

Ośrodek Szkolenia Zawodowego "OMEGA" s.c.

ul. Św. Urbana 5/c, 41-800 Zabrze

tel./fax: (032) 740 99 00

www.oszomega.pl

MATERIAŁY SZKOLENIOWE

Grupa I

*Urządzenia, instalacje i sieci
elektroenergetyczne
wytwarzające, przetwarzające,
przesyłające i zużywające energię
elektryczną.*

Spis treści:	str.
I. Urządzenia prądotwórcze przyłączone do krajowej sieci elektroenergetycznej bez względu na wysokość napięcia znamionowego.	2
II. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1kV.	5
III. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym powyżej 1kV.	35
IV. Zespoły prądotwórcze o mocy powyżej 50 kW.	37
V. Urządzenia elektrotermiczne.	41
VI. Urządzenia do elektrolizy.	43
VII. Sieci elektryczne oświetlenia ulicznego.	47
VIII. Elektryczna sieć trakcyjna.	48
IX. Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym.	50
X. Aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania, i zabezpieczeń urządzeń wymienionych w punktach nr 1-9.	65

Cel opracowania

Opracowanie ma na celu przedstawienie szkolonym zasad i przepisów przestrzegania, których jest obowiązkowe, jeżeli zajmują się oni prowadzeniem eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci elektrycznych.

Materiał przedstawiono, jako rozwinięcie zakresu eksploatacji przedstawionego w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 roku dla grupy I.

I. URZĄDZENIA PRĄDOTWÓRCZE PRZYŁĄCZONE DO KRAJOWEJ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ BEZ WZGLĘDU NA WYSOKOŚĆ NAPIĘCIA ZNAMIONOWEGO.

Elektrownia jest obiektem zajmującym się wytworzeniem energii elektrycznej w skali przemysłowej. W wytwarzaniu energii elektrycznej stosowane są przede wszystkim maszyny synchroniczne pracujące, jako prądnice (Generatory). W elektrowniach cieplnych zastosowanie mają turbogeneratory, w wodnych hydrogeneratory a w wiatrowych turbiny wiatrowe. Do napędzania generatorów w przeważającej większości służą turbiny, które napędzając generatory zamieniają energię mechaniczną w elektryczną. Praca mechaniczna wytwarzana w turbinach napędowych wykonywana jest przez:

- rozprężenie pary wodnej (elektrownie ciepłne),
- energię cieplną wytworzoną podczas reakcji jądrowej (elektrownie jądrowe),
- energię potencjalną i kinetyczną strumienia wody (elektrownie wodne),
- siłę wiatru obracającego śmigłem wiatraka (elektrownie wiatrowe).

Maszyny synchroniczne charakteryzują się tym że występuje w nich zależność między prędkością obrotową wirnika a częstotliwością zmian wytwarzanego prądu elektrycznego:

$$f = p \times n / 60$$

gdzie:

- f** – częstotliwość w {Hz},
- p** - liczba par biegunów,
- n** – prędkość obrotowa wirnika w obr/min.

W praktyce występują dwa rodzaje generatorów synchronicznych:

1. Maszyny szybkoobrotowe z biegunami utajonymi – najczęściej dwubiegunowe, rzadziej czterobiegunowe. Dla zwiększenia wytrzymałości mechanicznej i ograniczenia momentu bezwładności wirnik tego typu maszyn jest odkuwką o przekroju kołowym, a uzwojenia umieszczone są w wyfrezowanych rowkach wzdłużnych. Średnica wirnika tego generatora nie przekracza 1,5 m. Generatory tego typu napędzane są turbinami parowymi lub spalinowymi o prędkości obrotowej 3000 lub 1500 obr/min.

2. Maszyny wolnoobrotowe jawnobiegunowe – z większą liczbą biegunów, a ich uzwojenie wzbudzenia jest silniki wykonane w postaci cewek umieszczonych na biegunach wydających, ich napęd stanowią silniki spalinowe, turbiny wodne lub łopaty poruszane wiatrem. Prędkości obrotowe tych generatorów wynoszą od kilku do kilkuset obr/min.

Napięcie znamionowe generatorów jest ograniczone wytrzymałością izolacji i nie przekracza 30 kV.

Moc znamionowa generatorów jest uzyskiwana w zależności od:

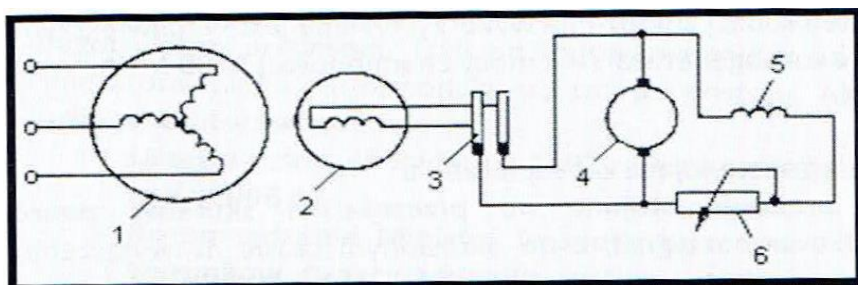
- dopuszczalnej temperatury izolacji w maszynie,

- sposobu chłodzenia,
- wytrzymałości mechanicznej wirnika, ograniczającej obecnie masę wirnika do ok. 2500 Mg,
- wartości natężenia prądu stojana ograniczonej do 35 kA.

Turbogeneratory – składają się z prądnicy i napędzającej ją turbiny parowej lub gazowej. Budowane są zwykle, jako prądnice synchroniczne. Na ogół są to duże maszyny posiadające dużą moc. Największe turbogeneratory w Polsce mają moc znamionową 800 MVA.

Hydrogeneratory – składają się z prądnicy i napędzającej ją turbiny wodnej, która przetwarza energię spadku wody na energię elektryczną. Moce znamionowe hydrogeneratorów dochodzą do 850 MVA.

Schemat połączeń generatora synchronicznego przedstawiono poniżej:



Oznaczenia: 1-Uzwojenie stojana, 2-Uzwojenie wirnika, 3-Pierścienie ślizgowe, 4-Wzbudnica, 5-Uzwojenie biegunów wzbudnicy, 6-Regulacja napięcia.

Stojan maszyny jest twornikiem, w uzwojeniach, którego indukowana jest siła elektromotoryczna rotacji. Żelazo czynne stojana wykonane jest z tzw. blach prądnicowych o niskiej stratności, wynoszącej w nowoczesnych generatorach ok. 1 W/kg. Spakietowane jarzmo stojana, umieszczone jest w spawanej konstrukcji kadłuba. Uzwojenie stojana jest trójfazowe i zwykle dwuwarstwowe. Budowa uzwojenia zależy od zastosowanego sposobu chłodzenia.

Na wale wirnika są umieszczone izolowane pierścienie, za pomocą, których zasilane jest uzwojenie wzbudzenia prądem stałym. Źródłem prądu stałego może być prądnica samowzbudna umieszczona na wspólnym wale maszyny lub układ prostownikowy. Uzwojenie wirnika wytwarza pole magnetyczne stałym natężeniu wirujące z wirnikiem. Pole to przecinając nieruchome zwoje stojana indukuje w nim siłę elektromotoryczną.

Sposoby chłodzenia generatorów zależą od prądu płynącego zarówno w uzwojeniach wirnika jak i stojana, który powoduje wydzielanie się ciepła, dlatego uzwojenia muszą być chłodzone. Chłodzenie odbywa się poprzez:

- wymuszony obieg powietrza w obiegu otwartym – powietrze chłodzące, jest zasysane z zewnątrz poprzez filtry, wentylatorem i kierowane do wnętrza maszyny,
- wymuszony obieg powietrza w obiegu zamkniętym – powietrze chłodzące jest kierowane do chłodnic, gdzie oddaje w wymienniku ciepło wodzie chłodzącej,
- wodorem w obiegu zamkniętym – stosuje się tu nadciśnienie wodoru w maszynie wynoszące zwykle 13 MPa. Część maszyny, w której występuje wodór jest oddzielona od przestrzeni powietrznej przy pomocy powietrznej przy pomocy uszczelnienia olejowego pod ciśnieniem. Chłodzenie wodorowe stosuje się w maszynach o mocy rzędu 360 MVA i więcej,
- chłodzenie wodne - polega na przepuszczeniu destylowanej wody przez kanały i otwory wewnątrz uzwojenia. Występuje tu większe odprowadzanie ciepła niż przy chłodzeniu wodorem.
- chłodzenie wodno-wodorowe – ten rodzaj chłodzenia wykorzystywany jest w największym obecnie na świecie generatorze o mocy znamionowej 1700 MVA.

Zabezpieczenia elektroenergetyczne generatorów stosuje się dla ochrony przed uszkodzeniem ich uzwojeń i obwodu magnetycznego. Generatory synchroniczne powinny być wyposażone w następujące zabezpieczenia:

- a) zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe stojana od przetężeń i skutków zwarc zewnątrznych - które działa początkowo na sygnał, a po określonym czasie na wyłączenie generatora z sieci i odwzbudzenie,
- b) zabezpieczenie różnicowo – prądowe od zwarc wewnątrznych stojana – działające bezzwłocznie na wyłączenie i odwzbudzenie,
- c) zabezpieczenie ziemnozwarciowe stojana – działające na sygnał lub wyłączenie maszyny i odwzbudzenie, w przypadku doziemienia w uzwojeniu stojana w zależności od wartości natężenia prądu doziemnego,
- d) zabezpieczenie ziemnozwarciowe wirnika – reagujące w zależności od rodzaju uszkodzenia; przy pojedynczym zwarcu z ziemią na sygnał, natomiast przy drugim zwarcu powodując wyłączenie i odwzbudzenie generatora.

Duże generatory wyposaża się także w zabezpieczenia przed asymetrią prądów stojana, przed pracą asynchroniczną i przed przeciążeniem prądowym wirnika. Ponadto wszystkie maszyny mogą być wyposażone w sygnalizację i zabezpieczenia kontrolujące temperaturę wewnątrz maszyny i temperaturę czynnika chłodzącego.

Dokumentacja techniczna

Dostarczona przez wytwórcę maszyna powinna zawierać dokumentację techniczno-ruchową (DTR), obejmującą między innymi:

- opis techniczny generatora,
- dane techniczne generatora, wzbudnicy i urządzeń pomocniczych,
- wymagania dotyczące kontroli, pomiarów i automatyki,
- dane układu chłodzenia i układów olejowych maszyny,
- instrukcje montażowe,
- rysunki zestawieniowe i konstrukcyjne,
- wykaz materiałów montażowych,
- dokumentację eksploatacyjną zawierającą:
 - a) instrukcję ruchu i eksploatacji generatora,
 - b) protokoły końcowych badań u wytwórcy,
 - c) protokoły badań przy uruchomieniu generatora,
 - d) wykaz części zamiennych.

Warto zaznaczyć, że podstawowym dokumentem ruchowym generatora jest raport dobowy. Zapisywane są w nim wartości podstawowych wielkości elektrycznych charakteryzujących pracę generatora oraz wartości temperatury żelaza czynnego, uzwojeń, gazu chłodzącego, wody chłodzącej, łożysk i oleju. Poza raportem dobowym wypełnianym zwykle, co godzinę, obsługa prowadzi dziennik operacyjny, w którym wpisywane są czynności wykonywane podczas eksploatacji jak np. wyniki pomiarów rezystancji uzwojeń, kontroli stanu szczotek, pierścieni i komutatora itp.

Prowadzenie eksploatacji generatorów

W czasie ruchu maszyny należy kontrolować następujące parametry obciążenia:

- moc pozorną,
- wytwarzaną moc bierną lub współczynnik mocy,

- napięcia międzyprzewodowe stojana,
- częstotliwość,
- natężenie prądów fazowych stojana,
- natężenie prądu wzbudzenia,
- parametry chłodzenia.

Zakres i częstotliwość dokonywania obserwacji maszyny i zapisów ruchowych określa instrukcja ruchu i eksploatacji.

W instrukcji ruchu i eksploatacji zaleca się stosowanie następujących zasad:

- a) co godzinę należy dokonywać:
 - zapisu w raporcie maszynowni,
 - kontroli drgań i badania osłuchowe maszyny,
 - obserwację pracy szczotek,
- b) dwa razy na zmianę należy przeprowadzić oględziny zewnętrzne generatora,
- c) raz na zmianę należy sprawdzić:
 - sygnalizację awaryjną w nastawni,
 - łożyska,
- d) raz na tydzień należy przeprowadzić pomiar rezystancji izolacji głównej obwodu wzbudzenia.

Odlączenie od sieci i zatrzymanie generatora

W normalnych warunkach odlączenie od sieci i zatrzymanie generatora może nastąpić w terminach ustalonych w harmonogramie lub na polecenie osoby dozoru nad jego eksploatacją. Przed wyłączeniem należy generator odciążyć. Odlączenie generatora od sieci musi być związane z odwzbudzeniem i wygaszeniem pola wirnika. Odwzbudzenie realizuje się poprzez zwarcie uzwojenia wirnika przez rezystor gaszący lub energoelektroniczny układ gaszący pole.

Generator wyłączyć należy jeżeli:

- powstanie zagrożenie dla życia ludzi lub zniszczenia urządzeń,
- napięcie wzrośnie ponad wartość dopuszczalną a nie da się go zmniejszyć w ciągu 5 min,
- niesymetria natężenia prądów stojana przekroczy wartość dopuszczalną dłużej niż 2 min,
- temperatura wewnątrz generatora przekroczy określoną wartość dopuszczalną podaną przez wytwórcę i nie da się jej obniżyć,
- pojawią się drgania lub inne zagrożenia mechaniczne lub poziom hałasu przekraczają dopuszczalne przez wytwórcę wartości,
- zmniejszy się przepływ wody chłodzącej uzwojenie stojana.

Generator może także zostać wyłączony samoczynnie na skutek zadziałania zabezpieczeń.

II. URZĄDZENIA, INSTALACJE I SIECI ELEKTROENERGETYCZNE O NAPIĘCIU NIE WYŻSZYM NIŻ 1 kV.

Urządzenia elektroenergetyczne to wszystkie urządzenia przeznaczone do wytwarzania, przetwarzania, przesyłania, rozdziału i użytkowania energii elektrycznej. Należą do nich maszyny, transformatory i aparaty elektryczne a także aparatura sterująca, zabezpieczenia i odbiorniki.

Instalacja elektryczna to zespół odpowiednio połączonych kabli i przewodów wraz ze osprzętem i sprzętem elektroinstalacyjnym, a także aparatami przeznaczonymi do przesyłu, rozdziału, zabezpieczenia i zasilania odbiorników energii elektrycznej.

Sieć elektroenergetyczna to zespół urządzeń i przewodów elektrycznych pod względem funkcjonalnym połączonych elektrycznie, przeznaczonych do przesyłania, przetwarzania i rozdzielania na określonym obszarze wytworzonej w elektrowniach energii elektrycznej oraz do zasilania odbiorników tej energii.

Podział instalacji elektrycznych

Ze względu na rodzaj obiektów budowlanych instalacje elektryczne można podzielić na:

- a) Instalacje elektryczne w budownictwie mieszkaniowym,
 - instalacje w wielorodzinnym budownictwie mieszkaniowym,
 - instalacje w jednorodzinym budownictwie mieszkaniowym.
- b) Instalacje elektryczne w budownictwie ogólnym,- instalacje w budownictwie towarzyszącym (sklepy, szkoły, przedszkola itp.),
 - instalacje w obiektach użyteczności publicznej (domy towarowe, służba zdrowia, banki, biura, kina, teatry),
 - instalacje w innych, niewymienionych pomieszczeniach o zbliżonym przeznaczeniu.
- c) Instalacje elektryczne w budownictwie przemysłowym.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV.

W instalacjach elektroenergetycznych występuje zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym, który jeżeli płynie przez organizm człowieka wywołuje w nim zjawiska zagrażające życiu i zdrowiu człowieka.

Porażenie prądem elektrycznym powoduje powstanie w organizmie człowieka dwa rodzaje skutków:

- pośrednie są to poparzenia łukiem elektrycznym, olśnienie wzroku, upadek z wysokości itp.
- bezpośrednie są to oddziaływania zależne od rodzaju prądu, jaki płynie przez organizm porażonego, jeżeli jest to prąd stały (lub składowa stała prądu zmiennego) wówczas mamy do czynienia ze zjawiskiem elektrolizy (rozpadu cząsteczek krwi) jej produkty krążą w żyłach osadzają się w naturalnych filtrach, czyli nerkach i wątrobie porażonego. Prąd przemienny i zmienny powoduje zjawisko fibrylacji (migotania komór) komór sercowych.

Od jakich czynników, zatem zależy czy porażony ma szansę przeżyć to zdarzenie czy nie. Na tak postawione pytanie na podstawie analizy wpływu skutków porażenia można stwierdzić, że skutek porażenia zależy od:

- **natężenia prądu**, jaki płynie przez organizm porażonego (a w szczególności ta część jego płynąca przez serce),
- **czasu** w jakim prąd ten płynie przez organizm porażonego,
- **częstotliwości** prądu, który płynie przez jego organizm,
- **drogi**, jaką płynie prąd przez organizm porażonego a w szczególności, jakimi częściami ciała porażony styka się z punktami obwodu elektrycznego o różnym potencjale,
- **stanu psychofizycznego** porażonego w momencie, kiedy porażenie nastąpiło.

Jednakże w praktyce my nie jesteśmy w stanie określić, kto, prądem, o jakiej częstotliwości nastąpi porażenie a także, jaką drogą się zamknie ten prąd aż dopiero prąd zacznie płynąć przez jego organizm, dlatego wszystkie znane i stosowane środki ochrony przed porażeniem mają za zadanie ograniczyć czas i natężenie prądu rażenia. Biorąc pod uwagę powyższe skutki porażenia dochodzimy

do wniosku, że użytkowanie urządzeń czy instalacji elektrycznych wymaga zastosowania specjalnych środków ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.

Norma PN-HD 60364-4-41:2009 przywołana Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 10.12.2010 r. (Dz. U. nr 239 z 2010 r., poz. 1597) o Warunkach Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie stawia wymaganie, że środek ochrony przeciwporażeniowej powinien składać się z :

- Odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu, lub wzmocnionego środka ochrony, który zabezpiecza zarówno ochronę podstawową, jak i ochronę przy uszkodzeniu,
- Ochrona uzupełniająca jest uznana za części środka ochrony przeznaczonego do stosowania w specjalnych warunkach wpływów zewnętrznych i w niektórych specjalnych pomieszczeniach (patrz odpowiednia Część 7 w HD 60364 lub HD384).

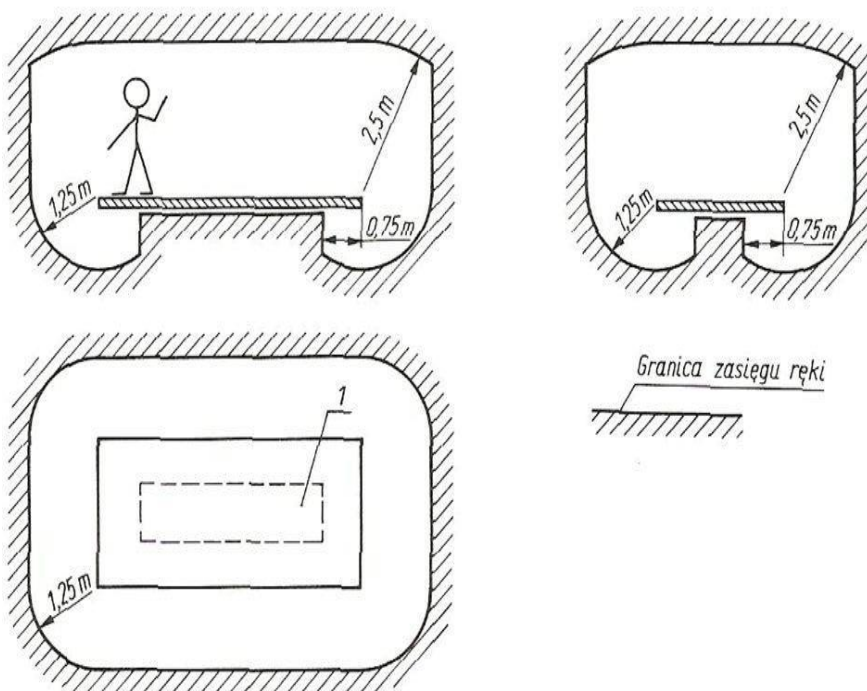
1. Ochrona podstawowa - która jest odpowiednikiem ochrony przed dotykiem bezpośrednim

1.1 Powszechnie stosowane środki ochrony:

- izolacja podstawowa części czynnych, ale taka, której nie można usunąć z urządzenia bez zniszczenia (np., jeżeli chcemy zamontować wtyczkę na przewodzie to musimy usunąć izolację z końcówki przewodu),
- przegrody lub obudowy, ale tak zamontowane na urządzeniu, aby nie można było jej usunąć bez użycia narzędzi lub kluczy.

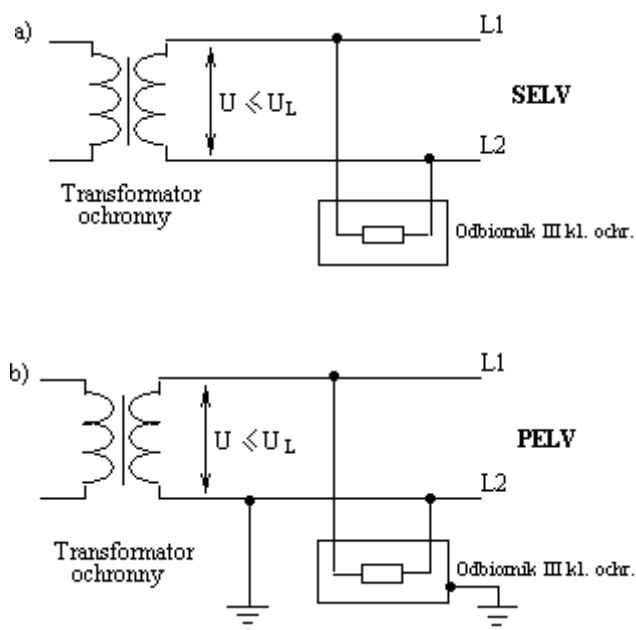
1.2 Środki ochrony stosowane tylko w instalacjach dostępnych dla osób wykwalifikowanych, poinstruowanych, lub osób będących pod nadzorem wyżej wymienionych osób:

- przeszkody i bariery tylko w pomieszczeniach ruchu elektrycznego,
- umieszczenie poza zasięgiem ręki



1.3. Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia

1.3.1 Bardzo niskie napięcie SELV (Safety Extra-Low Voltage) lub PELV (Protection Extra-Low Voltage)



Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia jest środkiem ochrony, który składa się z jednego z dwóch różnych obwodów bardzo niskiego napięcia SELV lub PELV.

Ten środek ochrony wymaga:

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

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

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

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

Obwody SELV lub PELV powinny mieć:

- izolację podstawową między częściami czynnymi i innymi obwodami SELV lub PELV,
- 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 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~ lub 60 V = lub urządzenie jest zanurzone, powinna być przewidywana ochrona podstawowa obwodów SELV i PELV za pomocą:

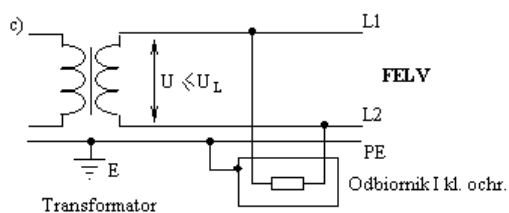
- izolacji podstawowej części czynnych,
- przegród lub obudów.

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

- obwodów SELV gdzie napięcie nominalne nie przekracza 25 V~ lub 60 V =,
- obwodów PELV gdzie napięcie nominalne nie przekracza 25 V~ lub 60 V = 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~ lub 30 V =.

1.3.2 Bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV (Functional Extra-Low Voltage)



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

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

Ochrona podstawowa powinna być zapewniona przez:

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

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

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

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

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

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

2. Ochrona przy uszkodzeniu - która jest odpowiednikiem ochrony przy dotyku pośrednim

2.1 Powszechnie stosowane środki ochrony przy uszkodzeniu

2.1.1 Samoczynne wyłączenie zasilania

Napięcia zostały podzielone na dwa zakresy w sposób podany w poniższej tablicy

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

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

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

- pierwsza litera oznacza związek pomiędzy układem sieci a ziemią:

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

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

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

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

- C:** funkcję przewodu neutralnego i ochronnego spełnia jeden przewód PEN, (z francuskiego combine -wspólny)
- S:** funkcję przewodu neutralnego i ochronnego spełniają osobne przewody. (z francuskiego separe -rozłączny)

Samoczynne wyłączenie zasilania jest środkiem ochrony, w którym:

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

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

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

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

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

Maksymalne czasy wyłączenia dla normalnych warunków środowiskowych

Układ sieci	50 V < $U_0 \leq 120$ V s		120 V < $U_0 \leq 230$ V s		230 V < $U_0 \leq 400$ V s		$U_0 > 400$ V s	
	~	=	~	=	~	=	~	=
TN	0,8	Wyłączenie może być wymagane z innych przyczyn niż ochrona przeciwporażeniowa	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

U_0 - nominalne napięcie~ lub = przewodu liniowego względem ziemi

Uwagi:

1. Dłuższe czasy wyłączenia mogą być dopuszczone w sieciach rozdzielczych oraz elektrowniach i w sieciach przesyłowych systemów.
2. Krótsze czasy wyłączenia mogą być wymagane dla specjalnych instalacji lub lokalizacji objętych arkuszami normy PN- HD 60364 grupy 700.
3. Dla układu sieci IT samoczynne wyłączenie zasilania nie jest zwykle wymagane po pojawieniu się pojedynczego zwarcia z ziemią.
4. Maksymalne czasy wyłączenia podane w tablicy powinny być stosowane do obwodów odbiorczych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A.
5. Jeżeli w układzie sieci TT wyłączenie jest realizowane przez zabezpieczenia nadprądowe, a połączenia wyrównawcze ochronne są przyłączone do części przewodzących obcych znajdujących się w instalacji, to mogą być stosowane maksymalne czasy wyłączenia przewidywane dla układu sieci TN.
6. W układach sieci TN czas wyłączenia nieprzekraczający 5 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w pkt. 4.
7. W układach sieci TT czas wyłączenia nieprzekraczający 1 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i w obwodach niewymienionych w pkt., 4.
8. Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania nie może być uzyskane we właściwym czasie, to powinny być zastosowane dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne.

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

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

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

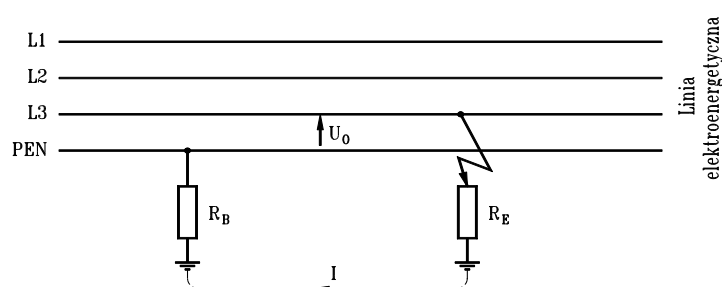
- w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nie większym 20 A, które są przewidziane do powszechnego użytkowania i do obsługiwanie przez osoby niewykwalifikowane,
- w obwodach zasilających urządzenia ruchome o prądzie znamionowym nie większym niż 32 A, używane na zewnątrz.

2.1.1.1. Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TN

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

Przykładami tych warunków są:

- izolacja podwójna lub wzmocniona,
- separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika,
- 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 (PEN) i przyłączonymi do niego częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią, nie powinno przekroczyć wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L



Zwarcie z ziemią w linii elektroenergetycznej

Oznaczenia: R_B - wypadkowa rezystancja wszystkich połączonych równolegle uziomów;

R_E - najmniejsza możliwa rezystancja styku z ziemią części przewodzących obcych, nieprzyłączonych do przewodu ochronnego, przez które może nastąpić zwarcie pomiędzy fazą a ziemią.

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

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

Jeśli $U_L = 50 \text{ V}$, powyższy wzór przybierze postać:

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

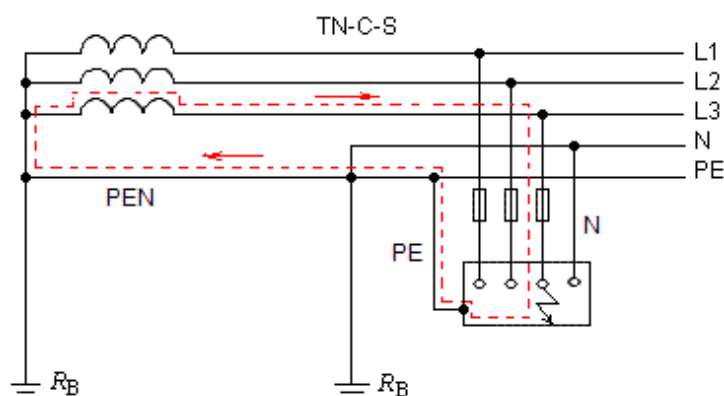
Części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej powinny być połączone przewodem ochronnym do głównego zacisku (szyny) uziemiającego instalacji, który powinien być połączony z uziemionym punktem układu zasilania.

Zaleca się dodatkowe uziemianie przewodów ochronnych, w możliwie równomiernych odstępach,

aby ich potencjał w przypadku zwarcia był bliski potencjałowi ziemi.

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

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



Obwód jednofazowego zwarcia w układzie TN-C-S

Dla zapewnienia samoczynnego wyłączenia zasilania powinno być spełnione wymaganie:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

gdzie:

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

Maksymalne czasy zadziałania urządzenia zabezpieczającego podano w powyższych tablicach.

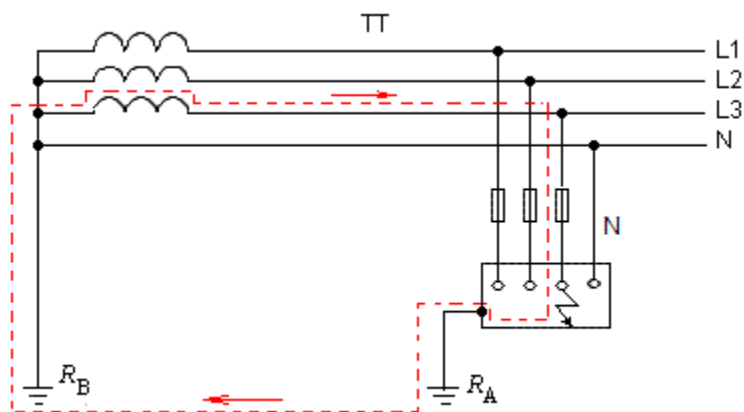
W układzie sieci TN do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane:

- zabezpieczenia nadprądowe, albo
- zabezpieczenia ochronne różnicowoprądowe.

2.1.1.2 Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TT

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

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



Obwód jednofazowego zwarcia w układzie TT

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

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

gdzie:

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

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

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

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

gdzie:

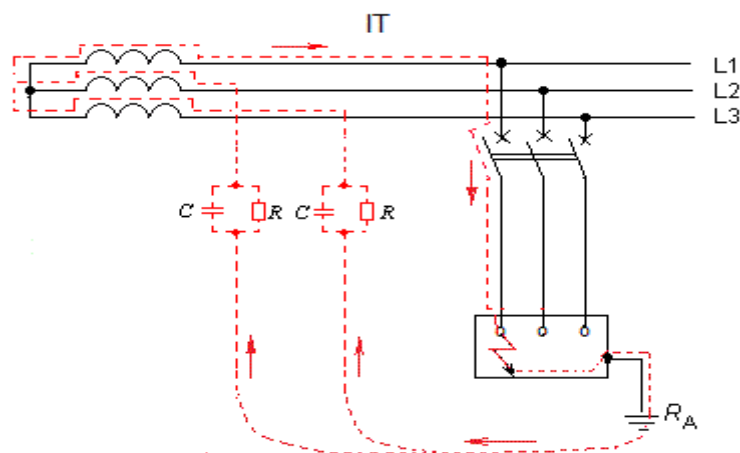
- Z_s impedancja pętli zwarciowej, obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia, przewód ochronny części przewodzących dostępnych, przewód uziemiający, uziom instalacji oraz uziom źródła zasilania,
- I_a prąd powodujący samoczynne zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w wymaganym czasie dla warunków, w jakich pracuje dany odbiornik.

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

2.1.1.3. Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci IT

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

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



**Obwody prądu przy pierwszym uszkodzeniu izolacji podstawowej
w układzie IT z izolowanym punktem neutralnym.**

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

gdzie:

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

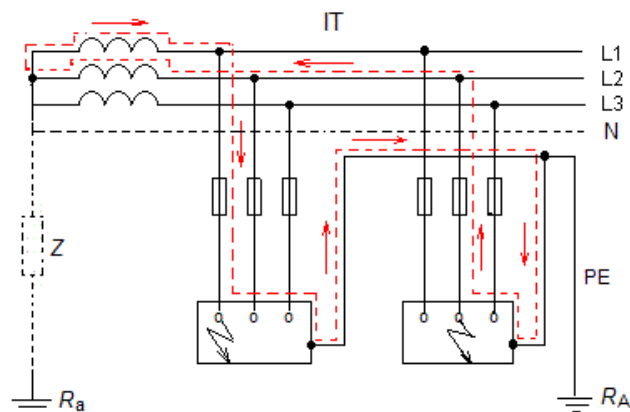
W warunkach środowiskowych normalnych wartość U_L wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego. W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu wartość U_L wynosi 25 V i 12 V dla prądu przemiennego oraz 60V i 30V dla prądu stałego.

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

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

Zwarcie podwójne

Praca układu IT z niewyłączonym pojedynczym uszkodzeniem izolacji podstawowej urządzenia, zwiększa prawdopodobieństwo uszkodzenia izolacji podstawowej w innym urządzeniu. Powstaje wtedy zwarcie podwójne, którego prąd zwarciovowy może być duży a napięcia dotykowe mogą przekraczać wartości dopuszczalne. W takich przypadkach jest konieczne samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie. Na rysunku linią przerywaną zaznaczono obwód, w którym płynie prąd drugiego zwarcia w układzie IT z izolowanym punktem neutralnym.



Obwody prądu zwarcia podwójnego w układzie IT przy zbiorowym uziemieniu części przewodzących dostępnych.

Warunki samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku podwójnego zwarcia z ziemią zależą od sposobu uziemienia części przewodzących dostępnych.

Jeżeli części przewodzące dostępne w układzie sieci IT są uziemione zbiorowo, to pierwsze zwarcie z ziemią przekształca układ IT:

1) w układ TN, jeżeli dostępne części przewodzące są połączone przewodem ochronnym i wspólnie uziemione przez ten sam układ uziemiający (zbiorowo).

W takim przypadku warunek samoczynnego wyłączenia zasilania podczas zwarć podwójnych zostanie zachowany, gdy:

a) układ IT nie posiada przewodu neutralnego:

$$Z_s \leq \frac{U}{2I_a}$$

b) układ IT posiada przewód neutralny:

$$Z'_s \leq \frac{U_o}{2I_a}$$

gdzie:

Z_s - impedancja pętli zwarciorowej w Ω , obejmującej przewód liniowy i przewód PE,

Z'_s - impedancja pętli zwarciorowej w Ω , obejmującej przewód N i PE,

U - znamionowe napięcie a.c. lub d.c. w V, między przewodami liniowymi,

U_o - znamionowe napięcie a.c. lub d.c. w V, między przewodem liniowym a przewodem N,

I_a - prąd powodujący samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie, w A.

Współczynnik 2 - uwzględnia przypadek jednoczesnego wystąpienia dwóch zwarć, w różnych obwodach.

c) Maksymalne czasy wyłączenia określone w tablicy dla układu TN są odpowiednie także dla układów IT; z zastosowanym lub niezastosowanym przewodem neutralnym lub środkowym.

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

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

gdzie:

R_A - jest całkowitą rezystancją uziemienia części przewodzących dostępnych,

I_a - jest prądem powodującym samoczynne zadziałanie zabezpieczenia,

U_L - napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Jeżeli do samoczynnego wyłączenia zasilania jest stosowany wyłącznik różnicowoprądowy (RCD), to wymagany w tablicy 41.1 normy PN-HD 60364-4-41 czas wyłączenia odnosi się do spodziewanego prądu różnicowego znacząco większego niż znamionowy prąd różnicowy zadziałania RCD (zwykle $5 I_{\Delta n}$).

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

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

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

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

gdzie:

I_a	prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TN,
Z_s	impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód liniowy i przewód ochronny,
Z'_s	impedancja pętli zwarciowej obejmującej przewód neutralny i przewód ochronny,
U_0	nominalne napięcie przewodu liniowego względem przewodu neutralnego,
U	nominalne napięcie między przewodami liniowymi.

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

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

gdzie:

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

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

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

2.1.2 Izolacja podwójna lub wzmocniona

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

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

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

Urządzenia elektryczne powinny być:

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

Takie urządzenia oznaczone są symbolem



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



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

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

Przez obudowę izolacyjną nie powinny przechodzić części przewodzące mogące przenieść potencjał.

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

2.1.3 Separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika

Separacja elektryczna jest środkiem ochrony, w którym:

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

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

Części czynne separowanego obwodu nie powinny być połączone z żadnym punktem innego

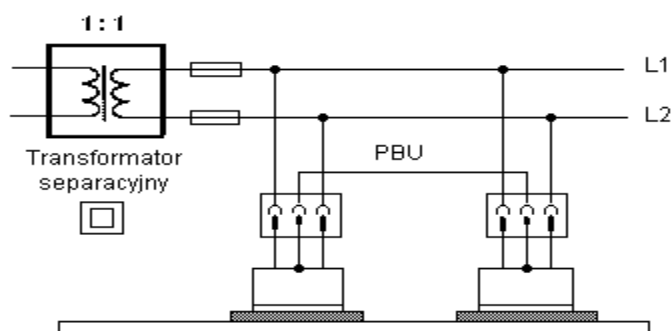
obwodu lub z ziemią lub z przewodem ochronnym.

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

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

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

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



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

W przypadku podwójnego zwarcia dwóch części przewodzących dostępnych z przewodami o różnej biegunowości, urządzenie zabezpieczające powinno zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od podanego w tablicy.

Zaleca się, aby iloczyn nominalnego napięcia podanego w woltach i długości przewodów podanej w metrach nie przekraczał wartości 100 000 i aby łączna długość przewodów obwodu zasilanego z uzwojenia wtórnego transformatora separacyjnego nie przekraczała 500 m.

2.2 Środki ochrony stosowane tylko wtedy, gdy instalacja jest pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych tak, że nieautoryzowane zmiany nie mogą być dokonywane:

2.2.1 Izolowanie stanowiska

Izolowanie stanowiska jest środkiem ochrony przy uszkodzeniu mającemu zapobiegać jednoczesnemu dotykowi części, które mogą być o różnym potencjale na skutek uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych. Wszystkie urządzenia elektryczne powinny spełniać wymagania jednego ze środków ochrony podstawowej.

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

nie dotknęły jednocześnie:

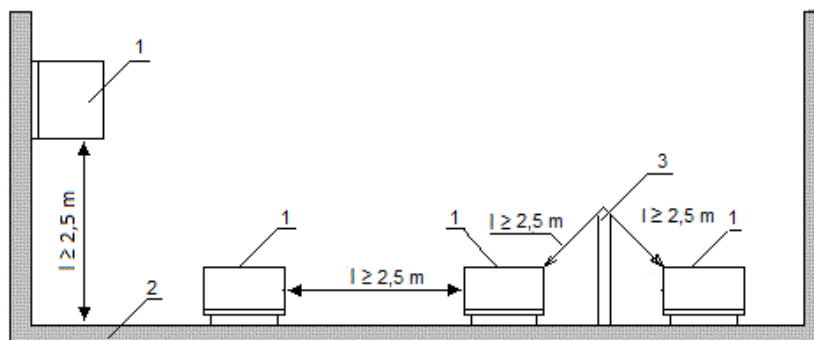
- dwóch części przewodzących dostępnych, lub
- części przewodzącej dostępnej i części przewodzącej obcej, jeżeli te części w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej lub części czynnej mogą znaleźć się pod różnymi potencjałami.

Na izolowanym stanowisku nie powinno być przewodu ochronnego.

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

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

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



2.2.2 Nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe

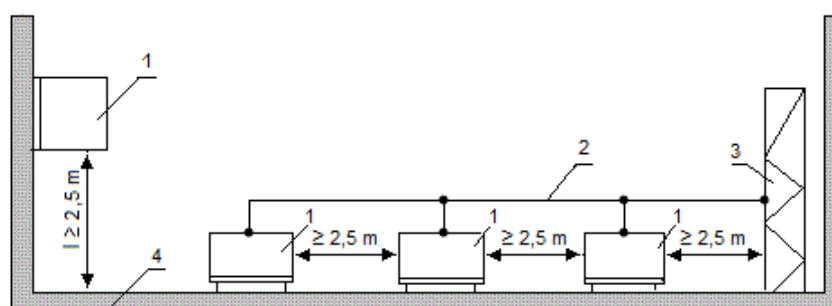
Nieziemione połączenia wyrównawcze miejscowe są środkiem ochrony przy uszkodzeniu. Mają one na celu zapobieganie pojawieniu się niebezpiecznych napięć dotykowych.

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

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 przewodząca podłoga izolowana od ziemi jest połączona z nieziemionym systemem połączeń wyrównawczych.



3. Ochrona uzupełniająca

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

Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne uważa się, jako uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu.

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

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

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

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

gdzie:

U_L napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale,

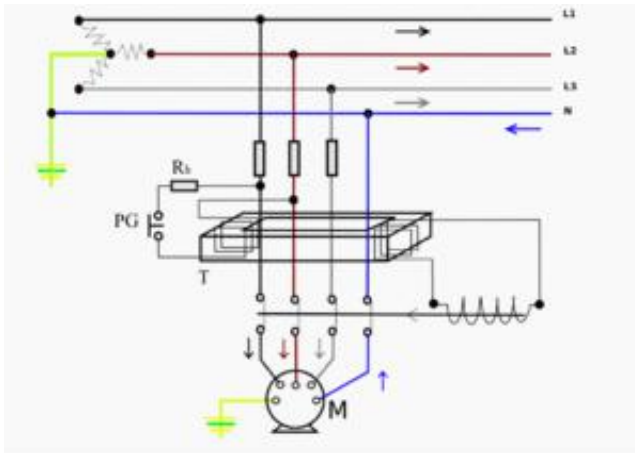
I_a prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego.

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

Wyłącznik ochronny różnicowo-prądowy może być stosowany tylko w instalacjach zasilanych prądem zmiennym lub przemiennym, dlatego że podstawowym elementem WORP jest przekładnik ferrantiego (transformator specjalny) a którego zasada działania opiera się na zjawisku indukcji elektromagnetycznej, którego zjawiska prąd stały nie wywołuje.

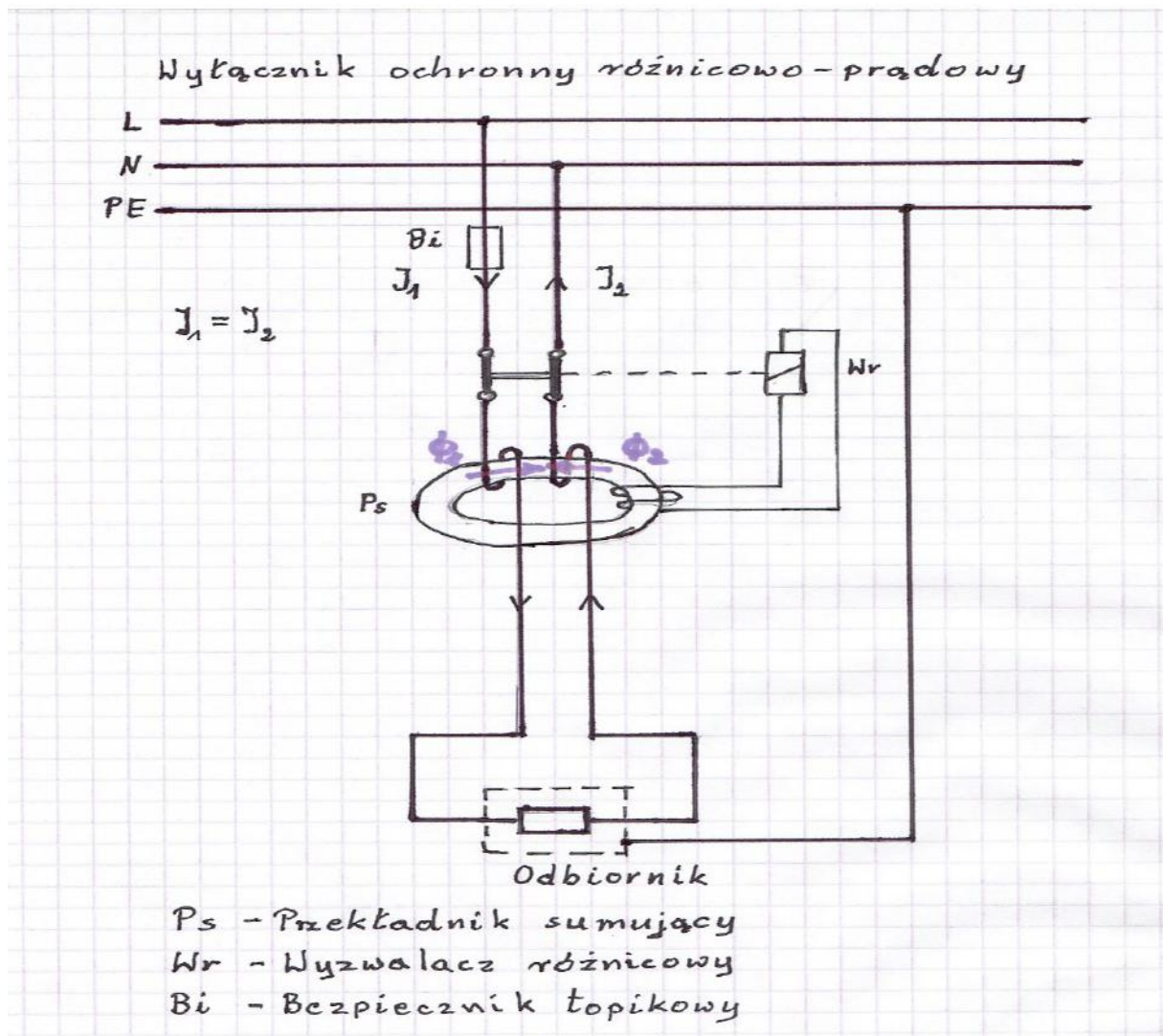
Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki ochronne różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekąźnikami różnicowoprądowymi) w instalacjach elektrycznych ma na celu:

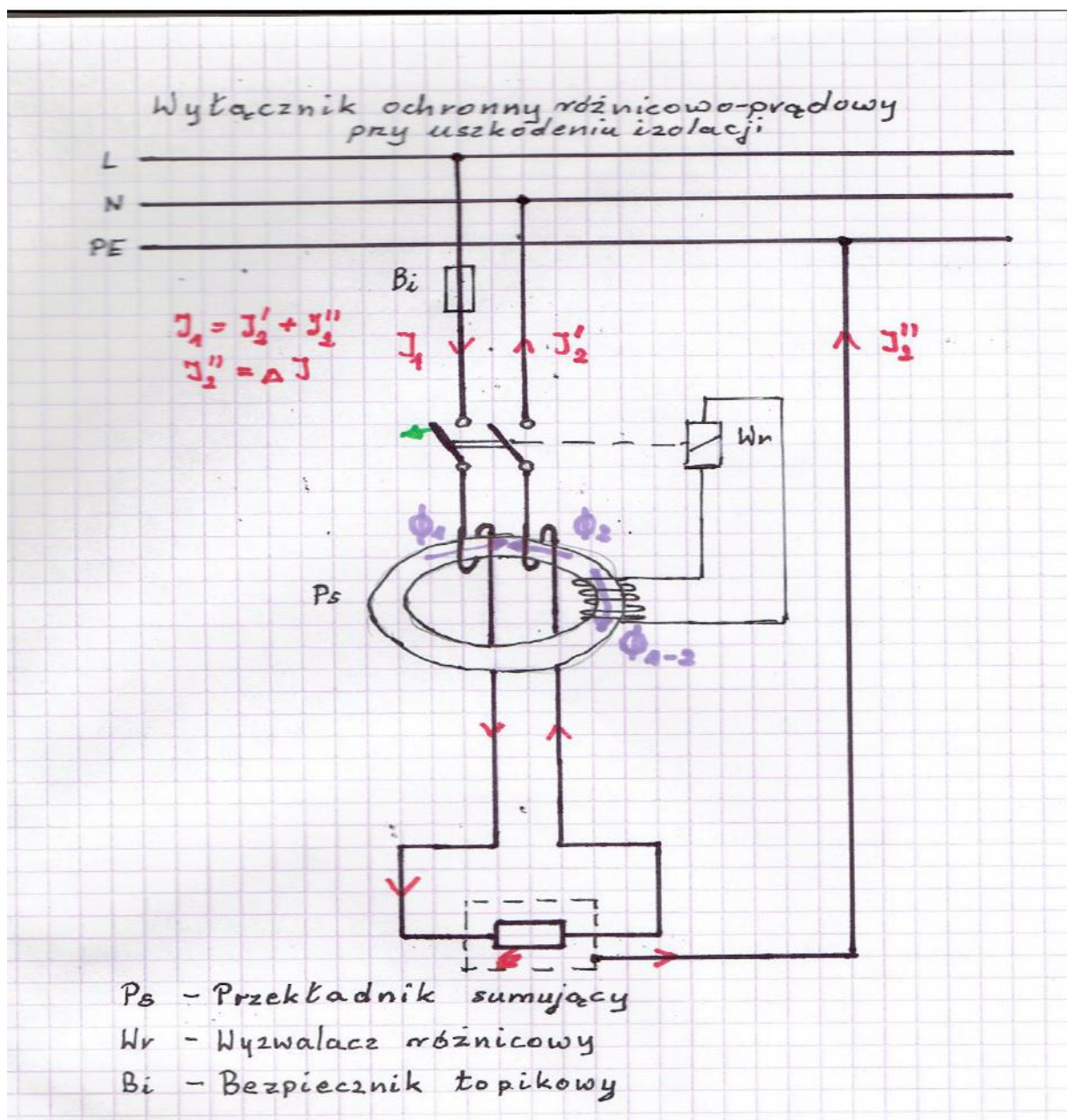
- ochronę przy uszkodzeniu przy zastosowaniu wyżej wymienionych urządzeń, jako elementów samoczynnego wyłączenia zasilania,
- ochronę uzupełniającą w układach a.c. w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu lub w przypadku nieostrożności użytkowników, przy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



Rysunek powyżej przedstawia zasadę działania wyłącznika ochronnego różnicowo-prądowego zastosowanego w sieci elektroenergetycznej w układzie TT.

Poniższy schemat i opis przedstawia zasadę działania wyłącznika ochronnego różnicowo-prądowego jednofazowego w układzie sieciowym TNS.





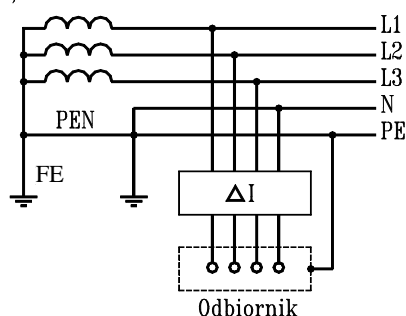
Jak wynika z schematu, jeżeli załączymy odbiornik, którego izolacja jest nieuszkodzona do sieci wówczas prąd o natężeniu I_1 popłynie przez lewą część uzwojenia pierwotnego przekładnika ferrantiego, i wywoła w rdzeniu strumień o natężeniu Φ_1 . Następnie prąd płynie przez odbiornik o nieuszkodzonej izolacji (prąd $I_3 = 0$) i dalej płynie przez prawą część uzwojenia pierwotnego wytwarzając strumień Φ_2 o takim samym natężeniu, jak w lewej części uzwojenia pierwotnego (bo wywołany jest przez prąd o tym samym natężeniu) a jego zwrot jest przeciwny do strumienia Φ_1 . W tym przypadku wypadkowy strumień przenikający uzwojenie wtórne jest równy zero a więc w uzwojeniu tym nie powstaje siła elektromotoryczna indukcji.

W przypadku, gdy nastąpi uszkodzenie izolacji odbiornika przez uszkodzoną izolację płynie prąd o natężeniu I_3 wówczas strumienie Φ_1 i Φ_2 są w dalszym ciągu w opozycji, ale wartość ich natężenia jest różna, w wyniku tej różnicy w uzwojeniu wtórnym przekładnika indukuje się SEM indukcji. Ponieważ do zacisków tego uzwojenia przyłączony jest wyzwalacz różnicowy to, jeżeli prąd I_3 osiągnie wartość **30 mA** otworzy on styki główne wyłącznika i odłączy odbiornik z uszkodzoną izolacją od sieci.

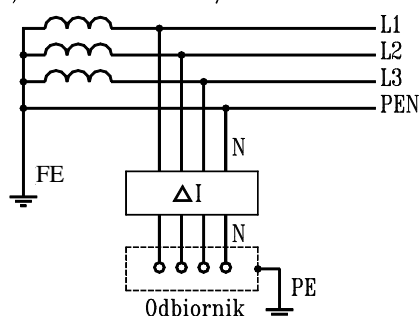
Prąd zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego przy prądzie uszkodzeniowym przemiennym sinusoidalnym powinien zawierać się w granicach $0,5 I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$, gdzie $I_{\Delta n}$ jest znamionowym prądem różnicowym.

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci z wyjątkiem układu TN-C po stronie obciążenia (za urządzeniem ochronnym różnicowoprądowym). Przykładowe sposoby zainstalowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych w poszczególnych układach sieci przedstawiono na poniższych schematach.

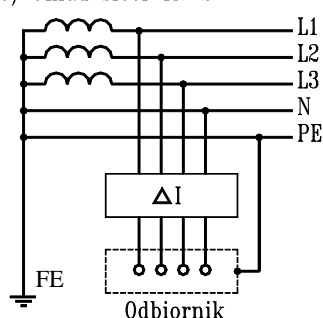
a) Układ sieci TN-C-S



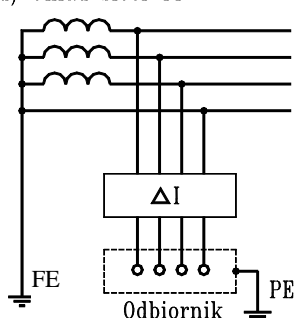
b) Układ sieci TN-C/TT



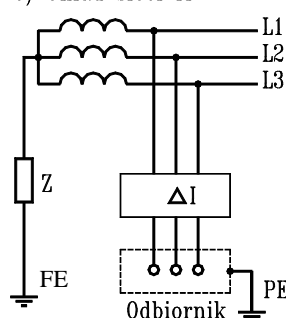
c) Układ sieci TN-S



d) Układ sieci TT



e) Układ sieci IT



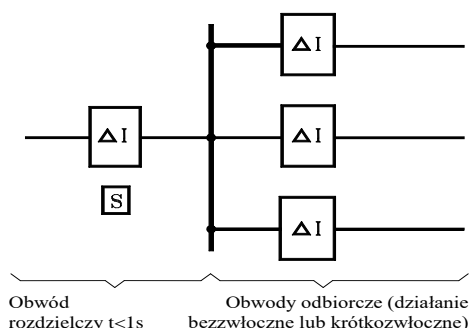
Oznaczenia: L1; L2; L3; - przewody fazowe prądu przemiennego; N - przewód neutralny; PE - przewód ochronny; PEN - przewód ochronno-neutralny; FE - przewód uziemiający funkcjonalny; ΔI - urządzenie ochronne różnicowoprądowe; Z - impedancja

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

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




- charakterystyka czasowo-prądowa zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego, zainstalowanego po stronie zasilania, powinna znajdować się powyżej charakterystyki czasowo-prądowej zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie obciążenia,
- wartość znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie zasilania powinna być równa, co najmniej trzykrotnej wartości znamionowego prądu różnicowego urządzenia ochronnego różnicowoprądowego zainstalowanego po stronie obciążenia.

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







Oznaczenia: t - zwłoka czasu zadziałania; - symbol urządzeń ochronnych różnicowoprądowych selektywnych; ΔI - urządzenie ochronne różnicowoprądowe

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

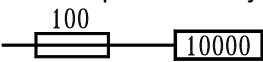

- urządzenia, których działanie jest zapewnione przy prądach różnicowych przemiennych sinusoidalnych oznaczone symbolem:  lub literowo AC,
- urządzenia, których działanie jest zapewnione przy prądach różnicowych przemiennych sinusoidalnych i pulsujących stałych oznaczone symbolem:  lub literowo A,
-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


Wahania napięć, przepięcia atmosferyczne lub łączeniowe mogą, przez różne pojemności w sieci, spowodować przepływ prądów upływowych, które z kolei mogą być przyczyną zadziałania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych. Zjawisko to może wystąpić w odbiornikach z dużymi powierzchniami elementów lub dużą liczbą kondensatorów przeciwzakłóceń. Do odbiorników tych można zaliczyć wielkopowierzchniowe elementy grzejne, oprawy świetłówe, komputery, układy rentgenowskie itp.

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









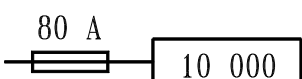
Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe muszą być chronione przed skutkami zwarcia.

Na tabliczce znamionowej wyłącznika podawana jest jego wytrzymałość zwarcia oraz maksymalna

wartość prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej zabezpieczającej ten wyłącznik. Umieszczony na tabliczce znamionowej symbol  oznacza, że wyłącznik wytrzyma prąd zwarcia 10 000 A, o ile jest zabezpieczony wkładką bezpiecznikową 100 A. Natomiast symbol  oznacza, że wyłącznik wytrzyma prąd zwarcia 6000 A, o ile jest zabezpieczony wkładką bezpiecznikową 63 A.

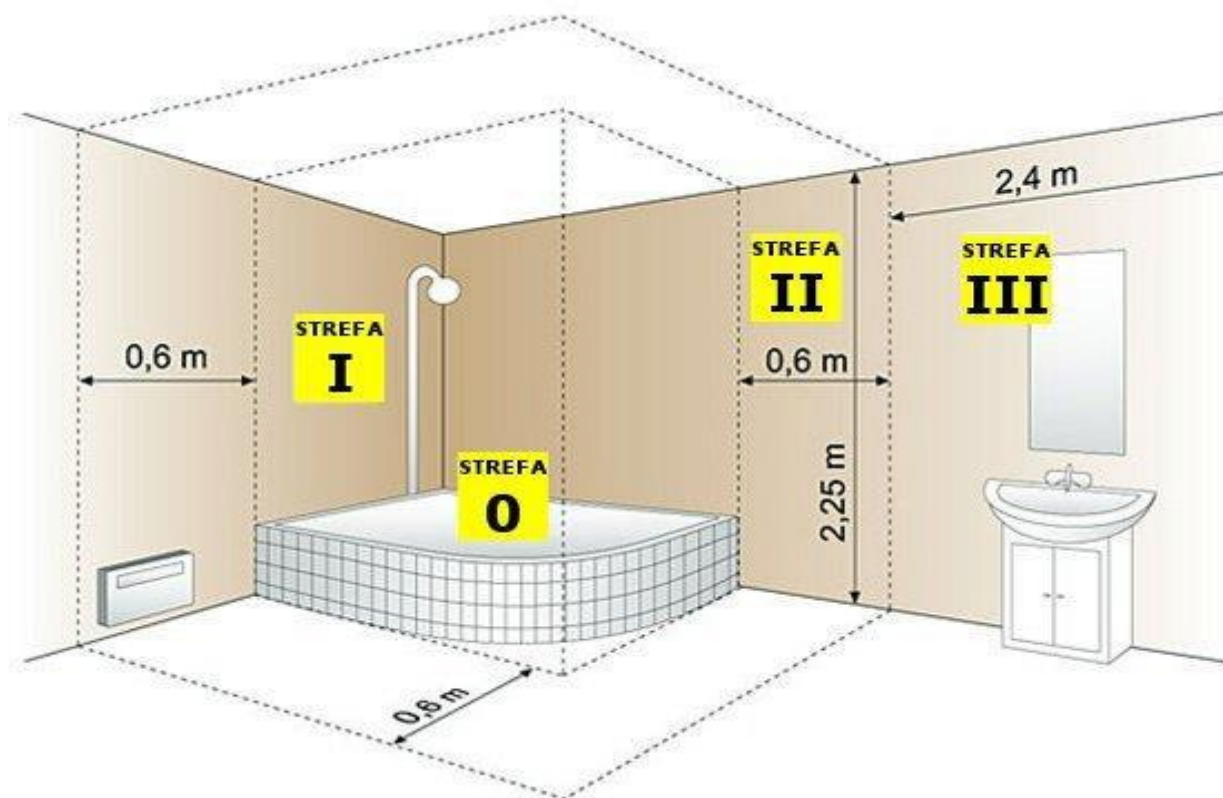
Umieszczony na tabliczce znamionowej symbol  oznacza, że wyłącznik ochronny różnicowoprądowy może być stosowany w obniżonych temperaturach do -25° C, np. na terenach budowy. Przy zastosowaniu wyłączników w takich warunkach należy przyjąć rezystancję uziemienia równą 0,8 wartości wymaganej dla normalnych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

Oznaczenia wyłączników ochronnych różnicowoprądowych podano w poniższej tablicy.

Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
AC		Wyłącznik reaguje tylko na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne (zgodny z PN-EN 61008)
A		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne, na prądy pulsujące jednopółwkowe oraz na prądy sinusoidalne odkształcone ze składową stałą do 6 mA (zgodny z PN-EN 61008)
B		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemienne sinusoidalne, na prądy pulsujące jednopółwkowe , na prądy sinusoidalne odkształcone oraz stałe pulsujące
G		Wyłącznik o zwiększonej odporności na udary 8/20 µs do 3000 A
kV		Wyłącznik o zwiększonej odporności na udary 8/20 µs do 3000 A oraz posiadający zwłokę czasową około 100ms przy $I_{\Delta n}$
S		Wyłącznik selektywny. Zwłoka czasowa przy $5 \times I_{\Delta n}$ 150 ms (500 ms przy $I_{\Delta n}$). Odporny na udary 8/20 µs do 5 kA (zgodny z PN-EN 61008)
-25°C		Wyłącznik dostosowany do użytkowania w temperaturach do -25°C. Bez oznaczenia do -5°C (zgodny z PN-EN 61008)
F		Wyłącznik na inną częstotliwość. W przykładzie na 150 Hz
		Wyłącznik wytrzyma prąd zwarcia 10 000 A, pod warunkiem zabezpieczenia go bezpiecznikiem topikowym gG 80 A (zgodnie z PN-EN 61008)

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

4. Instalacja elektryczna w łazience.



Łazienka przeznaczona do celów kąpielowych, wyposażona w wannę lub brodzik (basen natryskowy), stanowi pomieszczenie o zwiększonym zagrożeniu porażenia prądem elektrycznym, dlatego normy szczegółowo określają, jakie urządzenia elektryczne można zastosować w łazience i gdzie powinny być rozmieszczone. Określa się 4 strefy ochronne w łazience: 0, 1, 2, 3, a większych pomieszczeniach przeznaczonych dla celów kąpielowych wyróżnia również przestrzeń poza tymi strefami:

Strefa 0 stanowi wnętrze wanny lub brodzika.

Strefa 1. jest ograniczona płaszczyznami: pionową – przebiegającą wzdłuż zewnętrznej krawędzi obrzeża wanny, brodzika (basenu natryskowego) lub w odległości 60 cm od prysznicy, w przypadku basenu natryskowego, oraz poziomą przebiegającą na wysokości 225 cm nad powierzchnią podłogi.

Strefa 2. jest ograniczona płaszczyznami: pionową – przebiegającą w odległości 60 cm na zewnątrz od płaszczyzny ograniczającej strefę 1 oraz poziomą – przebiegającą na wysokości 225 cm nad powierzchnią podłogi.

Strefa 3. jest ograniczona płaszczyznami: pionową – przebiegającą w odległości 240 cm na zewnątrz od płaszczyzny ograniczonej strefą 2 oraz poziomą – przebiegającą na wysokości 225 cm nad poziomem podłogi.

Ze względów bezpieczeństwa instalacji elektrycznej w łazience należy:

Wykonać połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe) obejmujące metalowe rury, metalowe wanny, brodziki, podgrzewacze wody, grzejniki wodne oraz konstrukcję zbrojenia budowlanego.

Instalować gniazda wtyczkowe wyłącznie w 3 strefie ochronnej oraz zabezpieczyć wysokoczułym wyłącznikiem różnicowoprądowym o znamionowym prądzie różnicowym $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ lub zasilać z indywidualnego transformatora separacyjnego (dopuszcza się zasilanie

napięciem o wartości nieprzekraczającej wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale $U_L \leq 25 \text{ V AC}$ lub 60 V DC). W tej strefie można instalować pralkę elektryczną lub inne urządzenia elektryczne niezbędne do codziennego użytku.

Stosować przewody wielożyłowe izolowane w powłoce izolacyjnej (nie dopuszczalne jest układanie przewodów w powłoce metalowej) lub jednożyłowe izolowane, układane w rurach instalacyjnych nieprzewodzących.

Dopuszczalne jest:

Instalowanie w:

strefie 1 podgrzewaczy wody montowanych na stałe,

strefie 2 opraw oświetleniowych wykonanych w II klasie izolacji.

Wykorzystywanie w **strefie 0** napięcia o wartości nie większej niż 12 V AC , pod warunkiem, że źródło tego napięcia jest usytuowane poza tą strefą.

Instalowanie grzejników elektrycznych w podłodze pomieszczeń kąpielowych, pod warunkiem pokrycia ich metalową siatką lub blachą objętą połączeniami wyrównawczymi dodatkowymi (miejscowymi).

W pomieszczeniach kąpielowych nie wolno stosować:

Barier ochronnych oraz umieszczać części czynnych poza zasięgiem ręki, jako podstawowej ochrony przeciwporażeniowej (przed dotykiem bezpośrednim).

Dodatkowego izolowania stanowiska oraz nieuziemionych połączeń wyrównawczych, jako ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (przed dotykiem pośrednim).

Wymagania dla instalacji elektrycznej wynikające z ustawy Prawo Budowlane

Ustawa Prawo Budowlane została uchwalona przez Sejm RP w dniu 07.lipca.1994 roku jej postanowienia wraz z wieloma zmianami obowiązują do chwili obecnej, tekst jednolity opublikowano w Dz.U. z 2013 poz.1409. Ustawa ta reguluje sprawy związane z instalacjami elektrycznymi w dwóch aspektach tzn. jak instalacje te wykonane być powinny a także, jakim zabiegom podlegają one w czasie jej eksploatacji.

Rozdział 1

Przepisy ogólne

Art.1. Ustawa – Prawo Budowlane zwana dalej „ustawą” normuje działalność obejmująca sprawy **Projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki** obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach.

Art.3. Ileż w ustawie jest mowa o:

1) **obiekcie budowlanym** – należy przez to rozumieć:

- a) budynek wraz z instalacjami i urządzeniami technicznymi,
- b) budowlę stanowiącą całość techniczno-użytkową wraz z instalacjami i urządzeniami,
- c) obiekt małej architektury.

2) **budynek** – należy przez to rozumieć taki obiekt budowlany, który jest trwale związany z gruntem, wydzielony z przestrzeni za pomocą przegród budowlanych oraz **posiada** fundamenty i dach.

3) **Budowli** – należy przez to rozumieć każdy obiekt budowlany niebędący budynkiem lub obiektem małej architektury, jak lotniska, drogi, linie kolejowe, mosty, estakady, tunele, sieci techniczne, wolno stojące maszty antenowe, wolno stojące trwale związane z gruntem urządzenia reklamowe, budowle ziemne, obronne, ochronne, hydrotechniczne, zbiorniki, wolno stojące instalacje przemysłowe lub urządzenia techniczne, oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów, stacje uzdatniania wody, konstrukcje oporowe, nadziemne i podziemne przejścia dla pieszych, sieci uzbrojenia terenu, budowle sportowe, cmentarze, pomniki itp.

4) **obiekcie małej architektury** – należy przez to rozumieć niewielkie obiekty,

a w szczególności:

- a) kultu religijnego, jak: kapliczki, krzyże przydrożne, figury.
- b) posągi, wodotryski i inne obiekty architektury ogrodowej,
- c) użytkowe służące rekreacji codziennej i utrzymaniu porządku, jak: piaskownice, huśtawki, drabinki, śmietniki.

Rozdział 5

Uzbrojenie techniczne działki i odprowadzenie wód powierzchniowych

§ 26.1. Działka budowlana, przewidziana pod zabudowę budynkami przeznaczonymi na pobyt ludzi, powinna mieć zapewnioną możliwość przyłączenia uzbrojenia działki lub bezpośrednio budynku do sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, elektroenergetycznej i ciepłowniczej.

4. Na działkach budowlanych przeznaczonych dla szpitali i sanatoriów, niezależnie od zasilania z sieci, należy zapewnić dodatkowo własne ujęcie wody oraz własne źródło energii elektrycznej i ciepłej.

§ 57. 1. Pomieszczenie przeznaczone na pobyt ludzi powinno mieć zapewnione oświetlenie dzienne, dostosowane do jego przeznaczenia, kształtu i wielkości, z uwzględnieniem warunków określonych w §13 oraz w ogólnych przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

2. W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić, co najmniej 1: 8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie dzienne jest wymagane ze względów na przeznaczenie - co najmniej 1:12.

§ 53.1 Budynek odpowiednio do potrzeb wynikających z jego przeznaczenia, powinien być wyposażony w wewnętrzną instalację elektryczną.

2. Budynek należy wyposażyć w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

§ 58.1. Dopuszcza się oświetlenie pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi wyłącznie światłem sztucznym, jeżeli:

- 1) oświetlenie dzienne nie jest konieczne lub nie jest wskazane ze względów technologicznych,
- 2) jest uzasadnione celowością funkcjonalną zlokalizowania tego pomieszczenia w obiekcie podziemnym lub w części budynku pozbawionej oświetlenia dziennego.

2. W przypadku, gdy pomieszczenia, o którym mowa w ust. 1, jest pomieszczeniem stałej pracy w rozumieniu ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, dla zastosowania wyłącznie oświetlenia światłem sztucznym, w tym elektrycznym, jest wymagane uzyskanie zgody właściwego

państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego, wydanej w porozumieniu z właściwym okręgowym inspektorem pracy.

Rozdział 8

Instalacja elektryczna

§ 180 Instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów rozporządzenia, przepisów odrębnych dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać:

- 1) dostarczenie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych,
- 2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,³⁾ ochronę przed emisją drgań i hałasu powyżej dopuszczalnego poziomu oraz przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego,

§ 181.1. Budynek, w którym zanik napięcia w elektrycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, poważne zagrożenie środowiska, a także znaczne straty materialne, należy zasilic, co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej, oraz wyposażyć w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (bezpieczeństwa i ewakuacyjne). W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być zespół prądotwórczy.

2. Oświetlenie bezpieczeństwa należy stosować w pomieszczeniach, w których nawet krótkotrwałe wyłączenie oświetlenia podstawowego może spowodować następstwa wymienione w ust 1, przy czym czas działania tego oświetlenia powinien być dostosowany do warunków występujących w pomieszczeniu i wynosić nie mniej niż 1 godzinę.

3. Oświetlenie ewakuacyjne należy stosować:

- 1) w pomieszczeniach:
 - a) widowni kin, teatrów i filharmonii oraz innych sal widowiskowych,
 - b) audytorów, sal konferencyjnych, lokali rozrywkowych oraz sal sportowych przeznaczonych dla ponad 200 osób,
 - c) wystawowych w muzeach,
 - d) o powierzchni ponad 1000 m² w garażach oświetlonych wyłącznie światłem sztucznym,
 - e) o powierzchni ponad 2000 m² w budynkach użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego,
- 2) na drogach ewakuacyjnych:
 - a) z pomieszczeń wymienionych w pkt 1,
 - b) oświetlonych wyłącznie światłem sztucznym,
 - c) w szpitalach i innych budynkach przeznaczonych przede wszystkim do pobytu ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się,
 - d) w wysokich i wysokościowych budynkach użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego,

4. Oświetlenie ewakuacyjne nie jest wymagane w pomieszczeniach, w których oświetlenie bezpieczeństwa spełnia warunek określony w ust 6 dla oświetlenia ewakuacyjnego, a także wymagania PN w tym zakresie.

5. Oświetlenie ewakuacyjne powinno działać, przez co najmniej 2 godziny od zaniku oświetlenia podstawowego.

6. W pomieszczeniu, które jest użytkowane przy zgaszonym oświetleniu podstawowym, należy stosować oświetlenie przeszkodowe, zasilane napięciem bezpiecznym, służące uwidocznieniu przeszkód wynikających z układu budynku, drogi komunikacyjnej lub sposobu jego użytkowania, a także podświetlane znaki wskazujące kierunek ewakuacji.

.....

§ 182. Pomieszczenia stacji transformatorowej może być usytuowane w budynkach o innym przeznaczeniu, jeżeli są spełnione warunki określone w § 96 oraz:

- 1) zostanie zachowana odległość pozioma i pionowa od pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi, co najmniej 2,8m,
- 2) ściany i stropy będą stanowiły oddzielenia przeciwpożarowe oraz będą miały zabezpieczenia przed przedostawaniem się cieczy i gazów.

§ 183.1 W instalacjach elektrycznych należy stosować:

- 1) złącza instalacji elektrycznej budynku, umożliwiające odłączenie od sieci zasilającej i usytuowane w miejscu dostępnym dla dozoru i obsługi oraz zabezpieczone przed uszkodzeniami, wpływami atmosferycznymi, a także ingerencją osób niepowołanych,
- 2) oddzielny przewód ochronny i neutralny, w obwodach rozdzielczych i odbiorczych,
- 3) urządzenia ochronne różnicowoprądowe lub odpowiednie do rodzaju i przeznaczenia budynku bądź jego części, inne środki ochrony przed porażeniem,
- 4) wyłączniki nadprądowe w obwodach odbiorczych,
- 5) zasadę selektywności (wybiórczości) zabezpieczeń,
- 6) przeciwpożarowe wyłączniki prądu,
- 7) połączenia wyrównawcze główne i miejscowe łączące przewody ochronne z częściami przewodzącymi innych instalacji i konstrukcji budynku,

7a. ^[105] Połączeniami wyrównawczymi, o których mowa w pkt 6, należy objąć:

- 1) instalację wodociągową wykonaną z przewodów metalowych,
 - 2) metalowe elementy instalacji kanalizacyjnej,
 - 3) instalację ogrzewczą wodną wykonaną z przewodów metalowych,
 - 4) metalowe elementy instalacji gazowej,
 - 5) metalowe elementy szybów i maszynowni dźwigów,
 - 6) metalowe elementy przewodów i wkładów kominowych,
 - 7) metalowe elementy przewodów i urządzeń do wentylacji i klimatyzacji,
 - 8) metalowe elementy obudowy urządzeń instalacji transmisji danych i telekomunikacyjnej.
- 8) zasadę prowadzenia tras przewodów elektrycznych w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów,
 - 9) przewody elektryczne z żyłami wykonanymi wyłącznie z miedzi, jeżeli ich przekrój nie przekracza 10 mm²,
 - 10) urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej,
2. Przeciwpożarowy wyłącznik prądu, odcinający dopływ prądu do wszystkich obwodów, z wyjątkiem obwodów zasilających instalacje i urządzenia, których funkcjonowanie jest niezbędne podczas pożaru, należy stosować w strefach pożarowych o kubaturze przekraczającej 1000 m³ lub zawierających strefy zagrożenia wybuchem.
3. Przeciwpożarowy wyłącznik prądu powinien być umieszczony w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza i odpowiednio oznakowany.

4. Odcięcie dopływu prądu przeciwpożarowym wyłącznikiem nie może powodować samoczynnego załączenia drugiego źródła energii elektrycznej, w tym zespołu prądotwórczego, z wyjątkiem źródła zasilającego oświetlenie awaryjne, jeżeli występuje ono w budynku.

§ 184.1. Jako uziomy instalacji elektrycznej należy wykorzystać metalowe konstrukcje budynków zbrojenia, zbrojenia fundamentów oraz inne metalowe elementy umieszczone w niezbrojonych fundamentach stanowiące sztuczny uziom fundamentowy.

2. Dopuszcza się wykorzystanie, jako uziomy instalacji elektrycznej metalowych przewodów sieci wodociągowej, pod warunkiem zachowania wymagań PN dotyczącej uziemień i przewodów ochronnych oraz uzyskania zgody jednostki eksploatującej tę sieć.

§ 185. 1....

2. W budynku wielorodzinnym liczniki pomiaru zużycia energii elektrycznej należy umieszczać poza lokalami mieszkalnymi, w zamykanych szafkach.

§ 187.1. Przewody i kable elektryczne należy prowadzić w sposób umożliwiający ich wymianę bez potrzeby naruszania konstrukcji budynku.

2. Dopuszcza się prowadzenie przewodów elektrycznych wtynkowych, pod warunkiem pokrycia ich warstwą tynku o grubości, co najmniej 5 mm.

§189.1. Obwody odbiorcze instalacji elektrycznej w budynku wielorodzinnym prowadzić należy w obrębie każdego mieszkania lub lokalu użytkowego.

2. W instalacji elektrycznej w mieszkaniu należy stosować wyodrębnione obwody: oświetlenia, gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia, gniazd wtyczkowych w łazience, gniazd wtyczkowych do urządzeń odbiorczych w kuchni oraz obwody do odbiorników wymagających indywidualnego zabezpieczenia.

§ 190. W budynku wielorodzinnym oświetlenie i odbiorniki w pomieszczeniach komunikacji ogólnej oraz technicznych i gospodarczych powinny być zasilane z tablic administracyjnych.

Rozdział 6

Utrzymanie obiektów budowlanych

Art. 61 Właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany utrzymywać obiekt zgodnie z zasadami, o których mowa w art.5 ust 2.

3. Częstość sprawdzania okresowego

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [Dz.U.10.243.1623], obiekty powinny być czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę okresowej kontroli, co najmniej raz na 5 lat, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego i przydatności do użytkowania obiektu budowlanego, estetyki obiektu budowlanego oraz jego otoczenia; kontrolą tą powinno być objęte również badanie instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

Zalecenia określone w punkcie 62.2 PN-HD 60364-6-2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie; dotyczą również częstości sprawdzania okresowego instalacji użytkowanej w pomieszczeniu, w którym może wystąpić większe ryzyko uszkodzenia lub zniszczenia.

Częstość sprawdzania okresowego instalacji powinna być ustalana z uwzględnieniem rodzaju instalacji i wyposażenia, jej zastosowania i działania, częstości i jakości konserwacji oraz wpływów zewnętrznych, na które jest narażona.

Dla podanych niżej przypadków, w których w zależności od warunków środowiskowych może wystąpić większe ryzyko eksploatacji urządzeń i instalacji elektrycznych, mogą być wymagane krótsze okresy. Do nich w szczególności należą:

- miejsca pracy lub pomieszczenia, w których występuje ryzyko porażenia elektrycznego, pożaru lub wybuchu spowodowanego degradacją;
- miejsca pracy lub pomieszczenia, w których znajdują się instalacje zarówno niskiego jak i wysokiego napięcia;
- obiekty gromadzące publiczność;
- tereny budowy;
- instalacje bezpieczeństwa (np. oświetlenia awaryjnego).

Według normy PN-HD 60364-6: 2008, „dla budownictwa mieszkaniowego można stosować dłuższe okresy (np. 10 lat). Gdy użytkownicy lokali mieszkalnych zmieniają się, sprawdzenie instalacji elektrycznej jest bardzo zalecane”.

W protokole sprawdzenia okresowego należy podać informację, dla osoby wykonującej sprawdzenie okresowe, o ustalonym przedziale czasu do następnego sprawdzenia okresowego.

Wykonywanie okresowych badań sprawności technicznej urządzeń oraz instalacji elektrycznych i piorunochronnych” według COBR „Elektromontaż” Warszawa 1999 r. przedstawia tablica 1.

Tablica 1

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Okres czasu między sprawdzeniami	
		Skuteczność ochrony przeciwporażeniowej (nie rzadziej niż)	Rezystancja izolacji przewodów (nie rzadziej niż)
1.	O wyziewach żrących	1 raz/rok	1 raz/rok
2.	Zagrożone wybuchem	1 raz/rok	1 raz/rok
3.	Otwarta przestrzeń	1 raz/rok	1 raz/5 lat
4.	Bardzo wilgotne (ok. 100%) oraz przejściowo wilgotne (75 - 100%)	1 raz/rok	1 raz/5 lat
5.	Gorące (temperatura powietrza powyżej 35 °C)	1 raz/rok	1 raz/5 lat
6.	Zagrożone pożarem	1 raz/5 lat	1 raz/rok
7.	Zaliczone do kategorii zagrożenia ludzi (ZL I, ZL II, ZL III ¹⁾)	1 raz/5 lat	1 raz/rok
8.	Zapyłone	1 raz/5 lat	1 raz/5 lat
9.	Pozostałe niewymienione	1 raz/5 lat	1 raz/5 lat
Objaśnienia: ¹⁾ ZL I - budynki użyteczności publicznej lub ich części, w których mogą przebywać ludzie w grupach ponad 50 osób. ZL II - budynki lub ich części przeznaczone do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się ZL III - budynki użyteczności publicznej niezakwalifikowane do ZL I lub ZL II.			

5. Kontrole stanu technicznego instalacji elektrycznych, piorunochronnych i gazowych, o której mowa w ust. 1 pkt 1 lit. c) oraz pkt 2, powinny przeprowadzać osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy wykonywaniu dozoru nad eksploatacją urządzeń, instalacji oraz sieci energetycznych/gazowych.

Zakres kontroli okresowej obejmuje:

1. Oględziny instalacji (celem sprawdzenia ochrony podstawowej t. jest czy obudowy i osłony nie są uszkodzone czy zniszczone.
2. Sprawdzenie czy zastosowane środki ochrony dodatkowej funkcjonują skutecznie (przez przeprowadzenie pomiarów ich skuteczności).
3. Pomiar stanu izolacji instalacji (w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem poszczególnych przewodów) w tym celu należy odłączyć od zabezpieczeń wszystkie przewody czynne tj. L1,2,3 i N połączyć je z sobą i mierzyć w stosunku do ziemi lub uziemionego przewodu PE. Pomiaru dokonujemy megaomierzem o napięciu 500V = chyba, że instalacja wyposażona

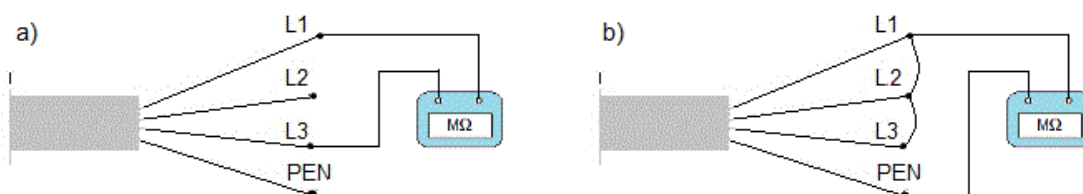
jest w ograniczniki przepięć, których na czas pomiaru nie można odłączyć lub w instalacji znajdują się elektroniczne urządzenia, których również na czas pomiar nie można odłączyć wtedy dopuszcza się zastosowanie megaomomierza o napięciu 250V =.

Wymagania PN-HD 60364-6 minimalnych wartości rezystancji izolacji podaje tablica.

Minimalne wartości rezystancji izolacji

Napięcie nominalne obwodu (V)	Napięcie probiercze d.c. (V)	Rezystancja izolacji MΩ
SELV i PELV	250	≥ 0,5
Do 500 V, w tym FELV	500	≥ 1,0
Powyżej 500 V	1000	≥ 1,0

Pomiar rezystancji izolacji przewodów w układzie TN-C



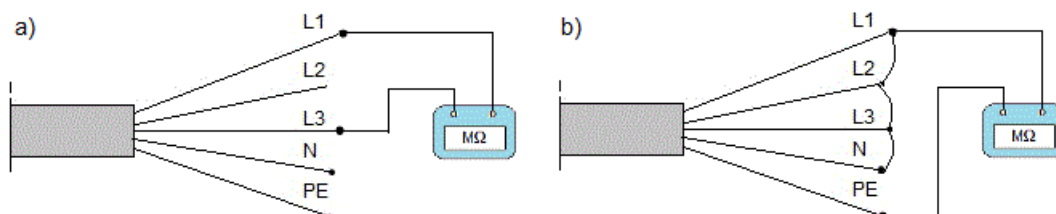
Wykonywanie pomiarów rezystancji izolacji przewodów w układzie TN-C

a) między przewodami czynnymi: L1-L2, L1-L3, L2- L3, *) przewody czynne na czas pomiaru można zewrzeć.

b) między przewodami czynnymi a ziemią: L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN,

*) przewody czynne na czas pomiaru można zewrzeć.

Pomiar rezystancji izolacji przewodów w układzie TN-S



Wykonywanie pomiarów rezystancji izolacji przewodów w układzie TN-S

a) między przewodami czynnymi: L1-N, L2-N, L3-N,

b) między przewodami czynnymi a ziemią: L1-PE, L2-PE, L3-PE, N-PE, **) do celów pomiarowych przewód N odłącza się od przewodu ochronnego, przewody czynne na czas pomiaru można zewrzeć.

W praktyce, pomiary rezystancji izolacji przewodów wykonuje się podczas montażu instalacji, przed przyłączeniem wyposażenia.

1) Pomiary rezystancji izolacji przewodów w obwodach rozdzielczych powinny być wykonywane, po wyłączeniu zasilania, dla określonego odcinka obwodu, między kolejnymi stosowanymi zabezpieczeniami.

Na czas pomiarów należy skutecznie zabezpieczyć sprawdzane obwody przed możliwością przypadkowego, ponownego załączenia zasilania.

2) Pomiary rezystancji izolacji przewodów instalacji elektrycznej w obwodach odbiorczych powinny być wykonywane, po wyłączeniu zasilania dla określonego obwodu pomiarowego, między wyłącznikiem nadprądowym a punktem przyłączenia odbiornika. Na czas wykonania pomiaru odbiornik powinien być odłączony od instalacji.

3) Pomiary rezystancji izolacji przewodów w obwodach oświetleniowych powinny być wykonywane po wyłączeniu zasilania obwodów pomiarowych, przy zamkniętych wyłącznikach oświetleniowych.

§ 191. Mieszkania w budynku wielorodzinnym i odrębne mieszkania w budynku zamieszkania zbiorowego należy wyposażać w instalację wejściowej sygnalizacji dzwonekowej, a w razie przeznaczenia ich dla osób niepełnosprawnych – również w odpowiednią sygnalizację alarmowo – przyzewową.

III. URZĄDZENIA, INSTALACJE I SIECI O NAPIĘCIU ZNAMIONOWYM POWYŻEJ 1 kV

Wiadomości ogólne

Sieci i instalacje dzielimy ze względu na wielkość znamionowego napięcia na:

- sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia do 1 kV i oznaczamy je „nn”,
- sieci elektroenergetyczne średniego napięcia od 1 kV do 60 kV i oznaczamy je „SN”,
- sieci elektroenergetyczne wysokiego napięcia od 60 kV do 220 kV włącznie i oznaczamy je „WN”,
- sieci elektroenergetyczne najwyższych napięć od 400 kV i oznaczamy je „NN”.

W praktyce przyjęto że sieci przesyłowe są to sieci WN i NN, zaś sieci dystrybucyjne to sieci SN i nn.

Struktura sieci elektroenergetycznej - jest to jednoznacznie określony układ sieci wraz z parametrami poszczególnych urządzeń. Określenie to zastępuje stosowane kiedyś pojęcie *wariant sieci*. Używane może być zarówno do określenia sieci istniejącej, jak i do określenia projektu nowej sieci. Struktura sieci zawiera wszystkie elementy, z których sieć jest zbudowana. W skład struktury wchodzi między innymi:

- układy ciągów liniowych - magistral (kablowych lub napowietrznych) prowadzonych między stacjami,
- układy magistral z odgałęzieniami,
- układy stacji transformatorowo-rozdzielczych zasilających i odbiorczych z wyposażeniem.

Rozpatrując strukturę sieci mamy na myśli jedną sieć, tzn. sieć 110 kV, SN lub nn. Nie można jednak zapominać o tym, że sieci wzajemnie na siebie oddziałują. Uproszczenie struktury sieci wyższego rzędu powoduje konieczność wzbogacenia sieci podrzędnej po to, aby sprostać określonym wymaganiom stawianym całemu podsystemowi rozdziału. Zróżnicowanie struktur sieci wynika z ról, jakie sieci mają pełnić (np. w przypadku sieci rozdzielczych jest to dostarczenie energii do odbiorców gospodarstw rolnych lub rozdzielanie energii na terenie dużych zakładów przemysłowych). Spełnienie tych ról determinuje bardziej lub mniej skomplikowaną strukturę sieci.

Wybór struktury sieci danego napięcia zależy głównie od gęstości powierzchniowej obciążeń sieci oraz od wymagań, jakie ma spełniać dana sieć. Wymaganiami tymi są m.in.:

- odpowiednia pewność zasilania,
- minimalizacja kosztów eksploatacji,
- elastyczność eksploatacji,
- zapewnienie elastyczności przy rozbudowie,
- prostota i przejrzystość struktury,
- odpowiednia, jakość energii,
- ochrona środowiska naturalnego,
- bezpieczeństwo przeciwporażeniowe
- możliwość stosowania urządzeń zunifikowanych,
- możliwość stosowania opracowań typowych i powtarzalnych,

- możliwość usprawnienia eksploatacji poprzez wprowadzenie telemechaniki, automatyki zabezpieczeniowej i technik komputerowych.

Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach, instalacjach i sieciach o napięciu powyżej 1 kV.

Ochrona przed porażeniem elektrycznym w sieciach elektroenergetycznych o napięciu wyższym od 1 kV polega na zastosowaniu:

- **ochrony podstawowej** - polega na zachowaniu bezpiecznych odległości od nieizolowanych części urządzeń będących pod napięciem oraz zastosowaniu osłon, ogrodzeń, itp. Zabezpieczenie przed dotykiem bezpośrednim powinno być osiągnięte poprzez budowę obiektów sieciowych oraz innych obiektów w sąsiedztwie linii i stacji elektroenergetycznych zgodnie z wymaganiami norm i przepisów dotyczących sieci elektroenergetycznych,

- **ochrony przy uszkodzeniu** - polega na zachowaniu dopuszczalnych wartości napięć dotykowych i napięć krokowych w zakłóceńowych stanach pracy urządzeń i instalacji elektrycznych.

Zabezpieczenie przed wystąpieniem napięć wyższych niż dopuszczalne osiąga się poprzez zastosowanie przewidzianych środków ochrony dodatkowej i ochrony uzupełniającej. Głównym środkiem ochrony dodatkowej jest zastosowanie uziemień ochronnych. Uziemieniu ochronnemu podlegają:

- a) obudowy, osłony, kadłuby, i podstawy maszyn elektrycznych, transformatorów, łączników i aparatury,
- b) elementy napędów i urządzeń pomocniczych do obsługi urządzeń rozdzielczych, jeżeli nie mają połączeń ziemią,
- c) stanowiska obsługi, pomosty montażowe i drabiny zamocowane na stałe,
- d) konstrukcje i osłony rozdzielnic,
- e) konstrukcje stacji rozdzielczych jeżeli wykonane są z materiału przewodzącego,
- f) słupy linii napowietrznych ze stali lub betonu zbrojonego,
- g) uzwojenia wtórne przekładników,
- h) głowice kablowe, powłoki, pancerze i żyły powrotne kabli oraz osłony przewodów,
- i) ogrodzenia, bariery i osłony zainstalowane na stałe,
- j) podstawy izolatorów zamocowanych na nieuziemionych konstrukcjach,
- k) rurociągi.

Ochronę uzupełniającą stanowią środki w postaci: izolowania stanowiska, powłok elektroizolacyjnych, wstawek izolacyjnych w elementach przewodzących, ogrodzeń.

IV. ZESPOŁY PRĄDOTWÓRCZE O MOCY POWYŻEJ 50 kW

Zespoły prądotwórcze dzielą się na:

1) Zespoły stacyjne; są urządzeniami elektroenergetycznymi o stosunkowo dużej mocy, montowane na stałych fundamentach w odpowiednio przystosowanych pomieszczeniach. W układzie elektroenergetycznym spełniają podstawową rolę zasilaczy rezerwowo-awaryjnych dla odbiorów energii elektrycznej wymagających dużej pewności zasilania. Zespoły stacyjne wyposażone są w samoczynne urządzenia rozruchowe, powodujące uruchomienie zespołu natychmiast po zaniku zasilania podstawowego oraz zatrzymujące zespół, po ponownym pojawieniu się napięcia w torze podstawowym. Zespoły stacyjne są wyposażone w odpowiednio duże zbiorniki paliwa i są przystosowane do długotrwałej pracy;

2) Zespoły przewoźne (ruchome); montowane są na odpowiednio przystosowanych przyczepach i przewożone za pomocą różnych środków transportowych. Zespoły przewoźne są w szczególności rozpowszechnione w obszarach o słabo rozwiniętej strukturze elektroenergetycznej i częstych przerwach w dostawie energii. Znajdują zastosowanie na budowach oraz do zasilania różnych urządzeń polowych. Służą wtedy do zasilania oświetlenia, klimatyzacji pomieszczeń i drobnych odbiorów silnikowych w sklepach, magazynach, warsztatach rzemieślniczych, a także w domach mieszkalnych. Zespoły przewoźne muszą cechować się prostą konstrukcją o dużej wytrzymałości mechanicznej, powinny też być przystosowane do obsługi przez osoby poinstruowane.

Z reguły zespoły prądotwórcze są zasilane silnikami spalinowymi wysokoprężnymi lub benzynowymi. Generatory zespołów prądotwórczych są maszynami synchronicznymi trójfazowymi o częstotliwości 50 Hz i napięciu znamionowym wynoszącym zazwyczaj 0,4 kV.

Moce stosowanych obecnie zespołów prądotwórczych zawierają się w granicach od kilku kVA do 6 MVA przeznaczone do różnych sposobów eksploatacji oraz do zabudowy w pomieszczeniu, w wolno stojącym kontenerze lub mieć charakter przewoźny. Budowane są też zespoły prądotwórcze o innych parametrach napięcia znamionowego i mocy, w tym zespoły jednofazowe i prądu stałego.

Zespoły prądotwórcze są dostarczane przez producentów, jako urządzenia kompletne, stałe lub ruchome, wyposażone w pełny zespół przyrządów pomiarowych, automatyki i sterowania. Do podstawowych sposobów eksploatacji zespołów prądotwórczych należy zaliczyć:

- **eksploatację ciągłą**, podczas której zespół prądotwórczy pracuje przez cały czas, a przerwy w pracy związane są z koniecznością prowadzenia bieżącej konserwacji lub napraw;
- **eksploatacja czasową**, podczas której zespół prądotwórczy pracuje w określonych przedziałach czasu.

Według PN-ISO 8528-1 (Zespoły prądotwórcze prądu przemiennego napędzane silnikiem spalinowym tłokowym. Zastosowanie, klasyfikacja i wymagania eksploatacyjne.) występują cztery klasy wymagań eksploatacyjnych:

- 1) Klasa wymagań G1** dotyczy odbiorników, które wymagają spełnienia podstawowych parametrów w zakresie napięcia oraz częstotliwości, takich jak np. oświetlenie, ogrzewanie elektryczne itp.;
- 2) Klasa wymagań G2** dotyczy zasilania odbiorników, dla których wymagania w zakresie jakości dostarczanej energii elektrycznej są zbliżone do wymagań określonych w odniesieniu do publicznych sieci elektroenergetycznych. W przypadku zmian w obciążeniu dopuszczalne są chwilowe odchylenia od znamionowych wartości napięcia i częstotliwości. Do odbiorników spełniających wymagania tej klasy należy zaliczyć: oświetlenie, pompy, wentylatory, dźwigi itp.;
- 3) Klasa wymagań G3** dotyczy zasilania odbiorników o zwiększonych jakościowych wymaganiach w zakresie dostarczanej energii elektrycznej. Przykładem takich urządzeń mogą być zasilacze UPS, systemy telekomunikacyjne itp.;
- 4) Klasa wymagań G4** dotyczy zasilania odbiorników o wysokich wymaganiach w zakresie dostarczanej energii elektrycznej.

Najważniejsze wymagania graniczne wartości eksploatacyjnych przebiegów napięcia i częstotliwości dla poszczególnych klas wymagań przedstawia tabela 1..

Tablica 1. Najważniejsze wymagania graniczne wartości eksploatacyjnych przebiegów napięcia i częstotliwości dla poszczególnych klas zespołów prądotwórczych

Parametr		Jednostka	Graniczna wartość eksploatacyjna, dla klasy wymagań			
			G1	G2	G3	G4
Spadek częstotliwości		%	≤ 8	≤ 5	≤ 3	Wartości parametrów należy uzgodnić z producentem zespołu
Pasma względnych zmian częstotliwości w stanach ustalonych		%	≤ 2,5	≤ 1,5	≤ 0,5	
Przebiegiowa odchyłka częstotliwości od wartości znamionowej	100 % nagłego spadku mocy	%	≤ +18	≤ +12	≤ +10	
	Nagły wzrost mocy		≤ -15	≤ -10	≤ -7	
Czas odbudowania częstotliwości		s	≤ 10	≤ 5	≤ 3	
Odchyłka napięcia w stanie ustalonym		%	≤ ± 5 ¹⁾	≤ ± 2,5	≤ ± 1	
Przebiegiowa odchyłka napięcia	100 % nagłego spadku mocy	%	≤ +35	≤ +25	≤ +20	
	Nagły wzrost mocy		≤ -25	≤ -20	≤ -10	
Czas odbudowania napięcia		s	≤ 10	≤ 6	≤ 4	
Uwaga! Pełny zestaw wymagań został określony w normie PN-ISO 8528-5 1) - dla zespołów o mocy do 10 kVA: ≤ ± 10%						

3.3. Zasada działania

Zespoły prądotwórcze dzieli się również ze względu na czas rozruchu, tj. czas, jaki upływa od czasu zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej do chwili jego podania z generatora zespołu prądotwórczego:

- a) z długotrwałym zanikiem napięcia,
- b) z krótkotrwałym zanikiem napięcia,
- c) bez zaniku napięcia.

Zespoły prądotwórcze z długotrwałym zanikiem napięcia są powszechnie stosowane w układach zasilania awaryjnego. Po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej automatyka zespołu uruchamia procedurę jego rozruchu z opóźnieniem od 5 do 10 sekund. Ogółem jednak czas, jaki upływa od zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej do podania go ze źródła awaryjnego, nie przekracza 1 minuty. Załączenie odbiorników z zespołu odbywa się automatycznie przez układ automatyki SZR.

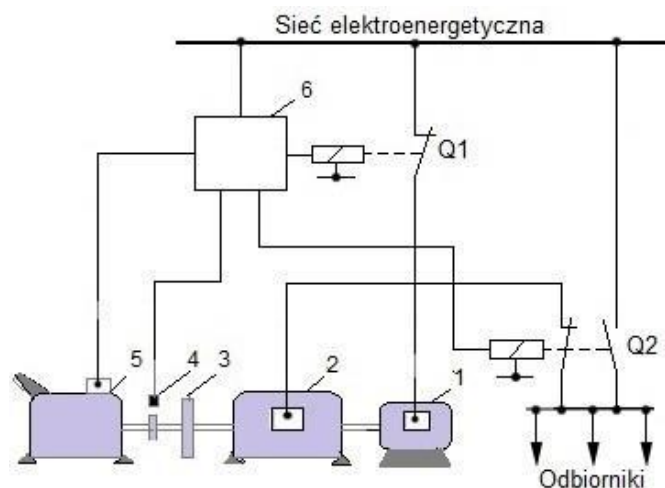
Po ponownym pojawieniu się napięcia w sieci elektroenergetycznej automatyka SZR powoduje przełączenie zasilania odbiorników na tor zasilania podstawowego nie wyłączając zespołu. Po przełączeniu zespół prądotwórczy pracuje na biegu jałowym jeszcze, przez co najmniej 3 minuty, dla wychłodzenia generatora.

1) Zespół prądotwórczy w układzie pracy z krótkim czasem rozruchu

W normalnych warunkach zasilania (Rys, 2a) silnik elektryczny synchroniczny (1) pobiera energię z sieci elektroenergetycznej i napędza generator (2) i koło zamachowe (3). Sprzęgło (4) jest rozłączone. Generator pracuje na biegu jałowym.

Z chwilą zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej następuje:

- otwarcie łącznika Q1,
- automatyczne zamknięcie sprzęgła (4),
- zgromadzona energia kinetyczna w kole zamachowym powoduje szybki rozruch silnika spalinowego (5), który w krótkim czasie przejmuje napęd generatora (2),
- podanie napięcia z generatora powoduje automatyczne przełączenie łącznika Q2 na zasilanie ze źródła awaryjnego i podanie napięcia do odbiorników. Czas, w którym odbiorniki pozostają bez dostawy energii elektrycznej, na ogół nie przekracza 2 s.



Rys. 2a. Schemat zespołu prądotwórczego z krótkim czasem rozruchu

Oznaczenia: 1 – silnik elektryczny do napędu generatora i koła zamachowego, 2 – generator, 3 – koło zamachowe, 4 – sprzęgło elektromagnetyczne, 5 – silnik spalinowy, 6 – rozdzielnica potrzeb własnych z układem sterowania i automatyki.

3.4. Zasady eksploatacji

Przyjęcie do eksploatacji zespołu prądotwórczego nowego, przebudowanego lub po remoncie, może nastąpić po przeprowadzeniu, z wynikiem pozytywnym, odpowiednich prób i pomiarów przewidzianych w instrukcji fabrycznej i instrukcji eksploatacji.

Jeżeli zespół prądotwórczy ma być przyłączony do wspólnej sieci elektroenergetycznej lub jest przewidziany, jako samoczynne rezerwowe zasilanie urządzeń zasilanych ze wspólnej sieci, to przyjęcie do eksploatacji zespołu powinno odbywać się za zgodą właściwego terytorialnie przedsiębiorstwa energetycznego i w obecności przedstawiciela jednostki organizacyjnej zarządzającej daną siecią.

Zespół prądotwórczy o napięciu znamionowym 0,4 kV lub wyższym przed przyjęciem do eksploatacji powinien być poddany ruchowi próbnemu na warunkach przewidzianych w dokumentacji producenta.

1) Przed przyjęciem zespołu prądotwórczego do eksploatacji należy sprawdzić:

- kompletność dokumentacji,
- gotowość urządzenia do pracy,
- wyniki prób i pomiarów fabrycznych, w przypadku urządzeń uruchamianych po remoncie w zakładzie remontowym,
- wyniki pomiarów kontrolnych,
- zapewnienie dostaw i zapasów paliwa, oleju oraz niezbędnych części zamiennych,
- bezpieczeństwo przeciwporażeniowe i pożarowe,
- zapewnienie odpowiednich warunków bhp dla obsługi.

Eksploatacja zespołów prądotwórczych powinna być prowadzona w oparciu o **program pracy**. Nie ma obowiązku opracowywania programów pracy dla zespołów o mocy znamionowej mniejszej niż 32 kVA. Program pracy zespołu prądotwórczego powinien być opracowany i korygowany, co najmniej raz na trzy lata.

2) W programie pracy należy uwzględnić:

- układ połączeń sieci dla ruchu normalnego i w przypadku zakłóceń,

- sposób przyłączenia do wspólnej sieci i synchronizacji,
- charakterystykę zasilanych odbiorów oraz wymagane wartości napięcia i częstotliwości,
- moc przewidywaną do dostarczania przez zespół prądotwórczy i czas pracy,
- warunki uruchamiania zespołu,
- wielkości zapasów paliwa i oleju, niezbędne dla przewidzianego ciągłego czasu pracy,
- wymagania i zalecenia w zakresie oszczędności paliw i energii.

Na zespole prądotwórczym powinny być umieszczone w sposób trwały i czytelny następujące informacje:

- dane techniczne urządzeń umieszczone na tabliczkach znamionowych,
- symbole zacisków ochronnych,
- symbole zacisków wyjściowych generatora,
- strzałki na obudowach silnika i generatora wskazujące prawidłowy kierunek wirowania.

3) Prowadzenie ruchu· , Jeżeli dokumentacja techniczna nie stanowi inaczej, to moc silnika asynchronicznego zwartego o rozruchu bezpośrednim przyłączonego do zespołu prądotwórczego o napięciu znamionowym do 1 kV, nie może przekraczać:

- 70% mocy znamionowej zespołów o mocy do 60 kW,
- 50% mocy znamionowej, jeżeli moc zespołu jest większa niż 60 kW.

Moc silnika przyłączanego za pośrednictwem przełącznika gwiazda-trójkąt nie może przekraczać mocy znamionowej czynnej zespołu prądotwórczego wyrażonej w kW.

Przed uruchomieniem zespołu prądotwórczego przewoźnego należy sprawdzić:

- prawidłowość ustawienia na stanowisku roboczym,
- prawidłowość przyłączenia do sieci,
- prawidłowość odłączenia od wspólnej sieci odbiorników, które nie mają być zasilane z zespołu,
- dostosowanie mocy i napięcia zespołu do mocy i napięcia zasilanych odbiorników,
- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- zgodność obrotów silnika i generatora oraz ich zgodność z instrukcją,
- zgodność paliwa i olejów smarowniczych z instrukcją fabryczną.

Utrzymywanie zespołu w należyтым stanie technicznym wymaga przeprowadzania okresowych oględzin i przeglądów.

4) Oględziny zespołu powinny być przeprowadzane, co najmniej raz w tygodniu i powinny obejmować sprawdzenie:

- czystości zespołu i pomieszczenia,
- zasilania w paliwo,
- smarowania i chłodzenia maszyn,
- układu rozruchowego,
- wskaźników kontrolno-pomiarowych,
- stanu ochrony przeciwporażeniowej,
- stanu zabezpieczeń przeciwpożarowych i sprzętu gaśniczego,
- wyposażenia obsługi w odzież i sprzęt ochronny,
- stanu i poprawności działania części mechanicznej; braku drgań i stuków w maszynach (przez osłuchanie).

Co najmniej raz w miesiącu należy przeprowadzić **kontrolę pracy** zespołu obejmującą między innymi:

- sprawdzenie akumulatora rozruchowego,
- sprawdzenie stanu zaopatrzenia w paliwo i smary,
- sprawdzenie czystości filtrów paliwa, oleju i powietrza,
- pomiar rezystancji izolacji uzwojeń generatora,
- próbne łączenie za pomocą wyłącznika głównego,
- uruchomienie i sprawdzenie działania blokad.

5) Przegląd zespołu prądotwórczego powinien być przeprowadzany nie rzadziej, niż co 6 miesięcy, o ile instrukcja fabryczna nie przewiduje inaczej. Przegląd powinien obejmować w szczególności:

- oględziny w pełnym zakresie,
- wymianę oleju i smarowanie całego zespołu,
- oczyszczenie styków elektrycznych,
- pomiary rezystancji izolacji uzwojeń i obwodów,
- pomiary skuteczności działania ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie instalacji rozruchowej i zapłonowej,
- pełne sprawdzenie akumulatora,
- sprawdzenie układów zasilania w paliwo, smarowania, chłodzenia i rozrzędu,
- sprawdzenie przyrządów pomiarowych, sterowania i układów regulacji,
- kontrolę stanu oświetlenia pomieszczenia agregatu i obsługi,
- czynności konserwacyjne i wymianę zużytych części zgodnie z instrukcjami fabrycznymi.

V. URZĄDZENIA ELEKTROTHERMICZNE

Urządzenie elektrotermiczne (elektryczne urządzenie grzejne) - urządzenie lub zespół urządzeń do celowego przetwarzania energii elektromagnetycznej w energię cieplną i wykorzystania jej w celach użytecznych.

Urządzenie elektrotermiczne składa się z członów: grzejnego, zasilającego, sygnalizacyjno-pomiarowego, regulacyjnego i innych (człony studzące, rekuperacji ciepła, dogrzewające płomieniowo, wytwarzające próżnię lub sztuczną atmosferę). Procesy grzejne zachodzące w urządzeniach elektrotermicznych mają na celu nagrzewanie lub ogrzanie wsadu.

Urządzenie elektrotermiczne jest to zespół środków technicznych przeznaczonych do przekształcania energii elektrycznej w ciepło oraz do wykorzystania go w procesach grzejnych. Środkami tymi są człony zasilające, przekształcające, grzejne, załadunku i transportu wsadu, pomiarowe, regulacyjne oraz inne wyposażenie elektryczne i nieelektryczne ułatwiające lub polepszające pracę urządzenia elektrotermicznego. Człony przekształcające służą do przetwarzania energii elektrycznej na taką jej postać, która sprzyja uzyskaniu wymaganego stanu cieplnego, np. określonego pola temperatury, stanu skupienia wsadu itp. Człony grzejne to podstawowe elementy urządzeń elektrotermicznych i w nich dokonuje się przemiana energii elektrycznej w ciepło. Urządzenia elektrotermiczne są jednostkami autonomicznymi - lub jako elementy wyposażenia - wchodzi w skład innych urządzeń i wtedy bywają nazywane elektrycznymi urządzeniami grzejnymi. Nie wyklucza to przypadków, że to samo urządzenie może stanowić jednostkę autonomiczną lub być elementem podstawowym względnie pomocniczym zespołu urządzeń. Stąd też zamienne stosowanie obu tych określeń.

Według kryterium metody nagrzewania wyodrębnia się obecnie 12 metod nagrzewania:

- rezystancyjną
- promiennikową
- elektrodową
- łukową
- indukcyjną
- pojemnościową
- mikrofalową
- plazmową
- elektronową
- fotonową
- jonową
- ultradźwiękową

Do urządzeń elektrotermicznych zaliczamy:

1. Piece oporowe i nagrzewnice oraz suszarki,
2. Piece i nagrzewnice indukcyjne,
3. Piece elektrodowe,
4. Piece łukowe pośrednie i bezpośrednie,
5. Urządzenia grzejne i pojemnościowe,

wraz z urządzeniami: sterowniczo-pomiarowymi, regulacji temperatury, wytwarzania i regulacji atmosfer ochronnych oraz liniami technologicznymi.

Oględziny urządzeń elektrotermicznych przeprowadza się w terminach określonych w instrukcji eksploatacji z uwzględnieniem zaleceń wytwórcy i warunków pracy urządzenia, jednakże nie rzadziej niż raz na kwartał. Oględziny przeprowadzamy w czasie ruchu i postoju. Czynności wchodzące w zakres oględzin to sprawdzenie:

- stanu ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- wskazań aparatury kontrolno-pomiarowej,
- działania i szczelności układu chłodzenia oraz temperaturę wody chłodzącej,
- temperatury powierzchni obudowy i stanu wymurówki,
- działania aparatury sygnalizacyjnej, sterującej i zabezpieczającej,
- stan napędów, instalacji i torów wielkoprądowych wraz z wyposażeniem,
- stanu połączeń mechanicznych i elektrycznych,
- działanie urządzeń załadowniczych i rozładowniczych,
- stanu układu z atmosferą ochronną i technologiczną,
- poziomu hałasu i drgań, - przestrzegania programów pracy,
- czystości urządzenia elektrotermicznego.

Remont urządzeń elektrotermicznych należy prowadzić zgodnie z zaleceniami wytwórcy jednak w okresach nie krótszych niż raz w roku.

Załącznik do zarządzenia Ministra Gospodarki Materiałowej i Paliwowej z dnia 2 października 1987 r. (poz. 236)

ZAKRES BADAŃ TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH URZĄDZEŃ ELEKTROTERMICZNYCH

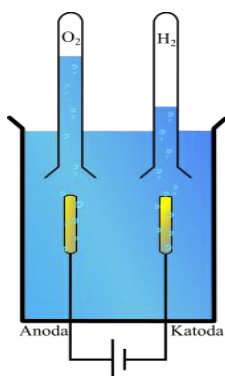
Lp.	Zakres badań	Wymagania techniczne					
		piece oporowe i suszarki elektryczne	nagrzewnice oporowe	nagrzewnice indukcyjne	piece indukcyjne	piece elektrodowe	piece łukowe
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej i wykonanie pomiarów	Stan ochrony przeciwporażeniowej powinien być zgodny z wymaganiami ustalonymi w przepisach o ochronie przeciwporażeniowej					
2	Pomiar rezystancji izolacji obwodów sterowania, sygnalizacji i innych elementów (z wyjątkiem grzejnych)	Rezystancja izolacji mierzona megaomierzem 1000 V powinna być: dla instalacji i elementów o napięciu do 1 kV nie mniejsza od 1000 Ω na 1 V napięcia znamionowego, a dla instalacji o napięciu powyżej 1 kV — nie mniejsza niż 1 M Ω /1 kV, jeżeli wartości tej nie określił wytwórca					
3	Pomiar rezystancji izolacji napędu elektrycznego, stanowiącego wyposażenie urządzeń elektrotermicznych	Rezystancja izolacji powinna odpowiadać warunkom określonym w przepisach w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji elektrycznych urządzeń napędowych					
4	Sprawdzenie działania aparatury kontrolno-pomiarowej, regulacyjnej, sterowniczej i zabezpieczającej	Działanie powinno być sprawne, zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej lub dostawcy urządzenia					
5	Sprawdzenie działania wszystkich urządzeń pomocniczych, mechanizmów blokad, urządzeń załadunkowych i wyładowczych, mechanizmów przechyłu	Działanie powinno być sprawne, zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej lub dostawcy urządzenia					
6	Pomiar poboru mocy elektrycznej (bez wsadu) i czasu nagrzewania	Pobór mocy nie powinien przekraczać 5% wartości podanej przez wytwórcę	—	Pobór mocy nie powinien przekraczać 5% wartości podanej przez wytwórcę	—	—	—
7	Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń transformatora i dławika piecowego	Zgodnie z normą PN-69/E-06040	—	—	Zgodnie z normą PN-69/E-06040		
8	Sprawdzenie stanu instalacji i szczelności układu chłodzenia	Stan techniczny i ciśnienie powinny być zgodne z danymi określonymi przez wytwórcę				—	Stan techniczny i ciśnienie powinny być zgodne z danymi określonymi przez wytwórcę
9	Badanie stanu toru wieloprądowego	—	—	—	Zgodnie z wymaganiami wytwórcy lub normą PN/E-06204		
10	Sprawdzenie stanu układu z atmosferą ochronną i technologiczną	Działanie powinno być zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej	—	—	—	—	Działanie powinno być zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej

VI. URZĄDZENIA DO ELEKTROLIZY

Elektroliza – ogólna nazwa na wszelkie zmiany struktury chemicznej substancji, zachodzące pod wpływem przyłożonego do niej zewnętrznego napięcia elektrycznego. W węższym zakresie pojęcie to obejmuje tylko procesy rozkładu^[1]. Elektrolizie towarzyszyć może, (choć nie musi) szereg dodatkowych zjawisk, takich jak dysocjacja elektrolityczna, transport jonów do elektrod, wtórne przemiany jonów na elektrodach i inne. W sensie technologicznym przez elektrolizę rozumie się wszystkie te procesy łącznie.

Elektroliza zachodzi w układach, w których występują substancje zdolne do, jonizacji, czyli rozpadu na jony. Samo zjawisko jonizacji może być wywołane zarówno przyłożonym napięciem elektrycznym, jak

i zjawiskami nie generowanymi bezpośrednio przez prąd – dysocjacją elektrolityczną, autodysocjacją, wysoką temperaturą czy działaniem silnego promieniowania. Proces elektrolizy jest napędzany wymuszoną wędrówką jonów do elektrod, zanurzonych w substancji, po przyłożeniu do nich odpowiedniego napięcia prądu elektrycznego. W elektrolizie elektroda naładowana ujemnie jest nazywana katodą, a elektroda naładowana dodatnio anodą. Każda z elektrod przyciąga do siebie przeciwnie naładowane jony. Do katody dążą, więc dodatnio naładowane kationy, a do anody ujemnie naładowane aniony. Po dotarciu do elektrod jony przekazują im swój ładunek, a czasami wchodzi też z nimi w reakcję chemiczną, na skutek, czego zamieniają się w obojętne elektrycznie związki chemiczne lub pierwiastki. Ponadto wędrujące przez substancję jony mogą po drodze ulegać rozmaitym reakcjom chemicznym z innymi jonami lub substancjami, które nie uległy rozpadowi na jony. Powstające w ten sposób substancje zwykle albo osadzają się na elektrodach albo wydzielają się



z układu w postaci gazu. Proces elektrolizy wymaga stałego dostarczania energii elektrycznej. Zjawisko elektrolizy zostało opisane ilościowo w dwóch prawach elektrolizy Faradaya. Elektroliza jest procesem stosowanym na skalę przemysłową m.in. do:

- produkcji metali: aluminium, litu, sodu, potasu
- produkcji rozmaitych związków chemicznych, w tym kwasu trifluorooctowego, wodorotlenku sodu, potasu, chloranu sodu i chloranu potasu
- produkcji gazów: wodoru, chloru i tlenu.
- **galwanizacji – pokrywanie cienką warstwą metalu innego metalu**

Aparaty do przeprowadzania elektrolizy nazywamy elektrolizerami. Wymagania w zakresie eksploatacji urządzeń do elektrolizy reguluje Zarządzenie Ministra gospodarki Materiałowej Paliwowej z 1987 roku (nowsze nie ma). Zarządzenie zamieszczono poniżej

229

ZARZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI MATERIAŁOWEJ I PALIWOWEJ

z dnia 14 września 1987 r.

w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji urządzeń do elektrolizy.

Na podstawie art. 30 ust. 2 ustawy z dnia 6 kwietnia 1984 r. o gospodarce energetycznej (Dz. U. Nr 21, poz. 96) oraz w związku z § 1 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 30 grudnia 1985 r. w sprawie określenia kompetencji niektórych naczelnych i centralnych organów administracji państwowej zastrzeżonych w przepisach szczególnych dla organów zniesionych (Dz. U. Nr 63, poz. 334) zarządza się, co następuje:

§ 1. 1. Zarządzenie określa szczegółowe zasady eksploatacji urządzeń do elektrolizy w jednostkach gospodarki uspołecznionej i nie uspołecznionej.

2. Szczegółowych zasad eksploatacji nie stosuje się do urządzeń do elektrolizy stosowanych do celów laboratoryjnych i półtechnicznych.

3. Eksploatację urządzeń do elektrolizy należy prowadzić zgodnie z przepisami zarządzenia oraz ogólnymi zasadami eksploatacji, określonymi w zarządzeniu Ministrów Górnictwa i Energetyki oraz Gospodarki Materiałowej i Paliwowej z dnia 18 lipca 1986 r. w sprawie ogólnych zasad eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych (Monitor Polski Nr 25, poz. 174).

§ 2. Ilekroć w zarządzeniu jest mowa o urządzeniach do elektrolizy, rozumie się przez to zespoły tych urządzeń, w których skład wchodzi:

- 1) elektrolizer lub bateria elektrolizerów,
- 2) urządzenia zasilające w energię elektryczną,

- 3) układy regulacji i sterowania oraz aparatura kontrolno-pomiarowa,
- 4) układ przygotowania, regeneracji i obiegu elektrolitu,
- 5) urządzenia chłodzenia wodnego, wentylacyjne, sieci sprężonego powietrza oraz odbioru produktów.

§ 3. 1. Przyjęcie do eksploatacji urządzeń do elektrolizy nowych lub po remoncie może nastąpić po stwierdzeniu, że:

- 1) odpowiadają wymaganiom określonym w normach i przepisach dotyczących budowy urządzeń do elektrolizy oraz warunkom ustalonym przez wytwórcę,
- 2) zainstalowano je zgodnie z dokumentacją techniczną i warunkami technicznymi,
- 3) działanie zespołu urządzeń wraz z układami zasilania, regulacji i sterowania pracą elektrolizerów jest prawidłowe,
- 4) zastosowano wymagane zabezpieczenia i aparaturę kontrolno-pomiarową,
- 5) wyniki przeprowadzonych badań technicznych w zakresie ustalonym w załączniku do zarządzenia są zadowalające,
- 6) zapewniono prawidłowy przebieg procesu elektrolizy,
- 7) działanie obiegu elektrolitu jest prawidłowe,
- 8) spełniono wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej,
- 9) działanie instalacji do podgrzewu w procesie elektrolizy jest prawidłowe.

10) został dokonany odbiór techniczny urządzeń do elektrolizy przez właściwy organ dozoru technicznego, jeśli urządzenia te podlegają takiemu odbiorowi.

2. Urządzenia do elektrolizy mogą być przekazane do eksploatacji po uzyskaniu zadowalającego wyniku 24-godzinnego ruchu próbnego elektrolizerów.

3. Ruch próbny należy przeprowadzić zgodnie z instrukcją fabryczną, po uprzednim wykonaniu czynności określonych w ust. 1.

§ 4. Na urządzeniach do elektrolizy powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące napisy i oznaczenia:

- 1) symbole na elementach układów zasilania, regulacji i sterowania pracą elektrolizerów, zgodnie z dokumentacją techniczno-ruchową,
- 2) dane na tabliczkach znamionowych,
- 3) napisy określające funkcje elementów sterowania i sygnalizacji,
- 4) symbole zacisków ochronnych,
- 5) oznaczenia stosowanych zabezpieczeń i wartości ich nastawienia,
- 6) oznaczenia ciągów lub mostów szynowych,
- 7) oznaczenia rodzaju procesu elektrolitycznego.

§ 5. 1. Dla urządzeń do elektrolizy przekazanych do eksploatacji powinny być opracowane programy pracy.

2. W razie zmiany warunków eksploatacji urządzeń do elektrolizy, programy pracy tych urządzeń powinny być aktualizowane nie rzadziej niż raz w roku.

3. W programach pracy należy uwzględnić zasady racjonalnego użytkowania energii elektrycznej, a w szczególności określić:

- 1) optymalną wielkość produkcji,
- 2) dopuszczalny pobór mocy elektrycznej i możliwości obniżenia jej poboru w godzinach największego obciążenia krajowego systemu elektroenergetycznego,
- 3) maksymalną dopuszczalną energochłonność, w zależności od przebiegu procesu technologicznego elektrolizy i wsadu,
- 4) wymagane wartości natężenia prądu i napięcia, w zależności od procesu elektrolizy oraz stężenia elektrolitu,
- 5) wskaźniki jednostkowego zużycia energii elektrycznej na jednostkę produktu otrzymanego w wyniku procesu elektrolizy,
- 6) wskaźniki zużycia elektrolitu i surowców,
- 7) cykl pracy elektrolizerów i osiąganą wydajność,
- 8) dopuszczalną temperaturę elektrolizerów i mostów szynowych,
- 9) wymaganą jakość i wielkość wsadu do elektrolizy.

§ 6. 1. Przed każdym uruchomieniem urządzeń do elektrolizy należy sprawdzić, czy praca tych urządzeń nie stworzy zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia albo nie spowoduje uszkodzenia tych urządzeń.

2. Przed włączeniem pod napięcie urządzeń do elektrolizy po postoju dłuższym od określonego przez wytwórcę należy przeprowadzić oględziny i badania w zakresie i w sposób ustalony w instrukcji eksploatacji.

§ 7. Urządzenia do elektrolizy, wyłączone samoczynnie przez układy zabezpieczające, można ponownie uruchomić po usunięciu przyczyn wyłączenia.

§ 8. Urządzenia do elektrolizy należy wyłączyć spod napięcia w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia oraz w razie stwierdzenia uszkodzeń lub zakłóceń uniemożliwiających eksploatację, a w szczególności gdy graniczne parametry pracy nie mogą być zachowane lub wystąpi:

- 1) przerwa w obwodzie prądu stałego elektrolizera,
- 2) stały ubytek elektrolitu,
- 3) gwałtowny wzrost prądu w obwodzie elektrolizera,
- 4) nadmierne miejscowe przegrzewanie płaszcza elektrolizera,
- 5) nadmierny wzrost temperatury połączeń szynowych lub styków ruchomych,
- 6) nadmierna temperatura elektrolitu.

§ 9. 1. W czasie ruchu urządzeń do elektrolizy należy nie rzadziej niż raz na zmianę kontrolować:

- 1) wskazania przyrządów pomiaru poboru mocy, napięcia i prądu zasilającego elektrolizer,
- 2) prawidłowość działania urządzeń do elektrolizy i przebiegu procesu elektrolizy oraz czystość otrzymywanego produktu,
- 3) szczelność elektrolizerów, wanien i układu obiegu elektrolitu,
- 4) temperaturę elektrolitu,
- 5) prawidłowość działania instalacji grzewczej elektrolizera,
- 6) prawidłowość działania układu chłodzenia wodnego,
- 7) stan izolatorów i wkładek izolacyjnych.

2. Wyniki kontroli w zakresie określonym w ust. 1 należy odnotować w książce pracy urządzeń do elektrolizy.

§ 10. Stan techniczny urządzeń do elektrolizy, ich zdolność do pracy i warunki eksploatacji powinny być kontrolowane i oceniane na podstawie wyników przeprowadzanych okresowo oględzin i przeglądów.

§ 11. 1. Terminy i sposób przeprowadzania oględzin urządzeń do elektrolizy należy ustalić w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem zaleceń wytwórcy i warunków pracy urządzeń. Oględziny należy przeprowadzać w czasie ruchu i postoju urządzeń do elektrolizy, nie rzadziej niż raz na 6 miesięcy.

2. Przy przeprowadzaniu oględzin należy dokonać oceny stanu urządzeń i sprawdzić w szczególności:

- 1) stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- 2) wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej,
- 3) stan i szczelność elektrolizerów, wanien i układu obiegu elektrolitu,
- 4) temperaturę elektrolizerów,
- 5) stan instalacji grzewczej i układu chłodzenia wodnego,
- 6) stan urządzeń zasilających, regulacji, sygnalizacji i sterowania,
- 7) stan pomieszczeń i działanie urządzeń wentylacji,
- 8) stan zabezpieczeń i prawidłowość ich nastawień,

- 9) przestrzeganie programów pracy urządzeń do elektrolizy,
10) stan powierzchni izolatorów i wkładek izolacyjnych.

3. Jeżeli podczas oględzin urządzeń do elektrolizy stwierdzono nieprawidłowości, należy je usunąć lub przekazać urządzenia do remontu.

§ 12. 1. Przeglądy urządzeń do elektrolizy należy przeprowadzać w zakresie i terminach ustalonych w dokumentacji fabrycznej, nie rzadziej niż raz na 2 lata.

2. Przeglądy powinny obejmować w szczególności:

- 1) szczegółowe oględziny w zakresie ustalonym w § 11 ust. 2,
- 2) sprawdzenie działania wszystkich urządzeń i elementów stanowiących wyposażenie elektrolizera,
- 3) badania stanu technicznego w zakresie ustalonym w załączniku do zarządzenia,
- 4) sprawdzenie stanu połączeń szyn i przewodów,
- 5) sprawdzenie szczelności elektrolizera,
- 6) kontrolę prawidłowości nastawienia zabezpieczeń i działania urządzeń pomocniczych
- 7) czynności konserwacyjne w zakresie zgodnym z dokumentacją fabryczną,
- 8) wymianę zużytych części i usunięcie stwierdzonych uszkodzeń.

3. Wyniki przeglądów i zakres wykonanych czynności konserwacyjno-remontowych należy odnotowywać w dokumentacji eksploatacyjnej.

§ 13. Wyciąg z instrukcji eksploatacji określający podstawowe czynności związane z obsługą urządzeń do elektrolizy przekazuje się osobom zajmującym się ich eksploatacją.

§ 14. Czynności konserwacyjno-remontowe dotyczące urządzeń do elektrolizy powinny być przeprowadzane po każdorazowym stwierdzeniu pogorszenia stanu technicznego poniżej dopuszczalnych wartości, zwłaszcza w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia.

§ 15. Remonty urządzeń do elektrolizy powinny być przeprowadzane w zakresie i terminach ustalonych w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem wyników przeglądów.

§ 16. W Przepisach eksploatacji technicznej urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych, zatwierdzonych przez Ministra Energetyki w dniu 9 lutego 1953 r., traci moc część X „Urządzenia prądu stałego do elektrolizy i galwanostegii”.

§ 17. Zarządzenie wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Minister Gospodarki Materiałowej i Paliwowej: J. Woźniak

Załącznik do zarządzenia Ministra
Gospodarki Materiałowej i Paliwowej
z dnia 14 września 1987 r.
(poz. 229)

ZAKRES BADAŃ TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH URZĄDZEŃ DO ELEKTROLIZY

Lp.	Zakres badań	Wymagania techniczne
1	Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej i wykonanie pomiarów	Ochrona przeciwporażeniowa powinna spełniać wymagania ustalone w przepisach o ochronie przeciwporażeniowej
2	Sprawdzenie wydajności i gęstości prądu anodowego i katodowego	Zgodność z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej, z uwzględnieniem warunków zasilania
3	Sprawdzenie wskaźnika jednostkowego zużycia energii elektrycznej	Zgodność z danymi określonymi w dokumentacji fabrycznej
4	Kontrola szczelności elektrolizerów	Brak przecieków — zgodnie z warunkami technicznymi określonymi przez wytwórcę
5	Kontrola nagrzewania się połączeń szynowych przy elektrolizerze	Przy obciążeniu maksymalnym wzrost temperatury połączenia szynowego nie może być większy niż 5°C w stosunku do temperatury szyny w miejscu bez łączenia
6	Pomiar spadków napięć na stykach połączeń bezpośrednio przy elektrolizerze	Spadek napięcia przy obciążeniu I_n nie może przekraczać: 1) na stykach z jednakowego materiału — 10 mV, 2) na stykach z różnych materiałów — 12 mV, 3) na stykach metal-grafit — 25 mV. Dopuszcza się wzrost spadku napięcia o 25%, a na stykach znajdujących się w strefie działania wysokich temperatur — 4-krotny dla eksploatowanych elektrolizerów
7	Pomiar rezystancji izolacji pomiędzy biegunem dodatnim (+) i ujemnym (—) układu oraz szyn głównych i innych części względem ziemi	Wymagana rezystancja 1000 Ω /1 V napięcia znamionowego, lecz nie mniej niż 100 k Ω Pomiar induktem o napięciu 500 V
8	Pomiar wielkości prądów upływu do ziemi	Dopuszczalny prąd upływu powinien być zgodny z danymi w dokumentacji fabrycznej elektrolizera lub baterii wanien
9	Sprawdzenie zabezpieczeń i układów sygnalizacji (wzrostu temperatury elektrolitu, zwarcia doziemnych)	Prawidłowe działanie przy napięciu znamionowym z różnicą $\pm 10\%$.

VII. SIECI ELEKTRYCZNEGO OŚWIETLENIA ULICZNEGO

Sieć oświetlenia ulicznego składa się z:

- elektroenergetycznych linii oświetleniowych,
- rozdzielni oświetleniowych,
- opraw oświetleniowych ze źródłami światła (wysokoprężnych lamp wyładowczych rtęciowych, metalohalogenkowych, sodowych i LED-owych),
- konstrukcji wsporczych (latarni),
- urządzeń sterowania.

Oświetlenie elektryczne ulic jest montowane na specjalnie przeznaczonych do tego celu typowych słupach żelbetowych, latarniach stalowych lub latarniach wykonanych z materiałów kompozytowych, ale często również na słupach napowietrznych linii elektroenergetycznych niskiego napięcia. W sieciach napowietrznych oświetlenia ulicznego stosuje się przewody izolowane lub rzadziej gołe.

Warunkiem przyjęcia do eksploatacji sieci i urządzeń oświetleniowych zarówno tych nowych, jak i po remoncie jest sprawdzenie dokumentacji prawnej i technicznej urządzeń oraz sprawdzenie zgodności ich wykonania z przedłożoną dokumentacją, głównie pod względem możliwości zagrożenia środowisku, warunków pracy i bezpieczeństwa osób postronnych.

Podczas eksploatacji sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego przeprowadzane są oględziny i przeglądy, częstotliwość i zakres tych czynności przedstawiono w poniższej tabeli.

	Oględziny	Przeglądy
Częstotliwość przeprowadzania	Nie rzadziej niż raz w roku	Raz na 2 lata – dla oświetlenia głównych dróg w granicach miast, Raz na 3 lata – dla pozostałych dróg
Zakres	<ul style="list-style-type: none">- stan widocznych części przewodów, głównie ich połączeń i osprzętu,- stan czystości opraw i źródeł światła,- stan ubytków źródeł światła,- stan ochrony przeciwporażeniowej,- poziom hałasu i drgań źródeł światła,- stan urządzeń zabezpieczających sterowanie,- stan napisów informacyjnych, ostrzegawczych oraz oznaczeń,- wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej.	<ul style="list-style-type: none">- szczegółowe oględziny,- sprawdzenie działania urządzeń sterowania,- sprawdzenie stanu technicznego i pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,- pomiary rezystancji izolacji,- wymianę uszkodzonych źródeł światła,- sprawdzenie stanu osłon i zamocowanie urządzeń oświetlenia elektrycznego,- czynności konserwacyjne zapewniające i naprawy zapewniające poprawę pracy urządzeń oświetlenia elektrycznego.

W przypadku stwierdzenia podczas oględzin lub przeglądów pogorszenia stanu technicznego opraw, uniemożliwiającego uzyskanie wymaganej wartości natężenia oświetlenia lub uszkodzeń zagrażających bezpieczeństwu obsługi lub otoczenia sieć powinna być przekazana do remontu.

VIII. ELEKTRYCZNA SIEĆ TRAKCYJNA

Sieć trakcyjna – zespół urządzeń umożliwiających dostarczanie energii elektrycznej do pojazdów poruszanych silnikami elektrycznymi.

Sieć trakcyjna obejmuje sieć jezdnią i sieć powrotną. Sieć jezdna służąca bezpośredniemu doprowadzeniu energii elektrycznej do pojazdu trakcyjnego za pośrednictwem odbieraków prądu składa się z zespołu przewodów wraz z osprzętem sieciowym i konstrukcji wsporczych, a sieć powrotna składa się z szyn toru kolejowego oraz ich połączeń elektrycznych przewodzących prąd trakcyjny.

Do urządzeń trakcyjnych zaliczamy:

- a) przewody trakcyjne,
- b) słupy trakcyjne,
- c) elektryczne podstacje zasilające oraz kabiny sekcyjne,
- d) tory,
- e) trzecią szynę – szynę prądową stosowaną głównie w metrze i SKM oraz na niektórych liniach kolejowych zamiast sieci napowietrznej; występuje w postaci szyny biegnącej wzdłuż torów obok lub pomiędzy szynami jezdny.

Najczęściej w sieć trakcyjną wyposażone są systemy transportowe oparte na kolei, tramwaju lub trolejbusie.

Najprostszą konstrukcją sieci jest sieć składająca się tylko z jednego przewodu, rozwieszonego na odpowiedniej wysokości wzdłuż toru kolejowego. Obecnie sieć dwuprzewodowa stosowana jest do zasilania trolejbusów – budowę jej komplikują urządzenia do prowadzenia odbieraków (zwrotnice, zjazdówki, krzyżownice) oraz konieczność zapewnienia izolacji międzyprzewodowej.

Przewody trakcyjne – nieizolowane kształtowniki metalowe i liny przewodzące prąd elektryczny, zawieszone na słupach trakcyjnych, przekazujące energię pojazdom o napędzie elektrycznym poruszającym się pod nimi.

Przewody trakcyjne są najczęściej spotykaną formą zasilania górnego. Inną jego formą są sztywne przewodniki zamontowane nad torem ruchu pojazdów. Stosowane przede wszystkim na liniach kolei konwencjonalnych (tj. poruszających się po stalowych szynach), poza tym na sieciach tramwajowych oraz trolejbusowych.

Na przewód trakcyjny składają się:

Przewód jezdny – element kontaktujący się z odbierakiem prądu pojazdu.

Lina nośna – element podtrzymujący przewód jezdny.

Wieszaki, na których przewód jezdny podwieszony jest do liny nośnej.

Przewody zasilające (w tym np. przewód wzmacniający).

Przewód jezdny ma zwykle przekrój okrągły, z dwoma symetrycznymi wcięciami w górnej części, które umożliwiają doczepienie do wieszaków. Tradycyjnie wykonany był z miedzi, ze względu na wysoką przewodność elektryczną i małą podatność na korozję. Bardziej odporne na ścieranie są przewody wykonane z miedzi z domieszkami, na przykład srebrem, magnezem, kadmem i cyną. Stosuje się również przewody o przekroju złożonym, ze stalowym rdzeniem i miedzianym lub aluminiumowym kołnierzem; wprowadzone dla zmniejszenia przekroju i zwiększenia wytrzymałości na większe siły naciągu.

Normalny poziom zawieszenia przewodu jezdnego na sieciach kolejowych waha się od 5,3 m ponad poziomem główki szyny. na sieci niemieckiej do 4,85 m. Standardowa wysokość sieci trakcyjnej (wysokość konstrukcyjna) na słupie to zwykle 1,4...1,8 m (dane dla linii dużych prędkości). W sieciach lekkich wieszaki umieszcza się zwykle, co 9 m (w Polsce 7-8 m), ale istnieją sieci typu lekkiego z wieszakami zagęszczonymi do 4,5 m. Wieszaki w sieciach „normalnych” (z dwoma przewodami jezdnymi) mogą utrzymywać jeden albo dwa przewody, zależnie od zasady przyjętej przez poszczególne koleje. Typowe przęsła sieci (fragmenty przewodów między sąsiednimi słupami trakcyjnymi) wynoszą od 50 m do 60 m.

Ze względu na ukształtowanie wyróżnia się dwie podstawowe grupy przewodów trakcyjnych:

sieć prostą (lub płaską) – składającą się wyłącznie z przewodu jezdnego

sieć z liną lub linami nośnymi – przewód jezdny zawieszony jest do liny nośnej za pomocą wieszaków.

Typ pierwszy stosowany jest w przypadku pojazdów poruszających się z niewielkimi prędkościami (do ok. 80 km/h), przede wszystkim na liniach tramwajowych. Wyższe prędkości wymagają lepszej współpracy odbieraków z przewodem jezdny, którą zapewnia sieć z linami nośnymi.

Dla równomiernego zużycia powierzchni ślizgu odbieraków prądu przewód jezdny montowany jest zygzakowato w stosunku do osi toru; odchylenia sięgają 20-40 cm. Realizuje się to przez naprzemienne ustawienie słupów z wysięgnikami krótkimi i długimi.

Pod względem zdolności do kompensacji różnic naciągu związanych ze zmianami temperatury, sieci z liną nośną można podzielić na trzy grupy:

nieskompensowane – stosowane rzadko, tylko na krótkich, bocznych odcinkach o niewielkich prędkościach jazdy;

półskompensowane – kompensacji poddane są tylko przewody jezdne;

skompensowane – kompensacji poddane są liny nośne i przewody jezdne (wymagana dla dużych prędkości).

Najprostszą formą kompensacji, stosowaną na niektórych sieciach tramwajowych, było ręczne naprężanie sieci za pomocą śruby rzymskiej, dokonywane kilka razy do roku. Samoczynna kompensacja, niezbędna na sieciach kolejowych i współczesnych tramwajowych, uzyskiwana jest zwykle przez naprężanie lin obciążnikami (w Polsce zwanymi potocznie dropsami ze względu na kształt) zawieszonymi przy słupach trakcyjnych. Trwają prace nad naprężaczami różnorodnej konstrukcji.

Podatność na zniszczenie sieci trakcyjnej przy wysokich prędkościach pociągów maleje wraz ze wzrostem siły naciągu i zmniejszaniem przekroju przewodu jezdnego. Przy przewodzie całkowicie miedzianym dopuszczalna prędkość nie może być znacząco wyższa od 500 km/h. Dlatego ważnym czynnikiem umożliwiającym wzrost dopuszczalnej prędkości jest wprowadzenie wysoko wytrzymałych materiałów (trwają prace nad stopami aluminium, stopami miedzi i przekrojami złożonymi).

Sieci z dwoma oddzielnymi przewodami jezdnymi stosowane są głównie tam, gdzie niezbędne jest prowadzenie górą przewodu "powrotnego" – a więc przede wszystkim na liniach trolejbusowych (w układzie prostym lub z linami nośnymi). Innym powodem stosowania wielu przewodów jezdnych może być (obecnie bardzo rzadkie) zasilanie wielofazowe.

Sieć prądu stałego a sieć prądu przemiennego. Spośród różnych systemów elektryfikacji napięciem przemiennym, obecnie najkorzystniejszy ekonomicznie dla sieci dalekobieżnych jest system ~25 kV 50 Hz – stosuje się go np. na większości budowanych obecnie linii dużych prędkości. Sieć górna dla tego systemu charakteryzuje się najlżejszą konstrukcją i przekrojem przewodu jezdnego rzędu ok. 150 mm²; jest to zwykle „sieć lekka”. Ponieważ prąd stały – ze względu na wyższe natężenia – wymaga większych przekrojów (300-500 mm²), stosuje się podwójny przewód jezdny z zagęszczonym układem wieszaków – „sieć normalna”. Takie rozwiązanie przyjęto dla sieci PKP w Polsce (napięcie stałe 3000 V). Dla napięcia stałego 1500 V stosuje się gdzieś pośrodku przewód nośny, utrzymujący dwa przewody jezdne – „sieć złożona” (np. na części sieci SNCF).

Sieć dla odbieraków rolkowych a sieć dla odbieraków ślizgaczowych. Sieć dla odbieraków rolkowych (a tym bardziej dla odbieraków z „tyżką” – jak w trolejbusach) jest trudniejsza w budowie i utrzymaniu od sieci dla pantografów lub odbieraków „lirowych”. Wymaga ona łagodnego profilowania łuków, użycia specjalnych elementów na skrzyżowaniach, a szczególnie rozjazdach. Dodatkowo – rozjazdy dla odbieraków „tyżkowych”, w przeciwieństwie do rozjazdów stosowanych dla odbieraków rolkowych, wymagają zwrotnic. Pojazdy z odbierakami ślizgaczowymi (pantografy, lirowe, ramkowe) mogą w zasadzie poruszać się korzystając z sieci dla odbieraków rolkowych, te drugie nie mogą jednak korzystać z sieci zbudowanej dla tych pierwszych.

Zasilanie górne ze sztywnych przewodników. Sztywne przewodniki dają nie tylko pewne oszczędności na wymiarach światła tunelu, ale również – przy zasilaniu napięciem stałym najczęściej stosowanym na SKM o intensywnym ruchu – z powodzeniem zastępują podwójny przewód jezdny. Na taki system zasilania przebudowano całą podstawową sieć metra barcelońskiego, – co ciekawe, również na odcinkach odkrytych. Korzystają też z nich koleje podziemne zasilane silnikiem liniowym, dla których minimalizacja wymiarów tunelu była ważnym argumentem. Sztywne przewodniki stosuje się też zazwyczaj na mostach zwodzonych – w Polsce np. na kolejowym moście na Regalicy w Szczecinie (przewód trakcyjny, podnoszony wraz z mostem, ze względów bezpieczeństwa jest uziemiony – maszynistę obowiązuje przejazd rozpędem z ograniczoną prędkością). Sztywne przewodniki można też stosować przy ograniczeniach podyktowanych konstrukcjami budowlanymi, np. w niskich budynkach stacyjnych. Współczesną formą sztywnego zasilania górnego są dwa aluminiowe profile obejmujące przewód jezdny.

Oszczędności na kosztach budowy tunelu związane z użyciem „trzeciej szyny” zamiast zasilania górnego nie były na tyle duże, by stosować ją tam, gdzie odcinki podziemne stanowią tylko stosunkowo niewielki fragment sieci, a zasilanie górne jest niezbędne na pozostałych trasach. Dotyczy to przede wszystkim sieci tramwajowych. Ze względów bezpieczeństwa, na stacjach wyposażonych w niskie perony, przewody trakcyjne są lepszą formą zasilania. Wystające z boku wózków odbieraki dolne mogłyby być dodatkowym źródłem zagrożenia w ruchu ulicznym i na niskich peronach. Istnieje, zatem pokaźna grupa podziemnych linii tramwajowych z zasilaniem górnym.

IX. ELEKTRYCZNE URZĄDZENIA W WYKONANIU PRZECIWWYBUCHOWYM.

Podział urządzeń i systemów ochronnych na grupy i kategorie W rozporządzeniu (dyrektywie) ustalono następujące grupy urządzeń i systemów ochronnych elektrycznych i nieelektrycznych, np. mechanicznych, pneumatycznych identyczne, jak w normie PN – EN 60079-0 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Wymagania ogólne.

W dyrektywie ATEX 94/9/WE ustalono podział urządzeń na dwie grupy. W celu podjęcia odpowiedniej procedury oceny zgodności producent musi najpierw określić, biorąc pod uwagę użytkowanie zgodne z przeznaczeniem, do jakiej grupy i kategorii należy zakwalifikować wyrób. Aparatura wymagana lub przyczyniająca się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń lub systemów ochronnych (aparatura towarzysząca) musi przejść procedurę oceny zgodności według kategorii tych urządzeń lub systemów ochronnych.

Części lub podzespoły i aparatura mogą być odpowiednie do urządzeń różnych grup i kategorii:

- 1) **grupę I** – stanowiącą urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie metanowe i/lub zagrożenie wybuchem pyłu węglowego,
- 2) **grupę II** – stanowiącą urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w innych niż zakłady górnicze miejscach zagrożonych wybuchem.

W obrębie tych grup wydzielono kategorie urządzeń i systemów ochronnych. Grupy te i kategorie dotyczą wszystkich rodzajów urządzeń i systemów ochronnych przewidzianych do instalowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Wyroby grupy I

W grupie I, dotyczącej urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do pracy w górnictwie metanowym, wydzielono kategorie urządzeń M1 i M2.

- 1) kategoria **M1** - obejmuje urządzenia zaprojektowane i, w razie potrzeby, wyposażone w specjalne dodatkowe środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego tak, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi określonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia w czasie pracy w atmosferze wybuchowej nawet w przypadku rzadko występującego uszkodzenia; urządzenia tej kategorii charakteryzują się takimi zabezpieczeniami, że:
 - a) w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek, zapewni wymagany poziom zabezpieczenia, albo wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń,
 - b) źródła zapalenia (w urządzeniu) nie mogą się uaktywnić nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń; urządzenia te, w miarę potrzeby, wyposaża się w specjalne środki zabezpieczające, które są zdolne do funkcjonowania w atmosferze wybuchowej,
- 2) kategoria **M2** - obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi u producenta, gwarantując wysoki poziom zabezpieczenia; w urządzeniach tej kategorii producent zapewnia:
 - wyłączenie zasilania w przypadku wystąpienia atmosfery wybuchowej,
 - środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego dające wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania tych urządzeń oraz w przypadku trudnych warunków ich eksploatacji, szczególnie powstałych wskutek nieostrożnego obchodzenia się z nimi i zmieniających się warunków środowiskowych.

Wymagania w stosunku do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy I, kategorii M1 i M2 zestawione są w tablicy

Tablica: Wymagania w stosunku do urządzeń grupy I.

Wymagania	Kategoria urządzeń M1	Kategoria urządzeń M2
Poziom zabezpieczenia	Bardzo wysoki	Wysoki
Liczba dopuszczalnych niezależnych uszkodzeń	2 niezależne uszkodzenia	Wyłączenie urządzenia spod napięcia w razie wystąpienia mieszaniny wybuchowej
Liczba niezależnych zabezpieczeń	2 niezależne zabezpieczenia	-

Wyroby grupy II

W grupie II, dotyczącej urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem innych niż kopalnie metanowe, wydzielone kategorie 1, 2 i 3.

- 1) kategoria 1** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
 - a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których mieszaniny wybuchowe gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem są obecne stale, często lub w długich okresach, czyli w strefach zagrożenia wybuchem 0 lub 20;
 - b) zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia, nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń i charakteryzują się takimi środkami zabezpieczenia, że:
 - w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek, zapewni wymagany poziom zabezpieczenia, albo
 - wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.
- 2) kategoria 2** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
 - a) są przeznaczone do użytkowania w miejscach, w których występowanie mieszanin wybuchowych gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem jest prawdopodobne, czyli w strefach zagrożenia wybuchem 1 lub 21;
 - b) posiadają środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadkach częstych zakłóceń lub uszkodzeń urządzeń, jakie bierze się pod uwagę,
- 3) kategoria 3** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta, zapewniając normalny stopień zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
 - a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których wystąpienie mieszanin wybuchowych
 - b) gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem jest mało prawdopodobne, a jeżeli wystąpią, to rzadko i w krótkim okresie, czyli w strefach zagrożenia wybuchem 2 i 22; b) zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania

tych urządzeń. Urządzenia wymienionych kategorii powinny spełniać zasadnicze wymagania określone w Rozporządzeniu.

Wymagania w stosunku do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, kategorii 1, 2 i 3 są zestawione w tablicy.

Wymagania	Kategoria 1		Kategoria 2		Kategoria 3	
Poziom zabezpieczenia	Bardzo wysoki		wysoki		normalny	
Przeznaczenie do pracy w strefach zagrożenia wybuchem	0	20	1	21	2	22
Liczba niezależnych środków bezpieczeństwa	2		Śr. zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia		Śr. zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia	
Wymagany poziom zabezpieczenia w razie niezależnych uszkodzeń	Bardzo wysoki poziom zabezpieczenia w razie 2 niezależnych uszkodzeń		Wysoki poziom zabezpieczenia nawet w razie częstych uszkodzeń, jakie bierze się pod uwagę		Normalny poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania	

Urządzenia przeznaczone do stosowania w obecności mieszanin gazowych

Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym są to urządzenia elektryczne, w których budowie zastosowano środki (rozwiązania konstrukcyjne) zapobiegające zapaleniu otaczającej je mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia elektryczne przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem są konstruowane, produkowane, badane i oznakowane zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki (dyrektywą UE Atex 100a), o raz z normami przedmiotowymi dotyczącymi poszczególnych rodzajów budowy przeciwwybuchowej.

W urządzeniach elektrycznych przeznaczonych do pracy w obecności mieszanin gazowych bezpieczeństwo przeciwwybuchowe można osiągnąć następującymi sposobami:

- przez osłonięcie części iskrzących i nagrzewających się (mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej) w taki sposób aby uniemożliwić dostęp do nich mieszaniny wybuchowej,
- przez osłonięcie części iskrzących i nagrzewających się osłoną zapobiegającą przeniesieniu się wybuchu z wnętrza osłony do otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej,
- przez wykonanie części mogących iskrzyć lub nagrzewać się ze zwiększoną niezawodnością elektryczną i mechaniczną,
- przez wykonanie obwodów elektrycznych w sposób uniemożliwiający powstawanie iskier, łuków elektrycznych i podwyższonych temperatur, mogących zapalić mieszaniny wybuchowe.

Urządzenia w osłonie olejowej – urządzenia elektryczne, których wszystkie części mogące spowodować zapalenie otaczającej mieszaniny wybuchowej są tak głęboko zanurzone w oleju lub w innej cieczy izolacyjnej, że powstające iskry, łuki elektryczne, podwyższone temperatury, nie mogą spowodować zapalenia mieszaniny wybuchowej znajdującej się na zewnątrz oleju. Części nie zanurzone w cieczy mają innego rodzaju wykonanie przeciwwybuchowe. Obudowa urządzenia ma

zazwyczaj stopień ochrony IP 66. Warstwa cieczy izolacyjnej nad częściami czynnymi urządzenia nie powinna być mniejsza niż 25 mm nawet przy jej możliwym najniższym poziomie.

Urządzenia elektryczne w osłonie cieczowej mogą być tylko w wykonaniu stacjonarnym na prąd przemienny. Urządzenia te przeznaczone są do stosowania w strefach 1 i 2 zagrożenia wybuchem.

Urządzenia w osłonie gazowej z nadciśnieniem - urządzenia elektryczne, w których bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych jest osiągnięte przez umieszczenie, wszystkich części, które mogą iskrzyć lub nagrzewać się, w osłonie stale przewietrzanej gazem ochronnym, z nadciśnieniem w stosunku do otaczającej to urządzenie atmosfery lub w osłonie napełnionej gazem ochronnym pozostającym pod stałym nadciśnieniem. Najczęściej stosowanym czynnikiem ochronnym jest czyste powietrze lub inny gaz niepalny. Osłony ciśnieniowe dzieli się na trzy typy:

- **px** – obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 1 do nie zagrożonych wybuchem,
- **py** – obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 1 do strefy 2,
- **pz** - obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 2 do strefy nie zagrożonej wybuchem.

Gaz użyty do przewietrzania lub napełniania osłon (powietrze lub gaz obojętny) nie może zawierać pyłów, gazów i par palnych oraz wilgoci atmosferycznej.

Istnieją dwa rozwiązania konstrukcyjne osłon ciśnieniowych: osłony ciśnieniowe, przez które stale przepływa gaz ochronny z odpowiednim nadciśnieniem oraz obudowy ciśnieniowe z nadciśnieniem statycznym, w których znajduje się odpowiednia ilość gazu ochronnego, aby podtrzymać nadciśnienie i wyrównać ewentualne ubytki gazu. Temperatura powietrza użytego do przewietrzania nie może być wyższa niż dopuszczalna przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych. Powietrze może być pobierane przez rurociągi lub kanały wentylacyjne ze strefy bezpiecznej na zewnątrz przestrzeni zagrożonych wybuchem.

Powietrze przewietrzające może być odprowadzane na zewnątrz budynku lub do pomieszczeń niezagrożonych wybuchem. Otwory wylotowe powinny być zabezpieczone przed przedostawaniem się do instalacji przewietrzającej pyłów i wilgoci.

Temperatury osłon urządzeń ciśnieniowych nie mogą przekraczać temperatur dopuszczalnych dla mieszanin wybuchowych poszczególnych klas temperaturowych. W urządzeniach w osłonach ciśnieniowych włączenie napięcia zasilającego powinno być poprzedzone wstępnym przewietrzaniem. Wstępne przewietrzanie wykonuje się w celu usunięcia ewentualnej mieszaniny wybuchowej z wnętrza osłony i rurociągów doprowadzających gaz ochronny.

Osłony urządzeń i rurociągi doprowadzające gaz ochronny powinny wytrzymywać 1,5 krotną wartość nadciśnienia roboczego, nie mniej jednak niż 200 Pa. Nadciśnienie robocze gazu ochronnego przy ściankach osłony i rurociągów nie powinno być mniejsze od 50 Pa w osłonach typu **px** i **py** oraz 25 Pa w osłonach typu **pz**. Stopień ochrony obudowy urządzenia i rurociągów powinien wynosić, co najmniej IP 40 [tabl.] Urządzenia z osłoną z nadciśnieniem powinny być wyposażone w zabezpieczenia i blokady:

- przed włączeniem urządzenia pod napięcie zanim słony i rurociągi będą wstępnie przewietrzone gazem ochronnym w ilości wystarczającej do usunięcia z nich powietrza zanieczyszczonego; ilość powietrza przewietrzającego nie powinna być mniejsza niż pięciokrotna objętość osłony i rurociągów,

- uruchamiające sygnalizację lub wyłączające urządzenie elektryczne spod napięcia w przypadku spadku nadciśnienia poniżej 50 Pa (pz -25Pa). Czas reakcji blokad na spadek nadciśnienia w obudowie urządzenia i w rurociągach powinien być tak nastawiony, aby uruchomienie sygnału lub wyłączenie urządzenia spod napięcia nastąpiło zanim spadek nadciśnienia osiągnie 25 Pa.
- urządzenie powinno być wyposażone w przyrządy do automatycznej i wizualnej kontroli nadciśnienia.

Osłony gazowe z nadciśnieniem stosuje się do: silników elektrycznych dużej mocy zwłaszcza wysokiego napięcia, szaf rozdzielczych i sterowniczych, kiosków analizatorów i innych urządzeń o dużych kubaturach.

Urządzenia w osłonach gazowych z nadciśnieniem przystosowane są do instalowania w strefach 1 i 2 Zagrożenia wybuchem.

Urządzenia z osłoną ognioszczelną – urządzenia elektryczne, których wszystkie części mogące wywołać zapalenie otaczającej mieszaniny wybuchowej umieszczone są w osłonie ognioszczelnej tzn. takiej, która bez uszkodzenia wytrzymuje ciśnienie wybuchu powstałego w jej wnętrzu i skutecznie zapobiega przeniesieniu wybuchu na zewnątrz do otaczającej urządzenie elektryczne przestrzeni zawierającej mieszaninę wybuchową.

Ognioszczelność osłony uzyskiwana jest przez zastosowanie szczelin gaszących. Szczelinę gaszącą charakteryzują: długość „L” tj. najkrótsza odległość od zewnętrznej krawędzi szczeliny do wnętrza osłony oraz prześwit „i” tj. odległość między krawędziami szczeliny.

Wielkość prześwitu szczeliny gaszącej określa się przy znormalizowanej jej długości 25 mm. Działanie szczeliny gaszącej polega na tym, że po wybuchu w jej wnętrzu produkty spalania (gazy spalinowe) i ewentualny płomień, przeciskając się przez szczelinę oddają ciepło jej krawędziom.

Ciepło oddane krawędziom szczeliny zostaje rozproszone i temperatura spalin obniżona do wartości mniejszej niż temperatura samozapalenia otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej. Ponadto spaliny wydostające się przez szczelinę gaszącą pod dużym ciśnieniem odsuwają otaczającą mieszaninę od szczeliny gaszącej. Ilość ciepła odbieranego przez krawędzie szczeliny gaszącej musi być tym większa, im większa jest prędkość spalania, im większa jest różnica pomiędzy temperaturą początkową i temperaturą samozapalenia mieszaniny wybuchowej.

Szczeliny gaszące muszą mieć odpowiedni prześwit i długość, dostosowane do każdej substancji palnej. W celu stypizowania urządzeń w osłonach ognioszczelnych ograniczono się do trzech zasadniczych typów o różnych wymiarach prześwitów szczelin. Taka typizacja była możliwa dzięki sklasyfikowaniu gazów i par cieczy palnych o zbliżonych właściwościach do trzech klas wybuchowości zależnych od wymiarów prześwitów szczelin klasyfikacyjnych. Szczeliny konstrukcyjne osłon ognioszczelnych są węższe od szczelin klasyfikacyjnych i zależą nie tylko od klasy wybuchowości mieszaniny, w obecności, której urządzenia elektryczne mają bezpiecznie pracować, ale również od typu złącza i tzw. wolnej przestrzeni osłoniętej.

Poziomy zabezpieczenia urządzeń

Poziomy zabezpieczenia urządzeń (EPL) są zdefiniowane w odniesieniu do poszczególnych grup urządzeń przeciwwybuchowych następująco:

- a) Górnictwo węglowe (grupa I)
EPL Ma – urządzenia do instalowania w kopalniach metanowych węgla kamiennego, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia mieszaniny

wybuchowej nawet w przypadku jednoczesnego wystąpienia uszkodzenia urządzenia i mieszaniny wybuchowej metanu lub pyłu węglowego z powietrzem. Typowo: wszystkie obwody telekomunikacyjne i pomiarowe stężeń metanu powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami do urządzeń o poziomie zabezpieczenia Ma,

EPL Mb - urządzenia do instalowania w kopalniach metanowych węgla kamiennego, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia mieszaniny wybuchowej metanu lub pyłu węglowego z powietrzem w czasie pomiędzy jej wystąpieniem i samoczynnym wyłączeniem urządzenia spod napięcia. Typowo: wszystkie urządzenia wydobywcze węgla kamiennego powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami do urządzeń o poziomie zabezpieczenia Mb np. silniki elektryczne i aparatura rozdzielcza Exd.

b) Gazy (grupa II)

EPL Ga - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, w czasie spodziewanego uszkodzenia i w przypadku rzadko występującego uszkodzenia.

EPL Gb - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy i w czasie spodziewanego uszkodzenia

EPL Gc - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych lub par cieczy palnych z powietrzem, mające „wzmocniony” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy; mają one dodatkowe zabezpieczenia zapobiegające ryzyku zapalenia w przypadku spodziewanych uszkodzeń np. uszkodzenia lampy w oprawie oświetleniowej. Typowe urządzenia, to Exn.

c) Pyły (grupa III)

EPL Da - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, w czasie spodziewanego uszkodzenia i w przypadku rzadko występującego uszkodzenia.

EPL Db - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy i w czasie spodziewanego uszkodzenia.

EPL Dc - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „wzmocniony” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, mające dodatkowe zabezpieczenia zapobiegające ryzyku zapalenia w przypadku normalnie spodziewanych okoliczności.

Bezpieczeństwo elektryczne

Przewody, kable i urządzenia elektryczne powinny być zabezpieczone przed przeciążeniami i przed szkodliwym działaniem prądów zwarcia między przewodami i między przewodami i ziemią.

Silniki elektryczne powinny być dodatkowo zabezpieczone przed przeciążeniami i prądami zwarciovymi, jeżeli mogą one wywołać niedopuszczalne nagrzewanie obudowy.

Urządzenie do bezpośredniej kontroli temperatury powinno zawierać czujniki temperatury w każdej fazie. Należy również zastosować środki zabezpieczające urządzenia wielofazowe przed pracą przy zaniku jednej lub większej liczby faz, np. silniki trójfazowe. Jeżeli natychmiastowe samoczynne

wyłączenie zasilania mogłoby być bardziej niebezpieczne niż zagrożenie inicjacją wybuchu może być alternatywnie zastosowane urządzenie alarmowe jednak pod warunkiem, że zadziałanie urządzenia alarmowego będzie natychmiast zauważone i będzie bezzwłocznie podjęta akcja ratunkowa.

Transformatory nie muszą być dodatkowo zabezpieczone przed przeciążeniem, jeżeli mogą one wytrzymać ciągły wtórny prąd zwarciový przy pierwotnym znamionowym napięciu i częstotliwości bez niedopuszczalnego nagrzania i kiedy przeciążenie nie jest spodziewane przy włączeniu obciążenia.

Urządzenie zapobiegając skutkom zwarcia lub doziemienia nie powinno dopuścić do ponownego załączenia transformatora przed usunięciem przyczyny uszkodzenia.

Przeciwpózarowy wyłącznik zasilania

Instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być wyposażone w przeciwpózarowe wyłączniki zasilania (prądu). Wyłączniki zasilania powinny być umieszczone w miejscach łatwo dostępnych w przestrzeni niezagrożonej wybuchem, i powinny być zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych. Wyłączniki zasilania nie powinny obejmować obwodów zasilających urządzenia niezbędne do prowadzenia ewakuacji i akcji gaśniczej.

Oprzewodowanie

Oprzewodowanie w przestrzeniach zagrożonych wybuchem może być wykonywane: przewodami, kablami lub w rurach na tynku. Instalacje w rurach wykonywane są w Polsce tylko wyjątkowo.

Żyły przewodów i kabli powinny być miedziane do przekroju 10 mm² włącznie. Przewody i kable z żyłami aluminiowymi mogą być stosowane tylko wtedy, gdy ich przekrój wynosi, co najmniej 16 mm².

Przewody i kable powinny być tak dobrane, zainstalowane i zabezpieczone, aby w trakcie eksploatacji nie mogły być przekroczone maksymalne dopuszczalne temperatury ich powierzchni (dopuszczalne temperatury przy poszczególnych klasach temperaturowych występujących mieszanin wybuchowych). Gdy są zainstalowane kable inne niż „wysokotemperaturowe” w.g. wskazówek wytwórcy; temperatura ich powierzchni zewnętrznych nie powinna, w normalnych warunkach pracy, przekraczać temperatur klasy T4. W praktyce jest niespotykane przekroczenie temperatury klasy T6.

Instalacje elektryczne powinny być zabezpieczone przed skutkami zwarć i przeciążeń, przed przepięciami i niebezpieczeństwem porażenia prądem elektrycznym. Przewody, kable i ich osprzęt powinny być tak instalowane, aby nie były narażone na wpływy mechaniczne, chemiczne, ciepłone i inne destrukcyjne działania środowiska.

Jeżeli uniknięcie wpływów środowiskowych nie jest możliwe, to w zależności od warunków przewody powinny być chronione osłonami, np. rurami stalowymi lub zastąpione kablami zbrojonymi, w izolacji mineralnej, w powłokach z tworzyw sztucznych lub bezszwowymi rurami aluminiowymi. Jeżeli kable narażone są na wstrząsy i wibracje powinny mieć wykonanie odporne na te wpływy bez uszkodzenia.

Zewnętrzne powłoki przewodów i kabli powinny być wykonane z materiałów nieprzenoszących płomienia.

Przewody jednożyłowe nieopancerzone mogą być stosowane tylko w instalacjach rurowych lub do połączeń wewnątrz urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Kable mogą być układane bezpośrednio w ziemi, w kanałach, na konstrukcjach stalowych, na ścianach budynku z wyjątkiem powierzchni odciążających, oddzielen przeciwpożarowych i zabezpieczeń ogniochronnych, np. ekranów. Rury osłonowe kabli i przewodów chroniące od uszkodzeń mechanicznych powinny być na obu końcach uszczelnione.

Konstrukcje nośne kabli i przewodów, rury stalowe instalacyjne i osłonowe powinny być uziemione i połączone z przewodem ochronnym PE w zależności od przyjętej ochrony przeciwporażeniowej.

Połączenia przewodów i rur z urządzeniami przeciwwybuchowymi powinny być wykonane w sposób odpowiadający rodzajowi wykonania przeciwwybuchowego tych urządzeń.

Otwory w obudowach i osłonach urządzeń nie wykorzystane do wprowadzenia przewodów, kabli lub rur powinny być zaślepię w sposób odpowiadający wykonaniu przeciwwybuchowemu urządzenia zaślepkami, których usunięcie jest możliwe tylko przy użyciu narzędzia.

Przejścia przewodów i kabli przez ściany i stropy powinny być chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi i uszczelnione materiałem nieprzenoszącym płomienia o dobrych właściwościach termoizolacyjnych, np.

- przepusty ognioszczelne,
- przepusty kablów z wełny mineralnej,
- przepusty kablów z pianki ogniochronnej, - otwory uszczelnione zaprawą ogniochronną,
- przepusty z elastycznych kształtek.

Przewody i kable prowadzone przez strefy zagrożone wybuchem z przestrzeni niezagrożonych do innych przestrzeni nie zagrożonych wybuchem (tranzytem) powinny spełniać wymagania stawiane przewodom i kablom wykorzystywanym w tych strefach zagrożonych wybuchem.

Przewody i kable przechodzące przez strefy zagrożone wybuchem nie powinny być przecinane. Jeżeli nie można tego uniknąć, to połączenia powinny być wykonywane w puszkach w wykonaniu przeciwwybuchowym odpowiednim do strefy zagrożenia wybuchem albo wewnątrz urządzeń, np. opraw oświetleniowych. Żyły niewykorzystane w kablach wielożyłowych powinny być uziemione.

Gołe przewody linii napowietrznej elektroenergetycznej lub telekomunikacyjnej zasilające urządzenia w strefie zagrożonej wybuchem powinny być zakończone w strefie bezpiecznej (nie zagrożonej wybuchem), do strefy zagrożonej wybuchem należy wprowadzić kable lub przewody w rurach stalowych.

Szczegółowe wymagania odnośnie do prowadzenia przewodów w poszczególnych strefach zagrożonych wybuchem podane są w normie PN-EN 60079-14.

Oprzewodowanie w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zainstalowane na stałe może być wykonane kablami w izolacji i powłoce mineralnej ze zbrojeniem z drutów lub taśm stalowych, kablami w izolacji i w powłokach z tworzyw sztucznych nie zawierających związków halogenowych i nieprzenoszących płomienia, przewodami wielożyłowymi w izolacji z tworzyw sztucznych.

Urządzenia przenośne na napięcie znamionowe nieprzekraczające 250 V względem ziemi i prąd znamionowy do 6 A mogą być zasilane przewodami w normalnej izolacji i powłoce z tworzywa

sztucznego lub z gumy. Przewody te nie nadają się jednak do zasilania urządzeń ręcznych narażonych na silne mechaniczne działania np. lampy przenośne. Do urządzeń przenośnych powinny być stosowane następujące przewody elastyczne:

- zwykle elastyczne przewody w izolacji i powłoce gumowej,
- zwykle elastyczne przewody w izolacji i powłoce z tworzyw sztucznych, np. PCW,
- przewody elastyczne w powłoce z tworzyw oponowych,

Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Wiadomości ogólne

Na eksploatację urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem składają się: obsługa, oględziny i przeglądy stanu technicznego, pomiary eksploatacyjne oraz konserwacja i naprawy.

Eksploatację urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą prowadzić tylko osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje dozoru (D) oraz eksploatacji (E) potwierdzone „świadectwem kwalifikacyjnym” uzyskanym w wyniku egzaminu przed komisją kwalifikacyjną.

Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinna być prowadzona na podstawie „Instrukcji eksploatacji” zatwierdzonej przez kierownika zakładu pracy, dokumentacji techniczno-ruchowej wydanej przez wytwórcę, wymagań normy PN-EN 60079-17, a także innych norm, przepisów i instrukcji związanych z eksploatacją, bezpieczeństwem pracy i bezpieczeństwem przeciwpożarowym urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Praktycznie eksploatacja rozpoczyna się już w trakcie odbioru, przekazywania urządzeń do ruchu i rozruchu, co odbywa się na ogólnych zasadach z uwzględnieniem specyficznych okoliczności wynikających z zagrożenia wybuchem.

W trakcie eksploatacji urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należy przestrzegać terminów czynności kontrolnych określonych w instrukcji eksploatacji, a zwłaszcza terminów oględzin, przeglądów okresowych, oceny stanu technicznego i pomiarów kontrolnych oraz oceny ryzyka.

Wyniki przeprowadzonych czynności kontrolnych i wyciągnięte wnioski powinny być odnotowane w dokumentacji eksploatacyjnej, do której zalicza się zwłaszcza: instrukcję eksploatacji, harmonogramy czynności kontrolnych, dzienniki zmianowe, protokoły z pomiarów eksploatacyjnych, karty remontowe.

Dorywcze czynności eksploatacyjne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą być wykonywane tylko wówczas, gdy stężenie czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem nie przekracza 10% dolnej granicy wybuchowości, zaś w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi zaliczonych do strefy zagrożenia wybuchem 1 lub 2 (21 lub 22) tylko wówczas, gdy nie są przekroczone NDS (najwyższe dopuszczalne stężenia).

Oględziny

Oględziny urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mają na celu ocenę stanu technicznego urządzeń i aparatury pomocniczej za pomocą wzroku, słuchu i dotyku bez ich rozkręcania i otwierania obudów i polegają na:

- 1) odczytach wskazań zainstalowanej na stałe aparatury kontrolno-pomiarowej, sprawdzeniu działania zabezpieczeń i blokad elektrycznych i mechanicznych,
- 2) sprawdzeniu temperatur osłon zewnętrznych,
- 3) sprawdzeniu stanu przewodów, ich osłon oraz uszczelnień wprowadzeń do urządzeń,
- 4) sprawdzeniu działania wentylacji i innych systemów zabezpieczających,
- 5) sprawdzeniu pracy łożysk i układów smarowania,
- 6) sprawdzeniu działania automatyki przemysłowej i zabezpieczeniowej,
- 7) sprawdzeniu prawidłowości przesyłania sygnałów, 8) sprawdzeniu stanu powierzchni zewnętrznych urządzeń, połączeń śrubowych i zatrzaskowych, stanu i czytelności tabliczek znamionowych i innych napisów informacyjnych i ostrzegawczych.

Oględziny powinny być wykonywane w terminach określonych w instrukcjach eksploatacji.

Przeglądy okresowe

Przeglądy okresowe urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mają na celu ustalenie, czy urządzenie może nadal pracować w sposób bezpieczny w zakresie ustalonych parametrów, zakresu konserwacji regulacji, napraw i remontów w terminach określonych w instrukcjach eksploatacji.

Przegląd może być przeprowadzony na stanowisku pracy w czasie przerwy remontowej lub w warsztacie w zależności od istniejących warunków technicznych i organizacyjnych. W ramach przeglądu powinny być przeprowadzone pomiary i badania eksploatacyjne, w tym pomiary ochronne. Przegląd powinien obejmować, co najmniej:

- 1) czynności wykonywane w czasie oględzin,
- 2) sprawdzenie stanu zabezpieczeń przed zainicjowaniem wybuchu,
- 3) sprawdzenie stanu zabezpieczeń, zestyków aparatury łączeniowej i połączeń przewodów,
- 4) sprawdzenie stanu części elektrycznych i elektronicznych wewnątrz osłon,
- 5) sprawdzenie stanu przyłączy przewodów w skrzynkach zaciskowych,
- 6) sprawdzenie stanu technicznego urządzeń współpracujących zainstalowanych na zewnątrz stref zagrożonych wybuchem.

Czynności przeglądowe specyficzne dla poszczególnych wykonawców urządzeń przeciwwybuchowych wyspecyfikowane są w normie PN-EN 60079-17 W przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem zakres przeglądów urządzeń i oprzewodowania, ze względu na podobieństwo konstrukcji jest podobny do czynności przeglądowych w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych.

Główne różnice polegają na dodatkowym sprawdzeniu stopnia ochrony IP urządzeń w osłonach tD ze względu na przewodność elektryczną, otaczającego urządzenie pyłu oraz badanie temperatur powierzchni, na których mogą zalegać złoże pyłu osiadłego.

Zakończenie przeglądów

Po zakończeniu przeglądów należy usunąć stwierdzone usterki oraz sporządzić protokoły z przeglądów zawierające między innymi opis zakresu przeprowadzonych przeglądów, ocenę stanu technicznego urządzeń i oprzewodowania, wnioski i zalecenia.

Protokoły z przeglądów powinny być przechowywane wraz z dokumentacją techniczną urządzeń i instalacji przez okres określony w instrukcji eksploatacji.

Pomiary w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Pomiary w przestrzeniach zagrożonych wybuchem można podzielić na:

- pomiary odbiorcze.
- pomiary parametrów technologicznych
- pomiary eksploatacyjne

Pomiary odbiorcze

Pomiary i badania odbiorcze instalacji i urządzeń elektrycznych w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem nowobudowanych lub modernizowanych wykonuje się przed ich rozruchem i w czasie rozruchu przed oddaniem do eksploatacji, przed napełnieniem instalacji technologicznych surowcami, a więc przed powstaniem zagrożenia wybuchem.

Pomiary takie wykonuje się na ogólnych zasadach przyrządami w wykonaniu zwykłym –nie przeciwwybuchowym.

Pomiary parametrów technologicznych

Do pomiarów obsługowych eksploatacyjnych i procesowych w czasie normalnych przebiegów procesów technologicznych mogą być stosowane tylko przyrządy atestowane w wykonaniu iskrobezpiecznym lub innym przeciwwybuchowym, np. w osłonach ognioszczelnych zainstalowane na stałe lub przenośne

Zakres stosowania tych przyrządów w zależności od strefy zagrożenia wybuchem wynika z ich atestu i oznakowania:

- w strefie zagrożenia wybuchem 0 i 20 przyrządy oznakowane: **Ex** II 1G Ex ia IIC T6 – mogą pracować bezpiecznie w obecności mieszanin wybuchowych wszystkich gazów palnych, par cieczy palnych i pyłów z powietrzem,
- w pozostałych strefach zagrożenia wybuchem – 1, 2, 21 i 22 mogą być stosowane przyrządy przeznaczone do strefy 0 oraz oznakowane: **Ex** II 2G Ex ia IIC T4 (T6) lub **Ex** II 2G/D Ex ib IIC T4(T6) w zależności od temperatury samozapalenia czynnika palnego występującego w danej strefie zagrożenia wybuchem.

Do najczęściej spotykanych przyrządów zainstalowanych na stałe i przenośnych w wykonaniu iskrobezpiecznym należą - czujniki wielkości fizycznych, eksplozymetry stacjonarne i przenośne, próbniki pola magnetycznego, bezkontaktowe wskaźniki napięcia, testery ciągłości obwodów elektrycznych, kalibratory temperatury, częstotliwości, pól elektromagnetycznych i magnetycznych, bezkontaktowe mierniki temperatury, mierniki poziomu, ciśnienia, rezystancji uziemień, multimetry, mierniki oparte na technice laserowej oraz przekazu radiowego.

Pomiary eksploatacyjne

Pomiary eksploatacyjne nazywane często „pomiarami ochronnymi” są to pomiary okresowe, planowane, zwłaszcza urządzeń ochrony przeciwporażeniowej, rezystancji izolacji przewodów i urządzeń elektrycznych oraz stanu technicznego urządzeń elektrycznych przeciwwybuchowych, np. prześwitów szczelin gaszących w urządzeniach ognioszczelnych.

Pomiary ochronne, zwłaszcza rezystancji izolacji, ochron przeciwporażeniowych i rezystancji uziemień piorunochronnych mogą być wykonywane tylko przez osoby dozoru i eksploatacji, mające w zaświadczeniu kwalifikacyjnym wpis uprawniający do wykonywania pomiarów ochronnych.

Pomiary i próby okresowe przeprowadza się w celu sprawdzenia, czy stan techniczny instalacji lub jej części nie pogorszył się na tyle, że jej dalsze użytkowanie jest niebezpieczne i nie spełnia ona wymagań przepisów i norm.

Trzeba ponadto sprawdzić, czy nie były przeprowadzane zmiany w instalacjach i czy nie mają one negatywnego wpływu na ich stan bezpieczeństwa.

Zakres pomiarów i metody ich wykonywania są zazwyczaj takie same, jak pomiarów odbiorczych. W przestrzeniach zagrożonych wybuchem pomiary okresowe powinny być wykonywane nie rzadziej niż raz w roku.

Prace pomiarowe przede wszystkim rezystancji izolacji, ochron przeciwporażeniowych, stanu technicznego urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym, zwłaszcza w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należą do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia i dla tego powinny być wykonywane, przez co najmniej dwie osoby.

Prace te najczęściej wykonuje się przyrządami w wykonaniu zwykłym i nieprzystosowanymi do użytkowania w obecności mieszanin wybuchowych.

Takie postępowanie jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy istnieje pewność, że w rejonie wykonywania pomiarów nie występują i nie wystąpią mieszaniny wybuchowe. Taką pewność można uzyskać tylko w wyniku wykonania pomiarów stężeń w powietrzu substancji palnych stosowanych w aparaturze technologicznej znajdującej się w danej przestrzeni.

W przestrzeniach nie wentylowanych lub słabo wentylowanych np. w studzienkach zaworowych, czy pompowych nigdy nie można uzyskać absolutnej pewności braku stężeń wybuchowych.

W takich przestrzeniach pomiary elektryczne mogą być wykonywane wyłącznie przyrządami w wykonaniu iskrobezpiecznym.

Pomiary eksplozymetryczne poprzedzające pomiary elektryczne powinny być wykonywane przez służby technologiczne, pracowników laboratorium zakładowego, a nie przez elektryków wykonujących pomiary elektryczne. Przede rozpoczęciem prac pomiarowych elektrycznych osoba odpowiedzialna za prowadzenie procesu technologicznego wraz z wykonawcą pomiarów powinni:

- ocenić zagrożenie wybuchem w rejonie przyszłego wykonywania pomiarów na podstawie przeprowadzonych pomiarów eksplozymetrycznych, (poziomu stężeń czynników palnych)
- ustalić rodzaj zabezpieczeń przed powstaniem pożaru lub wybuchu w czasie pomiarów,
- wskazać osoby odpowiedzialne za przygotowanie i zabezpieczenie miejsc pracy, przeprowadzenie pomiarów oraz za przywrócenie stanu pierwotnego urządzeń po zakończeniu pomiarów.

W strefach zagrożonych wybuchem 0, 1, 20 oraz w miejscach, w których wcześniej wykonywano prace z użyciem gazów palnych, cieczy palnych lub materiałów pyłących pomiary ochronne mogą być prowadzone tylko wtedy, gdy stężenie par tych cieczy lub gazów nie przekracza 10% ich dolnej granicy wybuchowości.

Prace pomiarowe nie mogą być wykonywane zwłaszcza w miejscach i w czasie:

- przygotowywania do stosowania cieczy palnych i gazów palnych,

- stosowania cieczy palnych, np. do malowania, lakierowania, klejenia, mycia, nasycania,
- suszenia z wydzielaniem par cieczy palnych, usuwania pozostałości cieczy palnych ze stanowisk pracy.

Aby nie powodować błędów pomiaru większych niż to wynika z przyjętych metod pomiarowych i klas dokładności zastosowanych przyrządów pomiarowych oraz nie stwarzać dodatkowych zagrożeń w czasie wykonywania pomiarów powinny być zachowane co najmniej następujące warunki:

- utrzymywanie stężenia czynników palnych na poziomie nie przekraczającym 10% ich dolnej granicy wybuchowości w ciągu całego okresu wykonywania pomiarów,
- ustawienie przyrządów pomiarowych w miejscach, w których nie mogą wystąpić mieszaniny wybuchowe, wstrząsy lub silne pola elektromagnetyczne,
- zabezpieczenie rejonu wykonywania pomiarów przed porażeniem elektrycznym, pożarem lub wybuchem,
- w trakcie wykonywania pomiarów ochronnych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym można otwierać tylko – skrzynki zaciskowe oraz zdejmować klosze opraw oświetleniowych.

Poza standardowymi pomiarami skuteczności działania ochron przeciwporażeniowych oraz rezystancji izolacji przewodów i urządzeń i separacji obwodów konieczne jest przeprowadzenie lub sprawdzenie;

- oględzin stanu i pomiar prześwitów szczelin gaszących w osłonach ognioszczelnych i porównanie wyników z danymi w dokumentacji fabrycznej,
- pomiarów temperatur powierzchni zewnętrznych silników elektrycznych i innych urządzeń mogących się nagrzewać w czasie normalnej pracy i w przypadku nienormalnych stanów pracy. Temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w strefach zagrożenia wybuchem nie mogą przekraczać maksymalnych dopuszczalnych temperatur przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych,
- pomiary drgań silników elektrycznych w czasie biegu jałowego i pod obciążeniem,
- pomiary nadciśnienia w osłonach urządzeń elektrycznych z nadciśnieniem statycznym i dynamicznym,
- w urządzeniach z nadciśnieniem sprawdzenie blokad uniemożliwiających włączenie.

Prace pomiarowe nie mogą być wykonywane zwłaszcza w miejscach i w czasie:

- przygotowywania do stosowania cieczy palnych i gazów palnych,
- stosowania cieczy palnych, np. do malowania, lakierowania, klejenia, mycia, nasycania,
- suszenia z wydzielaniem par cieczy palnych, usuwania pozostałości cieczy palnych ze stanowisk pracy.

Aby nie powodować błędów pomiaru większych niż to wynika z przyjętych metod pomiarowych i klas dokładności zastosowanych przyrządów pomiarowych oraz nie stwarzać dodatkowych zagrożeń w czasie wykonywania pomiarów powinny być zachowane, co najmniej następujące warunki:

- utrzymywanie stężenia czynników palnych na poziomie nieprzekraczającym 10% ich dolnej granicy wybuchowości w ciągu całego okresu wykonywania pomiarów,
- ustawienie przyrządów pomiarowych w miejscach, w których nie mogą wystąpić mieszaniny wybuchowe, wstrząsy lub silne pola elektromagnetyczne,
- zabezpieczenie rejonu wykonywania pomiarów przed porażeniem elektrycznym, pożarem lub wybuchem,
- w trakcie wykonywania pomiarów ochronnych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym można otwierać tylko – skrzynki zaciskowe oraz zdejmować klosze opraw oświetleniowych.

Poza standardowymi pomiarami skuteczności działania ochron przeciwporażeniowych oraz rezystancji izolacji przewodów i urządzeń i separacji obwodów konieczne jest przeprowadzenie lub sprawdzenie;

- oględzin stanu i pomiar prześwitów szczelin gaszących w osłonach ognioszczelnych i porównanie wyników z danymi w dokumentacji fabrycznej,
- pomiarów temperatur powierzchni zewnętrznych silników elektrycznych i innych urządzeń mogących się nagrzewać w czasie normalnej pracy i w przypadku nienormalnych stanów pracy. Temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w strefach zagrożenia wybuchem nie mogą przekraczać maksymalnych dopuszczalnych temperatur przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych,
- pomiary drgań silników elektrycznych w czasie biegu jałowego i pod obciążeniem,
- pomiary nadciśnienia w osłonach urządzeń elektrycznych z nadciśnieniem statycznym i dynamicznym,
- w urządzeniach z nadciśnieniem sprawdzenie blokad uniemożliwiających włączenie napięcia przed zakończeniem cyklu wentylacji,
- poziomu oleju w urządzeniach w osłonach olejowych.

Zakończenie prac pomiarowych

Po zakończeniu prac pomiarowych, usunięciu stwierdzonych usterek i przed oddaniem urządzeń do dalszej eksploatacji należy:

- rozewrzeć przewody w skrzynkach zaciskowych, jeżeli były zwierane,
- przyłączyć przewody do właściwych zacisków,
- zainstalować w oprawach źródła światła,
- zamknąć klosze, zwracając uwagę na uszczelnienie,
- sprawdzić stan i jakość połączeń przewodów ochronnych w skrzynkach zaciskowych i na zewnątrz,
- zamknąć skrzynki zaciskowe,
- włączyć napięcie pod nadzorem osób odpowiedzialnych za eksploatację urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchami przeprowadzić próbę ich funkcjonowania.

Wszystkie dalsze czynności związane z wykonywaniem pomiarów w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, jak opracowanie protokołów z pomiarów, interpretacja wyników,

opracowanie zaleceń wykonuje się identycznie jak przy pomiarach w miejscach nie zagrożonych wybuchem.

Naprawy

Warunki, jakie powinny być spełnione przy wykonywaniu napraw, remontów, reklamacji i modyfikacji certyfikowanych elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do eksploatacji w przestrzeniach zagrożonych wybuchem określone są w normie PN-EN 60079-19.

Wymagania te nie obejmują urządzeń przeciwwybuchowych rodzaju „m”. W rozumieniu normy naprawą jest przywrócenie uszkodzonemu urządzeniu pełnej sprawności technicznej i zgodności z normą przedmiotową.

Przez modyfikację rozumie się wprowadzenie zmian w konstrukcji urządzenia wpływających na jego budowę, materiał, wyposażenie lub funkcjonowanie.

Wykonawcą serwisu elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym obejmującego naprawy, remonty, reklamacje i modyfikacje może być producent, użytkownik lub wyspecjalizowany warsztat remontowy certyfikowany przez notyfikowaną stację badawczą.

X. APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA ORAZ URZĄDZENIA I INSTALACJE AUTOMATYCZNEJ REGULACJI, STEROWANIA I ZABEZPIECZEŃ URZĄDZEŃ I INSTALACJI WYMNIENIONYCH W PKT 1,2,3,4,5,6,7,8,9.

Układy aparatury kontrolno-pomiarowej

AKPiA (układy aparatury kontrolno-pomiarowej) obejmują aparaturę kontrolno-pomiarową oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń. Są to urządzenia (głównie elektryczne) instalowane w obwodach:

- pomiarów temperatury i ciśnienia,
- pomiary przepływu i poziomu,
- analiz chemicznych i składu substancji,
- automatyki elektroenergetycznej i zabezpieczeń,
- regulacji systemu elektroenergetycznego,
- zdalnego przenoszenia sygnałów transmisji, wizualizacji i sterowania.

Zadania aparatury kontrolno-pomiarowej (AKP)

Aparatura kontrolno-pomiarowa ma za zadanie kontrolę i odtwarzanie warunków eksploatacyjnych. W skład urządzeń AKP mogą wchodzić: źródła umożliwiające zasilanie; regulację natężenia, napięcia, mocy, częstotliwości prądu elektrycznego itp. przyrządy pozwalające mierzyć określone wielkości elektryczne i nieelektryczne oraz elementy do sterowania i regulacji działania układów.

Układy regulacji i automatyki w najszerszym zakresie występują w elektrowniach. Układy pomiarowe znajdują również zastosowanie w przedsiębiorstwie energetycznych zajmujących się

przesyłaniem i dystrybucją energii elektrycznej, paliw gazowych, ciepła oraz przy kontroli urządzeń i układów o istotnym znaczeniu dla zawartych umów i prawidłowości rozliczeń.

Sprzęt elektryczny i nieelektryczny stosowany w AKPiA

W instalacjach AKPiA stosowany jest następujący sprzęt elektryczny: zasilacze transformatorowe, zasilacze półprzewodnikowe, przetworniki, sterowniki mechaniczne i elektroniczne, siłowniki, wyłączniki, przełączniki i styczniki, wyłączniki krańcowe, dźwigowe itp., przyciski sterownicze, przekaźniki elektromechaniczne i elektroniczne, termostaty, lampki sygnalizacyjne i sygnalizatory dźwiękowe, listwy i zaciski montażowe itp. W instalacjach AKPiA stosowane też są czujniki wielkości nieelektrycznych do ich pomiaru, monitorowania i rejestracji przebiegów: temperatury, ciśnienia, przepływu cieczy i gazów, poziomu cieczy, analizy składu chemicznego, króćce oraz zawory, przewody i połączenia umożliwiające pobór i przesyłanie cieczy i gazów.

Układy AKPiA dzielimy ze względu na miejsce zainstalowania na:

- w elektrowniach,
- w stacjach transformatorowo-rozdzielczych,
- w zakładach przemysłowych,
- w gospodarce komunalnej,- w podstawcach trakcyjnych.

Ze względu na pełnioną funkcję aparaturę kontrolno-pomiarową i automatyki dzielimy na:

- układy pomiarowe,
- układy sterowania pracą urządzeń i maszyn,
- układy regulacyjne,
- układy automatyki sieciowej,
- układy automatyki przemysłowej,
- zabezpieczenia i blokady elektroenergetyczne.

Eksploatacja urządzeń AKPiA

Układy pomiarowe, sygnalizacji, zabezpieczeń i automatyki podlegają zasadom eksploatacji i wymaganiom wynikającym z instrukcji dostarczonych przez producenta, DTR i przedmiotowych instrukcji eksploatacji. Zakres i terminy badań aparatury kontrolno-pomiarowej, z którymi one współpracują, np. generatorów, stacji elektroenergetycznych, sieci itp. Dla urządzeń tych powinny zostać opracowane instrukcje ruchu i eksploatacji. W szczególności dotyczy to aparatury dla urządzeń energetycznych, przy eksploatacji, których wymagane jest posiadanie odpowiednich kwalifikacji, określonych rozporządzeniem MGPIPS z dnia 28.04.2003.

Urządzenia nieelektryczne AKPiA takie jak:

- mierniki elektryczne napięcia i prądu, kompensaty i mostki automatyczne,
- elektryczne przetworniki ciśnienia, przepływu, poziomu,
- analizatory składu powietrza, gazów, solomierze,
- regulatory elektryczne,
- siłowniki i wyłączniki krańcowe.

Podlegają eksploatacji i sprawdzeniu odpowiednio do ich dokumentacji DTR i instrukcji producenta (dostawcy).

W szczególności należy sprawdzić:

- stan urządzenia, ciągłość i prawidłowość połączeń,
- stan miernika końcowego tzw. miernika wtórnego, którym zazwyczaj jest miliamperomierz lub miliwoltomierz,
- stan i działanie zestyków,
- rezystancję izolacji obwodów elektrycznych.

Podstawowe pomiary i badania eksploatacyjne urządzeń elektrycznych AKPiA przedstawia poniższa tabela.

Lp.	Rodzaj badania	Termin wykonania	Wymagania techniczne	Uwagi i kryteria
1.	Pomiar rezystancji izolacji i obwodów elektrycznych	Co 5 lat. W pomieszczeniach wilgotnych, zagrożonych wybuchem lub pożarem nie rzadziej niż raz w roku	Pomiar mega-omierzem 1000 V. Rezystancja izolacji nie mniejsza niż 10 MΩ	Dla obwodów teletechnicznych pomiar napięciem 500 V
2.	Próba napięciowa obwodów wraz z aparaturą	Jw.	Napięcie probiercze 1000 V w ciągu 1 min.	O ile wytwórca nie przewiduje inaczej
3.	Pomiar obciążenia przekładników prądowych i napięciowych	Nie rzadziej niż raz w roku	Obciążenie nie przekracza wartości znamionowych przekładników	
4.	Sprawdzenie działania urządzeń sterowniczych i sygnalizacyjnych	Nie rzadziej niż raz na 5 lat	Prawidłowe działanie przy napięciu w zakresie $0,85 \div 1,1 U_n$	
5.	Sprawdzenie nastaw przekaźników	Nie rzadziej niż raz w roku	Zgodność z projektem. Prawidłowe działanie	
6.	Próba układów zabezpieczeń i automatyki	Jw.	Poprawne działanie	Zależnie od rodzaju układu
7.	Zdjęcie charakterystyk	Nie rzadziej niż raz na 5 lat	Zgodność z dokumentacją fabryczną	Wg instrukcji producenta
8.	Badanie aparatury w układach pomiarowych i automatyki w zakresie określonym w normach jako badanie niepełne	Nie rzadziej niż raz na 10 lat	Zgodność z normami przedmiotowymi	Wg instrukcji producenta
9.	Sprawdzenie nagrzewania	Wg instrukcji eksploatacji	Wg instrukcji producenta	Pomiar temperatury lub ocena subiektywna

Materiały opracowano na podstawie przepisów i zasad, jakie są obowiązujące na dzień 20.10.2016 roku.

Zebrał i opracował: Z. Krężel



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 23 kwietnia 2013 r.

Poz. 492

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI

z dnia 28 marca 2013 r.

w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych¹⁾

Na podstawie art. 237¹⁵ § 2 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy (Dz. U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94, z późn. zm.²⁾) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji urządzeń energetycznych.

§ 2. Użyte w rozporządzeniu określenia oznaczają:

- 1) urządzenia energetyczne – urządzenia, instalacje i sieci, w rozumieniu przepisów prawa energetycznego, stosowane w technicznych procesach wytwarzania, przetwarzania, przesyłania, dystrybucji, magazynowania oraz użytkowania paliw lub energii;
- 2) urządzenia energetyczne powszechnego użytku – urządzenia przeznaczone na indywidualne potrzeby ludności lub używane w gospodarstwach domowych;
- 3) prace eksploatacyjne – prace wykonywane przy urządzeniach energetycznych w zakresie ich obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym;
- 4) prowadzący eksploatację – jednostkę organizacyjną, osobę prawną lub osobę fizyczną, zajmującą się eksploatacją własnych lub powierzonych jej, na podstawie zawartej umowy, urządzeń energetycznych;
- 5) strefa pracy – stanowisko lub miejsce pracy odpowiednio przygotowane w zakresie niezbędnym do bezpiecznego wykonywania prac eksploatacyjnych;
- 6) osoba uprawniona – osobę posiadającą kwalifikacje uzyskane na podstawie przepisów prawa energetycznego;
- 7) osoba upoważniona – osobę wyznaczoną przez prowadzącego eksploatację do wykonywania określonych czynności lub prac eksploatacyjnych.

¹⁾ Niniejsze rozporządzenie zostało notyfikowane Komisji Europejskiej w dniu 20 września 2012 r. pod numerem 2012/0539/PL zgodnie z § 4 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie sposobu funkcjonowania krajowego systemu notyfikacji norm i aktów prawnych (Dz. U. Nr 239, poz. 2039 oraz z 2004 r. Nr 65, poz. 597), które wdraża postanowienia dyrektywy 98/34/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 czerwca 1998 r. ustanawiającej procedurę udzielania informacji w zakresie norm i przepisów technicznych oraz zasad dotyczących usług społeczeństwa informacyjnego (Dz. Urz. UE L 204 z 21.07.1998, str. 37, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 13, t. 20, str. 337, z późn. zm.).

²⁾ Zmiany tekstu jednolitego wymienionej ustawy zostały ogłoszone w Dz. U. z 1998 r. Nr 106, poz. 668 i Nr 113, poz. 717, z 1999 r. Nr 99, poz. 4152, z 2000 r. Nr 19, poz. 239, Nr 43, poz. 489, Nr 107, poz. 1127 i Nr 120, poz. 1268; z 2001 r. Nr 11, poz. 84; Nr 28, poz. 301, Nr 52, poz. 538, Nr 99, poz. 1075, Nr 111, poz. 1194, Nr 123, poz. 1354, Nr 128, poz. 1405 i Nr 154, poz. 1805, z 2002 r. Nr 74, poz. 676, Nr 135, poz. 1146, Nr 196, poz. 1660, Nr 199, poz. 1673 i Nr 200, poz. 1679, z 2003 r. Nr 166, poz. 1608 i Nr 213, poz. 2081, z 2004 r. Nr 96, poz. 959, Nr 99, poz. 1001, Nr 120, poz. 1252 i Nr 240, poz. 2407, z 2005 r. Nr 10, poz. 71, Nr 68, poz. 610, Nr 86, poz. 732 i Nr 167, poz. 1398, z 2006 r. Nr 104, poz. 708 i 711, Nr 133, poz. 935, Nr 217, poz. 1587 i Nr 221, poz. 1615, z 2007 r. Nr 64, poz. 426, Nr 89, poz. 589, Nr 176, poz. 1239, Nr 181, poz. 1288 i Nr 225, poz. 1672, z 2008 r. Nr 93, poz. 586, Nr 116, poz. 740, Nr 223, poz. 1460 i Nr 237, poz. 1654, z 2009 r. Nr 6, poz. 33, Nr 56, poz. 458, Nr 58, poz. 485, Nr 98, poz. 817, Nr 99, poz. 825, Nr 115, poz. 958, Nr 157, poz. 1241 i Nr 219, poz. 1704, z 2010 r. Nr 105, poz. 655, Nr 135, poz. 912, Nr 182, poz. 1228, Nr 224, poz. 1459, Nr 249, poz. 1655 i Nr 254, poz. 1700, z 2011 r. Nr 36, poz. 181, Nr 63, poz. 322, Nr 80, poz. 432, Nr 144, poz. 855, Nr 149, poz. 887 i Nr 232, poz. 1378, z 2012 r. poz. 908 i 1110 oraz z 2013 r. poz. 2.

§ 3. Przepisów rozporządzenia nie stosuje się do prac wykonywanych:

- 1) w podziemnych zakładach górniczych – w zakresie uregulowanym przepisami prawa geologicznego i górniczego;
- 2) przy urządzeniach i instalacjach energetycznych w obiektach jądrowych, o których mowa w przepisach prawa atomowego;
- 3) przy urządzeniach energetycznych powszechnego użytku.

§ 4. 1. Prace eksploatacyjne należy prowadzić zgodnie z instrukcjami eksploatacji zawierającymi w szczególności:

- 1) charakterystykę urządzeń energetycznych;
- 2) opis w niezbędnym zakresie układów automatyki, pomiarów, sygnalizacji, zabezpieczeń i sterowań;
- 3) zestaw rysunków, schematów i wykresów z opisami zgodnymi z obowiązującym nazewnictwem;
- 4) opis czynności związanych z uruchomieniem, obsługą w czasie pracy i zatrzymaniem urządzenia energetycznego w warunkach normalnej pracy tego urządzenia;
- 5) zasady postępowania w razie awarii oraz zakłóceń w pracy urządzenia;
- 6) wymagania w zakresie konserwacji, napraw, remontów urządzeń energetycznych oraz terminy przeprowadzania przeglądów, prób i pomiarów;
- 7) wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy i przepisów przeciwpożarowych dla danej grupy urządzeń energetycznych, obiektów oraz wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją danego urządzenia;
- 8) identyfikację zagrożeń dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska naturalnego związanych z eksploatacją danego urządzenia energetycznego;
- 9) organizację prac eksploatacyjnych;
- 10) wymagania dotyczące środków ochrony zbiorowej lub indywidualnej, zapewnienia asekuracji, łączności oraz innych technicznych lub organizacyjnych środków ochrony stosowanych w celu ograniczenia ryzyka zawodowego, zwanych dalej „środkami ochronnymi”.

2. Prowadzący eksploatację zapewnia bieżącą aktualizację instrukcji, o których mowa w ust. 1.

§ 5. 1. Prowadzący eksploatację może upoważnić osobę lub osoby do wykonywania w jego imieniu określonych działań związanych z:

- 1) wydawaniem poleceń;
- 2) koordynacją prac;
- 3) dopuszczeniem do prac.

2. Prowadzący eksploatację prowadzi wykaz osób upoważnionych, o których mowa w ust. 1, zawierający w szczególności:

- 1) imię i nazwisko osoby upoważnionej;
- 2) zakres upoważnienia;
- 3) określenie okresu, na jaki upoważnienie zostało udzielone.

§ 6. Prace eksploatacyjne mogą wykonywać osoby uprawnione i upoważnione.

§ 7. 1. Obiekty z zainstalowanymi urządzeniami energetycznymi oraz urządzenia energetyczne powinny być oznakowane w sposób umożliwiający ich identyfikację.

2. Urządzenia energetyczne stwarzające zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego należy zabezpieczyć przed dostępem osób nieupoważnionych.

§ 8. Zabronione jest używanie urządzeń energetycznych bez przewidzianych dla nich urządzeń ochronnych w rozumieniu ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

§ 9. Prace eksploatacyjne wewnątrz urządzeń energetycznych należy wykonywać zgodnie z odpowiednimi wymaganiami dla prac w zbiornikach, kanałach, urządzeniach technicznych i innych niebezpiecznych przestrzeniach zamkniętych, określonymi w ogólnych przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

§ 10. 1. Jeżeli w zamkniętym wnętrzu urządzenia energetycznego mogą gromadzić się lub występować pary cieczy lub gazy stwarzające zagrożenie dla zdrowia lub bezpieczeństwa, przed każdym wejściem do zamkniętego wnętrza tego urządzenia należy:

- 1) dokonać pomiaru stężenia par cieczy lub gazów w tym wnętrzu;
- 2) sprawdzić, czy stężenie par cieczy lub gazów nie przekracza:
 - a) dopuszczalnych wartości określonych w przepisach dotyczących najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy lub
 - b) wartości określonych w przepisach dotyczących ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów;
- 3) doprowadzić do obniżenia stężenia par cieczy lub gazów co najmniej do dopuszczalnego poziomu, w przypadku gdy stężenie przekracza dopuszczalne wartości.

2. Jeżeli nie jest możliwe obniżenie stężenia par cieczy lub gazów poniżej wartości, o których mowa w ust. 1 pkt 3, rozpoczęcie i prowadzenie prac eksploatacyjnych jest dopuszczalne po zapewnieniu odpowiednich środków ochronnych, zawartych w instrukcji prowadzenia tych prac.

3. Czynności oraz wyniki pomiarów, o których mowa w ust. 1, należy rejestrować.

§ 11. 1. Prace eksploatacyjne, przy wykonywaniu których jest możliwe gromadzenie się lub występowanie pyłów, gazów, par cieczy lub mgieł stwarzających zagrożenie powstania pożaru lub wybuchu, należy prowadzić po usunięciu tego zagrożenia lub zastosowaniu środków ochronnych zgodnie z instrukcjami wykonywania tych prac.

2. Udostępniona strefa pracy, w której istnieje możliwość wystąpienia atmosfery wybuchowej, powinna spełniać wymagania określone w przepisach dotyczących minimalnych wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej.

§ 12. 1. Prace eksploatacyjne w kotłach lub zbiornikach należy wykonywać po ich technologicznym wyłączeniu, skutecznym przewietrzeniu oraz zabezpieczeniu przed wystąpieniem czynników mogących stwarzać zagrożenia dla osób wykonujących te prace.

2. Podczas przebywania osób wewnątrz kotłów lub zbiorników wszystkie włazy należy otworzyć, a jeżeli nie jest to wystarczające do dotrzymania wymaganych parametrów powietrza w kotle lub zbiorniku, należy stosować stały nadmuch powietrza.

§ 13. 1. Prace eksploatacyjne w kotłach oraz w komorach, kanałach i rurociągach sieci ciepłych nie mogą być wykonywane w temperaturze powyżej 40°C.

2. Osobom usuwającym awarię przy urządzeniach, o których mowa w ust. 1, w temperaturze powyżej 40°C, należy zapewnić:

- 1) napoje chłodzące i środki obniżające temperaturę powietrza;
- 2) środki ochrony indywidualnej, przerwy w pracy i miejsce odpoczynku, ustalane indywidualnie w zależności od warunków i specyfiki pracy.

§ 14. Zabronione jest wykonywanie prac eksploatacyjnych wewnątrz urządzeń energetycznych na co najmniej dwóch poziomach równocześnie, jeżeli stanowiska pracy zostały usytuowane jedno nad drugim, bez wymaganego zabezpieczenia.

§ 15. 1. Prace eksploatacyjne, na których lub w których zainstalowano izotopowe źródła promieniowania, należy wykonywać po uprzednim zdemontowaniu i zabezpieczeniu izotopowych źródeł promieniowania lub zabezpieczeniu przed promieniowaniem osób wykonujących te prace.

2. Zasady organizacji prac, przy których występuje narażenie na promieniowanie jonizujące, określają przepisy prawa atomowego.

§ 16. 1. Prace eksploatacyjne wewnątrz urządzeń i instalacji służących do dostarczania oraz magazynowania paliw wymagające wyłączenia tych urządzeń i instalacji z ruchu należy wykonywać po:

- 1) całkowitym odcięciu dopływu paliwa;
- 2) zabezpieczeniu armatury lub urządzeń odcinających dopływ paliwa przed ich przypadkowym otwarciem;
- 3) opróżnieniu urządzenia i instalacji z paliwa, jeżeli z przyczyn technologicznych lub bezpieczeństwa jest to wymagane;
- 4) zamknięciu armatury i urządzeń odcinających dopływ paliwa i sprawdzeniu ich szczelności; w przypadku stwierdzenia nieszczelności – po doprowadzeniu do wyeliminowania tych nieszczelności;
- 5) zastosowaniu określonych w instrukcjach środków ochronnych zabezpieczających przed wystąpieniem czynników mogących stwarzać zagrożenie dla osób wykonujących prace;
- 6) oznaczeniu strefy pracy oraz armatury lub urządzeń odcinających dopływ paliwa znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

2. Jeżeli niewystarczającym zabezpieczeniem jest zamknięcie armatury lub urządzeń odcinających dopływ paliwa, należy zastosować dodatkowe środki techniczne określone w instrukcjach wykonywania tych prac.

§ 17. 1. Prace eksploatacyjne przy instalacjach ciepłych wymagające wyłączenia tych instalacji z ruchu należy wykonywać po:

- 1) odłączeniu odcinków instalacji, na których mają być prowadzone prace, poprzez zamknięcie armatury lub urządzeń odcinających dopływ czynnika grzewczego;
- 2) zabezpieczeniu armatury lub urządzeń odcinających dopływ czynnika grzewczego przed przypadkowym otwarciem;
- 3) rozprężeniu, odwodnieniu i wychłodzeniu instalacji, jeżeli wymaga tego technologia prac;
- 4) sprawdzeniu szczelności armatury lub urządzeń odcinających dopływ czynnika grzewczego;
- 5) oznaczeniu strefy pracy oraz armatury lub urządzeń odcinających dopływ czynnika grzewczego znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

2. Jeżeli niewystarczającym zabezpieczeniem jest zamknięcie armatury lub urządzeń odcinających dopływ czynnika grzewczego, należy zastosować dodatkowe środki techniczne wymienione w instrukcjach wykonywania tych prac.

3. Wymagania, o których mowa w ust. 1, nie dotyczą prac, dla których zastosowana technologia nie przewiduje wyłączeń urządzeń lub instalacji z ruchu.

§ 18. 1. Prace eksploatacyjne przy rurociągach, armaturze lub hydrotechnicznych urządzeniach odcinających, wymagających wyłączenia ich z ruchu, należy wykonywać po:

- 1) odłączeniu odcinków, na których mają być prowadzone prace, poprzez zamknięcie armatury lub hydrotechnicznych urządzeń odcinających;
- 2) zamknięciu dopływu wody, sprawdzeniu, czy zamknięcia odcinające dopływ wody są szczelne;
- 3) zabezpieczeniu armatury lub urządzeń odcinających przed przypadkową zmianą położenia;
- 4) rozprężeniu i odwodnieniu rurociągów, urządzeń lub instalacji hydrotechnicznych, na których mają być prowadzone prace, jeżeli wymaga tego technologia prac;
- 5) oznaczeniu strefy pracy oraz armatury i hydrotechnicznych urządzeń odcinających znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

2. Jeżeli niewystarczającym zabezpieczeniem jest zamknięcie armatury lub urządzeń odcinających dopływ cieczy lub innych czynników, do fragmentu, na którym mają być wykonywane prace, należy zastosować dodatkowe środki techniczne zawarte w instrukcjach wykonywania tych prac.

§ 19. 1. Prace eksploatacyjne w rurach ssących turbin wodnych, pompoturbinach i turbinach wodnych umieszczonych w komorach otwartych oraz komorach odwodnień należy wykonywać po:

- 1) całkowitym odcięciu dopływu wody poprzez zamknięcie armatury i urządzeń odcinających jej dopływ;
- 2) zabezpieczeniu armatury lub urządzeń odcinających dopływ wody przed ich przypadkowym otwarciem;
- 3) odwodnieniu komór;
- 4) oznaczeniu strefy pracy oraz armatury i urządzeń odcinających odpowiednimi znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

2. Jeżeli niewystarczającym zabezpieczeniem jest zamknięcie armatury lub urządzeń odcinających dopływ wody, do odcinka, na którym mają być wykonywane prace, należy zastosować dodatkowe środki techniczne wymienione w instrukcjach wykonywania tych prac.

§ 20. Prace podwodne w siłowniach wodnych i budowlach hydrotechnicznych, w tym wewnątrz sztolni, rurociągów doprowadzających i odprowadzających, należy wykonywać przy wyłączonych i zabezpieczonych przed załączeniem turbinach, hydrozespołach i pompach, w sposób i na zasadach uwzględniających wymagania przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu prac podwodnych, w zakresie, w jakim mają one zastosowanie.

§ 21. 1. Prace eksploatacyjne z użyciem sprzętu pływającego przy urządzeniach, instalacjach i budowlach hydrotechnicznych należy wykonywać przy wyłączonych oraz zabezpieczonych przed przypadkowym załączeniem turbinach, hydrozespołach i pompach.

2. Turbiny, hydrozespoły i pompy, o których mowa w ust. 1, należy w sposób czytelny oznaczyć znakami lub tablicami bezpieczeństwa informującymi o zakazie ich uruchamiania.

§ 22. Prace eksploatacyjne przy urządzeniach i instalacjach gazowych należy wykonywać, przestrzegając wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy określonych w przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie i eksploatacji sieci gazowych oraz uruchamianiu instalacji gazu ziemnego.

§ 23. 1. Przed przystąpieniem do prac eksploatacyjnych w strefie generatorów elektrycznych chłodzonych wodorem, przy zbiornikach wodoru, elektrolizerach wody oraz składach butli napełnionych wodorem przeprowadza się pomiary stężeń występujących gazów i kontroluje, czy stężenie nie osiąga wartości określonych w przepisach w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, po przekroczeniu których grozi niebezpieczeństwo wystąpienia wybuchu.

2. Rozpoczęcie prac, o których mowa w ust. 1, może nastąpić po usunięciu lub zminimalizowaniu zagrożenia pożarem lub wybuchem oraz obniżeniu stężeń co najmniej do wartości określonych w przepisach, o których mowa w ust. 1, oraz zastosowaniu środków ochronnych.

3. Wyniki pomiarów stężeń, o których mowa w ust. 1, należy rejestrować.

§ 24. 1. Przed przystąpieniem do prac eksploatacyjnych wymagających wyłączenia generatorów elektrycznych, instalacji lub zbiorników wodoru oraz elektrolizerów wody z ruchu należy:

- 1) całkowicie odciąć dopływ wodoru do tych urządzeń i instalacji;
- 2) usunąć wodór z tych urządzeń i instalacji i przedmuchać je gazem obojętnym;
- 3) sprawdzić szczelność armatury lub urządzeń odcinających dopływ wodoru, przeprowadzając pomiary obecności wodoru w wyłączonych urządzeniach i instalacjach;
- 4) zabezpieczyć armaturę lub urządzenia odcinające przed przypadkowym otwarciem;
- 5) oznaczyć strefę pracy oraz armaturę lub urządzenia odcinające znakami lub tablicami bezpieczeństwa;
- 6) rejestrować wyniki pomiarów obecności wodoru.

2. Czynności, o których mowa w ust. 1, nie dotyczą prac w zakresie obsługi oraz prac kontrolno-pomiarowych lub konserwacji, jeżeli instrukcje eksploatacji tak stanowią.

§ 25. 1. Prace eksploatacyjne przy urządzeniach elektroenergetycznych, w zależności od zastosowanych metod i środków ochronnych zapewniających bezpieczeństwo pracy, mogą być wykonywane:

- 1) pod napięciem;
- 2) w pobliżu napięcia;
- 3) przy wyłączonym napięciu.

2. Minimalne odstęp w powietrzu od nieosłoniętych urządzeń i instalacji elektrycznych lub ich części znajdujących się pod napięciem, wyznaczające zewnętrzne granice strefy prac, mają następujące wartości:

Napięcie znamionowe urządzenia lub instalacji elektrycznej	Minimalny odstęp w powietrzu, wyznaczający zewnętrzną granicę strefy	
	prac pod napięciem	prac w pobliżu napięcia
kV	mm	mm
≤ 1	bez dotyku	300
3	60	1120
6	90	1120
10	120	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
110	1000	2000
220	1600	3000
400	2500	4000
750	5300	8400

3. Wartości określające minimalne odstęp, o których mowa w ust. 2, nie mają zastosowania do prac wykonywanych przy urządzeniach elektroenergetycznych zasilania sieci trakcyjnej i kolejowej sieci trakcyjnej, pracujących w systemie zasilania o napięciu 3 kV prądu stałego.

4. Wykonywanie prac przy urządzeniach elektroenergetycznych wymagających użycia sprzętu zmechanizowanego może odbywać się pod warunkiem, że prowadzący eksploatację określi warunki prowadzenia tych prac, mając na uwadze zachowanie odpowiedniego poziomu ich bezpieczeństwa.

5. Przed rozpoczęciem prac pod napięciem lub w pobliżu napięcia należy zapewnić opracowanie i udostępnienie osobom skierowanym do tych prac instrukcji określających technologię, wymagane narzędzia oraz środki ochronne, które należy stosować podczas prowadzenia tych prac.

§ 26. Napięcie od urządzeń elektrycznych należy odłączyć w sposób uniemożliwiający pojawienie się napięcia na odłączonych urządzeniach i instalacjach.

§ 27. 1. Przed przystąpieniem do wykonywania prac przy urządzeniach i instalacjach elektrycznych odłączonych od napięcia należy:

- 1) zastosować odpowiednie zabezpieczenie przed przypadkowym załączeniem napięcia;
- 2) oznaczyć miejsce wyłączenia;
- 3) sprawdzić, czy nie występuje napięcie na odłączonych urządzeniach i instalacjach elektrycznych;
- 4) uziemić wyłączone urządzenia i instalacje elektryczne;
- 5) oznaczyć strefę pracy znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

2. Uziemienie urządzeń i instalacji elektrycznych należy tak zlokalizować, aby praca wykonywana była w strefie ograniczonej uziemieniami i co najmniej jedno uziemienie było widoczne z miejsca wykonywania pracy.

3. Jeżeli nie jest możliwe uziemienie urządzeń i instalacji w sposób określony w ust. 2, należy zastosować inne środki techniczne lub organizacyjne zapewniające bezpieczeństwo prowadzenia prac zawarte w instrukcjach ich wykonywania.

§ 28. 1. Prace eksploatacyjne stwarzające możliwość wystąpienia szczególnego zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego należy wykonywać na podstawie polecenia pisemnego.

2. Do prac eksploatacyjnych przy urządzeniach energetycznych stwarzających możliwość wystąpienia szczególnego zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego należy zaliczyć w szczególności prace:

- 1) wewnątrz niebezpiecznych przestrzeni zamkniętych, komór paleniskowych kotłów, kanałów spalin, elektrofiltrów, absorberów, walczków kotłów, kanałów i lejów zsykowych, rurociągów sieci ciepłych oraz w zbiornikach paliw płynnych i gazowych;
- 2) wewnątrz zasobników węgla lub biomasy oraz zasobników pyłu węglowego lub biomasy;
- 3) niebezpieczne pod względem pożarowym wykonywane w strefach zagrożenia wybuchem;
- 4) w obiegach wody elektrowni i elektrociepłowni wymagające wejścia do kanałów, rurociągów, rur ssawnych i zbiorników, jak również prace na ujęciach i zrzutach wody wykonywane z pomostów, łodzi lub barek oraz prowadzone pod powierzchnią wody;
- 5) z zakresu konserwacji, remontów, montażu, kontrolno-pomiarowego, wykonywane wewnątrz turbin wiatrowych lub gondoli oraz prace z zakresu zewnętrznej konserwacji gondoli lub śmigieł wirnika turbiny wiatrowej;
- 6) wykonywane w pobliżu nieosłoniętych urządzeń elektroenergetycznych lub ich części, znajdujących się pod napięciem;
- 7) przy urządzeniach elektroenergetycznych wyłączonych spod napięcia, lecz uziemionych w taki sposób, że którekolwiek z uziemień nie jest widoczne z miejsca wykonywania pracy;
- 8) w wykopach, z zakresu konserwacji, remontów, kontrolno-pomiarowego, wykonywane przy gazociągach lub innych urządzeniach gazowniczych oraz rurociągach sieci ciepłych;
- 9) konserwacyjne, modernizacyjne lub remontowe przy kolejowej sieci trakcyjnej znajdującej się pod napięciem;
- 10) przy wyłączonych spod napięcia lub znajdujących się w budowie elektroenergetycznych liniach napowietrznych, które krzyżują się w strefie ograniczonej uziemieniami ochronnymi z liniami znajdującymi się pod napięciem lub mogącymi znaleźć się pod napięciem, w tym przewodami traktacji elektrycznej;
- 11) na skrzyżowaniach linii elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem lub mogących znaleźć się pod napięciem i przewodami traktacji elektrycznej;
- 12) przy wyłączonym spod napięcia torze wielotorowej elektroenergetycznej linii napowietrznej o napięciu 1 kV i powyżej, jeżeli którykolwiek z pozostałych torów linii pozostaje pod napięciem;
- 13) konserwacyjne, remontowe lub montażowe przy urządzeniach i instalacjach rozładowczych paliw płynnych i gazowych.

3. Szczegółowy wykaz prac, o których mowa w ust. 2, powinien być ustalony i aktualizowany w oparciu o przepisy wydane na podstawie art. 237¹⁵ ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy oraz wyniki identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka związanego z zagrożeniami, mogącymi wystąpić podczas wykonywania prac.

4. Prace, o których mowa w ust. 2 i 3, wykonują co najmniej dwie osoby w celu zapewnienia asekuracji.

§ 29. 1. Polecenie pisemne wykonywania pracy wydaje prowadzący eksploatację lub osoby przez niego upoważnione.

2. Polecenie pisemne wykonania pracy zawiera co najmniej:

- 1) numer polecenia;
- 2) określenie osób odpowiedzialnych za organizację oraz wykonanie pracy;

- 3) określenie zakresu prac do wykonania i strefy pracy;
- 4) określenie warunków i środków ochronnych niezbędnych do zapewnienia bezpiecznego przygotowania i wykonania poleconych prac;
- 5) wyznaczenie terminu rozpoczęcia i zakończenia prac oraz przerw w ich wykonaniu.

3. Prowadzący eksploatację może określić dodatkowy zakres informacji, które powinny zostać umieszczone w poleceniu pisemnym.

4. Polecenie pisemne należy przechowywać przez okres nie krótszy niż 30 dni od daty zakończenia pracy.

5. Sposób rejestrowania, wydawania, przekazywania, obiegu i przechowywania poleceń pisemnych ustala prowadzący eksploatację.

§ 30. Bez polecenia jest dozwolone:

- 1) wykonywanie czynności związanych z ratowaniem zdrowia lub życia ludzkiego;
- 2) zabezpieczanie urządzeń energetycznych przed zniszczeniem;
- 3) prowadzenie przez osoby uprawnione i upoważnione prac eksploatacyjnych zawartych w instrukcjach eksploatacji.

§ 31. 1. Organizując na polecenie prace eksploatacyjne, należy uwzględnić wymagania zawarte w instrukcjach eksploatacji, o których mowa w § 4, oraz zapewnić:

- 1) skoordynowanie wykonania prac z ruchem urządzeń energetycznych, obejmujące w szczególności:
 - a) określenie zakresu oraz kolejności wykonywania czynności łączeniowych związanych z przygotowaniem i likwidacją strefy pracy, jeżeli wymaga tego bezpieczeństwo lub technologia wykonywania prac,
 - b) wydanie zezwolenia na przygotowanie, przekazanie i likwidację strefy pracy,
 - c) ustalenie kolejności prowadzenia prac, przerywania, wznowienia lub zakończenia prac,
 - d) wydanie zezwolenia na uruchomienie urządzeń energetycznych, przy których była wykonywana praca, jeżeli w związku z jej wykonywaniem były one wyłączone z ruchu;
- 2) przygotowanie i przekazanie strefy pracy, obejmujące w szczególności:
 - a) uzyskanie zezwolenia na dokonanie czynności łączeniowych,
 - b) wyłączenie urządzeń z ruchu, jeżeli wymaga tego technologia lub bezpieczeństwo wykonywanych prac, oraz ich zabezpieczenie przed przypadkowym uruchomieniem lub doprowadzeniem czynników stwarzających zagrożenie,
 - c) zastosowanie wymaganych zabezpieczeń na wyłączonych urządzeniach oraz sprawdzenie, czy zostały usunięte czynniki stwarzające zagrożenie, takie jak: napięcie, ciśnienie, woda, gaz, temperatura,
 - d) oznaczenie strefy pracy znakami lub tablicami bezpieczeństwa,
 - e) poinformowanie kierującego zespołem o zagrożeniach występujących w strefie pracy i w jej bezpośrednim sąsiedztwie,
 - f) dopuszczenie do pracy;
- 3) rozpoczęcie i wykonanie pracy, obejmujące w szczególności:
 - a) dobór osób do wykonania poleconej pracy,
 - b) sprawdzenie przez kierującego zespołem przygotowania strefy pracy i przejęcie jej, jeżeli została przygotowana właściwie,
 - c) zaznajomienie członków zespołu z występującymi zagrożeniami w strefie pracy i w jej bezpośrednim sąsiedztwie oraz z metodami bezpiecznego wykonywania pracy,
 - d) egzekwowanie od członków zespołu stosowania właściwych środków ochrony indywidualnej, odzieży i obuwia roboczego oraz narzędzi i sprzętu,
 - e) zapewnienie wykonania pracy w sposób bezpieczny;

- 4) zakończenie pracy i likwidacja strefy pracy, obejmujące w szczególności:
 - a) sprawdzenie, czy praca została zakończona, a sprzęt i narzędzia usunięte ze strefy pracy,
 - b) opuszczenie strefy pracy przez zespół,
 - c) usunięcie środków ochronnych użytych do przygotowania strefy pracy i jej zabezpieczenia lub używanych przy wykonywaniu pracy,
 - d) poinformowanie o zakończeniu pracy i gotowości urządzeń lub instalacji do ruchu;
- 5) rejestrowanie, w formie określonej przez prowadzącego eksploatację, ustaleń, o których mowa w pkt 1-4;
- 6) ustalenie zasad wyznaczania koordynatora w rozumieniu art. 208 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy, określenie jego zakresu obowiązków i sposobu ich realizacji.

2. Do obowiązków koordynatora, o którym mowa w ust. 1 pkt 6, należy w szczególności:

- 1) ustalenie harmonogramu prac uwzględniającego zadania wszystkich zespołów realizujących prace, jeżeli wymaga tego bezpieczeństwo lub technologia ich wykonywania;
- 2) zapewnienie współpracy osób kierujących pracami zespołów i osób nadzorujących te prace;
- 3) ustalenie sposobu łączności i sposobu alarmowania w sytuacji zaistnienia zagrożenia lub awarii.

§ 32. 1. W każdym zespole wyznacza się osobę kierującą zespołem.

2. W przypadku opuszczenia strefy pracy przez kierującego zespołem dalsze wykonywanie pracy musi zostać przerwane, a zespół wyprowadzony z tej strefy.

3. Kierujący zespołem przed każdym wznowieniem pracy jest obowiązany dokonać dokładnego sprawdzenia zabezpieczenia strefy pracy.

4. Jeżeli podczas sprawdzenia, o którym mowa w ust. 3, zostanie stwierdzone pogorszenie warunków bezpieczeństwa w strefie pracy, wznowienie pracy może nastąpić po doprowadzeniu warunków do wymaganego poziomu bezpieczeństwa.

§ 33. Podczas wykonywania pracy zabronione jest w szczególności:

- 1) rozszerzanie pracy poza zakres i strefę pracy określone w poleceniu;
- 2) dokonywanie zmian w zastosowanych zabezpieczeniach, jeżeli miałyby to pogorszyć poziom bezpieczeństwa przy wykonywaniu prac.

§ 34. Traci moc rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (Dz. U. Nr 80, poz. 912).

§ 35. Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 6 miesięcy od dnia ogłoszenia.

Minister Gospodarki: wz. *D. Bogdan*

