. Krosowanie obwodów należy wykonywać przewodami krosowymi. Łączenia przewodów powinny być wykonywane na zaciskach; w instalacji podtynkowej i wtynkowej w puszkach – na specjalnych pierścieniach zaciskowych lub złączkach zaciskowych.

Przy montażu samego okablowania strukturalnego, jak przy montażu urządzeń końcowych, ważne jest zachowanie najwyższej staranności jego wykonania. Im wyższa kategoria instalowania, tym większą uwagę należy przykładąć do instalacji okablowania i rygorystycznego przestrzegania norm instalatorskich.

Dokonując doboru komponentów okablowania strukturalnego, należy pamiętać o tym, że cała sieć będzie działać z taką prędkością, na jaką pozwoli „najwolniejszy” z jej komponentów. Należy ściśle stosować się do zaleceń zawartych w projekcie sieci telekomunikacyjnej. Okablowanie strukturalne należy montować starannie z zachowaniem wymagań dotyczących skręconych ze sobą par przewodów, gdyż niestaranny montaż może spowodować powstanie zakłóceń wzajemnego po- łożenia par i zmniejszenie prędkości działania sieci, a w skrajnych przypadkach uniemożliwić działanie sieci.

Minimalne promienie gięcia kabli sieciowych powinny wynosić 4-krotność średnicy dla kabli UTP (25 mm) oraz 8-krotność dla kabli FTP (to jest 50 mm) i STP\*. Kanały montażowe powinny być odpowiedniej głębokości i szerokości, tak aby za- chowany został właściwy promień gięcia. Przepusty przez ściany powinny być wystarczająco duże, aby kabel można było przeprowadzić bez użycia siły.

Podczas montażu należy zachować minimalną odległość 300 mm od instalacji elektroenergetycznej. Zaleca się stosowanie do montażu sieci strukturalnych kanałów metalowych, gdyż elementy kanałów tworzą naturalne ekrany elektromagnetyczne. Przy montażu kabli w panelach należy stosować specjalne narzędzia wciskowe typu LSA. Przy podłączaniu przewodów należy pamiętać o wybraniu tej samej specyfikacji przy połączeniu kabli z obu stron. Powłoka zewnętrzna powinna być zdejmowana tylko na takim odcinku, jaki jest konieczny do przeprowadzenia montażu. Kable na panelu mocuje się za pomocą opaski lub uchwytu śrubowego. Końcówki RJ45 i RJ12 (telefoniczne) należy montować za pomocą specjalistycznych urządzeń. Urządzenia telekomunikacyjne montuje się w szafach rozdzielczych. Przy zastosowaniu ekranowanych (metalowych) elementów okablowania strukturalnego należy uziemić szafę rozdzielczą; robi się to przez wykonanie połączenia uziemiającego sieć teleinformatyczną z główną szyną uziemiającą w budynku za pomocą linki o przekroju 16 mm<sup>2</sup>.

Wszystkie przewody (kable) należy układać z jednego, niełączonego odcinka, o maksymalnej długości wynikającej z wymagań systemów i parametrów transmisyjnych poszczególnych przewodów (kabli). W obrębie instalacji wszystkie użyte przewody (kable) powinny mieć te same parametry. Przewody (kable) powinny być prowadzone w odległości nie mniejszej niż 20 cm od równoległej instalacji elektrycznej oraz z dala od różnych źródeł zakłóceń elektromagnetycznych (silniki, transformatory, urządzenia elektryczne dużej mocy itp.).

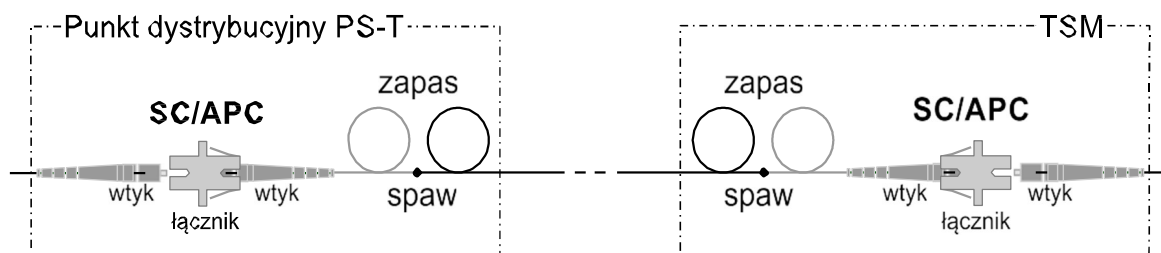
Jeśli istnieje konieczność krzyżowania się przewodów (kabli) z instalacją elektryczną, należy je wykonać pod kątem 90 stopni, promień skrętu wiązki nie powinien być mniejszy niż ok. 35 mm (wymóg kabla koncentrycznego); wszystkie wy- gięcia należy prowadzić łagodnymi łukami. Przy spinaniu pojedynczych przewodów (kabli) lub wiązek przewodów (kabli) nie należy dopuszczać do deformacji przewodów (kabli); przewody (kable) po ich spięciu powinny się swobodnie przesuwac w zapince. Podczas układania przewodów (kabli) nie należy ich zbyt napręzać, zaginać, deptać; trzeba uważać też, aby nie uszkodzić powłoki zewnętrznej podczas przeciągania przez przepusty.

Sieć strukturalną należy wykonywać po położeniu instalacji ciepłowniczych, wentylacyjnych itp.; instalacje należy tak planować, aby wcześniej przewidzieć i zapobiec możliwości uszkodzenia ich przez inne ekipy budowlane.

Wszystkie kable światłowodowe powinny być na stałe zakończone obustronnie wtykiem i łącznikiem SC/APC, a pierwszy kabel UTP – na gnieźdnikach RJ45 lub na panelu krosowym kategorii 5e lub 6e (rys. 9.5). Natomiast drugi kabel UTP powinien być na stałe zakończony w punkcie dystrybucyjnym na łączówkach szczelinowych oraz w szafce lokalowej na złączach (gnieźdnikach) 4 □ RJ11 (RJ45).

---

\* Promień gięcia to promień, w którym przewód można zgiąć bez jego uszkodzenia (w tym złamania). Im mniejszy promień, tym większa wymagana elastyczność materiału.



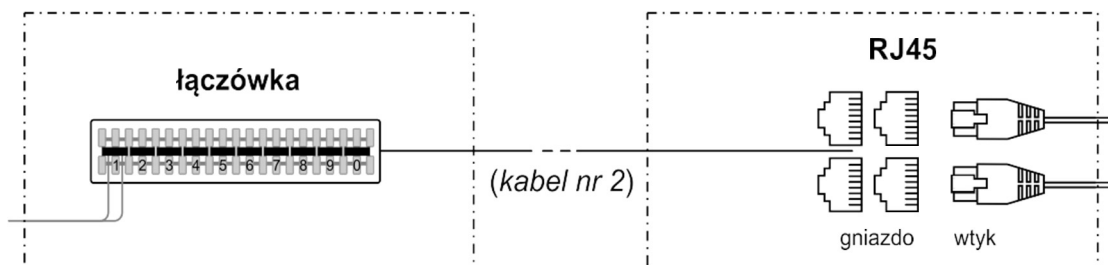
Rys. 9.5. Podłączenie kabli światłowodowych [125]

Kable koncentryczne minimum RG6 powinny być na stałe zakończone obustronnie wtykami i łącznikami typu F w szafkach abonenckich (PS), na panelach w punkcie dystrybucyjnym oraz szafkach rewizyjnych; wszystkie elementy instalacji należy oznaczyć indywidualnym numerem (rys. 9.6).



Rys. 9.6. Podłączenie kabli koncentrycznych [125]

Przy wprowadzaniu przewodów (kablów) do szafy instalacyjnej (rys. 9.7) nie należy zostawiać zbędnych zapasów przewodu (kabla); przewody (kable) powinny być ucięte na jednakowej długości i starannie przymocowane do konstrukcji. Poza tym wszystkie przewody (kable) na całej długości powinny być zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych.



Rys. 9.7. Podłączenie kabli do łączówki w skrzynce lokalowej odbiorczej TS-O [125]

Piony instalacji telekomunikacyjnych powinny być prowadzone poza lokalami mieszkalnymi oraz pomieszczeniami użytkowymi, których sposób użytkowania może spowodować przerwy lub zakłócenia przekazywanego sygnału. Kabel telekomunikacyjny wprowadzony do budynku powinien być zakończony głowicą kablową, łączówkami lub przełącznicą optyczną.

Zakończenia kabli telekomunikacyjnych powinny być umieszczone w PS i pomieszczeniu znajdującym się na poziomie 0 lub -1 budynku, czyli w piwnicy lub najniższej kondygnacji nadziemnej. Pomieszczenie telekomunikacyjne powinno:

- zapewnić swobodny dostęp do zakończeń kabli wprowadzonych do budynku,
- być zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych,
- być trwale oznakowane przez umieszczenie w widocznym miejscu nazwy lub firmy, a także adresu i telefonu kontaktowego operatora, do którego należą elementy instalacji telekomunikacyjnej.

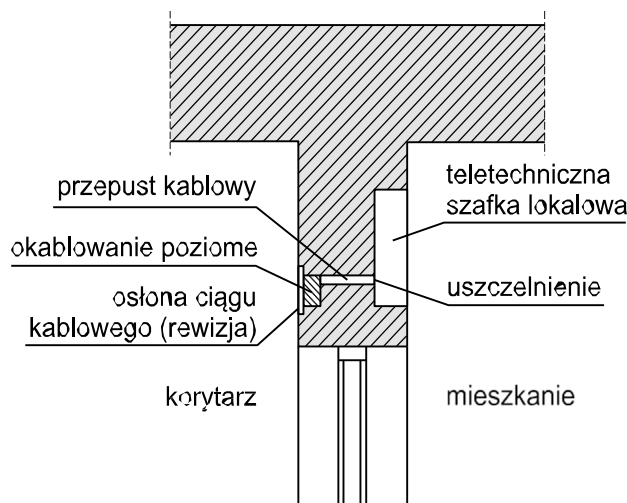
Piony instalacyjne pomiędzy zakończeniami kabli wprowadzonymi do budynku a punktami styku przelotowo-rozgałęźnymi lub puszkami kablowymi należy prowadzić w rurach instalacyjnych trudno zapalnych, mocowanych do ścian. Rury te powinny być łączone za pomocą odpowiednich kształtek i złączek oraz wprowadzane do skrzynek kablowych lub puszek kablowych przynajmniej na głębokość 2 cm. Skrzynki PS i puszki kablowe powinny być:

- instalowane na wysokości (górna ich część) co najmniej 2 m od poziomu podłogi kondygnacji,
- wykonane z materiałów odpornych na uszkodzenia mechaniczne,



- zamykane na zamek typu Yale,
- oznakowane w sposób umożliwiający identyfikację operatora, do którego należą.

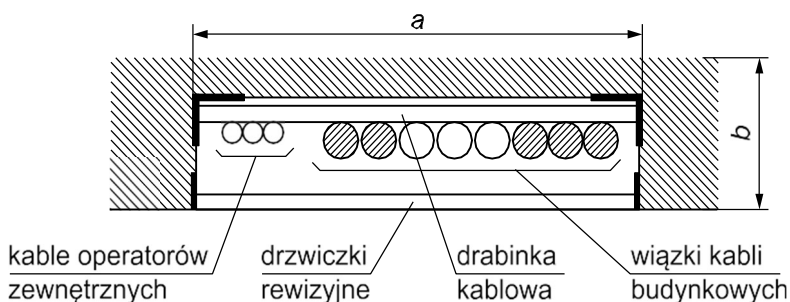
Doprowadzenie kabli telekomunikacyjnych od PS do skrzynki w lokalu (TSM) pomieszczeń abonenta (rys. 9.8) powinno być wykonane w rurach lub listwach osłonowych trudno zapalnych na wysokości co najmniej 2 m od poziomu podłogi danej kondygnacji lub w warstwie izolacyjnej wylewki.



Rys. 9.8. Przykładowy ciąg okablowania poziomego (przekrój poprzeczny) z doprowadzeniem do teletechnicznej szafki lokalowej

Kable telekomunikacyjne prowadzone na zewnętrznych ścianach budynków powinny być instalowane w rurach osłonowych odpornych na działanie czynników atmosferycznych oraz umieszczane na wysokości co najmniej 2,5 m od poziomu terenu. Elementy instalacji telekomunikacyjnej wymagające uziemienia należy uziemić zgodnie z wymaganiami dotyczącymi instalacji elektrycznych. Elementy instalacji telekomunikacyjnej, wyprowadzone ponad dach, a nieznajdujące się w strefie ochronnej instalacji piorunochronnej, należy połączyć z instalacją piorunochronną w budynku. Duża różnorodność budynków użyteczności publicznej powoduje, iż dla każdego budynku i osiedla należy opracować indywidualną dokumentację projektową rozprawienia teletechnicznych pionowych i poziomych ciągów kablowych.

Poziome ciągi kabli teletechnicznych (rys. 9.8) można prowadzić w specjalnie do tego celu przygotowanych (na etapie budowy) kanałach kablowych z zastosowaniem elementów osłonowych, umożliwiających w razie potrzeby, dostęp do tych kabli i możliwość ich wymiany w przypadku ich przebudowy lub rozbudowy. Sytuacja taka może mieć miejsce zwłaszcza w budynkach z długimi korytarzami i mieszkaniami zlokalizowanymi po jednej lub obu jego stronach. Przy mniejszej liczbie pomieszczeń na kondygnacji okablowanie można wykonywać z zastosowaniem giętkich rur instalacyjnych z linkami zaciągowymi, umożliwiającymi dołożenie w każdym momencie dodatkowych kabli bez konieczności wykonywania dodatkowych robót budowlanych. W przypadku budynków istniejących ciągi kablów można realizować za pomocą kanałów natynkowych. Zagospodarowanie (pionowe- go) szybu kablowego pokazano na rysunku 9.9.

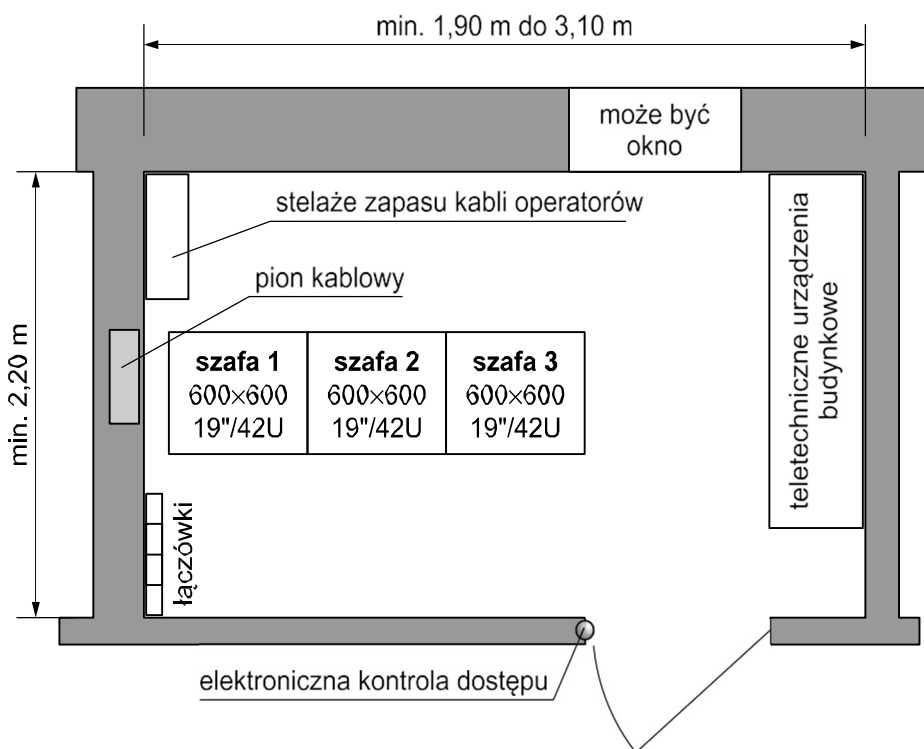


Rys. 9.9. Przykładowe zagospodarowanie (pionowego) szybu kablowego

#### 9.6.2. Wymagania dotyczące pomieszczeń technicznych

Pomieszczenia techniczne przeznaczone na linie teletechniczne i telekomunikacyjne (rys. 9.10) powinny być:

- przystosowane wyłącznie do celów związanych z umieszczeniem urządzeń teletechnicznych i zlokalizowane w miejscu najbardziej odpowiednim do wprowadzenia kabli zewnętrznych od operatorów sieci publicznych, kabli budynkowych (osiedlowych) oraz zainstalowania lokalnych urządzeń teletechnicznych,
- suche i zabezpieczone przed niekorzystnym wpływem innych czynników zewnętrznych; nie powinny przez nie przebiegać żadne inne ciągi instalacji,
- wysokości nie mniejszej niż 2,2 m (zależy ona od przewidywanych do zainstalowania urządzeń w pomieszczeniu),
- wysokości drzwi i przejść pod przewodami instalacyjnymi w świetle co naj- mniej 1,9 m i szerokości 0,8 m,
- z podłogami wykonanymi w sposób zapewniający utrzymanie czystości, nie- pylącymi, antystatycznymi,
- z gładkimi ścianami, odpowiednimi do mocowania szafek, urządzeń i osprzętu instalacyjnego,
- wyposażone w wydzieloną instalację elektryczną w celu zasilania lokalnych urządzeń teletechnicznych i oświetlenia oraz umożliwiającą zainstalowanie dodatkowych liczników poboru energii elektrycznej dla poszczególnych operatorów,
- wyposażone w uziemienie zakończone listwą uziemiającą, w wentylację grawitacyjną, zamek patentowy oraz w elektroniczny system kontroli dostępu lub inny system elektronicznej ochrony,
- oznakowane oraz zawierać informacje o administrаторze.



Rys. 9.10. Przykładowe pomieszczenie techniczne telekomunikacyjne

W przypadku większych budynków powinno zostać także wyznaczone osobne miejsce, pomieszczenie kablowni, najlepiej zlokalizowane bezpośrednio w pobliżu wprowadzenia kabli do budynku w piwnicy lub pierwszej kondygnacji podziemnej, lub nadziemnej (lub na najwyższej kondygnacji dla kabli antenowych), przeznaczone do umieszczenia zapasów kabli wynikających z zastosowanej technologii wykonania.

### 9.6.3. Punkt styku dystrybucyjny

Teletechniczny punkt dystrybucyjny powinien zapewnić miejsce:

- na zainstalowanie trwałego, bezpiecznego i funkcjonalnego zakończenia wszystkich kabli budynkowych, poprowadzonych ze wszystkich lokali i wydzielonych obiektów związanych z budynkiem oraz urządzeń zlokalizowanych w budynku i na przyległym terenie,
- na zainstalowanie trwałych i funkcjonalnych zakończeń urządzeń wszystkich przyłączy zewnętrznych operatorów telekomunikacyjnych,
- na zainstalowanie niezbędnych urządzeń obsługowych na potrzeby budynku i osiedla,
- na zakończenia kablów i urządzenia aktywne obsługowe operatorów zewnętrznych telekomunikacyjnych.

#### 9.6.4. Prace montażowe przy wykonaniu instalacji telekomunikacyjnej budynku

Budowa zewnętrznej kanalizacji teletechnicznej

Należy wykonywać kolejno następujące prace:

- układanie kanalizacji kablowej w gruncie,
- posadowienie studzienek kablowych,
- posadowienie zewnętrznych szafek instalacyjnych,
- wykonanie przepustu kablowego w istniejącym fundamencie,
- wykonanie przepustu kablowego w istniejącym dachu.

Budowa kanalizacji teletechnicznej w budynku obejmuje kolejno:

- montaż drabinek kablowych w szachtach kablowych,
- wykonanie przepustów w stropach pionowych ciągów kablowych,
- wykonanie przepustów w ścianach poziomych ciągów kablowych,
- wykucie bruzd w ścianach dla instalacji pionowych i poziomych ciągów kanalizacji,
- wykucie wnęk do umieszczenia szafek (skrzynek) instalacyjnych.
- Instalacja podtynkowa jest stosowana do układania: rur, kanałów kablowych pionowych i poziomych, natomiast instalacja natynkowa – do układania tras koryt kablowych, w tym do mikrokanalizacji światłowodowej.

Montaż budynkowych szaf i szafek instalacyjnych obejmuje:

- szafy, szafki dystrybucyjne (rozdzielcze), w tym PS,
- mieszkaniowe szafki teletechniczne,
- osprzęt instalacyjny (panele, łączówki itp.).

Instalacja okablowania budynkowego uwzględnia układanie kabli:

- światłowodowych,
- miedzianych (UTP),
- abonenckiego 1 lub 2 x RJ45 wraz z podłączeniem kabli,
- SC/APC wraz z podłączeniem kabli

**Przyłącza abonenckie** powstają przez rozszycie kabli:

- światłowodowych na gniazdach w punkcie styku dystrybucyjnym,
- UTP na gniazdach 1 lub 2 x RJ45 w punkcie styku dystrybucyjnym,
- okablowania punktu styku dystrybucyjnego oraz pomiary końcowe kabli:
- światłowodowych
- UTP (przepływność o charakterystyce D),

### 9.7. Wymagania dotyczące sieci i urządzeń komputerowych

#### 9.7.1. Budowa sieci komputerowych

Sieć komputerowa jest systemem komunikacyjnym służącym do przesyłania danych, łączącym co najmniej dwa komputery i urządzenia peryferyjne.

Klasyfikacja sieci:

Ze względu na obszar, jaki obejmują swym zasięgiem, przeznaczenie i przepustowość sieci można podzielić na następujące klasy:

- lokalna sieć komputerowa (LAN – Local Area Network), czyli sieć łącząca użytkowników na niewielkim obszarze (pomieszczenie, budynek),
- sieć terytorialna, kampusowa (campus network) obejmuje zasięgiem kilka budynków znajdujących się np. na terenie uczelni, przedsiębiorstwa,
- miejska sieć komputerowa (MAN – Metropolitan Area Network), czyli sieć obejmująca swym zasięgiem miasto; najczęściej są to szybkie sieci wybudowane w oparciu o łącza światłowodowe,
- rozległa sieć komputerowa (WAN – Wide Area Network), która przekracza granice miast, państw, kontynentów; sieć taka składa się z węzłów i łączy transmisyjnych; dostęp do sieci rozległej uzyskuje się poprzez dołączenie systemów użytkownika do węzłów sieci,
- sieć radiowa (Radio Network), czyli sieć bezprzewodowa, w której medium transmisyjnym jest kanał radiowy; przy każdej stacji lub grupie stacji zainstalowane jest urządzenie nadawczo-odbiorcze zapewniające transmisję danych; zasięg tych sieci jest uwarunkowany zasięgiem stacji nadawczo-odbiorczych,
- sieć satelitarna: sygnały ze stacji naziemnych są transmitowane do satelity, który retransmituje je do innej (innych) stacji naziemnych; satelita pełni również rolę wzmacniacza sygnału; zasięg takiego systemu jest znacznie większy od zasięgu sieci radiowej i zależy od mocy nadajnika satelity.

Środowiska sieci

Środowisko sieci określone jest przez sieciowy system operacyjny oraz przez protokoły, zapewniające komunikację i usługi sieciowe. Istnieją dwa podstawowe typy sieciowych systemów operacyjnych:

- każdy z każdym (peer-to-peer): umożliwia użytkownikom udostępnienie zasobów swojego komputera oraz dostęp do zasobów innych komputerów; wszystkie systemy w sieci mają taki sam status – żaden z nich nie jest podporządkowany innemu,
- dedykowany serwer: jeden lub więcej komputerów spełnia rolę serwera i nie wykonuje innych zadań; serwer spełnia takie zadania, jak: przechowywanie i udostępnianie plików, zarządzanie współużytkowaniem drukarek oraz zabezpieczenie wszystkich danych.

#### Składniki sieci

Sieć komputerowa składa się zarówno ze sprzętu, jak i z oprogramowania. Podstawowe składniki sieci to:

- sieciowy system operacyjny,
- serwery: urządzenia zawierające oprogramowanie świadczące pewne usługi sieciowe, np.: serwer plików (przechowywanie i odzyskiwanie plików, włącznie z kontrolą praw dostępu i funkcjami związanymi z bezpieczeństwem), serwer poczty elektronicznej, serwer komunikacyjny (usługi połączeń z innymi systemami lub sieciami poprzez łącza sieci rozległej), serwer bazy danych, serwer archiwizujący,
- systemy klienta: węzły lub stacje robocze przyłączone do sieci przez karty sieciowe; system operacyjny klienta może zawierać oprogramowanie (powłoka – requester), skierowujące żądania sieciowe użytkowników lub aplikacji do serwerów,
- karty sieciowe: adapter pozwalający na przyłączenie komputera do sieci; stosowane są różne rodzaje kart w zależności od pracy, do jakiej sieci są przeznaczone,
- system okablowania: medium transmisyjne łączące stacje robocze i serwery; w przypadku sieci bezprzewodowych może to być podczerwień lub kanały radiowe,
- współdzielone zasoby i urządzenia peryferyjne: drukarki, napędy dysków optycznych, plotery itd.

W instalacjach urządzeń przetwarzania danych (sieci teleinformatyczne) nie wolno używać przewodów ochronno-neutralnych PEN, czyli układu sieci TN-C. Zaleca się stosowanie do zasilania układ sieci TN-S. W celu wyeliminowania zakłóceń wynikających z przepływu przez przewód N sumy prądów pobieranych przez poszczególne zasilacze w budynku, zaleca się także zainstalowanie układów sześcioprzewodowych (dodaje się szósty przewód DG – *Data Grund*). Urządzenia komputerowe są sterowane elektrycznie, samodzielne lub zestawiane w układy, służące do gromadzenia, przetwarzania i przechowywania danych.

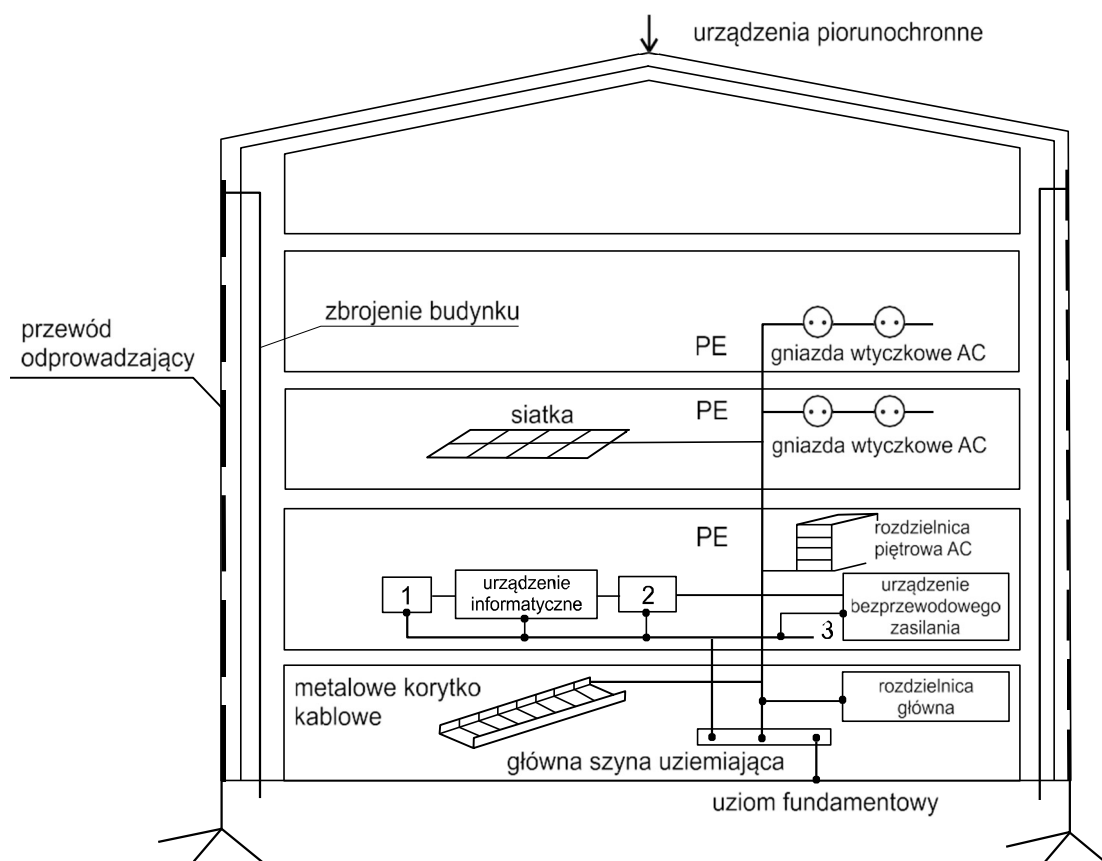
#### 9.7.2. Ochrona przeciwporażeniowa

Ochrona przeciwporażeniowa powinna być zrealizowana w sposób opisany niżej [53]. Przy prądzie upływowym, występującym w urządzeniach ochronnych o wartości większej niż 10 mA, powinny być one przyłączone do instalacji elektrycznej według jednego z trzech podstawowych rozwiązań:

- użycie układów ochronnych (uziemiających) o wysokiej niezawodności, które powinny spełniać następujące wymagania:
- jeżeli zastosowano niezależne (osobne) przewody ochronne, przekrój pojedynczego przewodu ochronnego nie powinien być mniejszy niż 10 mm<sup>2</sup>, a w przypadku zastosowania dwóch równoległych przewodów ochronnych – każdy z nich powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 4 mm<sup>2</sup> i być przyłączony oddzielnymi zaciskami,
- jeżeli żyła przewodu ochronnego jest prowadzona w jednym przewodzie wielożyłowym z żyłami przewodów zasilających, suma przekrojów wszystkich żył nie powinna być mniejsza niż 10 mm<sup>2</sup>,
- stała kontrola ciągłości połączeń uziemionych przewodów ochronnych oraz zastosowany środek lub środki, które w przypadku wystąpienia przerwy w przewodzie ochronnym spowodują samoczynne wyłączenie zasilania urządzenia,
- zastosowanie transformatora dwuuzwojeniowego w celu ograniczenia drogi przepływu prądu upływowego i zmniejszenia do minimum możliwości przerwy w obwodzie; zaleca się, aby obwód wtórny był połączony w układzie sieci TN, przy czym do zastosowań specjalnych może być również używany układ sieci IT.

Części przewodzące dostępne urządzeń do przetwarzania danych powinny być przyłączone do głównej szyny uziemiającej (rys. 9.11). Wymaganie to należy również stosować do metalowych obudów urządzeń o II lub III klasie ochronności oraz do obwodów FELV, jeżeli są uziemione ze względów funkcjonalnych [46].

Przewody uziemiające urządzeń przetwarzania danych (sieci teleinformatyczne) nie mogą być wprowadzone do budynku z pominięciem głównej szyny uziemiającej. Jako przewody uziemiające funkcjonalne można wykorzystywać przewody ochronne PE instalacji elektrycznej zasilającej.



Rys. 9.11. Połączenia wyrównawcze niezbędne w budynku z urządzeniami komputerowymi 1 – telefon, 2 – system elektroniczny dla domu i obiektu, 3 – miejscowy poziomy system połączeń wyrównawczych

## **9.8. Instalacje telefonii lokalnej stacjonarnej**

### **9.8.1. Informacje wstępne**

Budynki użyteczności publicznej powinny być przystosowane do wyposażenia ich w instalacje telefonii stacjonarnej, w tym z kablami LAN dla sieci telefonicznych IP. W celu umożliwienia wprowadzenia przyłącza telefonicznego do budynku, w ścianie budynku należy przewidzieć wykonanie przepustu z rury osłonowej o przekroju odpowiednim do wielkości wiązki przewodów lub wykorzystać istniejący przepust kablowy. W piwnicach lub garażach należy przewidzieć natomiast zainstalowanie puszek-skrzynek na łączówki telefoniczne (krosownic kablowych), np. pod każdym pionem lub na każdej kondygnacji budynku (nie jest zalecane ze względu na powielanie pomieszczeń technicznych).

Miejsca lub pomieszczenia przeznaczone na urządzenia techniczne, związane z instalacją telefoniczną, powinny być łatwo dostępne dla obsługi technicznej oraz zabezpieczone przed ingerencją osób niepowołanych. Główne ciągi (piony) instalacji telefonicznych należy prowadzić w rurach (listwach) instalacyjnych lub w specjalnie wykonanych kanałach instalacyjnych. Dopuszcza się również prowadzenie instalacji we wspólnych wnękach (kanałach) z ciągami instalacji elektrycznych. W tym przypadku muszą być zachowane pomiędzy tymi instalacjami odległości, przy których nie występują wzajemne zakłócenia.

W pionach telefonicznych (teletechnicznych) układanych na korytkach w rurach średnica rury nie powinna być mniejsza niż 36 mm. Przy stosowaniu wspólnego prowadzenia instalacji należy tak podzielić wnękę, aby instalacje były oddzielone od siebie trwałą przegrodą izolacyjną. Zamknięcie wnęki może być wspólne lub oddzielne.

Odległość między rurami instalacyjnymi lub przewodami elektrycznymi i telefonicznymi nie powinna być mniejsza niż 10 cm w świetle. W pomieszczeniach, które zgodnie z projektem mają mieć połączenia telefoniczne, powinny być wykonane wypusty telefoniczne.

### **9.8.2. Instalacje teletechniczne lokalne**

Instalacje teletechniczne lokalne wchodzi w skład wyposażenia budynków użyteczności publicznej w różnym zakresie zależnym od charakteru budynków i sposobu jego użytkowania (np. usługi, przychodnie, szpitale, hotele, budynki administracyjne). Instalacje te powinny być wykonywane z wykorzystaniem istniejącej kanalizacji telekomunikacyjnej w budynku, odpowiednio modyfikowanej do potrzeb odbiorców. Są to między innymi instalacje:

- zabezpieczeń (alarmowych, kontroli dostępu, TV-dozorowej, sygnalizacji zagrożeń itp.),
- teleinformatyczne (sztucznej inteligencji, e-zarządzania, e-diagnostyki i e-usług),
- komunikacji lokalnej,
- telemetryczne,
- sterownicze,
- monitoringu.

## 10. WYKONANIE INSTALACJI PIORUNOCHRONNEJ BUDYNKU

### 10.1. Wymagania ogólne

Budynki należy chronić przed skutkami wyładowań piorunowych zgodnie z wymaganiami zawartymi w następujących przepisach technicznych:

- Polskich Normach:
- PN-EN 62305 Ochrona odgromowa, część 1, 2, 3, 4 [42 – 45],
- PN-HD 60364-4-443:2016-03 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi,
- PN-IEC 60364-5-534 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami,
- warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

(Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690) wymaga się, aby:

- budynek wyposażać w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych; obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 53 ust. 2),
- instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53 ust. 2, powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych (§ 184 ust. 3).

W celu ustalenia, czy ochrona odgromowa obiektu jest potrzebna, należy dokonać oceny ryzyka zgodnie z PN-EN 62305 [43]. Ryzyko  $R$  jest wartością prawdopodobnych średnich rocznych strat. Następujące ryzyka powinny być brane pod uwagę:

- R1 – ryzyko utraty życia ludzkiego,
- R2 – ryzyko utraty usługi publicznej,
- R3 – ryzyko utraty dziedzictwa kulturowego.

Aby wyznaczyć wartość ryzyka  $R$ , należy obliczyć jego komponenty. Każde ryzyko  $R$  jest sumą jego komponentów. Rozpatruje się następujące komponenty ryzyka związane z:

- fizycznym uszkodzeniem obiektu,
- awarią wewnętrznego układu wywołaną przez piorunowy impuls elektromagnetyczny (LEMP) lub przez przepięcia indukowane w liniach wchodzących do obiektu,
- porażeniem istot żywych napięciami dotykowymi wewnątrz obiektu i napięciami krokowymi w strefach do 3 m na zewnątrz obiektu.

Wprowadzono cztery poziomy ochrony odgromowej LPL (od I do IV), ustalono zestaw maksymalnych i minimalnych parametrów prądu pioruna oraz strefy ochrony odgromowej LPZ. Określono cztery klasy urządzenia piorunochronnego LPS w sposób odpowiadający poziomom ochrony odgromowej LPL (tabl. 32). W przypadku gdy ochrona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna okazuje się konieczna, to analiza ryzyka określa wymaganą klasę urządzenia piorunochronnego LPS. Im większe jest ryzyko wynikające z potencjalnych skutków uderzenia pioruna, tym wyższa jest wymagana klasa LPS. Klasy powiązane są z poziomem ochrony odgromowej LPL (tabl. 32) – przy czym LPS klasy I stanowi najwyższy poziom ochrony. Poszczególne poziomy LPL zakładają określone zakresy spodziewanych wartości szczytowych prądu pioruna – zarówno maksymalnych ( $I_{maks.}$ ), jak i minimalnych ( $I_{min.}$ ). Im szerszy zakres parametrów pioruna zostanie przyjęty, tym skuteczniejsza jest ochrona. Przy wymiarowaniu LPS istotne są bowiem nie tylko maksymalne, ale i minimalne spodziewane wartości prądu wyładowania doziemnego. Na etapie projektowania ochrony odgromowej, w zakresie zewnętrznego urządzenia piorunochronnego, klasa LPS wpływa na: wymiarowanie stref ochronnych LPZ, odstęp między przewodami odprowadzającymi, minimalne wymiary uziorów, odstęp separujący.

Tablica 32. Spodziewany prąd pioruna i klasy urządzenia piorunochronnego w zależności od poziomu ochrony odgromowej

Poziom ochrony odgromowej LPL	$I_{min.}$ [kA]	$I_{maks.}$ [kA]	Klasa urządzenia piorunochronnego LPS
I	3	200	I
II	5	150	II
III	10	100	III

IV	16	100	IV
----	----	-----	----

Każda klasa urządzenia piorunochronnego LPS jest charakteryzowana przez następujące dane: parametry prądu pioruna, promień toczonej się kuli, wymiar oka sieci, kąt ochronny, typowe odległości między przewodami odprowadzającymi i po- między przewodami otokowymi, odstęp izolacyjny przeciwdziałający niebezpiecznemu iskrzeniu, minimalna długość uziorów. Określono następujące warunki ciągłości konstrukcji stalowej w obiektach żelbetowych: (...) Konstrukcja stalowa w obiektach żelbetowych jest uznawana za galwanicznie ciągłą, jeżeli wzajemne połączenia pionowych i poziomych prętów są w przeważającej części spawane lub w inny sposób solidnie łączone. Połączenia prętów pionowych powinny być spawane, zaciskane lub wiązane na zakładkę o długości równej co najmniej 20-krotnej ich średnicy. Całkowita rezystancja połączeń prętów zbrojenia od części najwyższej do poziomu ziemi nie powinna być większa niż 0,2  $\Omega$  (...) [43, 44].

## 10.2. Wymagania dotyczące instalacji piorunochronnej zewnętrznej (zewnętrzny LPS)

### 10.2.1. Informacje wstępne

Zewnętrzny LPS\* jest przeznaczony do przejmowania bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekt, włącznie z wyładowaniami w bok obiektu, i odprowadzenia prądu pioruna od punktu trafienia do ziemi oraz rozpraszania tego prądu w ziemi. W większości sytuacji zewnętrzny LPS jest mocowany do poddanego ochronie obiektu [118].

Izolowany zewnętrzny LPS powinien być brany pod uwagę, gdy cieplne i wybuchowe skutki w punkcie uderzenia lub w przewodach z prądem pioruna mogą powodować uszkodzenia obiektu lub jego zawartości. Typowe przykłady dotyczą obiektów z pokryciem palnym dachów oraz obiektów z palnymi ścianami i obszarami zagrożonymi wybuchem lub pożarem. Izolowany zewnętrzny LPS może być również brany pod uwagę, gdy wrażliwość zawartości obiektu zobowiązuje do redukcji pola elektromagnetycznego promieniowanego przez impuls prądu pioruna płynącego w przewodzie odprowadzającym. Naturalne elementy wykonane z materiałów przewodzących, które występują w obiekcie, mogą być użyte jako części LPS. Zewnętrzny LPS składa się ze zwodów, przewodów odprowadzających i uziemienia.

### 10.2.2. Zwody

Zwody mogą być utworzone przez dowolną kombinację następujących elementów:

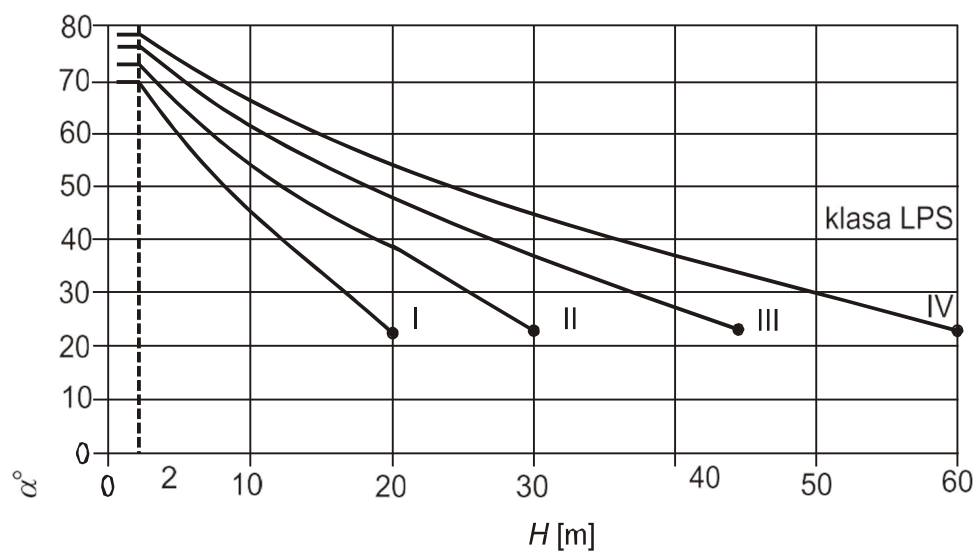
- prętów (włącznie z wolno stojącymi masztami),
- przewodów zawieszonych,
- przewodów w układzie oczkowym.

Elementy układu zwodów instalowanych na dachu powinny być umieszczane w narożnikach, wystających punktach i krawędziach (szczególnie na górnym poziomie każdej fasady), zgodnie z następującymi trzema metodami: kąta ochronnego, toczonej się kuli oraz oczkową.

Metodę toczonej się kuli można stosować w każdym przypadku, metoda kąta ochronnego jest odpowiednia dla budynków o prostych kształtach, ale podlega ograniczeniom wysokości zwodu podanym na rysunku 10.1. Natomiast metoda oczkowa jest odpowiednia tam, gdzie są poddawane ochronie płaskie powierzchnie.

Wartości kąta ochronnego, promienia toczonej się kuli i wymiarów siatki zwodów dla każdej klasy LPS, podane są w tablicy 33.





Rys. 10.1. Wartości kąta ochronnego [44]

H – wysokość zwodu od płaszczyzny odniesienia przestrzeni poddawanej ochronie

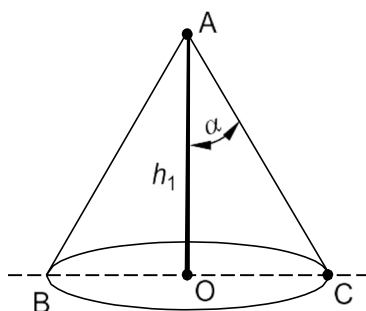
Tablica 33. Maksymalne wartości promienia toczonej się kuli, wymiarów siatki i kąta ochronnego odpowiadających klasom LPS [44]

Klasa LPS	Metoda ochrony		
	promień toczonej się kuli $r$ [m]	wymiary siatki [m]	kąt ochronny $\alpha$ °
I	20	5 □ 5	zgodnie z rysunkiem 10.1
II	30	10 □ 10	
III	45	15 □ 15	
IV	60	20 □ 20	

\* Urządzenie piorunochronne (ang. *Lightning Protection System*).

### 10.2.3. Rozmieszczanie zwodów przy zastosowaniu metody kąta ochronnego

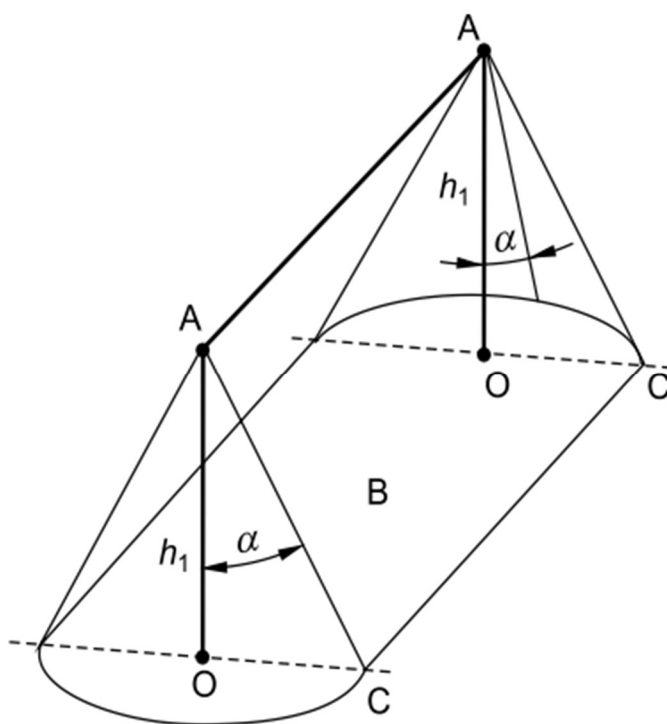
Przestrzeń chroniona przez zwód pionowy ma kształt okrągłego stożka z wierzchołkiem umieszczonym na osi zwodu. Przestrzeń tę określa kąt ochronny  $\alpha$ , równy połowie kąta wierzchołkowego stożka i zależny od klasy LPS oraz od wysokości zwodu (tabl. 33, rys. 10.1 i 10.2).



Rys. 10.2. Przestrzeń chroniona przez zwód pionowy [44]

A – wierzchołek zwodu, B – płaszczyzna odniesienia, OC – promień przestrzeni chronionej,  $h_1$  – wysokość zwodu od płaszczyzny odniesienia przestrzeni poddawanej ochronie,  $\alpha$  – kąt ochronny

Przestrzeń chroniona przez zwód poziomy wysoki wynika z nałożenia przestrzeni chronionych przez poziome zwody pionowe, mające wierzchołki na zwodzie poziomym. Przykład przestrzeni chronionej takim zwodem jest pokazany na rysunku 10.3.

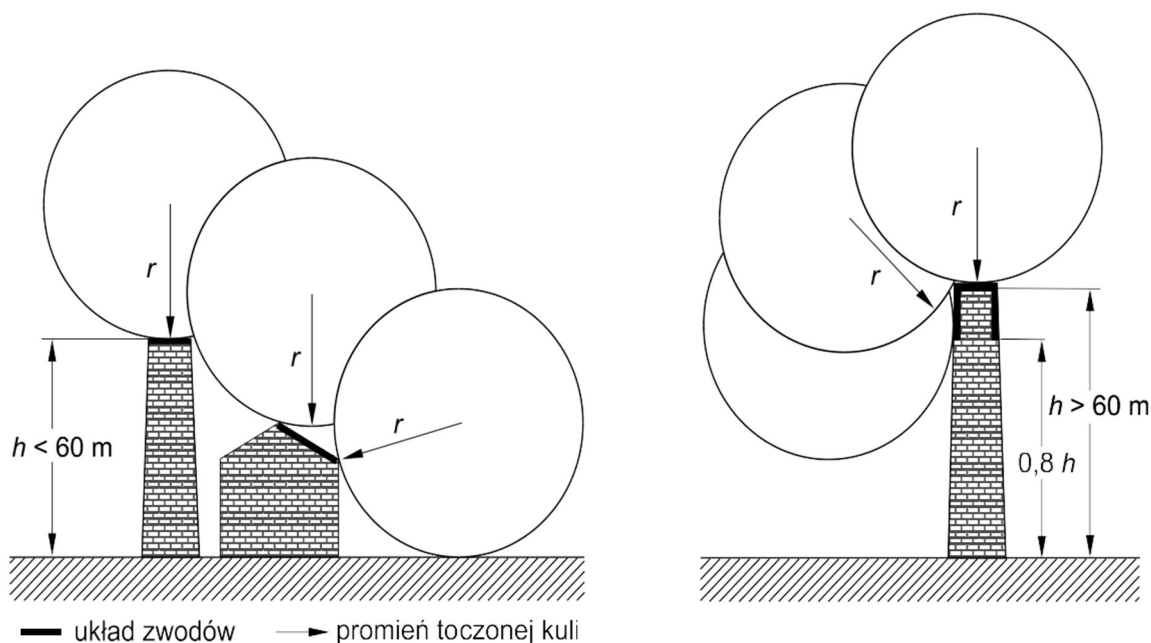


Rys. 10.3. Przestrzeń chroniona przez zwód poziomy wysoki zawieszony [44]

A – wierzchołek zwodu, B – płaszczyzna odniesienia, OC – promień przestrzeni chronionej,  $h_1$  – wysokość zwodu od płaszczyzny odniesienia przestrzeni poddawanej ochronie,  $\alpha$  – kąt ochronny

#### 10.2.4. Rozmieszczanie zwodów przy zastosowaniu metody toczonej się kuli

Przy stosowaniu metody toczonej się kuli rozmieszczenie zwodów jest właściwe, jeżeli żaden punkt obiektu poddawanego ochronie nie styka się z kulą o promieniu  $r$ , toczoną wokół i po górnej powierzchni obiektu we wszystkich możliwych kierunkach, przy czym promień  $r$  zależy od klasy LPS (tabl. 28). W ten sposób kula do- tyka jedynie układu zwodów (rys. 10.4).



Rys. 10.4. Układ zwodów zgodnie z metodą toczonej się kuli [44]

#### 10.2.5. Rozmieszczanie zwodów przy zastosowaniu metody oczkowej

Metoda oczkowa jest właściwa dla poziomych i nachylonych dachów bez krzywizny oraz do ochrony płaskich bocznych powierzchni przed wyładowaniami bocznymi. Przy ochronie powierzchni płaskich odpowiednia jest sieć zwodów poziomych, obejmująca całą powierzchnię, z uwzględnieniem następujących postanowień:

- przewody zwodów są układane: na krawędziach dachu, na częściach wystających dachu, na kalenicy, jeżeli nachylenie dachu przekracza  $1/10$ ; w tym przypadku zamiast sieci mogą być stosowane równoległe przewody zwodów, pod warunkiem że odległość między nimi nie jest większa niż wymagana szerokość oka,
- wymiary oka sieci zwodów nie są większe niż podane w tablicy 33,
- sieć zwodów jest ukształtowana tak, że zawsze prąd pioruna będzie mógł od- płynąć do uziomu przez co najmniej dwie różne drogi przewodzące,
- żadna instalacja metalowa nie wystaje na zewnątrz przestrzeni chronionej przez układ zwodów,
- przewody układu zwodów przebiegają po możliwie najkrótszej i najbardziej bezpośredniej drodze.

#### 10.2.6. Zwody do ochrony wysokich obiektów przed wyładowaniami bocznymi

Przy obiektach wyższych niż 60 m mogą pojawiać się wyładowania boczne, zwłaszcza trafiające w narożniki i krawędzie obiektu. Układ zwodów powinien być zainstalowany tak, aby ochronił górną część wysokich obiektów (ok. 20% wysokości obiektu od góry) i umieszczone na nich urządzenia. Reguły rozmieszczania zwodów na dachu mają zastosowanie do zwodów instalowanych na ścianach górnych części obiektów. Ponadto w przypadku obiektów wyższych niż 120 m powinny być chronione wszystkie części, które mogą być zagrożone powyżej 120 m.

#### 10.2.7. Instalowanie zwodów

Zwody nieizolowane od poddawanego ochronie obiektu mogą być instalowane następująco:

- jeżeli dach jest wykonany z materiału niepalnego, to zwody mogą być umieszczane na powierzchni dachu,
- jeżeli dach jest wykonany z materiału łatwopalnego, to zwody należy instalować w odległości 0,10 m od powierzchni dachu, a w przypadku dachów krytych strzechą tą odległość powinna wynosić 0,15 m,

- łatwopalne części obiektu poddawanego ochronie nie powinny stykać się z elementami zewnętrznego LPS i nie powinny być umieszczane pod jakąkolwiek metalową powłoką dachu, która może być przebita przez wyładowanie piorunowe.

#### 10.2.8. Wykorzystanie jako zwody części przewodzących obiektu

Jako naturalne elementy zwodów i części LPS można wykorzystać następujące części przewodzące obiektu:

- metalowe warstwy pokrycia obiektu poddawanego ochronie, pod warunkiem że:
- galwaniczna ciągłość połączeń między różnymi częściami jest trwała (np. wykonana za pomocą twardego lutowania, spawania, zgniatania, ząbkowania, skręcania lub śrubowania),
- grubość metalowej warstwy jest nie mniejsza niż wartość  $t'$  (tabl. 34), jeżeli jest dopuszczalne przebicie tej warstwy lub nie ma niebezpieczeństwa zapalenia łatwopalnych substancji pod spodem warstwy,
- grubość metalowej warstwy jest nie mniejsza niż wartość  $t$  (tabl. 34), jeżeli jest konieczne przeciwdziałanie przebicciu tej warstwy lub wystąpieniu problemów związanych z punktowym jej przegrzaniem,
- nie są one pokryte materiałem izolacyjnym (cienkie pokrycie farbą ochronną lub asfaltem o grubości 1 mm, lub warstwą PVC grubości 0,5 mm nie jest uznawane za izolator);
- metalowe elementy konstrukcji dachu pod spodem niemetalowego pokrycia dachu, pod warunkiem że pokrycie to może być wyłączone z obiektu poddawanego ochronie,
- metalowe części, takie jak: ozdoby, balustrady, rury, obróbki metalowe itp., o przekrojach nie mniejszych niż podane dla standardowych elementów zwodów,
- rury i zbiorniki metalowe na dachu, pod warunkiem że są one wykonane z materiału o grubościach i przekrojach zgodnych z podanymi w tablicy 34,
- rury i zbiorniki metalowe zawierające łatwopalne lub wybuchowe mieszaniny, pod warunkiem że są one wykonane z materiału o grubości nie mniejszej niż odpowiednia wartość  $t$  podana w tablicy 34, a wzrost temperatury wewnętrznej powierzchni w punkcie uderzenia nie stworzy zagrożenia, natomiast uszczelki w połączeniach kołnierzowych są metalowe lub ich strony są w inny sposób należycie złączone.

Tablica 34. Minimalna grubość warstw metalowych lub rur metalowych w układzie zwodów

Klasa LPS	Materiał	Grubość* $t$ [mm]	Grubość** $t'$ [mm]
I do IV	ołów	–	2,0
	stal (nierdzewna, ocynkowana)	4	0,5
	tytan	4	0,5
	miedź	5	0,5
	aluminium	7	0,65
	cynk	–	0,7
<p>* <math>t</math> zapobiega przebicciu, punktowemu przegrzaniu lub zapłonowi.  ** <math>t'</math> tylko dla warstwy metalowej, gdy nie są istotne problemy przebiccia, punkowego przegrzania lub zapłonu.</p>			

#### 10.2.9. Przewody odprowadzające

Wymagania ogólne

Przewody odprowadzające powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby od punktu uderzenia pioruna do ziemi:

- istniało kilka równoległych dróg prądowych,
- długość dróg prądowych była jak najmniejsza,
- wykonane były połączenia wyrównawcze z przewodzącymi częściami obiektu.

Boczne połączenia przewodów odprowadzających należy wykonywać na poziomie ziemi i w odstępach od 10 m do 20 m wysokości zgodnie z tablicą 35. Zainstalowanie możliwie w jak największej liczbie przewodów odprowadzających w jednakowych odstępach wokół obwodu, wzajemnie połączonych przewodami otokowymi, redukuje prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego iskrzenia i ułatwia ochronę wewnętrznych instalacji. Warunek ten jest spełniony w obiektach o szkieletach metalowych i w obiektach żelbetonowych, w których wzajemnie połączona stal

jest galwanicznie ciągła. Typowe odległości między przewodami odprowadzającymi i między przewodami otokowymi są podane w tablicy 35.

Tablica 35. Typowe odległości między przewodami odprowadzającymi i pomiędzy przewodami otokowymi

Klasa LPS	Typowe odległości [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

#### Rozmieszczenie przewodów odprowadzających w izolowanym LPS

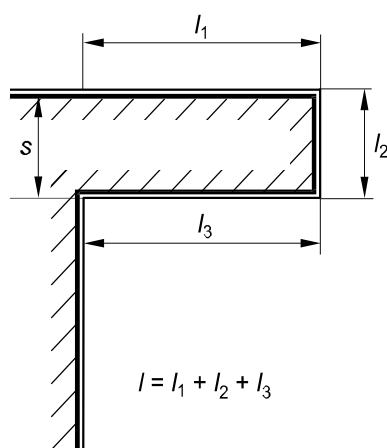
Jeżeli zwody pionowe znajdują się na oddzielnych masztach (lub na jednym maszcie), niewykonanych z metalu lub z wzajemnie połączonej stali zbrojeniowej, niezbędny jest przynajmniej jeden przewód odprowadzający dla każdego masztu. Odnośnie do masztów wykonanych z metalu lub z wzajemnie połączonej stali zbrojeniowej nie są wymagane żadne dodatkowe przewody odprowadzające. Gdy zwody składają się z zawieszonych wysoko przewodów poziomych (lub jednego przewodu), niezbędny jest przynajmniej jeden przewód odprowadzający dla każdej konstrukcji wsporczej. Jeżeli zawieszone wysoko zwody poziome tworzą sieć oczkową, to niezbędny jest przynajmniej jeden przewód odprowadzający na każdym podpartym końcu zwodu.

#### Rozmieszczenie przewodów odprowadzających w nieizolowanym LPS

Liczba przewodów odprowadzających w każdym nieizolowanym LPS nie powinna być mniejsza niż dwa. Przewody powinny być równomiernie rozmieszczone wokół obwodu obiektu poddawanego ochronie przy uwzględnieniu architektonicznych i praktycznych ograniczeń. Typowe odległości między przewodami odprowadzającymi są podane w tablicy 35. Przewód odprowadzający powinien być instalowany w miarę możliwości przy każdym odsłoniętym narożniku obiektu.

#### Instalowanie przewodów odprowadzających

Przewody odprowadzające powinny być instalowane wzdłuż odcinków prostych i pionowych, tak aby zapewniły one najkrótszą i najbardziej bezpośrednią drogę do ziemi. Tworzenie pętli powinno być eliminowane. W przypadku sytuacji pokazanej na rysunku 10.5, odstęp  $s$  mierzony w przerwie pomiędzy dwoma punktami przewodu, długość  $l$  przewodu pomiędzy tymi punktami powinny odpowiadać postanowieniom podanym w punkcie B.



Rys. 10.5. Pętla w przewodzie odprowadzającym

Przewody odprowadzające nie powinny być instalowane ani w rynnach, ani w rurach spustowych, nawet jeżeli są one przykryte materiałem izolacyjnym.

Przewody odprowadzające LPS nieizolowane od obiektu poddawanego ochronie mogą być instalowane następująco:

- jeżeli ściana jest wykonana z materiału niepalnego, to przewody odprowadzające mogą być umieszczone na powierzchni ściany lub w ścianie,

- jeżeli ściana jest wykonana z materiału łatwopalnego, to przewody odprowadzające mogą być umieszczone na powierzchni ściany, pod warunkiem że wzrost ich temperatury pod wpływem przepływu prądu pioruna nie jest niebezpieczny dla materiału ściany,
- jeżeli ściana jest wykonana z materiału łatwopalnego a wzrost temperatury przewodów odprowadzających jest niebezpieczny, to przewody odprowadzające powinny być umieszczone w taki sposób, aby odstęp między nimi a ścianą był zawsze większy niż 0,1 m; wsporniki montażowe mogą mieć kontakt ze ścianą,
- jeżeli nie można zapewnić wymaganego odstępu przewodu odprowadzającego od palnej ściany, to przekrój przewodu nie powinien być mniejszy niż 100 mm<sup>2</sup>.

Wykorzystanie części przewodzących obiektu jako przewodów odprowadzających

Jako naturalne przewody odprowadzające powinny być brane pod uwagę następujące części przewodzące obiektu:

- instalacje metalowe, pod warunkiem że:
- galwaniczna ciągłość pomiędzy różnymi częściami jest trwała,
- ich wymiary są przynajmniej równe wymiarom standardowych przewodów odprowadzających (rurociągi metalowe zawierające mieszaniny łatwopalne lub wybuchowe mogą być brane pod uwagę jako element naturalny przewodu odprowadzającego, jeżeli uszczelki w połączeniach kołnierзовych są metalowe lub ich strony są w inny sposób należycie złączone),
- zbrojenie stalowe w obiektach żelbetowych; galwaniczna ciągłość prętów stalowego zbrojenia powinna być zapewniona za pomocą zacisków lub spawania,
- wzajemnie połączony stalowy szkielet konstrukcji obiektu,
- elementy fasady, takie jak szyny profilowe i metalowe elementy konstrukcyjne fasad, pod warunkiem że:
- ich wymiary odpowiadają wymaganiom dotyczącym przewodów odprowadzających,
- grubości warstw metalowych lub rur metalowych nie są mniejsze niż 0,5 mm,
- jest zapewniona galwaniczna ciągłość ich połączeń w kierunku pionowym. Jeżeli metalowy szkielet konstrukcji obiektów stalowych lub wzajemnie połączona stal zbrojenia obiektu są wykorzystywane jako przewody odprowadzające, nie ma potrzeby stosowania przewodów otokowych.

#### 10.2.10. Zaciski probiercze

Przy połączeniu z uziomem każdy przewód odprowadzający, z wyjątkiem naturalnych przewodów odprowadzających zespolonych z uziomami fundamentowymi, powinien być wyposażony w zacisk probierczy. Do celów pomiarowych konstrukcja zacisku powinna zapewnić możliwość jego rozłączania za pomocą narzędzi. W normalnym użytkowaniu powinien być on zamknięty.

#### 10.2.11. Uziemienie

Ze względu na ochronę odgromową preferowany jest prosty zintegrowany układ uziomów, odpowiedni do wszystkich zastosowań, tj. do ochrony odgromowej, układów elektroenergetycznych i układów telekomunikacyjnych. Zalecana jest mała rezystancja uziemienia, nawet mniejsza niż 10 Ω.

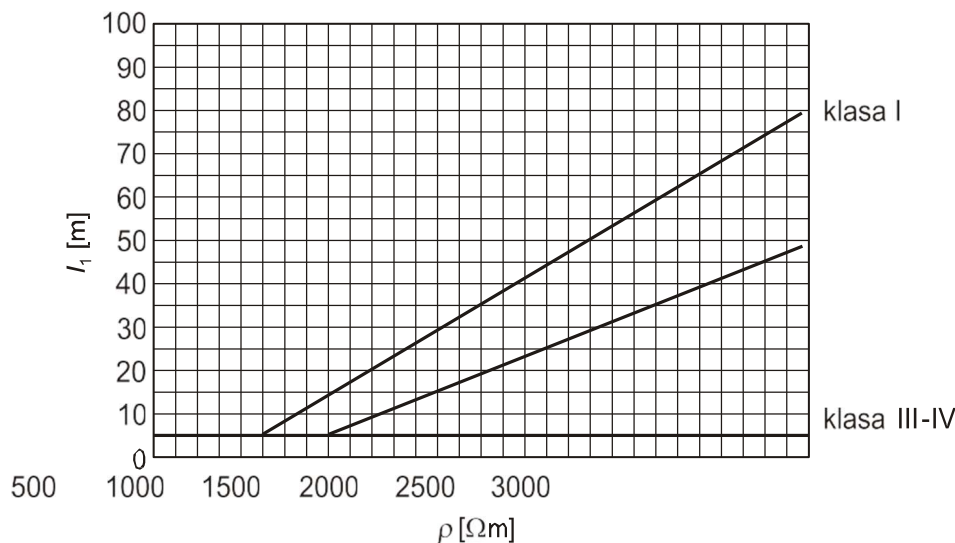
### 10.3. Układy uziomów w warunkach ogólnych

#### 10.3.1. Informacje wstępne

W układach uziomów mają zastosowanie dwa podstawowe typy.

Układ uziomów typu A

Typ A układu zawiera uziomy poziome i pionowe, instalowane na zewnątrz obiektu poddawanego ochronie i przyłączane do każdego przewodu odprowadzającego. W układach typu A całkowita liczba uziomów nie powinna być mniejsza niż dwa. Minimalna długość każdego uziomu od podstawy każdego przewodu odprowadzającego jest równa:  $l_1$  dla uziomów poziomych, lub  $0,5 l_1$  dla uziomów pionowych (lub nachylonych), gdzie  $l_1$  jest minimalną długością uziomów poziomych pokazanych na rysunku 10.6.



Rys. 10.6. Minimalna długość  $l_1$  każdego uziomu (zgodnie z klasą LPS w tablicy 32)

W przypadku uziomów złożonych, składających się z uziomów poziomych i pionowych, powinna być brana pod uwagę ich całkowita długość. Zmniejszenie rezystancji uziemienia przez wydłużenie uziomów jest praktycznie możliwe do 60 m. Minimalne długości określone na rysunku 10.6 mogą nie być brane pod uwagę, pod warunkiem że uzyskana została rezystancja uziemienia mniejsza niż 10  $\Omega$ .

#### Układ uziomów typu B

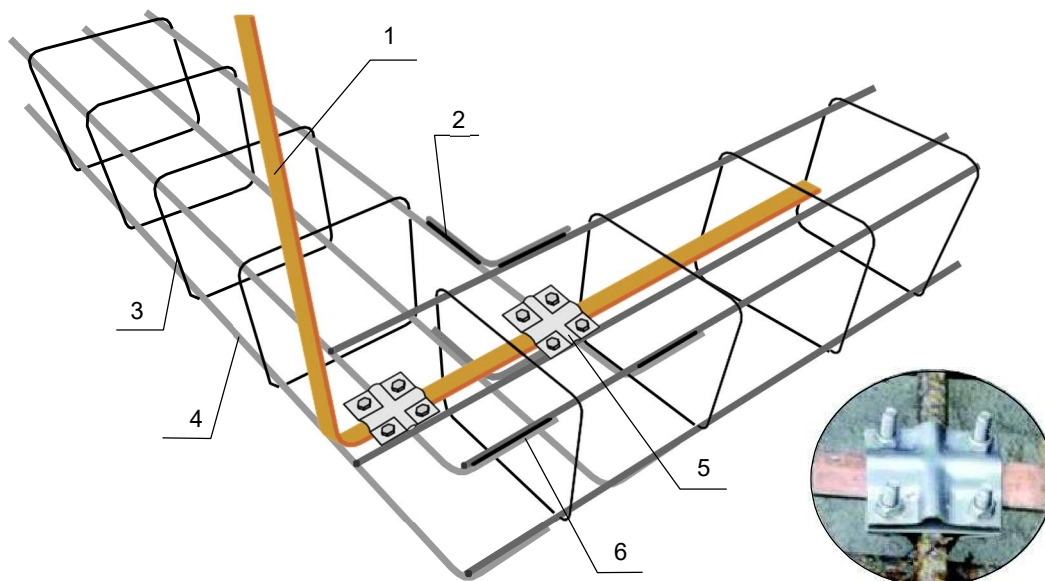
Typ B układu zawiera albo uziom otokowy, ułożony na zewnątrz obiektu pod- danego ochronie i pozostający w kontakcie z ziemią na długości równej przy- najmniej 80% całkowitej jego długości, albo uziom fundamentowy. Takie uziomy mogą również tworzyć kratę. W przypadku uziomu otokowego lub uziomu fundamentowego średni promień  $r_e$  obszaru objętego tym uziomem nie powinien być mniejszy niż wartość  $l_1$ , tj.  $r_e \geq l_1$ .

#### 10.3.2. Instalowanie uziomów

Uziom otokowy typu B powinien być zakopany wokół obiektu na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m i w odległości 1 m od zewnętrznych ścian obiektu. Uziomy typu A powinny być instalowane przy usytuowaniu górnego ich krańca na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m i zachowaniu najbardziej równomiernego ich rozkładu w celu zminimalizowania skutków sprzężenia elektrycznego w ziemi. Uziomy po- winny być instalowane w sposób pozwalający na ich sprawdzanie podczas budowy. Głębokość osadzenia i typ uziomów powinny być tak dobrane, aby zminimalizowały skutki korozji oraz wysychania i zamarzania gruntu, a przez to ustabilizowały klasyczną rezystancję uziemienia.

#### 10.3.3. Uziomy naturalne

Wzajemnie połączona stal zbrojeniowa w fundamentach betonowych lub inne odpowiednie metalowe struktury podziemne powinny być wykorzystywane jako uziomy (rys. 10.7). Jeżeli jako uziom jest wykorzystywane metalowe zbrojenie w betonie, to szczególną uwagę należy zwrócić na wzajemne połączenia stali zbrojeniowej, aby zapobiec mechanicznemu rozłupywaniu betonu.



Rys. 10.7. Łączenie spawane prętów zbrojeniowych wykorzystanych do budowy uziomu fundamentowego (zdjęcia firmy RST)

1 – przewód uziemiający (miedź Cu, stal pomiedziowana StCu), 2 – dodatkowy pręt łączący w punktach skrzyżowań, 3 – strzemiona  $\square$  6 mm łączone drutem wiązkowym, 4 – pręty wzdlużne min.  $\square$  10 mm, 5 – połączenie przewodu uziemiającego ze zbrojeniem ławy fundamentowej, 6 – pręty wzdlużne profilowane w kształt litery L, umożliwiające wykonanie spoiny o długości 50 mm

Preferowaną metodą do połączeń przewodzących prąd piorunów jest spawanie i łączenie zaciskowe. Połączenia zewnętrznych obwodów ze wzajemnie połączonym zbrojeniem powinny być wykonane za pomocą zacisków lub spawania. Spoiny w betonie powinny mieć długość równą co najmniej 30 mm, natomiast krzyżujące się pręty powinny być wygięte przed spawaniem tak, aby na długości co najmniej 50 mm przebiegały równolegle.

Na etapie wykonywania zbrojenia ław fundamentowych należy pamiętać, że w przyszłości będą one służyły jednocześnie jako uziemienie instalacji elektrycznej lub piorunochronnej. Aby tak się stało, należy to uziemienie połączyć ze zbrojeniem fundamentów. Służy do tego tzw. bednarka, czyli ocynkowany płaskownik. Liczba bednarek, ich rozmieszczenie, wymiary i sposób przymocowania do zbrojenia powinny znajdować się w projekcie instalacji elektrycznej. Najczęściej wykonuje się bednarki na rogach budynku, w miejscach, gdzie ma być doprowadzona instalacja piorunochronna, oraz w okolicy planowanej rozdzielni elektrycznej w budynku. Wymiary płaskownika to np.  $3 \times 40$  mm. Ważny jest też sposób połączenia bednarki ze zbrojeniem. Za konieczne minimum przyjmuje się, że każdy płaskownik powinien być przyspawany do co najmniej dwóch różnych głównych prętów zbrojeniowych.

Podstawowym warunkiem w celu zapewnienia układom uziomów długoletniego i skutecznego działania jest właściwy dobór materiałów stosowanych w konstrukcjach wzajemnie połączonych uziomów naturalnych i sztucznych. Wybór nieodpowiednich materiałów może prowadzić do przyspieszonej korozji uziomów i w rezultacie do szybkiej degradacji ich parametrów elektrycznych. Z tego powodu pogrążane bezpośrednio w gruncie metalowe elementy uziomu sztucznego, łączonego z uziomem fundamentowym naturalnym, powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami normy [44] wyłącznie z miedzi, stali nierdzewnej lub stali pomiedziowanej. Stosowanie w tym celu stali ocynkowanej jest niezalecane ze względu na zbyt dużą różnicę potencjałów elektrochemicznych stali ocynkowanej i żelbetu, która stwarza warunki sprzyjające przyspieszonej korozji uziomu zewnętrznego.

#### 10.3.4. Elementy urządzenia piorunochronnego LPS

Elementy LPS powinny wytrzymywać bez uszkodzenia skutki elektromagnetyczne prądu pioruna i przewidywalne przypadkowe naprężenia. Materiał i kształt oraz minimalne wymiary przewodów i prętów na zwody i przewody odprowadzające są podane w tablicy 36.

Do tworzenia sieci sztucznych zwodów i przewodów odprowadzających wykorzystywane są najczęściej przewody stalowe ocynkowane. Materiał, kształt i minimalne wymiary materiałów na uziomy podano w tablicy 37.



Tablica 36. Materiał, kształt i minimalne wymiary przewodów i prętów na zwody i przewody odprowadzające [44]

Materiał	Kształt	Minimalna powierzchnia przekroju [mm <sup>2</sup> ]	Uwagi <sup>10)</sup>
Miedź	taśma drut <sup>7)</sup> linka pręt <sup>3), 4)</sup>	50 8) 50 8) 50 8) 200	min. grubość 2 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm, średnica 16 mm
Miedź ocynkowana <sup>1)</sup>	taśma drut <sup>7)</sup> linka	50 8) 50 8) 50 8)	min. grubość 2 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm
Aluminium	taśma drut linka	70 50 8) 50 8)	min. grubość 3 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm
Stop aluminium	taśma drut linka pręt <sup>3)</sup>	50 8) 50 50 8) 200	min. grubość 2,5 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm, średnica 16 mm
Stal ocynkowana ogniowo <sup>2)</sup>	taśma drut <sup>9)</sup> linka pręt <sup>3), 4), 9)</sup>	50 8) 50 50 8) 200	min. grubość 2,5 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm, średnica 16 mm
Stal nierdzewna <sup>5)</sup>	taśma <sup>6)</sup> drut <sup>6)</sup> linka pręt 3), 4)	50 8) 50 50 8) 200	min. grubość 2 mm, średnica 8 mm, min. średnica każdego drutu 1,7 mm, średnica 16 mm
Stal pokryta miedzią	lita okrągła	50	—

1) Minimalna grubość powłoki ogniowej lub galwanicznej 1 µm.

2) Powłoka powinna być gładka, ciągła i wolna od niejednorodności oraz mieć min. grubość 50 µm.

3) Odpowiednie tylko na zwody pionowe. Tam, gdzie naprężenia mechaniczne, np. powodowane wiatrem, nie są krytyczne, można stosować zwody pionowe o długości do 1 m z pręta o średnicy 10 mm z dodatkowym mocowaniem.

4) Odpowiednie tylko na pręty wprowadzane do ziemi.

5) Chrom ≥ 16%, nikiel ≥ 8%, węgiel ≤ 0,07%.

6) Przy stali nierdzewnej osadzonej w betonie i/lub stykającej się bezpośrednio z materiałem palnym, minimalne wymiary drutów powinny być zwiększone do 78 mm<sup>2</sup> (średnica 10 mm), a taśm do 75 mm<sup>2</sup> (minimalna grubość 3 mm).

7) W pewnych zastosowaniach, gdzie wytrzymałość mechaniczna nie stanowi zasadniczego wymagania, przekrój 50 mm<sup>2</sup> (średnica 8 mm) może być zmniejszony do 28 mm<sup>2</sup> (średnica 6 mm).

8) Jeżeli względy cieplne i mechaniczne są ważne, to wymiary te mogą być zwiększone do 60 mm<sup>2</sup> dla taśm i do 78 mm<sup>2</sup> dla drutów i linek.

9) Minimalny przekrój w celu uniknięcia topnienia wynosi: 16 mm<sup>2</sup> (miedź), 25 mm<sup>2</sup> (aluminium), 50 mm<sup>2</sup> (stal i stal nierdzewna) przy energii właściwej równej 10 000 kJ/Ω.

10) Grubość, szerokość i średnica są określone z dokładnością ±10%.

Tablica 37. Materiał, kształt i minimalne wymiary materiałów na uziomy [44]

Materiał		Kształt	Minimalne wymiary					
			PN HD 60364-5-54:2011			PN-EN 62305-3:2011		
			średnica [mm]	przekrój [mm <sup>2</sup> ]	grubość* materiału lub powłoki	średnica [mm]	przekrój [mm <sup>2</sup> ]	grubość* materiału lub powłoki
MIEDŹ	goła lub cynowana	drut	–	(25) <sup>1)</sup> , 50	–	–	50	2 μm
		taśma	–	50	2	–	50	–
		pręt	(12) <sup>1)</sup> , 15	–	–	15	–	–
		linka <sup>2)</sup>	1,7	(25) <sup>1)</sup> , 50	1 μm	–	50	–
		rura	20	–	2	20	–	–
		lita płyta <sup>3)</sup>	–	–	(1,5) <sup>1)</sup> , 2	–	500 × 500	1,5, (1 μm) <sup>1)</sup>
		krata	–	–	2	–	600 × 600 <sup>4)</sup>	–
	galwanizowana	taśma	–	–	–	–	–	–
	z powłoką Pb	drut	–	–	–	–	–	–
		linka	–	–	–	–	–	–
STAL	pomiedziowana elektro- litycznie	drut	(8) <sup>1)</sup>	–	70 μm	–	50	–
		taśma	–	90	3, (70 μm) <sup>1)</sup>	–	90	3, (70 μm) <sup>1)</sup>
		pręt	14	–	(250 μm) <sup>1)</sup>	14	–	–
	z powłoką Cu	pręt	15	–	(2000 μm) <sup>1)</sup>	–	–	–
	z powłoką Pb	drut	–	–	–	–	–	–
	ocynkowana ogniowo	drut	10	–	45 μm	–	78	–
		taśma	–	90	3, (63 μm) <sup>1)</sup>	–	90	–
		pręt	16	–	45 μm	14	–	–
		linka <sup>2)</sup>	–	70	–	–	–	–
		rura	25	–	2, (45 μm) <sup>1)</sup>	25	–	–
		lita płyta <sup>3)</sup>	–	–	–	–	500 × 500	3
		krata <sup>3)</sup>	–	–	–	–	600 × 600 <sup>4)</sup>	–
	goła w betonie	drut	10	–	–	–	78	–
		taśma	–	75	3	–	75	–
		linka <sup>2)</sup>	–	–	–	–	70	–
	nierdzewna	drut	10	–	–	–	78	–
		taśma	–	90	3	–	100	2
		pręt	16	–	–	15	–	–
		rura	25	–	2	–	–	–
	pokryta miedzią	lita okrągła	–			14 –	50 50	– –

\* Grubość materiału, mm; grubość powłoki [μm].

1) Nawiasy dotyczą jedynie uziomów do ochrony przeciwporażeniowej, wartości podane bez nawiasów □ ochrony przepięciowej.

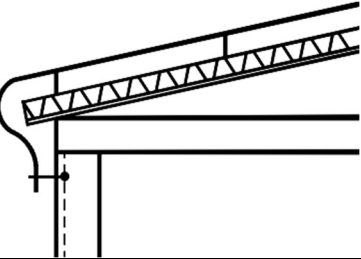
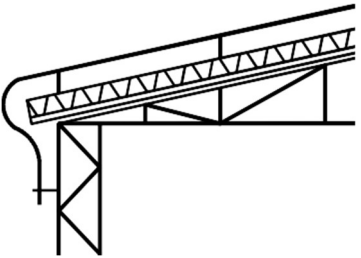
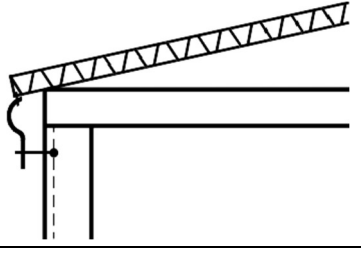
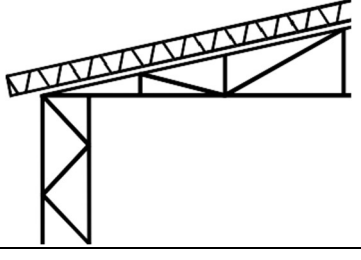
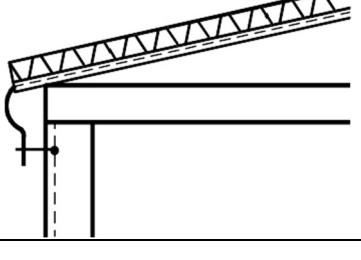
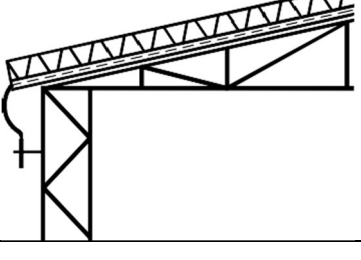
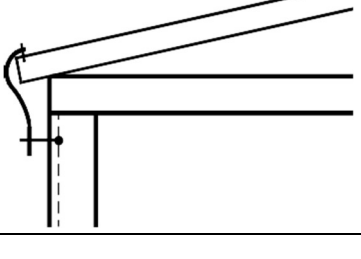
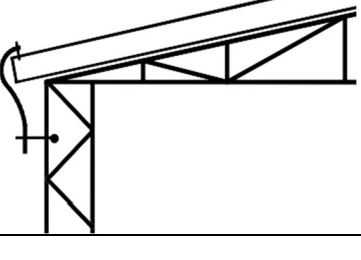
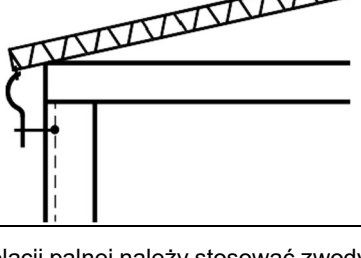
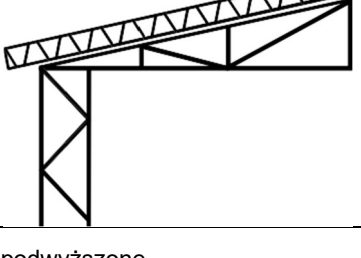
2) Średnica dla pojedynczego drutu.

3) Dla płyt i krat podano wymiary powierzchni.

4) Kratownica skonstruowana z przewodu o długości co najmniej 4,8 m.

Przykłady wykorzystania elementów przewodzących obiektu jako naturalnych części instalacji piorunochronnej przedstawiono w tablicy 38.

Tablica 38. Przykłady wykorzystania elementów przewodzących obiektu jako naturalnych części instalacji piorunochronnej

Pokrycia dachowe	Rodzaj zwodu	Słupy nośne	
		żelbetowe	stalowe
Pokrycie izolacyjne na podłożu nieprzewodzącym	poziom niski na pokryciu niepalnym lub podwyższony na pokryciu palnym		
Izolacja cieplna niepalna na blasze wewnętrznej	wykorzystana blacha wewnętrzna		
Izolacja niepalna na płycie żelbetowej (przy dachach wylewanych)	wykorzystane zbrojenie płyty żelbetowej		
Blacha zewnętrzna na dachu nieprzewodzącym z izolacją niepalną lub trudno zapalną*	wykorzystana blacha zewnętrzna		
Izolacja niepalna lub trudno zapalna między blachą zewnętrzną a wewnętrzną	wykorzystana blacha zewnętrzna (połączona z wewnętrzną)		
* W przypadku izolacji palnej należy stosować zwody podwyższone.			

## 10.4. Wewnętrzny LPS

### 10.4.1. Połączenia wyrównawcze

Wewnętrzny LPS powinien eliminować możliwość pojawienia się niebezpiecznego iskrzenia w poddawanych ochronie obiektach, wskutek przepływu prądu w zewnętrznym LPS lub w innych częściach przewodzących obiektu. Niebezpieczne iskrzenie między różnymi częściami może być wyeliminowane za pomocą:

- połączeń wyrównawczych,
- izolacji elektrycznej zewnętrznego LPS.
- Wyrównanie potencjałów jest uzyskiwane przez wzajemne połączenie LPS z:
  - metalowymi częściami konstrukcyjnymi,
  - metalowymi instalacjami,
  - przyłączonymi do obiektu zewnętrznymi przewodzącymi częściami i liniami. Środkami wzajemnych połączeń mogą być:
- przewody łączące, tam gdzie ciągłość galwaniczna połączeń nie jest zapewniona w sposób naturalny,
- urządzenia do ograniczania przepięć (SPD), tam gdzie bezpośrednie połączenie za pomocą przewodów łączących nie jest możliwe.

Urządzenia do ograniczania przepięć powinny być instalowane w taki sposób, aby mogły być sprawdzane. W przypadku izolowanego zewnętrznego LPS połączenie wyrównawcze powinno być wykonane jedynie na poziomie ziemi. W przypadku zewnętrznego LPS, który nie jest izolowany, połączenie wyrównawcze powinno być instalowane w części przyziemnej obiektu oraz tam, gdzie nie są spełnione wymagania dotyczące odstępów izolacyjnych. Odnośnie do budynków wyższych niż 30 m zaleca się stosowanie połączeń wyrównawczych na poziomie 20 m i co 20 m powyżej tego poziomu.

Galwanicznie ciągłe przewodzące części obiektu mogą być użyte do realizacji połączeń wyrównawczych. Jeżeli w rurociągach gazowych i wodnych występują wstawki izolacyjne, to powinny być one mostkowane za pomocą SPD.

### 10.4.2. Izolacja elektryczna zewnętrznego LPS

Izolacja elektryczna pomiędzy zwodem lub przewodem odprowadzającym a konstrukcyjnymi częściami metalowymi i instalacjami metalowymi może być uzyskana przez zapewnienie pomiędzy częściami odstępów  $d$  większego niż wymagany odstęp izolacyjny  $S$ :

$$S = k_j \frac{k_c}{k_m} l$$

gdzie:

- $k_j$  – zależy od wybranej klasy LPS (tabl. 39),
- $k_c$  – zależy od prądu pioruna płynącego w przewodach odprowadzających (tabl. 40),
- $k_m$  – zależy od materiału izolacji elektrycznej (tabl. 41),

$l$  – długość mierzona wzdłuż zwodu lub przewodu odprowadzającego od punktu, w którym jest rozpatrywany odstęp izolacyjny, do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego, m.

Tablica 39. Wartość współczynnika  $k_j$

Klasa LPS	Wartość współczynnika $k_j$
I	0,08
II	0,08
III / IV	0,04

W obiektach z metalowym lub ciągłym galwanicznie szkieletem zbrojenia betonu odstęp izolacyjny nie jest wymagany.

Tablica 40. Wartości współczynnika podziału prądu pioruna  $k_c$  zależne od wielu czynników [44]

Typ układu zwodów	Liczba przewodów odprowadzających $n$	$k_c$	
		układ uziemienia typu A	układ uziemienia typu B
Pojedynczy pręt	1	1	1
Drut	2	0,66 <sup>4)</sup>	0,5 ... 1 <sup>1)</sup>
Sieć	4 i więcej	0,44 <sup>4)</sup>	0,25 ... 0,5 <sup>2)</sup>
Sieć	4 i więcej, połączonych poziomymi przewodami otokowymi	0,44 <sup>4)</sup>	1/n ... 0,5 <sup>3)</sup>
<p><sup>1)</sup> Zakres wartości od <math>k_c = 0,5</math>, gdzie <math>c &lt; h</math>, do <math>k_c = 1</math> przy <math>h &lt; c</math>.</p> <p><sup>2)</sup> Równanie dla <math>k_c</math> jest aproksymacją dla obiektu sześciennego i dla <math>n \leq 4</math>. Założono, że wartości <math>h</math>, <math>cs</math> i <math>cd</math> zawierają się w przedziale od 5 m do 20 m.</p> <p><sup>3)</sup> Jeżeli przewody odprowadzające są połączone poziomo za pomocą przewodów otokowych, to rozkład prądu jest bardziej równomierny w dolnych częściach układu przewodów odprowadzających i <math>k_c</math> jest bardziej zredukowany. Jest to szczególnie ważne w przypadku wysokich obiektów.</p> <p><sup>4)</sup> Wartości te są ważne dla pojedynczych uziomów z porównywalnymi rezystancjami uziemienia. Jeżeli rezystancje uziemienia pojedynczych uziomów są wyraźnie różne, to przyjmuje się <math>k_c = 1</math>. Mogą być użyte inne wartości <math>k_c</math>, trzeba wtedy przeprowadzić szczegółowe obliczenia.</p>			

Tablica 41. Wartość współczynnika  $k_m$  [44]

Materiał*	Wartość współczynnika $k_m$
Powietrze	1
Beton, cegły	0,5
* Jeżeli występuje szeregowo kilka materiałów izolacyjnych, to należy przyjąć mniejszą wartość $k_m$ .	

#### 10.4.3. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi\*

W celu zapewnienia bezawaryjnej pracy urządzeń elektrycznych i elektronicznych konieczne jest zainstalowanie urządzeń ochrony przepięciowej w instalacji elektrycznej obiektu budowlanego. Urządzenia te powinny być tak dobrane, aby ich znamionowe napięcie wytrzymałości udarowej nie było mniejsze niż wymagane wytrzymywane napięcie udarowe (tabl. 42).

Tablica 42. Wymagane wytrzymywane wartości napięć udarowych

Znamionowe napięcie instalacji <sup>a)</sup> [V]	Napięcie faza–punkt N pochodzące od napięć znamionowych AC lub DC, aż do wartości [V]	Wymagana wytrzymałość udarowa [kV] (udar napięciowy 1,2/50 $\mu$ s/ $\mu$ s wg kategorii) <sup>b)</sup>			
		IV kategoria przepięć	III kategoria przepięć	II kategoria przepięć	I kategoria przepięć
		np. licznik energii elektrycznej, system telesterowniczy	np. tablice rozdzielcze, wyłączniki, gniazda wtykowe	np. domowe urządzenia rozdzielcze oraz narzędzia	np. wrażliwe urządzenia elektroniczne
120/208	150	4	2,5	1,5	0,8

230/400 <sup>c)</sup> 277/480 <sup>b)</sup>	300	6	4	2,5	1,5
400/690	600	8	6	4	2,5
1000	1000	12	8	6	4
1500 DC	1500 DC	15 d)	10 d)	8 <sup>d)</sup>	6 <sup>d)</sup>
<p><sup>a)</sup> Zgodnie IEC 60038.</p> <p><sup>b)</sup> Znamionowe udarowe napięcie wytrzymywane występuje między przewodami fazowymi a PE.</p> <p><sup>c)</sup> W układach IT, działających przy 220 – 240 V, powinna być stosowana wartość 230/400 z uwagi na wartość napięcia doziemnego przy fazowym zwarciu doziemnym.</p> <p><sup>d)</sup> Wartości zalecane oparte na IEC/TR 60664-2-1:2011, załącznik D.</p>					

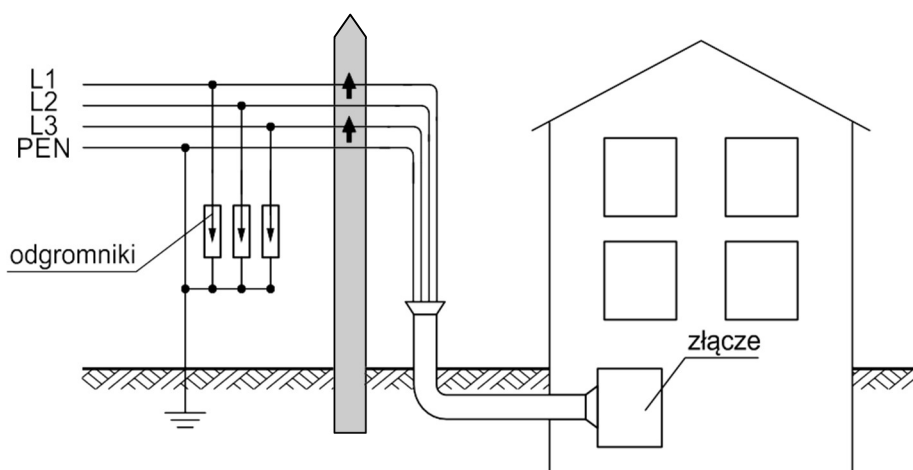
Ochronę przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi w instalacjach elektrycznych należy zapewnić przez zastosowanie ograniczników przepięć oraz poprawnie wykonanych połączeń wyrównawczych. W systemie ochrony przeciw- przepięciowej szczególnie ważny jest podstawowy układ ochrony zainstalowany na początku instalacji. Tworzące ten układ ograniczniki przepięć powinny zapewnić podstawową ochronę przed wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi, awaria- mi w sieci elektroenergetycznej oraz przepięciami atmosferycznymi nawet w przypadku bezpośredniego uderzenia pioruna w budynek.

Ograniczniki przepięć należy instalować bezpośrednio w złączu lub w rozdzielnicy głównej, powinny być włączone między każdy przewód fazowy i uziom oraz między przewód neutralny N i uziom, jeżeli przewód N nie jest uziemiony na początku instalacji.

---

\* W treści rozdziału 10.4.3 przyjęto ustalenia [61 – 64].

W sieci linii napowietrznej zasilającej obiekt budowlany należy instalować odgromniki, jak przedstawiono na rysunku 10.8.

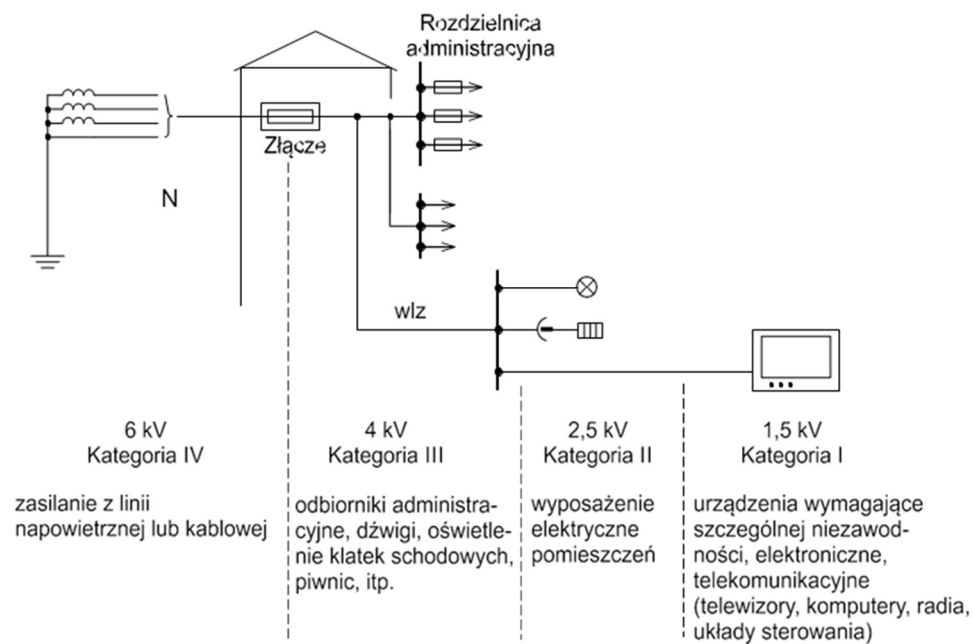


Rys. 10.8. Odgromniki zainstalowane w sieci linii napowietrznej zasilającej obiekt budowlany

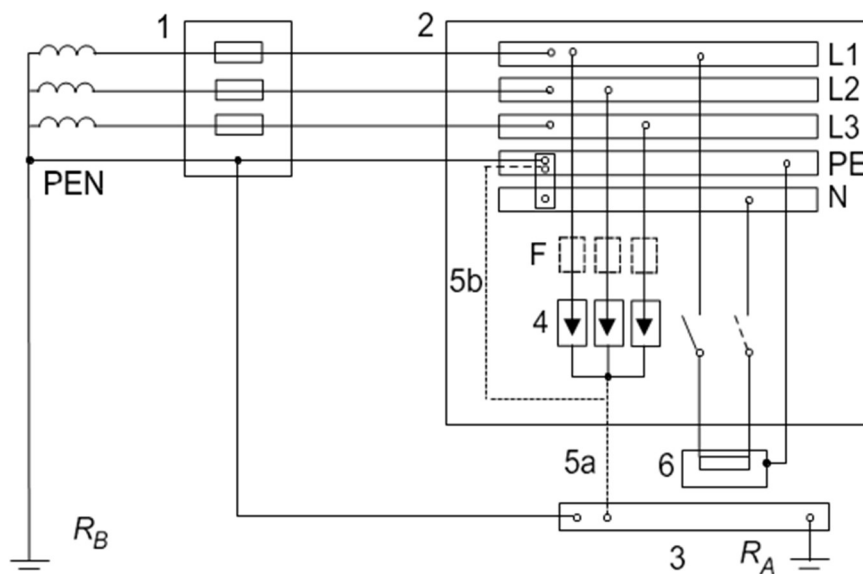
Należy zastosować możliwie najkrótsze przewody łączące ograniczniki przepięć (najlepiej, aby całkowita ich długość nie przekraczała 0,5 m). Przewody uziemiające ograniczników przepięć powinny mieć przekrój nie mniejszy niż  $s = 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , a przy istnieniu instalacji piorunochronnej nie mniejszy niż  $s = 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ .

W większości urządzeń elektrycznych zawężenie się tylko do ograniczników, tworzących podstawowy układ ochrony, jest niewystarczające. Trzeba zastosować w dalszych częściach instalacji elektrycznej ograniczniki przepięć tworzące kolejne stopnie ochrony, odpowiednio do przyjętej kategorii wytrzymałości udarowej (kategorii przepięć) – rysunek 10.9. 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, w celu zapewnienia koordynacji działania poszczególnych aparatów, odległości pomiędzy ogranicznikami przepięć z iskiernikami (odgromniki) a ogranicznikami warystorowymi (ochronniki) powinny wynosić od kilku do kilkunastu metrów. Szczegółowe zalecenia w tym zakresie podają producenci ograniczników przepięć [73]. W innym przypadku konieczne jest zastosowanie pomiędzy nimi dodatkowego aparatu z funkcją tzw. indukcyjności odsprężającej. Przykłady rozmieszczenia ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej w zależności od układu sieci przedstawiono na rysunkach od 10.10 do 10.14.



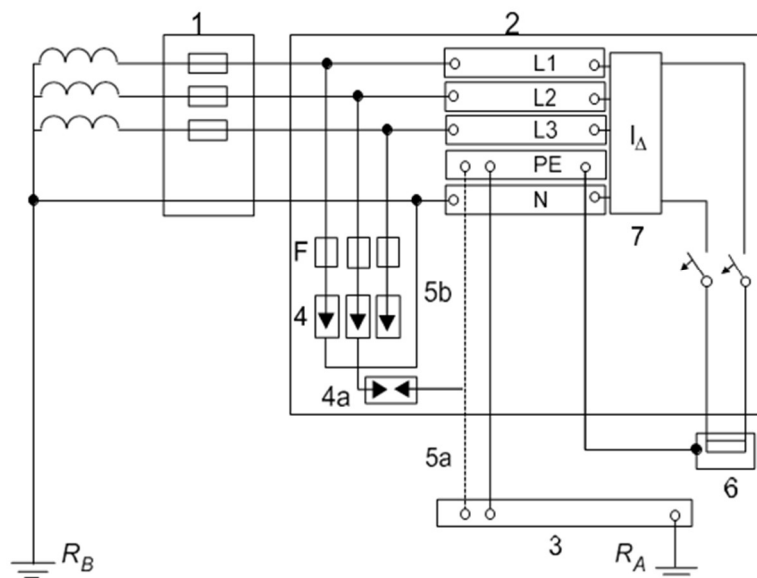
Rys. 10.9. Podział instalacji na kategorie oraz poziomy przepięć przy napięciu sieci zasilającej 230/400V



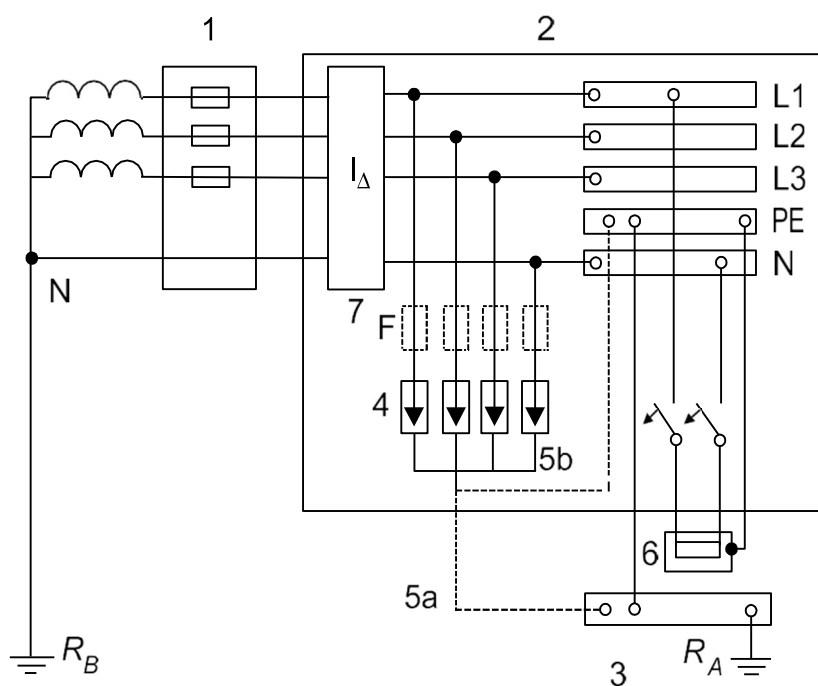
Rys. 10.10. Przykład instalacji ograniczników przepięć w układzie sieci TN-C-S

Legenda do rysunków 10.10 do 10.14: 1 – złącze instalacji, 2 – rozdzielnica główna, 3 – główny zacisk lub szyna uziemiająca, 4 – ograniczniki przepięć, 4a – ogranicznik przepięć lub iskiernik, 5a lub 5b – połączenia uziemiające ograniczników przepięć, 6 – urządzenie chronione, 7 – urządzenie ochronne różnicowoprądowe (RCD); L1; L2; L3 – przewody fazowe instalacji trójfazowej, N – przewód neutralny, PE – przewód zabezpieczający wskazane przez wytwórcę ogranicznika przepięć (np. bezpiecznik topikowy, wyłącznik, urządzenie różnicowoprądowe),  $R_A$  – uziom (rezystancja uziemienia) instalacji,  $R_B$  – uziom (rezystancja uziemienia) układu zasilającego

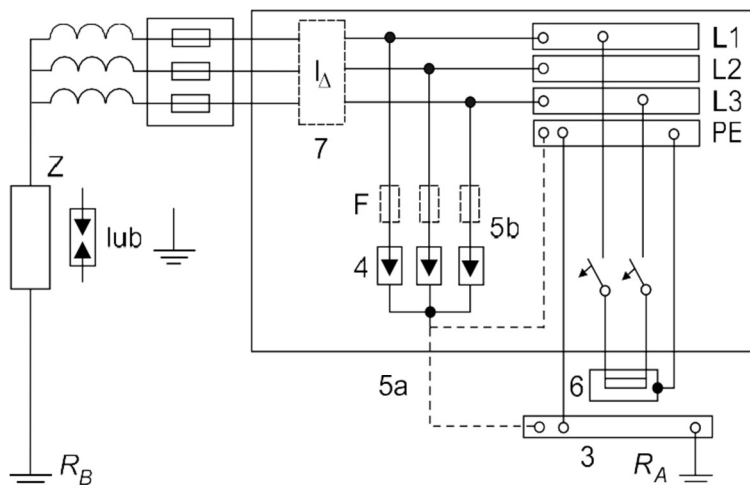





Rys. 10.11. Przykład instalacji ograniczników przepięć w układzie sieci TT (ograniczniki przepięć umieszczono po stronie zasilania urządzenia różnicowoprądowego)

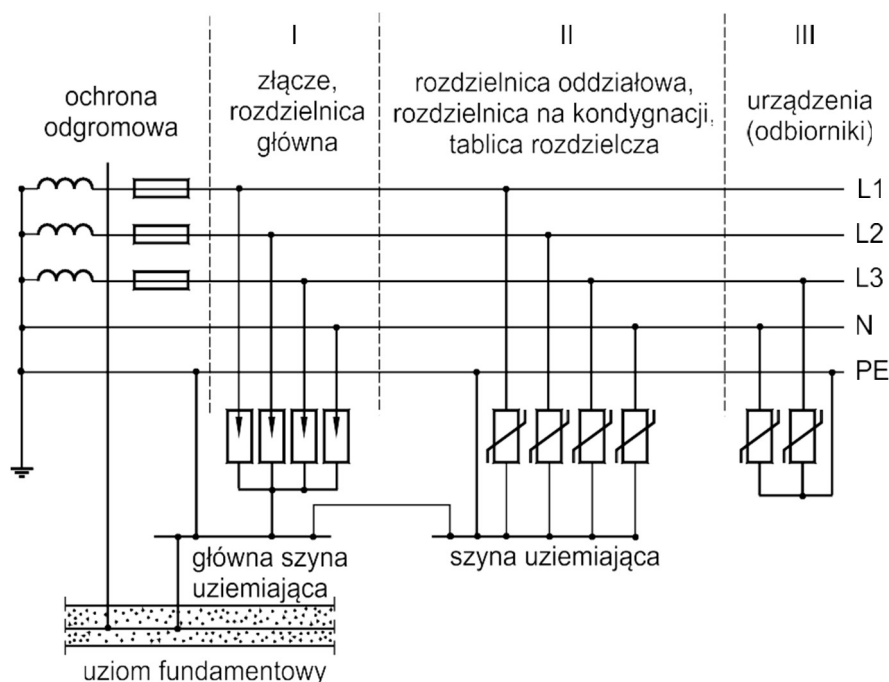


Rys. 10.12. Przykład instalacji ograniczników przepięć w układzie sieci TT (ograniczniki przepięć umieszczono po stronie obciążenia urządzenia różnicowoprądowego)



Rys. 10.13. Przykład instalacji ograniczników przepięć w układzie sieci IT (ograniczniki przepięć umieszczono po stronie obciążenia urządzenia różnicowoprądowego) Open or  – brak połączenia z ziemią lub jest połączenie przez dużą impedancję Z

W przypadku zainstalowania ograniczników przepięć po stronie obciążenia urządzenia różnicowoprądowego (rys. 10.12 i 10.13) należy zastosować urządzenie różnicowoprądowe RCD typu S o odporności na prądy udarowe równej co najmniej 3 kA (8/20  $\mu$ s).



Rys. 10.14. Przykład rozmieszczenia ograniczników przepięć przy stosowaniu ochrony przeciwprzepięciowej wielostopniowej w układzie sieci TN-S

### 10.5. Wykonywanie prac montażowych przy łączeniu naturalnych części instalacji piorunochronnej z innymi metalowymi częściami

Naturalne przewody odprowadzające powinny być połączone najkrótszą drogą ze zwodami (naturalnymi lub sztucznymi) oraz z uziomami w ziemi, bezpośrednio lub za pośrednictwem przewodzących elementów w konstrukcji.

Połączenia elementów instalacji piorunochronnej można wykonać jako:

- spawane lub zgrzewane,
- śrubowe,
- zaciskowe,
- stykowe, przy użyciu nakładek przyspawanych do zbrojenia elementów prefabrykowanych, usytuowanych nad sobą,

- powiązane drutem wiązałkowym i zalane betonem pręty zbrojeniowe elementów żelbetowych,
- nitowane, klejone i zaprasowywane, jeżeli elementy mają cienkie izolacyjne powłoki antykorozyjne.

Połączenia te znajdują zastosowanie w ochronie podstawowej bez ograniczeń oraz w ochronie obostrzonej z określonymi ograniczeniami i specjalnymi zaleceniami. Połączenia przewodów odprowadzających (naturalnych i sztucznych) z uziomami należy wykonywać w sposób rozłączny, za pomocą zacisków probierczych (zaleca się, aby zaciski usytuowane były na wysokości od 0,3 do 1,8 m nad ziemią).

## 10.6. Montaż sztucznych zwodów na obiekcie

### 10.6.1. Zwody poziome niskie i podwyższone nieizolowane

W obiektach krytych materiałem nieprzewodzącym zwody na dachu mogą być tworzone przez dowolną kombinację prętów, rozpiętych przewodów lub przewodów ułożonych w postaci sieci.

Elementy przewodzące wykorzystywane w celach ochrony odgromowej powinny być dokładnie połączone. Dzięki takim połączeniom unika się przeskoków iskrowych w powietrzu lub w betonie, które mogą spowodować uszkodzenie konstrukcji obiektu lub zakłócić pracę urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Jeśli względy konstrukcyjne powodują powstawanie dużych naprężeń w konstrukcji żelbetowej, to w strefie występowania takich naprężeń należy ułożyć dodatkowe przewody.

W zbrojeniach wykonanych z betonu sprężonego należy także unikać przepływu prądu piorunowego w prętach zbrojeniowych, gdyż może to spowodować spiętrzenie naprężeń. Wskazane jest zastosowanie dodatkowych przewodów ułożonych równoległe do zbrojenia. W przypadku stosowania gotowych elementów żelbetowych, pręty zbrojeniowe mogą być wykorzystane jako zwody, należy tylko zapewnić odpowiednie połączenia elementów oraz uzyskanie ciągłej i krótkiej drogi dla prądu piorunowego. Jeśli gotowe elementy żelbetowe nie mają takich połączeń, to należy je wykonać.

Zwody poziome niskie powinny tworzyć siatkę na dachu obiektu. Zalecane wymiary pojedynczego oka siatki – w zależności od poziomu ochrony odgromowej i związanej z tym efektywności ochrony – zestawiono w tablicy 43.

Tablica 43. Maksymalne wartości promienia  $r$ , wymiarów oka siatki oraz odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi w zależności od klasy urządzenia piorunochronnego oraz poziomu ochrony

Poziom ochrony	Klasa urządzenia piorunochronnego	Oko siatki zwodu	Promień $r$	Typowe odległości pomiędzy przewodami odprowadzającymi
I	I	5 m × 5 m	20 m	10 m
II	II	10 m × 10 m	30 m	10 m
III	III	15 m × 15 m	45 m	15 m
IV	IV	20 m × 20 m	60 m	20 m

W przypadku rozległych dachów należy uwzględnić zmiany długości drutu powstałe na skutek zmian temperatury. Ogólna zależność określająca przyrost długości drutu  $\Delta L$  przy wzroście temperatury  $\Delta T$  wynosi:

$$\Delta L = \alpha L \cdot \Delta T$$

gdzie:

- $L$  – długość drutu,
- $\alpha$  – temperaturowy współczynnik rozszerzalności liniowej.

Wartości temperaturowych współczynników rozszerzalności liniowej dla różnych materiałów oraz przyrosty długości przy zmianach temperatury zestawiono w tablicy 44. W celu uniknięcia niebezpiecznych naprężeń wywołanych przez zmiany temperatury należy zastosować elastyczne elementy łączące przewody między sobą lub z przewodzącymi elementami konstrukcji dachu.

Tablica 44. Zmiany długości drutu wykonanego z różnych materiałów

Materiał	Współczynnik $\alpha$	Przyrost długości drutu $\Delta L$ przy wzroście temperatury $\Delta T = 100^\circ\text{C}$
Aluminium	$23,5 \cdot 10^{-6}$	$\Delta L = 3,35 \text{ mm/m}$
Miedź	$17,0 \cdot 10^{-6}$	$\Delta L = 1,7 \text{ mm/m}$
Stal nierdzewna	$16,0 \cdot 10^{-6}$	$\Delta L = 1,6 \text{ mm/m}$
Stal	$11,5 \cdot 10^{-6}$	$\Delta L = 1,15 \text{ mm/m}$

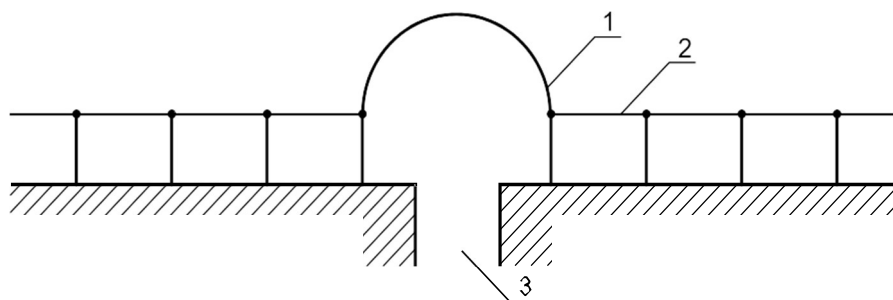
Montaż zwodów niskich poziomych powinien zostać wykonany z zachowaniem poniższych zasad:

- druty, taśmy i linki przeznaczone na zwody należy przed montażem wyprostować za pomocą wstępnego naprężania lub przy zastosowaniu odpowiedniego urządzenia prostującego,
- sztuczne zwody piorunochronne należy instalować na stałe przy użyciu odpowiednich wsporników odstępowych lub wsporników do złączy naprężających. Wy- miary poprzeczne materiałów użytych na zwody powinny być nie mniejsze od przed- stawionych w tablicy 36,
- zwody poziome nieizolowane powinny zostać ułożone przy zachowaniu na- stępujących odstępów od powierzchni dachu:
- co najmniej 2 cm na dachach o pokryciach niepalnych lub trudno zapalnych,
- co najmniej 10 cm na dachach o pokryciach z blach niespełniających wymagań przedstawionych w tablicy 34 oraz na dachach o pokryciach z materiałów łatwo zapalnych.

Układ i lokalizacja zwodów powinny być zgodne z dokumentacją, a zwłaszcza:

- zwody niskie powinny stanowić sieć, której krańcowe przewody muszą prze- biegać wzdłuż krawędzi dachu,
- na dachach pochyłych przy nachyleniu ponad  $30^\circ$  jeden z przewodów sieci należy prowadzić wzdłuż kalenicy dachu.

Wszystkie nieprzewodzące elementy budowlane, wystające nad powierzchnię dachu, należy wyposażać w zwody niskie, połączone z siecią zwodów zamocowanych na powierzchni dachu. Zwody należy prowadzić bez ostrych zagięć i załamów (pro- mień zagięcia nie może być mniejszy niż 10 cm). Nad szczelinami dylatacyjnymi należy stosować kompensację, zgodnie z zasadą przedstawioną na rysunku 10.15.



Rys. 10.15. Przykład wykonania kompensacji zwodu  
1 – kompensacja, 2 – zwód, 3 – szczelina dylatacyjna

Do mocowania zwodów należy stosować wsporniki, uchwyty i złączki dostarczane przez producentów zwodów w zestawie.

Przy wykorzystaniu wspomników naruszających szczelność pokrycia dachowego, po ich zamontowaniu należy uszczelnić lepikiem miejsca zainstalowania w przypadku pokrycia papą, a przy pokryciach blachą przez oblutowanie. Podczas montażu wsporników instalacji piorunochronnej należy unikać uszkodzeń szczelności pokrycia dachowego. Łączenie zwodów powinno być wykonywane zgodnie z zasadami przedstawionymi w rozdziale 8.11.

#### 10.6.2. Zwody pionowe nieizolowane

Montaż zwodów pionowych nieizolowanych powinien być wykonywany z zachowaniem poniższych zasad:

- zwody pionowe należy tak lokalizować, aby spełniały założenia projektowe odnośnie do stref ochronnych,
- zwody mogą stanowić konstrukcje samonośne lub mogą być instalowane na konstrukcjach z materiałów nieprzewodzących (np. drewno, beton),
- zwody lub ich wsporniki powinny zostać przymocowane w sposób trwały do konstrukcji nośnej dachu lub do elementów wystających ponad dach,
- w przypadku mocowania zwodu pionowego na konstrukcji należy zastosować wsporniki odstępowe w odległościach nie większych niż 1,5 m,
- w razie stosowania zwodów pionowych naprężanych, dla zwodów o długości ponad 15 m należy stosować dodatkowe wsporniki w połowie ich długości, aby zapobiec występowaniu drgań pod wpływem wiatru.

Zwody pionowe, tak jak wszystkie wystające ponad dach metalowe elementy (balustrady, maszty antenowe i flagowe, kominy itp.), należy połączyć z siecią zwodów poziomych niskich lub najkrótszą drogą z przewodami odprowadzającymi. Połączenia powinny zostać wykonane zgodnie z zasadami przedstawionymi w rozdziale 8.11.

### 10.6.3. Montaż sztucznych przewodów odprowadzających i uziemiających

Sztuczne przewody odprowadzające i uziemiające powinny być montowane z zachowaniem poniższych zasad:

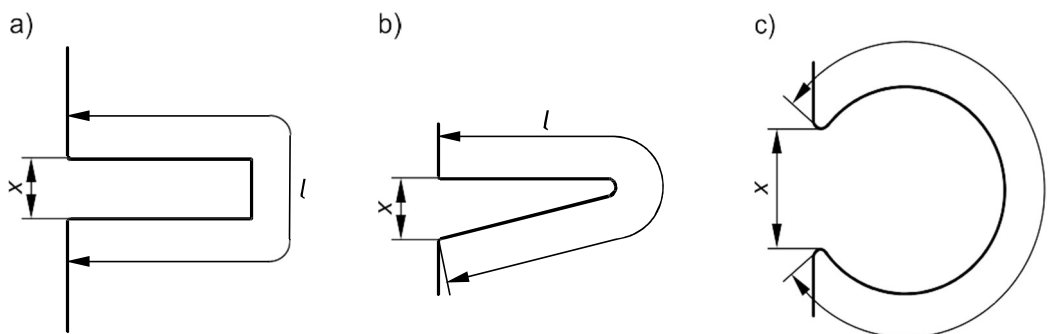
- przewody odprowadzające i uziemiające można instalować:
- na zewnętrznych ścianach obiektu budowlanego na wspornikach lub metodą bezuchwytową, jako instalacje naprężane (przewody sztuczne zewnętrzne),
- wewnątrz obiektu,
- sztuczne przewody odprowadzające zewnętrzne należy instalować na stałe przy użyciu znormalizowanych wsporników odstępowych lub wsporników do instalacji naprężanych,
- wymiary porzecznego materiałów użytych do wykonywania przewodów odprowadzających nie powinny być mniejsze niż przedstawione w tablicy 36.

Na zewnętrznych ścianach obiektu budowlanego należy układać sztuczne przewody odprowadzające w odległości nie mniejszej niż:

- 2 cm od podłoża niepalnego lub trudno zapalnego,
- 10 cm od podłoża z materiałów łatwo zapalnych.

Przy montażu zewnętrznych przewodów odprowadzających na wspornikach odstępowych odległości pomiędzy wspornikami nie mogą być większe niż 1,5 m.

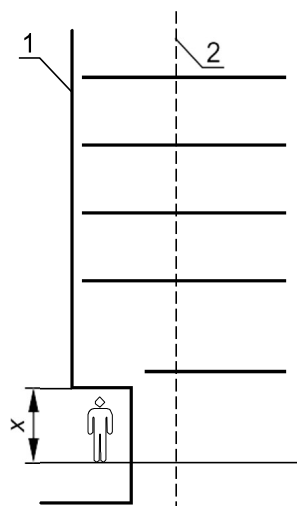
Sposoby mocowania wsporników do ściany powinny być dostosowane do rozwiązania konstrukcyjnego i materiału obiektu budowlanego (cegła, beton, drewno, konstrukcja stalowa itp.). W przypadku gdy konstrukcja chronionego obiektu zmusza do prowadzenia przewodu odprowadzającego po trasie o zmieniającym się kierunku, długość pętli cofniętej powinna spełniać wymagania  $l \leq 10 \cdot x$ , przedstawione na rysunkach 10.16 i 10.17.



Rys. 10.16. Zasady pętli cofniętej  $l \leq 10 \cdot x$

a, b, c – trzy sposoby instalowania przewodu odprowadzającego (różne kształty obiektu chronionego)

Sztuczne przewody odprowadzające należy instalować po możliwie najkrótszej drodze pomiędzy zwodem a przewodem uziemiającym. Wymagane jest zachowanie odległości przewodów odprowadzających od wejść do budynku, przejść dla pieszych i ogrodzeń metalowych przylegających do dróg publicznych, nie mniejszej niż 2 m. Dopuszcza się odstępstwo od tej wymaganej minimalnej odległości w przypadku wejść użytkowanych sporadycznie (np. wjazd do indywidualnego garażu).



Rys. 10.17. Trasy przewodów odprowadzających w budynkach z nadwieszonymi kondygnacjami górnymi

1 – przewód prowadzony po ścianie zewnętrznej, gdy  $x$  spełnia warunek określony na rysunku 10.16, lecz nie jest mniejszy niż 3 m, 2 – przewód prowadzony wewnątrz obiektu

W przypadku gdy nie można zapewnić wymaganej odległości, należy umieszczać przewód w rurze lub w rurach osłonowych z PCV o łącznej grubości ścianki nie mniejszej niż 5 mm. Rury osłonowe powinny sięgać na wysokość 2,5 m nad powierzchnię ziemi i na głębokość 0,5 m pod powierzchnię.

W instalacjach wykonywanych metodą naprężania przewody odprowadzające należy montować według wskazań dokumentacji projektowo-technicznej. Przewody odprowadzające pionowe w instalacjach naprężanych należy mocować w taki sposób i w takich odstępach, aby uniemożliwiać ich uciążliwe drgania i uderzenia o ścianę, wymuszone parciem wiatru.

Przewody odprowadzające wewnątrz obiektu budowlanego można instalować, jeżeli wymagają tego względy bezpieczeństwa (budynki z okapami lub nawisami) albo względy estetyczne. Przewody odprowadzające wewnętrzne powinny być ułożone w rurze z PCV lub w bruździe zakrytej materiałem nieprzewodzącym i niepalnym (np. tynkiem). Rury powinny zostać zatopione w betonie lub układane pod tynkiem. W rurze lub bruździe z przewodem odprowadzającym nie należy umieszczać innych instalacji.

Połączenia przewodów odprowadzających ze zwodami należy wykonywać jako spawane, śrubowe lub zaciskane. Natomiast połączenia tych przewodów z uziomami sztucznymi należy wykonywać za pomocą zacisków probierczych, usytuowanych pomiędzy przewodem odprowadzającym a uziemiającym.

Znormalizowane zaciski probiercze powinny mieć co najmniej dwie śruby zaciskowe M6 lub jedną śrubę M10. Należy je umieszczać i osłaniać w taki sposób, aby były łatwo dostępne podczas okresowych konserwacji oraz pomiaru rezystancji

uziomu. Połączenia przewodów uziemiających z uziomami należy wykonywać przez spawanie lub za pomocą połączeń śrubowych, natomiast przy łączeniu przewodów uziemiających z uziomami rurowymi należy stosować obejmy. Po oczyszczeniu miejsca połączenia należy na rurę założyć podkładkę ołowianą, a następnie obejmę, którą po skręceniu i oczyszczeniu powinno się zabezpieczyć farbą antykorozyjną.

Przewody uziemiające należy chronić przed korozją przez pomalowanie farbą antykorozyjną lub lakierem asfaltowym do wysokości 0,3 m nad ziemią i do głębokości 0,2 m w ziemi. Część nadziemną przewodów uziemiających, układanych na zewnętrznych powierzchniach obiektu budowlanego, należy chronić przed uszkodzeniem mechanicznym przy użyciu osłon do wysokości 1,5 m nad ziemią i do głębokości 0,2 m w ziemi. Ochrona ta nie jest wymagana, jeżeli grubość taśmy wynosi co najmniej 3 mm, a średnica drutu 8 mm.

Przy montażu osłon na przewodzie uziemiającym należy:

- w przypadku stosowania kształtowników (kątownik, ceownik itp.), po nałożeniu osłony na przewód i zaprawieniu jego kotew w murze, połączyć je na obydwu końcach z przewodem uziemiającym, a następnie oczyścić miejsce spawania i po-malować farbą antykorozyjną,
- w przypadku stosowania rury połączenie jej z przewodem uziemiającym wykonywać przy pomocy obejmy.

Jeżeli w dokumentacji instalacji piorunochronnej obiektu budowlanego, wykonywanego z betonu zbrojonego, wymagane jest zastosowanie dodatkowych przewodów odprowadzających, to przewody te powinny być zatopione w betonie razem ze zbrojeniem podczas wykonywania ścian. Połączenia tych przewodów należy wykonywać jako spawane.

Elementy zbrojenia obiektu budowlanego, przewidziane jako naturalne przewody uziemiające, powinny mieć przyspawane wypusty w celu połączenia ich z przewodami odprowadzającymi sztucznymi i dodatkowymi uziomami sztucznymi, zgodnie z wymaganiami podanymi wyżej. Jako wypusty należy stosować stalowe ocynkowane pręty lub płaskowniki o wymiarach nie mniejszych niż  $30 \times 4$  mm lub  $\Phi$  12 mm.

#### 10.7. Zasady montażu elementów instalacji piorunochronnej

Do uziemienia instalacji piorunochronnej należy wykorzystywać przede wszystkim uziomy naturalne. Uziomy sztuczne powinno się wykonywać wtedy, jeżeli uziomy naturalne:

- znajdują się w odległości większej niż 10 m od chronionego obiektu,
- mają rezystancję większą od wymaganej (wynikającą z obliczeń lub pomiarów).

Uziomy sztuczne można wykonywać jako uziomy poziome otokowe, poziome promieniowe lub pionowe (pochyle). Uziomy poziome otokowe należy układać na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m i w odległości nie mniejszej niż 1 m od zewnętrznej krawędzi obiektu budowlanego, ograniczając do minimum trasę uziomu pod warstwami nieprzepuszczającymi wody opadowej i w pobliżu urządzeń wysuszających grunt. Jeżeli zachodzi taka potrzeba (występuje zbyt duża rezystancja), można układać kolejne pętle, zachowując między nimi odstęp około 3 m. Uziomy sztuczne można także układać na dnie wykopów fundamentowych, bezpośrednio pod fundamentem lub obok fundamentu budynku. W takim przypadku uziomy powinny zostać wykonane ze stalowych drutów lub taśm o średnicy lub grubości większej o 30% od wymiarów przedstawionych w tablicy 37. Uziomy poziome i pionowe powinny być pograżane w gruncie, w odległości nie mniejszej niż 1,5 m od wejść do budynków, przejść dla pieszych oraz metalowych ogrodzeń, usytuowanych przy drogach publicznych; zalecenie to nie dotyczy uziomów otokowych. Dopuszcza się odstępstwo od wymaganej minimalnej odległości 1,5 m w przypadku wejść używanych sporadycznie (np. wjazd do indywidualnego garażu).

Rowy, w których układa się uziomy poziome otokowe, należy zasypywać tak, aby w bezpośrednim kontakcie z uziomem nie było kamieni, żwiru, żużla lub gruzu.

Uziomy sztuczne pionowe należy pograżać w gruncie w taki sposób, aby ich naj- niższa część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 3 m, a najwyższa na nie mniejszej niż 0,6 m pod powierzchnią gruntu.

Wszystkie uziomy sztuczne należy wykonywać z materiałów przedstawionych w tablicy 37. Wskazane jest wykonywanie uziomów sztucznych i przewodów uziemiających z miedzi oraz ze stali pokrytej miedzią w przypadkach ochrony odgromowej obiektów o szczególnej wartości historycznej, zabytkowej lub kulturowej. Uziomów sztucznych nie wolno zabezpieczać przed korozją powłokami nieprzewodzącymi.

Na odcinkach, gdzie nie można zastosować ciągłego uziomu otokowego, dopuszcza się jego przerywanie; w takim przypadku uziom musi być zakończony uziomami szpilkowymi (pionowymi) o głębokości pograżenia nie mniejszej niż 2,5 m. Uziom otokowy należy połączyć z uziomami szpilkowymi przez przyspawanie drutu lub płaskownika uziomu z obydwu stron przerwy do uziomów szpilkowych. Spoinę po oczyszczeniu należy zabezpieczać farbą antykorozyjną lub lakierem asfaltowym. Zasady montażu zwodów i przewodów odprowadzających podano w tablicy 45.

Tablica 45. Zasady montażu zwodów i przewodów odprowadzających

Materiał dachu lub ścian	Wymagania montażowe
Zwody	
Dach z materiału niepalnego	umieszczane na powierzchni dachu; jeśli możliwe jest gromadzenie wody na dachu (dotyczy to szczególnie dachów płaskich), to zwody należy instalować nad przewidywanym poziomem wody

Dach z materiału łatwo zapalnego	umieszczane na wysokości nie mniejszej niż $s \geq 10$ cm nad dachem; jeśli nie można zapewnić wymaganego odstępu, należy wstawić między przewód a materiał palny warstwę żaroodporną lub zastosować przewód o przekroju $s$ nie mniejszym niż $100 \text{ mm}^2$ ; łatwo zapalne elementy nie powinny pozo- stawać w bezpośredniej styczności z elementami stosowanymi na zwody
Dachy kryte strzechą	umieszczane na wysokości $s \geq 15$ cm od strzechy
Obiekty zawierające warstwę ziemi na dachu	siatka zwodów ułożona na ziemi o wymiarach oka wynikających z poziomu ochrony obiektu (ludzie nie przebywają regularnie na dachu); siatka zwodów o wymiarach $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ (regularne przebywanie ludzi) oraz układy zwodów pionowych chroniące ludzi przed bezpośrednim wyładowaniem
Dachy jedno- lub dwu- spadowe kryte dachówką na niewielkich obiektach o wysokości do 20 m	przewody poziome umieszczone przy kalenicy pod dachówką, do których dołączone są krótkie zwody pionowe w odstępach nie większych niż 10 m (zamiast zwodów pionowych można zastosować płytki metalowe, ale w odstępach nie większych niż 5 m
Przewody odprowadzające	
Ściany z materiału niepalnego	przewody na powierzchni ściany lub na ścianie; nie należy prowadzić przewodów w rynnach

Materiał dachu lub ścian	Wymagania montażowe
Ściany z materiału łatwo zapalnego	przewody 10 cm od ściany lub na ścianie, jeśli wzrost tempera- tury nie jest niebezpieczny; jeśli nie można zapewnić wymaganego odstępu, należy wstawić między przewód a materiał palny warstwę żaroodporną lub zastosować przewód o przekroju nie mniejszym od $100 \text{ mm}^2$
Zwody i przewody odprowadzające	
Odległości pomiędzy wspornikami	materiał elementów urządzenia piorunochronnego
1,0 m	przewody okrągłe lite
0,5 m	taśmy i linki poziome na powierzchniach poziomych i pionowych
1,0 m	taśmy lub linki pionowe biegnące od ziemi do wysokości około 20 m
0,5 m	taśmy lub linki pionowe na wysokości powyżej 20 m



## **11. ODBIÓR INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ W BUDYNKU**

### **11.1. Warunki odbioru robót budowlanych niezbędnych do wykonania instalacji elektrycznych w budynku**

Wykonawca robót budowlanych, niezbędnych do montażu instalacji elektrycznej, powinien zapoznać się z konstrukcją oraz technologią wykonania budynku, a także stwierdzić odpowiednie jego przygotowanie do prac elektromontażowych.

Odbiór robót budowlanych, niezbędnych do wykonania instalacji elektrycznej, odbywa się przed przystąpieniem do wykonywania robót elektrycznych.

Odbiór robót od inwestora (zleceniodawcy) przeprowadza wykonawca robót elektrycznych. Szczegółowy zakres odbioru robót zależy od charakteru i rodzaju robót przewidzianych do wykonania. Zakres i termin odbioru robót budowlanych, niezbędnych do wykonania instalacji elektrycznej, oraz stan budynku (lub jego części) przekazywanego do wykonania instalacji powinien być zgodny z ustaleniami zawartymi w umowie o realizację inwestycji. Odbiór robót powinien zostać udokumentowany protokołem. Przy przekazywaniu robót zleceniodawca jest obowiązany dostarczyć wykonawcy plan instalacji i urządzeń podziemnych, znajdujących się na terenie robót lub złożyć pisemne oświadczenie, że w danym obszarze nie ma żadnych instalacji i urządzeń podziemnych [79, 91, 115].

### **11.2. Warunki odbioru wykonanej instalacji elektrycznej**

#### **11.2.1. Odbiór międzyoperacyjny**

Odbioru międzyoperacyjnego dokonuje kierownik budowy (robót) lub wyznaczony przez niego pracownik techniczny, przy udziale zainteresowanych mistrzów i brygadzystów, którzy uczestniczyli w wykonaniu danego rodzaju robót. W odbiorze międzyoperacyjnym może również uczestniczyć przedstawiciel generalnego wykonawcy lub inwestora i ewentualnie inne osoby, których udział w komisji odbiorczej jest celowy.

Przy odbiorze międzyoperacyjnym należy sprawdzić zgodność odbieranych robót z projektem budowlanym i wykonawczym oraz z ewentualnymi zapisami uprawnionych osób w dzienniku budowy (robót). Przy odbiorach międzyoperacyjnych należy zwrócić szczególną uwagę na jakość wykonania zgodnie z warunkami technicznymi wykonywania danego rodzaju robót.

Z każdego przeprowadzonego odbioru międzyoperacyjnego powinien być sporządzony protokół podpisany przez wszystkich członków komisji, zawierający ocenę wykonanych robót i ewentualne zalecenia, które należy wykonać przed podjęciem dalszych prac. Wyniki odbioru międzyoperacyjnego powinny zostać wpisane do dziennika budowy (robót).

#### **11.2.2. Odbiór częściowy**

Odbiorem częściowym może być objęta część obiektu, instalacji lub robót, stanowiąca etapową całość. Jako odbiór częściowy traktuje się również odbiór dotyczący całokształtu robót zleconych do wykonania jednemu spośród wykonawców (podwykonawcy). Odbiór częściowy ma na celu jakościowe i ilościowe sprawdzenie wykonanych robót.

Do odbiorów częściowych zalicza się też odbiory elementów obiektu lub robót przewidzianych do zakrycia, w celu sprawdzenia jakości wykonania robót oraz do- konania ich obmiaru.

Odbiór częściowy powinien zostać przeprowadzony komisyjnie w obecności inwestora (zleceniodawcy). Wykonawca obowiązany jest zawiadomić i uzgodnić z zamawiającym termin odbioru. Zawiadomienie można wykonać w formie wpisu do dziennika budowy (robót), listem poleconym lub telefonicznie, z odnotowaniem rozmowy w dzienniku budowy. Z odbioru robót ulegających zakryciu sporządza się protokół, którego wyniki należy wpisać do dziennika budowy (robót), w tym również wyniki oceny jakości.

W systemie generalnego wykonawstwa robót odbiór częściowego dokonuje generalny wykonawca od podwykonawcy, a następnie inwestor od generalnego wykonawcy.

Inwestor po uzgodnieniu z generalnym wykonawcą może przeprowadzić odbiór częściowy równocześnie z odbiorem robót od podwykonawcy przez generalnego wykonawcę. W przypadku bezpośredniego wykonawstwa odbiór częściowy ogranicza się do odbioru robót przez inwestora.

Częściowy odbiór obiektu powinna przeprowadzić komisja powołana przez inwestora (zamawiającego). W skład komisji powinni wchodzić: przedstawiciel inwestora, przedstawiciel generalnego wykonawcy, kierownicy robót specjalistycznych (podwykonawcy) i ewentualnie inne powołane osoby, np. osoba odpowiedzialna za przygotowanie protokołów badań odbiorczych.

Z odbioru częściowego należy spisać protokół, w którym wymienia się ewentualne wykryte wady (usterki) oraz określone terminy ich usunięcia. Równocześnie należy zrobić odpowiedni wpis w dzienniku budowy (robót) z ewentualnym dołączeniem kopii protokołu.

Po zgłoszeniu przez wykonawcę usunięcia wad (usterek) wymienionych w protokole, zamawiający (inwestor) sprawdza to komisyjnie lub jednoosobowo (tzw. odbiór pousterkowy) i opisuje w oddzielnym protokole z równoczesnym wpisem w dzienniku budowy (robót) informującym o usunięciu usterek.

#### **11.2.3. Obowiązki kierownika (wykonawcy) robót elektrycznych w zakresie przygotowania instalacji do odbioru**

Kierownik robót elektrycznych w obiekcie budowlanym zobowiązany jest do:

- zgłaszania inwestorowi do sprawdzenia lub odbioru wykonanych robót ulegających w dalszym etapie zakryciu,
- zapewnienia wykonania wymaganych przepisami lub ustalonych w umowie o przyłączenie do sieci elektroenergetycznej prób i odbiorów częściowych instalacji oraz związanych z nimi urządzeń przed zgłoszeniem budynku do odbioru,
- przygotowania dokumentacji powykonawczej instalacji elektrycznych w budynku, uzupełnionej o wszelkie późniejsze zmiany, jakie zostały wniesione w trakcie budowy,
- zgłoszenia do odbioru końcowego instalacji elektrycznej i piorunochronnej budynku; zgłoszenie to powinno zostać odpowiednio wpisane do dziennika budowy,
- uczestniczenia w czynnościach odbioru,
- przekazania inwestorowi oświadczenia o zgodności wykonania instalacji elektrycznych z projektem, technicznymi warunkami przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, przepisami techniczno-budowlanymi i zasadami wiedzy technicznej.

#### **11.2.4. Odbiór końcowy**

Wymagania dotyczące inwestorskiego odbioru końcowego

Odbiór końcowy od wykonawcy przeprowadza przedstawiciel zamawiającego (inwestora). Może on w tym celu powołać komisję odbiorczą złożoną z rzeczoznawców i przedstawicieli użytkownika oraz kompetentnych organów.

Dokonywany przez inwestora odbiór końcowy robót wykonanych w obiekcie może być połączony z odbiorem mającym na celu przekazanie obiektu użytkownikowi do eksploatacji.

Odbiór końcowy powinien być poprzedzony technicznymi odbiorami częściowymi (jeśli zostały przewidziane) oraz przeprowadzeniem rozruchu technologicznego, jeśli rozruch taki inwestor (zamawiający) zlecił wykonawcy robót. Zakończenie i wyniki wymienionych prac powinny zostać właściwie udokumentowane.

Przed przystąpieniem do odbioru końcowego kierownik budowy (główny wykonawca robót) jest zobowiązany do przygotowania dokumentów potrzebnych do należytej oceny wykonywanych robót.

Do przeprowadzenia odbioru konieczne jest przygotowanie dokumentacji powykonawczej. Kierownik (główny wykonawca) robót elektrycznych przygotowuje instalację elektryczną oraz niezbędne dokumenty do odbiorów.

Przy odbiorze końcowym należy:

- sprawdzić zgodność wykonanych robót z umową, projektem budowlanym i wykonawczym, warunkami przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, przepisami techniczno-budowlanymi oraz zasadami wiedzy technicznej,
- sprawdzić udokumentowanie jakości wykonanych robót odpowiednimi protokołami badań odbiorczych oraz ewentualnymi protokołami z rozruchu technologicznego, oceniając przy tym wykonanie zaleceń oraz ustaleń zawartych w protokołach prób i odbiorów międzyoperacyjnych i częściowych,
- dołączyć decyzję zezwalającą na eksploatację urządzenia technicznego, o której mowa w ustawie z dnia 21 grudnia 2002 r. o dozorze technicznym (jeśli dotyczy),
- w przypadku odbioru całości obiektu stwierdzić, czy spełnia on zasady prawidłowej eksploatacji i może być użytkowany lub stwierdzić i zgłosić istniejące wady oraz usterki.

Z odbioru końcowego powinien być sporządzony protokół podpisany przez upoważnionych przedstawicieli zamawiającego i oddającego wykonany obiekt (lub roboty) oraz przez osoby biorące udział w czynnościach odbioru. Protokół powinien zawierać ustalenia poczynione w toku odbioru, stwierdzone ewentualne wady i usterki oraz uzgodnione terminy ich usunięcia. W przypadku gdy wyniki odbioru końcowego upoważniają do przyjęcia obiektu do eksploatacji (przyjęcia we władanie), protokół powinien zawierać odnośne oświadczenie zamawiającego lub, w przeciwnym przypadku, odmowę wraz z jej uzasadnieniem; w obu przypadkach konieczny jest odpowiedni wpis w dzienniku budowy (robót).

Komisja odbioru

Komisję odbioru powołuje inwestor (zleceniodawca). Przewodniczącym komisji odbioru jest przedstawiciel inwestora (inspektor nadzoru). Komisja odbioru powinna liczyć co najmniej trzy osoby. Obowiązkowo w skład komisji wchodzi:

- przedstawiciele inwestora, w tym inspektor nadzoru,
- kierownik budowy (główny wykonawca robót),
- kierownik robót elektrycznych,
- przedstawiciele użytkownika obiektu.
- W skład komisji odbioru mogą wchodzić także:
- projektant instalacji,
- zaproszeni rzeczoznawcy,
- przedstawiciel przedsiębiorstwa energetycznego (zazwyczaj w przypadku, gdy odbiór końcowy instalacji elektrycznej odbywa się równocześnie z odbiorem końcowym całego obiektu).

Do obowiązków komisji odbioru należy:

- sprawdzenie przedstawionych dokumentów,
- oględziny instalacji elektrycznej,
- niezbędne próby (pomiar),
- rozruch instalacji elektrycznej,
- sporządzenie protokołu odbioru.

Komisja odbioru może przerwać swoje prace, jeżeli stwierdzi, że:

- zostały one wykonane niezgodnie z zawartą umową,
- przedłożona dokumentacja powykonawcza jest niekompletna,
- roboty elektryczne nie zostały ukończone,
- wykonana instalacja ma poważne wady, wymagające dużych przeróbek.

Protokół odbioru końcowego instalacji elektrycznej

Protokół odbioru końcowego instalacji elektrycznej powinien zawierać:

- tytuł protokołu, miejscowość i datę sporządzenia,
- nazwę i adres obiektu,
- imiona i nazwiska członków komisji oraz ich funkcje (stanowiska służbowe),
- datę wykonania badań odbiorczych,
- ocenę kompletności dokumentacji przedłożonej do odbioru,
- ocenę wyników badań odbiorczych,
- ocenę jakości instalacji elektrycznej dokonaną przez komisję odbioru,
- potwierdzenie użycia do wykonania instalacji elektrycznej wyrobów oraz urządzeń dopuszczonych do obrotu i stosowania w budownictwie,
- potwierdzenie realizacji wpisów do dziennika budowy o wykrytych wadach lub usterkach oraz stwierdzenie ich usunięcia,
- oświadczenie komisji odbioru o wykonaniu (lub niewykonaniu) instalacji elektrycznej zgodnie z umową, warunkami przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, projektem technicznym, przepisami techniczno-budowlanymi oraz zasadami wiedzy technicznej,
- decyzję komisji odbioru o przekazaniu (lub nieprzekazaniu) obiektu do eksploatacji,
- ewentualne uwagi i zalecenia komisji,
- podpisy członków komisji, stwierdzające zgodność ustaleń zawartych w protokole,
- wykaz dokumentów załączonych do protokołu.

### **11.3. Badania odbiorcze instalacji elektrycznych**

#### **11.3.1. Informacje wstępne**

Każda instalacja elektryczna w budynku powinna być poddana szczegółowym oględzinom, pomiarom i próbom, obejmującym niezbędny zakres badań, w celu sprawdzenia, czy spełnia wymagania dotyczące ochrony ludzi, zwierząt i mienia przed zagrożeniami [119].

Badania odbiorcze powinna przeprowadzać komisja składająca się z co najmniej dwóch osób, dobrze znających wymagania stawiane instalacjom elektrycznym. Badania te mogą przeprowadzać wyłącznie osoby posiadające świadectwa kwalifikacyjne. Osoba wykonująca pomiary może korzystać z pomocy osoby nieposiadającej takiego świadectwa, pod warunkiem że była ona przeszkolona w zakresie BHP dla prac przy urządzeniach elektrycznych. Zakres badań odbiorczych obejmuje:

- oględziny instalacji elektrycznych,
- pomiary i próby instalacji elektrycznych.

Oględziny, pomiary i próby powinny być wykonywane przez oddzielne zespoły, a komisja ustala jedynie stan faktyczny na podstawie dostarczonych protokołów. Protokoły z badań odbiorczych i odbiorów częściowych należy przedłożyć komisji w trakcie odbioru.

Komisja może być jednocześnie wykonawcą oględzin, pomiarów i prób, z tym że z oględzin, pomiarów i prób powinny zostać wykonane oddzielne protokoły.

Po zakończeniu badań odbiorczych komisja sporządza protokół końcowy. Protokół należy przedłożyć do odbioru końcowego budynku (instalacji elektrycznych w budynku). Powinien on zawierać co najmniej następujące dane:

- numer, miejscowość i datę sporządzenia,
- nazwę i adres obiektu,
- imiona i nazwiska członków komisji oraz stanowiska służbowe,
- datę wykonania badań odbiorczych,
- ocenę wyników badań odbiorczych,
- decyzję komisji odbioru o przekazaniu (lub nieprzekazaniu) obiektu do eksploatacji,
- ewentualne uwagi i zalecenia komisji,
- podpisy członków komisji, stwierdzające zgodność ustaleń zawartych w protokole.

#### 11.3.2. Oględziny instalacji elektrycznych

Oględziny należy wykonać przed przystąpieniem do pomiarów i prób oraz po odłączeniu zasilania instalacji. Oględziny mają na celu stwierdzenie, czy wykonana instalacja lub urządzenie:

- spełniają wymagania bezpieczeństwa,
- zostały prawidłowo zainstalowane i dobrane oraz oznaczone zgodnie z projektem,
- nie mają widocznych uszkodzeń mechanicznych, mogących wpływać na pogorszenie bezpieczeństwa użytkowania.

Zakres oględzin obejmuje sprawdzenie prawidłowości:

- wykonania instalacji pod względem estetycznym (jakość wykonanej instalacji),
- ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym,
- doboru urządzeń i środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych,
- ochrony przed pożarem i skutkami cieplnymi,
- doboru przewodów do obciążalności prądowej i spadku napięcia,
- wykonania połączeń obwodów,
- doboru oraz nastawienia urządzeń zabezpieczających i sygnalizacyjnych,
- umieszczenia odpowiednich urządzeń odłączających i łączących,
- rozmieszczenia oraz umocowania aparatów, sprzętu i osprzętu,
- oznaczenia przewodów fazowych, neutralnych, ochronnych oraz ochronno-neutralnych,
- umieszczenia schematów, tablic ostrzegawczych lub innych informacji na oznaczenie obwodów, bezpieczników, łączników, zacisków itp.,
- wykonania dostępu do instalacji i urządzeń elektrycznych w celu ich wygodnej obsługi i konserwacji.

#### 11.3.3. Estetyka i jakość wykonanej instalacji

O jakości i estetyce wykonanej instalacji decyduje:

- zastosowanie tego samego rodzaju oraz zachowanie jednakowej kolorystyki sprzętu elektroinstalacyjnego,
- trwałość zamocowania sprzętu do podłoża oraz innych elementów mocujących i uchwytów,
- zamocowanie sprzętu na jednakowej wysokości w danym pomieszczeniu z zachowaniem zasad prostoliniowości mocowania,
- zachowanie we wszystkich pomieszczeniach jednolitej pozycji łączników oraz jednolite usytuowanie styku ochronnego w gniazdach wtyczkowych,
- właściwe zabezpieczenie przed korozją elementów urządzeń i instalacji narażonych na wpływ czynników atmosferycznych.

#### 11.3.4. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

W tym celu należy:

- ustalić, jakie środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim zostały zastosowane,
- stwierdzić prawidłowość doboru środków ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym oraz ich zgodność z obowiązującymi normami,
- sprawdzić zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-4-41:2017-09, PN-IEC 60364-4-47:2001 i PN-HD 60364-6:2016-07.

#### 11.3.5. Ochrona przed pożarami i skutkami cieplnymi

Należy sprawdzić, czy:

- instalacje i urządzenia elektryczne nie stwarzają zagrożenia pożarowego dla materiałów lub podłoży, na których (w pobliżu których) są zainstalowane,
- urządzenia mogące powodować powstawanie łuku elektrycznego są odpowiednio zabezpieczone przed jego negatywnym oddziaływaniem na otoczenie,
- urządzenia zawierające ciecze palne są odpowiednio zabezpieczone przed rozprzestrzenianiem się tych cieczy,
- dostępne części urządzeń i aparatów nie zagrażają poparzeniem,
- urządzenia do wytwarzania pary, gorącej wody lub powietrza mają wymagane zabezpieczenie przed przegrzaniem,
- urządzenia wytwarzające promieniowanie ciepłe są zabezpieczone przed wystąpieniem niebezpiecznej temperatury.

Ocenia się zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-4-42:2011/A1:2015-01 oraz PN-IEC 60364-4-482:1999.

#### **11.3.6. Dobór przewodów do obciążalności prądowej i spadku napięcia oraz dobór i nastawienie urządzeń zabezpieczających i sygnalizacyjnych**

Należy sprawdzić prawidłowość doboru parametrów technicznych i kompatybilność dostosowania do warunków pracy urządzeń:

- zabezpieczających przed skutkami prądu przeciążeniowego,
- zabezpieczających przed skutkami prądu zwarciovego,
- ochronnych różnicowoprądowych,
- zabezpieczających przed przepięciami,
- zabezpieczających przed zanikiem napięcia,
- do odłączania izolacyjnego.

Należy sprawdzić prawidłowość:

- nastawienia parametrów urządzeń (aparatów) zabezpieczających,
- zainstalowania i nastawienia urządzeń sygnalizacyjnych do stałej kontroli stanu izolacji oraz innych, jeśli takie przewidziano w projekcie,
- doboru urządzeń ze względu na selektywność działania,
- doboru przewodów do przewidywanych obciążeń prądem elektrycznym oraz ich zabezpieczeń przed przetężeniami.

Należy sprawdzić zgodność wykonania z wymaganiami norm PN-IEC 60364-443: 2012, PN-IEC 60364-4-473:1999, PN-HD 60364-5-51:2011/A11:2014-01, PN-EN 60364-5-52:2011, PN-IEC 60364-5-53:2000, PN-IEC 60364-5-523:2001, PN-IEC 60364-5-537:1999.

#### **11.3.7. Umieszczenie odpowiednich urządzeń odłączających i łączących**

Należy sprawdzić, czy instalacja i urządzenia spełniają wymagania w zakresie:

- odłączania od napięcia zasilającego całej instalacji oraz każdego obwodu,
- środków zapobiegających przypadkowemu załączeniu i możliwości wyłączenia awaryjnego,
- wynikającym z potrzeb sterowania,
- wynikającym z wymagań bezpieczeństwa przy zachowaniu zasad,
- wynikającym z odłączania w celu wykonania konserwacji urządzeń mechanicznych,
- odłączania izolacyjnego i łączy roboczych,
- wyłączania do celów konserwacji,
- wyłączania awaryjnego.

Sprawdzenia dokonuje się na zgodność z wymaganiami norm PN-IEC 60364-4-46:1999, PN-IEC 60364-5-537:1999 oraz PN-EN 60317-0-2:2014-04.

#### **11.3.8. Dobór urządzeń i środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych**

Należy sprawdzić prawidłowość zastosowanych rozwiązań technicznych w zależności od warunków środowiskowych oraz ze względu na:

- konstrukcję obiektu budowlanego oraz temperaturę i wilgotność powietrza,
- obecność ciał obcych, wody lub innych substancji wywołujących korozję,
- narażenia mechaniczne,
- promieniowanie słoneczne, wstrząsy sejsmiczne, wyładowania atmosferyczne, oddziaływanie elektromagnetyczne, elektrostatyczne lub jonizujące,
- przepięcia atmosferyczne i łączeniowe,
- kontakt ludzi z potencjałem ziemi,
- warunki ewakuacyjne oraz zagrożenia pożarem, wybuchem i skażeniem,
- kwalifikacje osób.

Sprawdza się zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-1:2010, PN-IEC 60364-4-443:1999 i PN-HD 60364-5-51:2011/A11:2014-01.

#### 11.3.9. Oznaczenia przewodów

Sprawdzenie prawidłowości oznaczenia przewodów polega na stwierdzeniu odpowiedniego oznaczenia wszystkich przewodów ochronnych, neutralnych i ochronno-neutralnych oraz ocenieniu, czy kolory zielono-żółty i jasnoniebieski nie zostały zastosowane do oznaczenia przewodów fazowych.

Sprawdzenia dokonuje się na zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-5-54:2011, PN-EN 60445:2010 oraz PN-EN 60446:2010.

#### 11.3.10. Umieszczanie schematów, tablic ostrzegawczych i innych informacji oraz oznaczenia obwodów, łączników, bezpieczników, zacisków

Należy sprawdzić umieszczenie schematów, tablic ostrzegawczych lub innych podobnych informacji oraz oznaczenia obwodów, bezpieczników, łączników, zacisków itp.

Należy sprawdzić, czy:

- umieszczone napisy oraz tablice ostrzegawcze, informacyjne i identyfikacyjne znajdują się we właściwym miejscu,
- obwody, łączniki, bezpieczniki, zaciski są oznaczone w sposób umożliwiający ich identyfikację i zgodnie z oznaczeniami na schematach oraz innych środkach informacyjnych,
- tabliczki znamionowe oraz inne środki identyfikujące aparaty łączeniowe i sterownicze znajdują się we właściwym miejscu, a ich zakres informacji pozwala na identyfikację,
- umieszczono we właściwych miejscach schematy oraz czy w wystarczającym zakresie pozwalają one na identyfikację instalacji, obwodów lub urządzeń.

Ocenia się zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-5-51:2011/A11:2014-01, PN-IEC 60038:1999, PN-EN 60617-3:2003, PN-EN 60617-11:2004, PN-88/E-08501, PN-92/N-01256/01, PN-92/N-01256/02 i PN-92/N-01256/03.

#### 11.3.11. Połączenia przewodów

Należy sprawdzić, czy:

- połączenia są wykonane przy użyciu odpowiednich metod i osprzętu,
- izolacja nie naciska na połączenia,
- zaciski nie są narażone na naprężenia spowodowane przez podłączone przewody.

Należy zbadać zgodność wykonania z wymaganiami norm PN-EN 60998-1: 2006, PN-EN 60998-2-1:2006, PN-EN 60998-2-2:2006, PN-EN 60999-1:2002 oraz PN-EN 60352-2:2006 i PN-EN 61210:2010.

#### 11.3.12. Pomiary i próby instalacji elektrycznych

Przed przystąpieniem do pomiarów i prób należy usunąć wszystkie wady, błędy montażowe i usterki wykryte w trakcie oględzin instalacji.

Pomiary i próby przeprowadza się w celu stwierdzenia, czy zainstalowane przewody, aparaty, urządzenia i środki ochrony:

- spełniają wymagania określone w odpowiednich normach,
- odpowiednio zabezpieczają osoby i mienie przed negatywnym oddziaływaniem instalacji elektrycznych,
- nie mają uszkodzeń, wad lub odporności mniejszej niż wymagana,
- są dobrane, zainstalowane i wykazują parametry określone w projekcie.

Podstawowy zakres pomiarów i prób obejmuje:

- sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych, w tym głównych i dodatkowych (miejscowych) połączeń wyrównawczych,
- pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznych,
- sprawdzenie ochrony przez oddzielenie od siebie obwodów,
- pomiar rezystancji izolacji ścian i podłogi,
- pomiar rezystancji izolacji kabli,
- pomiar rezystancji uziemienia oraz rezystywności gruntu,
- pomiar prądów upływowch,
- sprawdzenie biegunowości,
- sprawdzenie samoczynnego wyłączenia zasilania,
- sprawdzenie działania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych,

- sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej,
- przeprowadzenie prób działania,
- sprawdzenie ochrony przed spadkiem lub zanikiem napięcia.

Każde badanie odbiorcze lub okresowe instalacji elektrycznej powinno być zakończone protokołem z przeprowadzonych pomiarów i prób. Protokół musi zawierać co najmniej następujące dane:

- nazwę badanego urządzenia i jego dane znamionowe,
- miejsce jego zainstalowania,
- rodzaj wykonanych pomiarów,
- nazwisko osoby wykonującej pomiary,
- datę wykonania pomiarów,
- spis użytych przyrządów i ich numery,
- liczbowe wyniki pomiarów,
- uwagi i wnioski.

Ocenę końcową badań odbiorczych należy uznać za pozytywną wówczas, gdy wyniki wszystkich badań w zakresie oględzin, pomiarów i prób są dodatnie. Jeżeli w trakcie badań stwierdzono usterki, to po ich usunięciu należy powtórzyć wszystkie badania, na które usterka mogła mieć wpływ.

Pomiary i próby przeprowadza się na zgodność z wymaganiami norm PN-HD 60364-6:2016-07 i PN-E-04700:1998/Az1:2000.

#### **11.4. Warunki odbioru instalacji urządzeń zasilających**

##### **11.4.1. Odbiór międzyoperacyjny i częściowy**

Odbiór międzyoperacyjny

Odbiór międzyoperacyjny przeprowadzany jest po zakończeniu danego etapu robót, mających wpływ na wykonanie dalszych prac.

Odbiorowi takiemu podlegają m.in.:

- wykonanie i montaż konstrukcji,
- ustawienie na stanowiskach transformatorów, dławików, baterii kondensatorów z przynależną do stanowiska aparaturą,
- ustawienie tablic sterowniczych i przełącznikowych w nastawni,
- ustawienie rozdzielnic,
- obwody zewnętrzne główne i pomocnicze,
- instalacje oświetleniowe, grzejne, telefoniczne i inne.

Odbiór częściowy

Powinno przeprowadzić się badanie pomontażowe częściowe elementów urządzeń, które ulegają zakryciu, uniemożliwiając ocenę prawidłowości ich wykonania po całkowitym ukończeniu prac.

Podczas odbioru należy sprawdzić prawidłowość montażu oraz zgodność z obowiązującymi przepisami i projektem:

- instalacji wtynkowych i podtynkowych,
- sieci uziemiającej, kablowej i odwadniającej układanej bezpośrednio w ziemi,
- fundamentów, uziomów fundamentowych i przepustów umieszczonych w fundamentach,
- instalacji urządzeń zasilających.

##### **11.4.2. Odbiór końcowy**

Wymagania ogólne dotyczące pomontażowego odbioru urządzeń zasilających

Badania pomontażowe jako techniczne sprawdzenie jakości wykonanych robót należy przeprowadzić po zakończeniu robót elektrycznych, przed przekazaniem użytkownikowi urządzeń zasilających.

Zakres badań obejmuje sprawdzenie:

- izolacji torów głównych,
- izolacji torów pomocniczych,
- działania funkcjonalnego obwodów pomocniczych,
- działania mechanicznego łączników, blokad itp.,
- instalacji ochronnej.

Parametry badań oraz sposób przeprowadzenia badań są określone w normach PN-HD 60364-6:2016-07 i PN-E-04700:1998/Az1:2000.

Badania napięciem probierczym wykonuje się tylko jeden raz. Jeżeli producent dostarczył protokół z tych badań, rozdzielnice SN sprawdza się napięciem obniżonym do 75% napięcia probierczego, a rozdzielnice o napięciu do 1 kV – induktorem, sprawdzając tylko rezystancję izolacji.

Badania działania obwodów pomocniczych polegają na sprawdzeniu prawidłowości działania układów zabezpieczeń, sterowania, sygnalizacji, blokad, automatyki i samoczynnego załączania rezerwy. Badania należy przeprowadzić według programu, który powinien być częścią dokumentacji eksploatacyjnej.

Badania działania mechanicznego łączników, blokad itp. wykonuje się na napędach łączników oraz związanych z nimi blokadach mechanicznych. Należy wykonać 5 normalnych cykli roboczych (zamknięcie – otwarcie) każdego łącznika.

W rozdzielnicach dwuczłonowych należy wykonać 5 cykli przestawień każdego członu ruchomego od stanu pracy do stanu spoczynku (próby) i od stanu spoczynku (próby) do stanu pracy.

Łączniki sterujące wyposażeniem członu należy zamykać i otwierać w stanie pracy i w stanie próby. W trakcie próby trzeba także sprawdzić prawidłowe działanie blokad tego członu.

Badania należy przeprowadzić według instrukcji rozdzielnicy. Wyniki badań trzeba zamieścić w protokole.

#### **11.4.3. Odbiór instalacji i urządzeń w stacji transformatorowo-rozdzielczej**

Pomieszczenie ruchu elektrycznego

Należy sprawdzić:

- wykonanie kanałów, wnęk, przepustów dla szyn i kabli,
- zamontowanie kotew, ram, rur itp.,
- szerokość korytarzy nadzoru i obsługi,
- szczelność pomieszczeń i ochronę przed przedostawaniem się szkodliwych pyłów i gazów,
- oznaczenia na drzwiach wejściowych.

Urządzenia rozdzielcze

Należy sprawdzić:

- zamocowanie i ustawienie urządzeń rozdzielczych,
- przyłączenie do zacisków ochronnych przewodów uziemiających,
- odległości w świetle między gołymi częściami będącymi pod napięciem różnych faz tego samego obwodu lub różnych obwodów elektrycznych oraz między tymi częściami a uziemionymi konstrukcjami (ogrodzeniami),
- odległości zbliżenia i skrzyżowania obwodów o różnych napięciach znamionowych.

Oszynowanie i osprzęt

Należy skontrolować:

- osprzęt, izolację i oszynowanie w zakresie jakości, typów i materiału,
- końcówki do przyłączenia uziemiaczy przenośnych,
- odległości od podłoża szyn prowadzonych nad korytarzami i przejściami oraz wysokości osłon ciągów gołych szyn pionowych.

Transformatory

Należy sprawdzić:

- zamocowanie transformatorów do szyn jezdnych,
- połączenie szyn z izolatorami przepustowymi uzwojeń transformatora,
- połączenie termometrów kontaktowych, układów sterowania przełącznika zaczepów, wentylatorów itp.,
- przyłączenie uziemień ochronnych,
- podkładki amortyzujące i złącza elastyczne pod oszynowanie średniego i niskiego napięcia,
- zgodność z przepisami ustawienia transformatora w komorze transformatorowej,
- istnienie barier ochronnych, ich wysokości oraz odległości części pod napięciem,
- wentylację komory transformatorowej.

Wyłączniki i odłączniki

Należy skontrolować:

- prawidłowość zamocowania aparatów i ich działanie,
- przyłączenia obudów do uziemienia ochronnego,
- połączenia przewodów fazowych oszynowania,
- świadectwa jakości aparatów oraz badań i prób fabrycznych,
- usytuowanie napędów ręcznych.



## Baterie kondensatorów

Należy sprawdzić:

- połączenia między jednostkami kondensatorowymi oraz aparatami,
- urządzenia rozładownicze,
- zaciski uziemiające oraz ich przyłączenia do uziemienia ochronnego,
- aparaturę kontrolno-pomiarową,
- zainstalowanie tabliczek ostrzegawczych,
- wypoziomowanie baterii.

## Instalacje elektryczne

Należy ocenić:

- stosowane przewody i ich ułożenie,
- usytuowanie i rodzaj opraw oświetleniowych oraz gniazd wtyczkowych.

Obwody pomocnicze automatyki zabezpieczeniowej, sterowania i pomiarów

W szczególności należy ustalić:

- poprawność wykonania montażu i ustawienia,
- legalizację i sprawdzenie przyrządów pomiarowych,
- zasilanie i ustawienie szaf, tablic pomiarowych, regulacyjnych i sterowniczych,
- warunki klimatyczne, jakie mogą występować w pomieszczeniach przyrządów pomiarowych,
- zabudowanie sterowników, przełączników, wyłączników, gniazd bezpiecznikowych, styczników, przekaźników zasilaczy, transformatorów, lamp sygnalizacyjnych, liczników energii elektrycznej, listew i zacisków montażowych, zapewniających łatwy dostęp dla obsługi przy pracach montażowych,
- napisy informacyjne oraz oznaczenie zacisków listew montażowych,
- odległości od podłogi do dolnej listwy szafy lub tablicy pomiarowej,
- „zapas” przewodów przy zaciskach aparatów, sprzętu i listew montażowych.

## Instalacje piorunochronne stacji transformatorowych

W szczególności należy sprawdzić:

- zakończenia przewodów odgromowych linii napowietrznej chroniące przejścia linii na teren stacji,
- odległość odgromnika wydmuchowego od zacisku chronionego uzwojenia transformatora zasilającego sieci o napięciu do 1 kV,
- odległość odgromnika zaworowego od zacisku chronionego uzwojenia transformatora zasilającego sieci o napięciu od 1 kV do 110 kV,
- odstęp elektrod iskierników na przekładnikach prądowych,
- połączenia zacisku uziomowego z uziomem oraz z częścią przewodzącą dostępną chronionego urządzenia,
- przekroje poprzeczne przewodów odprowadzających,
- odstęp zamocowań przewodów odprowadzających na ścianach budynku oraz odległości od ścian,
- odległości przewodów odprowadzających od wejść do budynku, przejść dla pieszych i ogrodzeń metalowych przylegających do dróg publicznych,
- połączenia przewodów odprowadzających ze zwodami i z przewodem uziemiającym,
- wysokość zamocowania zacisków probierczych oraz osłon przewodów uziemiających,
- zabezpieczenie przed korozją.

### 11.5. Warunki odbioru pozostałych instalacji i urządzeń elektrycznych

Warunki odbioru nowoczesnych instalacji elektrycznych (inteligentnych)

Odbiór nowoczesnych, inteligentnych instalacji elektrycznych odbywa się według ustaleń dotyczących instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Pozostałe wymagania podane są niżej.

Podczas odbioru należy sprawdzić:

- trasy prowadzenia przewodów magistralnych i miejsca mocowania puszek sprzętowych, rozgałęźnych i punktów odbiorczych (końcowych),
- oznaczenie linii zasilających i sygnałowych,
- odległości pomiędzy przewodami zasilającymi a magistralnymi,
- dostępność do przewodu magistralnego w takich strefach, jak okna, drzwi,
- dopuszczalną długość pomiędzy:

- dwoma zasilaczami umieszczonymi w jednej linii,
- zasilaczem a elementem magistralnym,
- dwoma elementami magistralnymi,
- łączną długością przewodu magistralnego.

Ponadto należy sprawdzić, czy:

- przewidziano w rozdzielnicy rezerwę miejsca na ewentualną rozbudowę systemu,
- żyły elementów magistralnych są ze sobą połączone, a w rozdzielnicy połączone z szyną ochronną PE,
- zachowana jest prawidłowa polaryzacja napięcia na zaciskach urządzeń magistralnych.

### **11.6.Odbiór instalacji piorunochronnej budynku**

Odbiory częściowe

W ramach odbiorów częściowych należy dokonać kontroli międzyoperacyjnych.

Kontrole obejmują:

- sprawdzenie prawidłowości wykonania połączeń metalicznych zbrojenia ścian i fundamentów przed zalaniem betonem, to jest:
- wartości wykonywanych przekrojów poprzecznych zbrojenia i połączeń prętów zbrojeniowych,
- wartości wykonywanych przekrojów przewodów uziemiających i prawidłowości ich połączeń,
- przygotowania prętów zbrojenia (wypustów) do połączeń z przewodami uziemiającymi,
- miejsc wyprowadzenia przewodów uziemiających, oznaczonych w dokumentacji,
- wyników pomiarów rezystancji uziemień, wykorzystujących zbrojenie fundamentów, przed wykonaniem kondygnacji naziemnych, zgodnie z zasadami przedstawionymi w rozdziale 11.3,
- ocenę ułożenia krytych przewodów odprowadzających i uziemiających przed ich zakryciem,
- sprawdzenie instalacji uziemiającej w wykopach przed ich zasypaniem.

Odbiór końcowy

Przed przystąpieniem do odbioru końcowego wykonawca powinien:

- przygotować dokumentację powykonawczą, zgodnie z zasadami przedstawionymi w rozdziale 2,
- sporządzić oświadczenie o zakończeniu robót.

Komisja odbioru powinna:

- zbadać aktualność i kompletność dokumentacji powykonawczej,
- przeprowadzić oględziny urządzenia piorunochronnego zewnętrznego i wewnętrznego z uwagi na zgodność z dokumentacją jego materiałów, wymiarów i rozmieszczenia,
- sporządzić protokół odbioru, z uwzględnieniem wszystkich podstawowych uwag i podjętych zaleceń.

Dokumentacja powykonawcza instalacji piorunochronnej

Przy przekazywaniu obiektu do eksploatacji wykonawca obowiązany jest do- starczyć zleciennodawcy dokumentację powykonawczą, a w szczególności:

- dokumentację techniczną z naniesionymi na niej ewentualnymi zmianami,
- metrykę urządzenia piorunochronnego zewnętrznego (wg wzoru przedstawionego w załączniku 5),
- protokół badań urządzenia piorunochronnego zewnętrznego (wg wzoru przedstawionego w załączniku 4),
- dziennik budowy z adnotacjami dotyczącymi kontroli robót międzyoperacyjnych,
- certyfikaty lub deklaracje zgodności wydane dla wyrobów stosowanych w urządzeniach piorunochronnych.

Badania techniczne i pomiary kontrolne instalacji piorunochronnej

Badania techniczne i pomiary kontrolne instalacji piorunochronnej należy wykonać, uwzględniając wymagania zawarte w normach PN-EN 62305:20011-2012, część 1, 2, 3, 4 [42 – 45] i PN-IEC 60364-4-443:2016-03 [61].

W zależności od rodzaju i przeznaczenia urządzenia piorunochronnego badania powinny obejmować:

- oględziny zbrojenia fundamentów lub sztucznych uziomów fundamentowych przed zalaniem betonem,
- oględziny części nadziemnej,
- sprawdzenie ciągłości galwanicznej urządzenia piorunochronnego,

- pomiary rezystancji uziemienia,
- oględziny elementów uziemienia (po ich odkopaniu lub przed zasypaniem).

Oględziny dotyczą sprawdzenia:

- zgodności rozmieszczenia poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego,
- wymiarów użytych materiałów,
- rodzajów połączeń,
- bezpiecznych odstępów izolacyjnych pomiędzy urządzeniem piorunochronnym i metalowymi elementami lub instalacjami budynku,
- prawidłowości doboru ograniczników przepięć zgodnie z projektem i klasą (strefą ochrony) T1, T2, T3.

Sprawdzanie ciągłości galwanicznej powinno zostać wykonane przy użyciu omomierza przyłączonego z jednej strony do zwodów, a z drugiej do wybranych przewodów urządzenia piorunochronnego. Pomiary rezystancji uziemienia powinny być wykonywane przy zastosowaniu metody technicznej.

Oględziny elementów uziemienia powinny być wykonywane dla 10% uziomów oraz ich przewodów uziemiających; wyboru badanych uziomów należy dokonać losowo.

Każdy obiekt budowlany, podlegający ochronie odgromowej, powinien mieć metrykę urządzenia piorunochronnego.

## **11.7. Odbiór instalacji telekomunikacyjnych**

### **11.7.1. Założenia podstawowe**

Przed rozpoczęciem robót instalacyjnych telekomunikacyjnych w budynku oraz montażem urządzeń i sprzętu należy dokonać odbioru frontu robót od generalnego wykonawcy. Należy sprawdzić, czy w robotach budowlanych wykonane zostały, zgodnie z odpowiednimi wymogami, wszelkie roboty przygotowawcze, w tym:

- przepusty na kable telekomunikacyjne wprowadzane do budynku,
- przepusty przez stropy,
- orurowanie dla poziomego i pionowego prowadzenia przewodów instalacji telekomunikacyjnych,
- kanały i bruzdy w celu prowadzenia instalacji telekomunikacyjnych,
- wnęki w ścianach na korytarzach, holach,
- miejsca na mieszkaniowe (abonenckie) szafki telekomunikacyjne,
- pomieszczenia telekomunikacyjne.

Należy sprawdzić zgodność wymiarów oraz zakresu wykonanych robót z dokumentacją budowlaną i z wytycznymi lub warunkami zawartymi w projektach instalacyjnych. Należy sprawdzić, czy w trakcie wykonawstwa budowlanego nie zostały wprowadzone zmiany do projektu budowlanego, a w szczególności czy pomieszczenia, w których mają być instalowane urządzenia telekomunikacyjne, nie zmieniły przeznaczenia [125].

### 11.7.2. Próby i odbiory sieci telekomunikacyjnych

Próby montażowe dotyczą badań i pomiarów. Wyniki prób stwierdzone protokolarnie powinny być przedstawione komisji odbioru robót.

Próby ciągłości kabli i przewodów pomiędzy żyłami każdego odcinka linii kablowej oraz instalacji wewnętrznej należy przeprowadzić w przypadku:

- przewodów w instalacji wewnętrznej: wszystkich żył,
- kabli w instalacji wewnętrznej: 5% żył,
- kabli w sieci zewnętrznej: 2% żył.

Próba powinna być wykonana odnośnie do co najmniej jednej pary żył. Próby należy wykonać prądem stałym.

Pomiar rezystancji izolacji żyły należy wykonać względem drugiej żyły połączonej z ziemią w przypadku:

- wszystkich żył ciągu instalacyjnego, wykonanego przewodami w instalacji wewnętrznej,
- 2% żył każdego kabla w instalacji wewnętrznej,
- 1% żył każdego kabla w sieci telekomunikacyjnej zewnętrznej.

Pomiar powinien być wykonany miernikiem izolacji o napięciu od 100 V do 500 V dla co najmniej jednej pary żył.

Pomiar rezystancji pętli toru abonenckiego należy wykonać odnośnie do najdłuższych odcinków w liczbie 10% ogólnej liczby torów. Wartości wymaganych rezystancji są określone dla aparatów telefonicznych przyłączonych do sieci telekomunikacyjnej, w DTR producenta danej centrali lub w projekcie.

Pomiar odstępu od zakłóceń przesłuchu zbliżonego i zdalnego należy wykonywać w dwuczłonowych układach sieci dla 2% łączy na trasie od centrali do szafek kablowych. Wielkości odstępów od zakłóceń między torem rozgłaszania przewodowego i torem telefonicznym nie powinny być mniejsze niż:

- 74 dB (8,5 Np), gdy tor telefoniczny zakłóca,
- 58 dB (6,5 Np), gdy tor telefoniczny jest zakłócany,
- 61 dB (7,0 Np) w pozostałych przypadkach.

Pomiary rezystancji uziemienia należy wykonać:

- na złączu kontrolnym w pomieszczeniu łącznicy lub w przypadku łącznicy o małej pojemności na przewodzie uziomowym odłączonym od zacisku łącznicy – pomierzona rezystancja nie powinna przekraczać wartości określonej w instrukcji
- fabrycznej dla danej łącznicy lub w projekcie, rezystancja ta nie powinna być większa niż 15  $\Omega$ ,
- na przewodzie uziemiającym odłączonym od zacisków odgromników.

W przypadku przyłącza linii telefonicznej napowietrznej pomierzona rezystancja nie powinna przekraczać wartości 10  $\Omega$ . W przypadku występowania szkodliwych oddziaływań wysokich potencjałów stacji i linii elektroenergetycznych 110 kV oraz wyższych napięć na kable sieci telekomunikacyjnych należy zbadać, czy rezystancja uziemienia urządzeń centrali i powłok kabli w komorze kablowej spełnia wymagania projektu zabezpieczeń sieci kablowej.

W instalacji zasilającej prądu przemiennego należy przeprowadzić pomiary skuteczności ochrony przed porażeniem według zasad obowiązujących w instalacjach elektroenergetycznych. W instalacji zasilającej prądu stałego należy przeprowadzić próbę pracy buforowej prostownika z baterią akumulatorów.

Wynik próby można uznać za pozytywny, jeśli na zaciskach baterii utrzymuje się napięcie odpowiadające napięciu na każdym ogniwie: w akumulatorach kwasowych 2,2 V  $\pm 1\%$ , w akumulatorach zasadowych (od 1,40 V do 1,45 V)  $\pm 1\%$ .

Ponadto należy przeprowadzić próbę pracy bateryjnej przez spowodowanie zaniku napięcia w sieci zasilającej prądu przemiennego, a następnie próbę ładowania przez spowodowanie powrotu napięcia. Pomiary spadków napięć wykonuje się w czasie pracy bateryjnej od zacisków baterii do szyn rozdzielczych telekomunikacyjnych szafek mieszkaniowych. Pomierzone spadki napięć nie powinny w zasadzie przekraczać następujących wartości:

- 0,8 V w przypadku napięcia znamionowego 24 V,
- 1,5 V w przypadku napięć znamionowych 48 V, 50 V i 60 V,
- 4,0 V w przypadku napięć znamionowych od 220 V do 230 V lub podanych w projekcie instalacji.

Pomiar parametrów instalacji światłowodowej

Instalacja światłowodowa wraz z osprzętem instalacyjnym i urządzeniami telekomunikacyjnymi powinna być doprowadzona kablem światłowodowym i zakończona co najmniej dwoma jednomodowymi włóknami światłowodowymi o następujących parametrach:

- tłumienność dla długości fali w paśmie od 1310 nm do 1625 nm nie większa niż 0,4 dB/km,
- tłumienność dla długości fali 1550 nm nie większa niż 0,25 dB/km,
- tłumienność w paśmie 1383 nm  $\pm 3$  nm nie większa niż 0,4 dB/km,
- długość fali zerowej dyspersji chromatycznej  $\lambda_0$  nie mniejsza niż 1300 nm i nie większa niż 1324 nm,
- współczynnik dyspersji chromatycznej D nie większy niż 0,092 ps/nm<sup>2</sup>/km,
- nominalna średnica pola modu (dla  $\lambda = 1310$  nm) od 8,6  $\mu$ m do 9,5  $\mu$ m przy tolerancji średnicy pola modu  $\pm 0,6$   $\mu$ m,
- długość fali odcięcia dla włókna w kablu nie większa niż 1260 nm,
- tłumienność 100 zwojów o średnicy 60 mm dla długości fali 1625 nm nie większa niż 0,1 dB.

Pomiary wyżej wymienionych parametrów instalacji światłowodowej należy wykonać za pomocą specjalistycznych przyrządów pomiarowych (mierników mocy optycznej), tzw. reflektometrów. Wykonuje się nimi pomiary: mocy, tłumienności, tłumienności odbicia, długości fali, długości drogi optycznej. Do instalacji telekomunikacyjnych należy wykorzystywać złącza światłowodowe jednomodowe (zalecane typu SC/APC).

W przypadku zastosowania sieci strukturalnej lub współosiowej należy do pomiarów stosować odpowiednie mierniki tłumienności (testery telekomunikacyjne). Wykonuje się nimi pomiary: szumów, szumów z sygnałem do ziemi, stosunku sygnał – szum, trójpoziomowych szumów impulsowych, tłumienności odbicia i przeników, w wykonaniu pomiaru poziomu szerokopasmowym i selektywnym od 0 MHz do 15 MHz (–90 dBm do min. 20 dBm).

Tłumienie toru optycznego od punktu połączenia z publiczną siecią telekomunikacyjną do wyjścia z gniazda lub zakończeń kabli nie powinno przekraczać wartości 1,2 dB przy długości fali 1310 nm i 1550 nm.

### 11.7.3. Odbiór końcowy robót

Odbiorowi końcowemu podlega wykonanie:

- instalacji telekomunikacyjnych wewnętrznych (budynkowych),
- linii kablowych zewnętrznych oraz kanalizacji kablowej,
- urządzeń telekomunikacyjnych, centrali telefonicznej.

Należy sprawdzić, czy wykonanie wszystkich robót jest zgodne z projektem technicznym oraz wymaganiami producentów urządzeń telekomunikacyjnych. Wykonanie instalacji telekomunikacyjnych wewnętrznych wymaga sprawdzenia, czy uwzględnione zostały warunki podane w projekcie i w Polskich Normach.

Sprawdzenie wykonania sieci kablowej zewnętrznej oraz kanalizacji kablowej należy przeprowadzać, uwzględniając warunki zawarte w projekcie sieci strukturalnej, prawie telekomunikacyjnym i normach przedmiotowych. Ułożenie kabli w ziemi i w kanalizacji kablowej należy sprawdzić przed ich zasypaniem [84]. Sprawdzenia należy dokonać przez oględziny, w szczególności zastosowanych materiałów, ułożenia ciągów, wykonania umocowań i połączeń oraz przez dokonanie pomiarów odległości skrzyżowań i zbliżeń instalacji i linii.

Przy odbiorze urządzeń telekomunikacyjnych należy sprawdzić, czy realizowane są wszystkie rodzaje połączeń gwarantowanych przez producenta, szczególnie tych z dostawcami telekomunikacyjnych mediów zewnętrznych, przychodzących z sieci publicznej. Należy również uwzględniać warunki wynikające z instrukcji dotyczących danego urządzenia. Wykonanie instalacji telekomunikacyjnych wewnętrznych wymaga sprawdzenia, czy uwzględnione zostały wszystkie warunki dotyczące urządzeń telekomunikacyjnych, podane w rozdziale 9.

Odbiór urządzeń telekomunikacyjnych powinien być przeprowadzony według instrukcji odbioru obowiązującej dla danej wielkości i typu urządzenia. Odbioru powinna dokonać wyspecjalizowana jednostka telekomunikacyjna, która sprawdzi, czy próby montażowe dały zadowalające wyniki oraz czy zostały wykonane zalecenia i usunięte ewentualne usterki wymienione w protokołach z prób montażowych (załącznik 8).

## 11.8. Warunki przekazania instalacji elektrycznej i piorunochronnej do eksploatacji

### 11.8.1. Wymagania techniczne

Instalacja i urządzenia elektryczne mogą być przyjęte do eksploatacji po stwierdzeniu:

- kompletności dokumentacji technicznej powykonawczej,

- gotowości instalacji i urządzeń elektrycznych do eksploatacji zgodnie z wymaganiami ustalonymi w założeniach techniczno-ekonomicznych i projekcie technicznym,
- przygotowania instalacji i urządzeń elektrycznych do pracy zgodnie z określonymi warunkami technicznymi odnośnie do budynków i urządzeń,
- przygotowania instalacji i urządzeń elektrycznych do pracy zgodnie z wymaganiami BHP, pożarowymi i ochrony środowiska,
- uzyskania pozytywnych wyników prób i pomiarów parametrów technicznych instalacji i urządzeń elektrycznych,
- poprawnej pracy poszczególnych odcinków instalacji elektrycznej i urządzeń elektrycznych,
- spełnienia warunków sanitarnych i sanitarno-bytowych.

Ostatecznym dokumentem potwierdzającym przyjęcie instalacji i urządzeń elektrycznych w budynku jest protokół przyjęcia po ustaleniu, że nie zawiera ona żadnych braków i usterek. Protokół przyjęcia powinien zostać podpisany przez właściciela lub zarządcę przyjmującego instalację i urządzenia elektryczne w budynku.

Przekazanie obiektu do eksploatacji nie zwalnia wykonawcy od usunięcia ewentualnych wad i usterek stwierdzonych przy odbiorze końcowym oraz istotnych usterek zgłoszonych przez użytkownika w okresie trwania rękojmi, tj. w okresie gwarancyjnym. Termin usunięcia wad i usterek w ramach rękojmi wyznacza inwestor w porozumieniu z wykonawcą. W przypadku niedotrzymania przez wykonawcę budowy (robót) zobowiązań wynikających z rękojmi zamawiający ma prawo do odszkodowania i do stosowania kar umownych.

#### 11.8.2. Przekazanie obiektu do eksploatacji. Rękojnia\*

Przekazanie obiektu do eksploatacji polega na przekazaniu całości robót (w tym i elektrycznych), wykonanych w obiekcie po przeprowadzeniu rozruchu technologicznego (jeśli taki jest przewidziany), po odbiorze końcowym i stwierdzeniu usunięcia wad i usterek oraz wykonania zaleceń. W przypadku gdy odbierany przez zamawiającego obiekt ma być przekazany do eksploatacji i na własność jednostce energetyki zawodowej, należy przestrzegać aktualnych warunków wykonania i odbioru ustalonych przez właściwe instytucje.

Szczegółowe warunki techniczne związane z przekazywaniem wykonanych w obiekcie robót elektrycznych podano w treści odpowiednich rozdziałów. Przekazanie obiektu do eksploatacji zamawiającemu (użytkownikowi) nie zwalnia wykonawcy od usunięcia ewentualnych wad i usterek stwierdzonych przy odbiorze końcowym i istotnych usterek zgłoszonych przez użytkownika w ramach gwarancji\*\* lub w ramach ustawowo obowiązującej rękojmi.

Termin usunięcia wad i usterek w ramach rękojmi wyznacza inwestor w porozumieniu z wykonawcą. W przypadku niedotrzymania przez wykonawcę budowy (robót) zobowiązań wynikających z rękojmi zamawiający ma prawo do stosowania kar umownych i do odszkodowania. Zasady dotyczące rękojmi, kar umownych i odszkodowań powinny być zgodne z obowiązującymi przepisami w tym zakresie, jeżeli umowa z inwestorem nie zawierała odpowiednich zapisów [9, 10].

#### 11.8.3. Wymagania ogólne dotyczące BHP przy wykonywaniu robót elektrycznych, piorunochronnych i telekomunikacyjnych

Przy wykonywaniu robót każdy wykonawca zobowiązany jest do przestrzegania obowiązujących przepisów w zakresie BHP [29].

Wykonawca robót powinien należeć do Izby Inżynierów Budownictwa, posiadać uprawnienia budowlane oraz świadectwo kwalifikacyjne D i E w zakresie dozoru i eksploatacji instalacji i urządzeń elektroenergetycznych. Kwalifikacje personelu wykonawcy robót powinny zostać stwierdzone przez właściwą komisję egzaminacyjną i udokumentowane ważnym świadectwem kwalifikacyjnym E.

W budynku powinny być zainstalowane odpowiednie oznaczenia i znaki bezpieczeństwa.

---

\* Rękojnia za wady fizyczne i prawne to odpowiedzialność sprzedawcy względem kupującego, która wynika z ustawy (Kodeks cywilny, art. 556-576), a nie z umowy zawartej między stronami.

\*\* Gwarancja to pisemne zobowiązanie gwaranta do bezpłatnego usunięcia wady lub wymiany towaru na niewadliwy. Gwarancja jakości chroni konsumenta tylko wtedy, gdy gwarant tej ochrony udzielił – wszystkie uprawnienia i tryb ich realizacji określa karta gwarancyjna.

## 12. PODSTAWA OPRACOWANIA

### Przepisy prawne

- [1] Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (t.j. Dz. U. z 2021 r., poz. 2351 z późn. zm.)

- [2] Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. (t.j. Dz. U. z 2022 r., poz. 1385, 1723 z późn. zm.)
- [3] Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (t.j. Dz. U. z 2020 r., poz. 1219 z późn. zm.)
- [4] Ustawa z dnia 21 grudnia 2002 r. o dozorze technicznym (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 667 z późn. zm.)
- [5] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 544 z późn. zm.)
- [6] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (t.j. Dz. U. z 2020 r., poz. 215 z późn. zm.)
- [7] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (t.j. Dz. U. z 2018 r., poz. 620; z 2021 r. poz. 869)
- [8] Ustawa Prawo telekomunikacyjne z dnia 16 lipca 2004 r. (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 2460 z późn. zm.)
- [9] Ustawa Kodeks cywilny z 23 kwietnia 1964 r. (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 1740 z późn. zm.)
- [10] Ustawa Kodeks pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (t.j. Dz. U. z 2020 r., poz. 1320 z późn. zm.)
- [11] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 2388)
- [12] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (Dz. U. Unii Europejskiej L 96/357 z 29.03.2014)
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 1065 z późn. zm.)
- [14] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 213/2008 z dnia 28 listopada 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2195/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie Wspólnego Słownika Zamówień (CPV) oraz dyrektywy 2004/17/WE i 2004/18/WE Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczące procedur udzielania zamówień publicznych w zakresie zmiany CPV
- [15] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 451/2008 z dnia 23 kwietnia 2008 r. ustanawiające nową klasyfikację statystyczną produktów według działalności (CPA) i uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 3696/93 (Dz. U. L 145, z 4.6.2008, s. 65–226)
- [16] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 lipca 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu (Dz. U. z 2012 r., poz. 1468 z późn. zm.)
- [17] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. z 2016 r., poz. 1966)
- [18] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie krajowych ocen technicznych (Dz. U. z 2016 r., poz. 1968)
- [19] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011 (tzw. CPR) z dnia 9 marca ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EEG (Dz. U. UE z 2011 r. L 88, s. 5)
- [20] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz. U. z 2016 r., poz. 806)
- [21] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. z 2007 r. nr 93, poz. 623; Dz. U. z 2008 r. nr 30, poz. 178; Dz. U. z 2008 r. nr 162, poz. 1005)
- [22] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie (Dz. U. z 2005 r. nr 219, poz. 1864 z późn. zm.)
- [23] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. z 2008 r. nr 199, poz. 1228 z późn. zm.)
- [24] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz. U. z 2003 r. nr 120, poz. 1126)
- [25] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz. U. z 2019 r., poz. 1830)
- [26] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. nr 109, poz. 719)
- [27] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 11 stycznia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2019 r., poz. 67)
- [28] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650)

- [29] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 listopada 2006 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej (Dz. U. z 2006 r. nr 213, poz. 1568)
- [30] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. z 2003 r. nr 47, poz. 401)
- [31] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (t.j. Dz. U. z 2021 r., poz. 2454 z późn. zm.)
- [32] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2020 r., poz. 1609)
- [33] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 24 sierpnia 2016 r. w sprawie wzorów: wniosku o pozwolenie na budowę lub rozbiórkę, zgłoszenia budowy i przebudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego, oświadczenia o posiadanym prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane oraz decyzji o pozwoleniu na budowę lub rozbiórkę (Dz. U. z 2016 r., poz. 1493)
- [34] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 19 listopada 2001 r. w sprawie rodzajów obiektów budowlanych, przy których realizacji jest wymagane ustanowienie inspektora nadzoru inwestorskiego (Dz. U. z 2001 r. nr 138, poz. 1554)
- [35] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 czerwca 2002 r. w sprawie dziennika budowy, montażu i rozbiórki, tablicy informacyjnej oraz ogłoszenia zawierającego dane dotyczące bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia (t.j. Dz. U. z 2018 r., poz. 963 z późn. zm.)
- [36] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie książki obiektu budowlanego (Dz. U. z 2003 r. nr 120, poz. 1134)
- [37] Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 29 kwietnia 2019 r. w sprawie przygotowania zawodowego do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2019 r., poz. 831)

## Normy

- [38] PN-IEC 60050-826:2007 Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Część 826: Instalacje elektryczne
- [39] PN-IEC 60050-195:2001 Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Uziemienia i ochrona przeciwporażeniowa
- [40] PN-E-01002:1997 Słownik terminologiczny elektryki. Kable i przewody
- [41] PN-EN 60617-13:2004 Symbole graficzne stosowane w schematach elektrycznych
- [42] PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne
- [43] PN-EN 62305-2:2012 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [44] PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
- [45] PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
- [46] PN-EN 50164-1:2010 Elementy urządzenia piorunochronnego. (LPS). Część 1: Wymagania stawiane elementom połączeniowym. Elementy instalacji piorunochronnej
- [47] PN-EN 50164-2:2010 Elementy urządzenia piorunochronnego. (LPS). Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziołów
- [48] PN-EN 50164-4:2010 Elementy urządzenia piorunochronnego. (LPS). Część 4: Wymagania dotyczące uchwytów
- [49] PN-EN 50341-1:2013-03 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne
- [50] PN-HD 60364-1:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje
- [51] PN-EN 60076-1:2011 Transformatory. Część 1: Wymagania ogólne
- [52] PN-HD 60364-5-551:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-55: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Sekcja 551: Niskonapięciowe zespoły prądotwórcze
- [53] N SEP-E-001:2013. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa
- [54] N SEP-E-003:2006 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi
- [55] N-SEP-E-004:2014 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa
- [56] N-SEP-E-005:2013 Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne podczas pożaru
- [57] PN-HD 60364-4-41:2017-09 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym



- [58] PN-HD 60364-4-42:2011/A1:2015-01 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-42. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed skutkami oddziaływania ciepłego
- [59] PN-IEC 60364-4-43:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-42: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym
- [60] PN-IEC 60364-4-442:1999 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-442: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia
- [61] PN-IEC 60364-4-443:2016-03 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi
- [62] PN-IEC 60364-4-444:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-444: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi (EMI) w instalacjach obiektów budowlanych
- [63] PN-IEC 60364-4-45:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed obniżeniem napięcia
- [64] PN-IEC 60364-4-46:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Odłączanie izolacyjne i łączenie
- [65] PN-IEC 60364-4-47:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Postanowienia ogólne. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym
- [66] PN-IEC 60364-4-473:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym
- [67] PN-IEC 364-4-481:1994 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Wybór środków ochrony przeciwporażeniowej w zależności od wpływów zewnętrznych
- [68] PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa
- [69] PN-HD 60364-5-51:2011P/A11:2014-01 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia ogólne
- [70] PN-EN 60364-5-52:201 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie
- [71] PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długo- trwała przewodów
- [72] PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza
- [73] PN-HD 60364-5-534:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Separacja, łączenie i sterowanie. Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami
- [74] PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza. Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia
- [75] 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
- [76] PN-IEC 60364-5-551:2010 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Niskonapięciowe zespoły prądotwórcze
- [77] PN-HD 60364-5-559:2012 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 559: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe
- [78] PN-IEC 60364-5-56:2019 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa
- [79] PN-HD 60364-6:2016-07 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie
- [80] PN-HD 60364-7-701:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-701: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub prysznic
- [81] PN-IEC 60364-7-702:2010 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ap1:2002 Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Baseny pływakie i inne
- [82] PN-HD 60364-7-703:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-703: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia i kabiny zawierające ogrzewacze sauny
- [83] PN-HD 60364-7-704:2018-08 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-704: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje na terenie budowy i rozbiórki

- [84] PN-IEC 60364-7-706:2007 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-706: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Przestrzenie ograniczone powierzchniami przewodzącymi
- [85] PN-IEC 60364-7-707:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Wymagania dotyczące uziemień instalacji urządzeń przetwarzania danych
- [86] PN-HD 384.7.711S1:2005 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-711: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Wystawy, pokazy i stoiska
- [87] PN-IEC 60364-7-714:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-714: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje oświetlenia zewnętrznego
- [88] PN-HD 60364-7-715:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-715: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu
- [89] PN-88/E-08501 Urządzenia elektryczne. Tablice i znaki bezpieczeństwa
- [90] PN-91/E-05010 Zakresy napięciowe instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych
- [91] PN-E-04700:1998 Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych
- [92] PN-E-05204:1994 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów instalacji i urządzeń. Wymagania
- [93] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
- [94] PN-EN 1838:2005 Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne
- [95] PN-EN 50172:2005 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego
- [96] PN-EN 60598-2-22:2015-01/A1:2020-08 Oprawy oświetleniowe. Część 2-22: Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe do oświetlenia awaryjnego
- [97] PN-EN 60598-2-18:2002 Oprawy oświetleniowe. Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe do basenów pływackich i podobnych zastosowań
- [98] PN-EN 50146:2002 Wyposażenie do mocowania kabli w instalacjach elektrycznych
- [99] PN-EN 50160:2002 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych
- [100] PN-EN 50171:2002 Niezależne systemy zasilania
- [101] PN-EN 62271-202:2007E Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie
- [102] PN-EN 60439-1:2003/A1:2006 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu
- [103] PN-EN 60445:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończenia
- [104] PN-EN 60446:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, oznaczanie i identyfikacja. Identyfikacja przewodów kolorami oraz znakami alfanumerycznymi
- [105] PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)
- [106] PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń
- [107] PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa
- [108] PN-EN IEC 60079-0:2018-09 Atmosfery wybuchowe. Część 0: Urządzenia. Podstawowe wymagania
- [109] PN-EN ISO 7010:2020-07 Symbole graficzne. Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa. Zarejestrowane znaki bezpieczeństwa
- [110] PN-T-83101:1996 Urządzenia zasilające w telekomunikacji. Określenia, wymagania i badania\*
- [111] PN-EN 13501-6:2019-02 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 6: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień kabli elektroenergetycznych, sterowniczych i telekomunikacyjnych

## Literatura

- [112] JABŁOŃSKI W.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia. WNT, Warszawa 2006
- [113] JABŁOŃSKI W., LEJDY B., LENARTOWICZ R.: Uziemienia, uziomy, połączenia wyrównawcze. COBR-Elektromontaż, Warszawa 2000
- [114] LEJDY B., SULKOWSKI M.: Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. WNT, Warszawa 2019
- [115] LENARTOWICZ R., WOLSKI A.: Instalacje elektryczne i piorunochronne w obiektach przemysłowych. ITB, Warszawa 2021 (seria: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, cz. D, z. 3)
- [116] LENARTOWICZ R.: Linie kablowe niskiego i średniego napięcia. ITB, Warszawa 2018 (seria: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, cz. D, z. 4)
- [117] LENARTOWICZ R.: Instalacje elektryczne na terenie budowy. Poradnik. ITB, Warszawa 2018 (seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 456/2018)
- [118] LENARTOWICZ R.: Ochrona odgromowa budynków i obiektów budowlanych. Poradnik. ITB, Warszawa 2012 (seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 478/2012)
- [119] LENARTOWICZ R.: Badania odbiorcze i eksploatacyjne urządzeń i instalacji elektrycznych do 1 kV w budynkach. Poradnik. ITB, Warszawa 2013 (seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 486/2013)
- [120] MARKIEWICZ H.: Urządzenia elektroenergetyczne. WNT, Warszawa 2008
- [121] Poradnik monter elektryka. Praca zbiorowa. WNT, Warszawa 2019
- [122] WIATR J., LENARTOWICZ R., ORZECOWSKI M.: Podstawy projektowania i budowy elektroenergetycznych linii kablowych SN. Medium, Warszawa 2009
- [123] WIATR J., MIEGOŃ M.: Zasilacze UPS oraz baterie akumulatorów w układach zasilania gwarantowanego. Medium, Warszawa 2008
- [124] BOROWY A., KOLBRECKI A., KACZOREK-CHROBAK K.: Kable elektryczne stosowane w budynkach. Wymagania dotyczące reakcji na ogień. Instrukcja. ITB, Warszawa 2020 (seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 501/2020)
- [125] SZYMCAK J.: Budynkowa instalacja telekomunikacyjna. Stowarzyszenie Teletechników Polskich XXI, Warszawa 2016
- [126] TYMOSIAK P., SULKOWSKI A.: Stacje ładowania źródeł energii pojazdów elektrycznych – wymagania w zakresie instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Politechnika Białostocka, Białystok 2019

---

\* Norma wycofana.