

Władysław Orlik

EGZAMIN KWALIFIKACYJNY ELEKTRYKA W PYTANIACH I ODPOWIEDZIACH



ISBN 83-913084-4-8



9 788391 308448 >

Wydawnictwo

KaBe

Krosno 2001



Recenzenci:

dr inż. **Krzysztof Siodła** Rzeczoznawca SEP, **Specjalista SEP**
inż. **Aleksander Podbrez** Rzeczoznawca SEP

Książka jest przeznaczona dla osób przygotowujących się do egzaminu kwalifikacyjnego na uprawnienia w zakresie eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych i zawiera wiadomości wymagane na egzaminie kwalifikacyjnym. Książka ta może być przydatna również osobom na stanowiskach dozoru nad urządzeniami, instalacjami i sieciami elektroenergetycznymi.

© Copyright by Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” s.c. Krosno 2001

ISBN 83-913084-4-8

Wydawca: Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” s.c. Krosno,
tel.(013)43 216 52

Wydanie drugie, poprawione i uzupełnione.

Skład i łamanie: F.U.H. „Fold-Kom” s.c. Krosno, tel. (013) 436 60 54

Druk i oprawa: SERIDRUK S.C. Łódź, tel./fax (042) 649 30 66

Spis treści

Wstęp.....	15
1. ZARYS WIADOMOŚCI Z PODSTAW ELEKTROTECHNIKI.....	17
1.1. Obwód elektryczny oraz podstawowe prawa.....	17
1.1.1. Obwód elektryczny.....	17
1.1.2. Prąd i napięcie.....	17
1.1.3. Prawo Ohma.....	19
1.1.4. Rezystancja i rezystywność. Łączenie rezystorów.....	19
1.1.5. Źródła prądu elektrycznego.....	21
1.1.6. Prawa Kirchhoffa.....	21
1.1.7. Moc i energia. Prawo Joule'a-lenza.....	23
1.1.8. Budowa i działanie akumulatorów.....	23
1.2. Zjawiska magnetyczne i elektromagnetyczne.....	26
1.2.1. Pole magnetyczne.....	26
1.2.2. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.....	27
1.2.3. Zjawisko elektrodynamiczne.....	29
1.2.4. Zasada działania prądnicy i silnika elektrycznego prądu stałego.....	30
1.3. Prąd przemienny jednofazowy.....	32
1.3.1. Wielkości charakterystyczne prądu sinusoidalnego.....	32
1.3.2. Obwód elektryczny z rezystancją, reaktancją i impedancją.....	33
1.3.3. Kondensatory. Łączenie kondensatorów.....	36
1.3.4. Moc prądu przemiennego jednofazowego.....	37
1.4. Prąd przemienny trójfazowy.....	38
1.4.1. Układy połączeń.....	38
1.4.2. Moc prądu trójfazowego.....	39

2. OCHRONA PRZED PORAŻENIEM PRĄDEM ELEKTRYCZNYM W URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH O NAPIĘCIU DO 1 kV – 4 0

2.1. Wiadomości ogólne.....	40
2.1.1. Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm ludzki.....	40
2.1.2. Warunki środowiskowe.....	41
2.1.3. Stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych.....	41
2.1.4. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektronicznych.....	43
2.1.5. Napięcia i układy sieciowe.....	44
2.1.6. Oznaczenia przewodów i zacisków.....	50
2.1.7. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.....	52
2.2. Rodzaje ochron przeciwporażeniowych.....	52
2.2.1. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa).....	53
2.2.2. Ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa).....	55
2.2.2.1. Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania.....	56
2.2.2.2. Ochrona przez zastosowanie urządzenia II klasy ochronności.....	73
2.2.2.3. Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska.....	74
2.2.2.4. Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej.....	75
2.2.2.5. Ochrona przez zastosowanie niezziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.....	78
2.2.3. Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.....	79
2.2.4. Połączenia wyrównawcze.....	81
2.2.5. Przewody ochronne, ochronno-neutralne i wyrównawcze.....	83
2.2.6. Uziomy i przewody uziemiające.....	85
2.2.7. Wymagania dodatkowe dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w zależności od warunków środowiskowych.....	89
2.2.7.1. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub basen natryskowy (łazienki).....	89
2.2.7.2. Place budowy i robót rozbiórkowych.....	91
2.2.7.3. Gospodarstwa rolne i ogrodnicze.....	93
2.2.7.4. Wymagania dodatkowe dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w ograniczonych przestrzeniach przewodzących.....	94
2.2.8. Przyłączanie urządzeń elektrycznych.....	95
3. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH O NAPIĘCIU POWYŻEJ 1 kV.....	99

4. BUDOWA I EKSPLOATACJA URZĄDZEŃ ELEKTROENERGETYCZNYCH.....102

4.1. Ogólne zasady eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.....	102
4.1.1. Wiadomości ogólne.....	102
4.1.2. Wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.....	104
4.1.3. Dokumentacja techniczna.....	106
4.1.4. Przyjmowanie urządzeń do eksploatacji.....	108
4.1.5. Prowadzenie eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.....	109
4.1.6. Kontrola eksploatacji.....	110
4.2. Elektryczne urządzenia napędowe.....	111
4.2.1. Rodzaje i budowa silników elektrycznych.....	111
4.2.1.1. Silniki indukcyjne.....	112
4.2.1.2. Silniki prądu stałego.....	123
4.2.1.3. Silniki komutatorowe prądu przemiennego jednofazowe.....	129
4.2.1.4. Dobór silników w zależności od warunków środowiskowych.....	130
4.2.1.5. Zabezpieczenia silników elektrycznych.....	131
4.2.2. Eksploatacja elektrycznych urządzeń napędowych.....	135
4.2.2.1. Wiadomości ogólne.....	135
4.2.2.2. Oględziny i przeglądy.....	138
4.2.2.3. Zakres badań technicznych dla elektrycznych urządzeń napędowych.....	142
4.2.2.4. Podstawowe uszkodzenia silników indukcyjnych, ich objawy i sposoby usuwania.....	144
4.2.2.5. Podstawowe uszkodzenia silników prądu stałego, ich objawy i sposoby usuwania.....	153
4.3. Transformatory energetyczne.....	155
4.3.1. Budowa i działanie transformatorów.....	155
4.3.2. Eksploatacja transformatorów.....	166
4.3.3. Typowe zakłócenia i uszkodzenia transformatorów.....	171
4.3.4. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych transformatorów o mocy do 1,6 MVA.....	174
4.4. Stacje elektroenergetyczne.....	174
4.4.1. Budowa stacji elektroenergetycznych.....	174
4.4.2. Eksploatacja stacji elektroenergetycznych.....	181
4.4.2.1. Wiadomości ogólne i czynności łączeniowe.....	181
4.4.2.2. Oględziny stacji elektroenergetycznych.....	184
4.4.2.3. Przeglądy stacji elektroenergetycznych.....	187

4.5. Elektroenergetyczne linie napowietrzne	190	4.8. Baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej	265
4.5.1. Budowa linii napowietrznych.....	190	4.8.1. Budowa baterii kondensatorów.....	265
4.5.2. Ochrona od przepięć linii napowietrznych.....	208	4.8.2. Rodzaje kompensacji mocy biernej za pomocą kondensatorów.....	269
4.5.2.1. Ochrona od przepięć elektroenergetycznych linii napowietrznych o napięciu wyższym niż 1 kV.....	208	4.8.3. Dobór mocy baterii do kompensacji mocy biernej.....	270
4.5.2.2. Ochrona od przepięć elektroenergetycznych linii napowietrznych o napięciu do 1 W.....	209	4.8.4. Eksploatacja baterii kondensatorów do kompensacji mocy biernej.....	271
4.5.3. Eksploatacja elektroenergetycznych linii napowietrznych.....	210	4.8.4.1. Prowadzenie eksploatacji i programy pracy.....	271
4.5.4. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych linii napowietrznych.....	213	4.8.4.2. Oględziny i przeglądy baterii kondensatorów.....	273
4.6. Elektroenergetyczne linie kablowe	214	4.8.4.3. Pomiar eksploatacyjne.....	275
4.6.1. Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne.....	214	4.9. Spawarki i zgrzewarki	276
4.6.2. Osprzęt kablowy.....	217	4.9.1. Rodzaje i budowa spawarek.....	276
4.6.3. Układanie kabli.....	218	4.9.2. Rodzaje i budowa zgrzewarek.....	280
4.6.3.1. Postanowienia ogólne.....	218	4.9.3. Eksploatacja spawarek i zgrzewarek.....	281
4.6.3.2. Układanie kabli w ziemi.....	220	4.9.3.1. Zagadnienia ogólne.....	281
4.6.3.3. Układanie kabli w kanałach, tunelach i budynkach.....	225	4.9.3.2. Oględziny i przeglądy.....	283
4.6.4. Oznaczenia linii kablowych.....	227	4.9.4. Zakres badań technicznych dla urządzeń spawalniczych.....	286
4.6.5. Przekazywanie linii kablowych do eksploatacji.....	228	4.10. Urządzenia oświetlenia elektrycznego	288
4.6.6. Eksploatacja linii kablowych.....	231	4.10.1. Zasady eksploatacji urządzeń oświetleniowych.....	288
4.6.6.1. Oględziny i przeglądy linii kablowych.....	231	4.10.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń oświetlenia elektrycznego.....	290
4.6.6.2. Czynności związane z załączaniem i wyłączaniem linii kablowych.....	232	4.10.3. Użytkowanie urządzeń oświetlenia elektrycznego.....	292
4.6.6.3. Postępowanie w razie awarii, pożaru lub innych nienormalnych objawów pracy linii kablowych.....	233	4.11. Urządzenia prostownikowe i akumulatorowe	293
4.6.7. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych linii kablowych.....	234	4.11.1. Urządzenia prostownikowe.....	293
4.7. Instalacje elektryczne	238	4.11.2. Urządzenia akumulatorowe.....	296
4.7.1. Wiadomości ogólne.....	238	4.11.2.1. Baterie akumulatorów.....	296
4.7.3. Rodzaje pomieszczeń i ich wpływ na dobór instalacji.....	247	4.11.2.2. Ładowanie akumulatorów.....	297
4.7.4. Przyłącza i złącza.....	250	4.11.3. Zasady eksploatacji urządzeń prostownikowych i akumulatorowych.....	302
4.7.5. Warunki techniczne jakim powinna odpowiadać instalacja elektryczna w obiekcie budowlanym.....	252	4.11.4. Wymagania w zakresie wyników pomiarów urządzeń prostownikowych i akumulatorowych.....	306
4.7.6. Ochrona przewodów przed prądem przetężeniowym.....	254	4.12. Zespoły prądotwórcze	307
4.7.7. Ochrona przed przepięciami w instalacjach elektrycznych nn.....	256	4.12.1. Rodzaje zespołów prądotwórczych.....	307
4.7.8. Sprawdzenie odbiorcze instalacji elektrycznych.....	260	4.12.2. Eksploatacja zespołów prądotwórczych.....	308
4.7.9. Eksploatacja instalacji elektrycznych.....	262	4.12.2.1. Uruchomienie zespołu prądotwórczego i programy pracy.....	308
4.7.10. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych instalacji oraz terminy wykonania.....	263	4.12.2.2. Obsługa zespołów prądotwórczych.....	311
		4.12.2.3. Oględziny, konserwacja i remonty zespołów prądotwórczych.....	314

4.13. Urządzenia elektrotermiczne.....	316
4.13.1. Rodzaje i budowa urządzeń elektrotermicznych.....	316
4.13.2. Eksploatacja urządzeń elektrotermicznych.....	325
4.13.2.1. Warunki przyjęcia do eksploatacji i program pracy urządzeń elektrotermicznych.....	325
4.12.2.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń elektrotermicznych.....	327
4.13.3. Zakres badań technicznych urządzeń elektrotermicznych.....	330
4.14. Urządzenia do elektrolizy.....	332
4.14.1. Zasada działania i budowa urządzeń do elektrolizy.....	332
4.14.2. Eksploatacja urządzeń do elektrolizy.....	336
4.14.2.1. Podstawowe czynności eksploatacyjno ruchowe.....	336
4.14.2.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń do elektrolizy.....	338
4.14.3. Zakres badań technicznych urządzeń do elektrolizy.....	340
4.15. Sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego.....	341
4.15.1. Montaż.....	341
4.15.2. Eksploatacja sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego.....	344
4.15.3. Organizacja bezpiecznej pracy przy sieciach elektrycznego oświetlenia ulicznego.....	347
4.16. Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwybuchowym.....	348
4.16.1. Zagrożenia wybuchem.....	348
4.16.2. Urządzenia elektryczne przeciwybuchowe Ex i strefy zagrożenia.....	350
4.16.3. Dobór urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem.....	355
4.16.4. Instalowanie urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem.....	359
4.16.5. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem.....	361
4.16.5.1. Podstawowe zasady eksploatacji urządzeń przeciwybuchowych.....	361
4.16.5.2. Oględziny urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem.....	365
4.16.5.3. Przeglądy urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem.....	368
4.16.5.4. Czynności konserwacyjne urządzeń elektrycznych czynnych i rezerwowych w strefach zagrożonych wybuchem.....	371
4.16.5.5. Naprawa elektrycznych urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem.....	372
4.17. Urządzenia piorunochronne.....	376
4.17.1. Budowa urządzeń piorunochronnych.....	376
4.17.2. Ochrona wewnętrzna.....	385
4.17.3. Badania urządzeń piorunochronnych.....	388

5. OGÓLNE ZASADY RACJONALNEJ GOSPODARKI ELEKTROENERGETYCZNEJ.....	395
5.1. Straty energii.....	395
5.2. Zasady oszczędzania energii w zakładach przemysłowych.....	397
5.3. Kompensowanie mocy biernej.....	398
6. BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY.....	400
6.1. Wiadomości ogólne.....	400
6.2. Podstawowe warunki bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych.....	402
7. ZASADY ORGANIZACJI I WYKONYWANIA PRAC PRZY URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH.....	405
7.1. Określenia.....	405
7.2. Rodzaje poleceń na pracę.....	406
7.3. Polecenia na wykonanie prac oraz kwalifikacje i obowiązki pracowników w zakresie organizacji bezpiecznej pracy.....	408
7.4. Przygotowanie miejsca pracy, dopuszczenie do pracy, zakończenie pracy.....	413
7.5. Zasady bezpiecznego wykonywania prac.....	419
7.5.1. Zasady wykonywania prac na polecenie.....	419
7.5.2. Wykonywanie stałych czynności eksploatacyjno-konserwacyjnych przez wyznaczone osoby przy urządzeniach o napięciu do 1 kV.....	421
7.5.3. Zasady bezpieczeństwa wykonywania prac przy obsłudze urządzeń elektroenergetycznych.....	422

7.6. Sprzęt ochronny i narzędzia pracy.....	424
8. OCHRONA PRZECIWOŻAROWA.....	436
8.1. Niebezpieczeństwo pożaru od urządzeń elektrycznych.....	436
8.2. Środki i sprzęt gaśniczy.....	437
8.3. Postępowanie w razie pożaru.....	442
8.4. Gaszenie urządzeń elektroenergetycznych.....	443
8.5. Wymagania w zakresie ochrony przeciwpożarowej dotyczące instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych w zależności od wpływów zewnętrznych.....	444
9. ZASADY POSTĘPOWANIA PRZY RATOWANIU OSÓB PORAŻONYCH PRĄDEM ELEKTRYCZNYM I POPARZONYCH.....	448
9.1. Skutki przepływu prądu przez ciało ludzkie.....	448
9.2. Uwalnianie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV.....	449
9.3. Uwalnianie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1 kV.....	454
9.4. Udzielanie pomocy przedlekarskiej osobom porażonym prądem elektrycznym.....	456
9.5. Sztuczne oddychanie.....	458
9.6. Przywrócenie krążenia.....	460
9.7. Udzielanie pomocy przedlekarskiej przy oparzeniach termicznych i chemicznych.....	463

Literatura.....	455
Normy.....	466
Przepisy prawne.....	470
Katalogi.....	471

Ponadto poprawiono zauważone błędy i uwzględniono słuszne uwagi krytyczne.

Chciałbym w tym miejscu serdecznie podziękować recenzentom Panu drowi inż. Krzysztofowi Siodle i Panu inż. Aleksandrowi Podbrzewowi za bardzo wnikliwe, konstruktywne i życzliwe uwagi oraz cenne wskazówki.

Mam nadzieję, że to wydanie książki będzie również stanowić cenną pomoc w przygotowaniu się elektryków do egzaminu kwalifikacyjnego.

Autor.

Rezystywność
 miedź $1,75 \cdot 10^{-8} \frac{\Omega \cdot m}{m}$; $0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
 aluminium $2,98 \cdot 10^{-8} \frac{\Omega \cdot m}{m}$; $0,0298 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Konduktywność
 miedź $57 \frac{S \cdot m}{mm^2}$; $57 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$
 aluminium $34,8 \frac{S \cdot m}{mm^2}$; $34,8 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

1. ZARYS WIADOMOŚCI Z PODSTAW ELEKTROTECHNIKI

1.1. Obwód elektryczny oraz podstawowe prawa

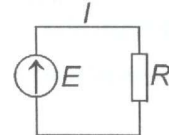
1.1.1. Obwód elektryczny

Obwód elektryczny jest to zespół elementów tworzących przy najmniej jedną zamkniętą drogę dla przepływu prądu elektrycznego.

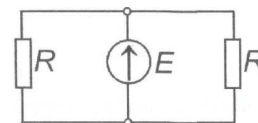
Podstawowymi elementami obwodu elektrycznego są:

- źródła napięcia,
- odbiorniki,
- przewody łączące.

Obwód może być nierozgałęziony (rys. 1.1) lub rozgałęziony (rys. 1.2).



Rys. 1.1. Schemat najprostszego obwodu elektrycznego nierozgałęzionego.



Rys. 1.2. Schemat obwodu rozgałęzionego.

1.1.2. Prąd i napięcie

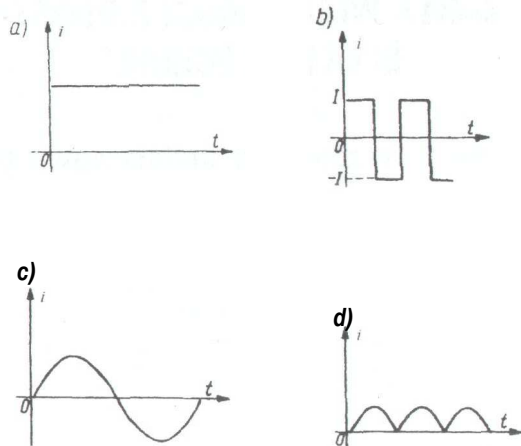
Prądem elektrycznym nazywamy stosunek ilości ładunku ΔQ przepływającego przez przekrój przewodnika w małym przedziale czasu Δt do tego czasu.

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Prąd stały jest to prąd, którego wartość i zwrot nie zmieniają się w funkcji czasu (rys.1.3a).

Prąd nie spełniający tego warunku nazywa się zmiennym (rys.1.3b, c).

Jednostką prądu elektrycznego I jest 1 Amper [A].



Rys. 1.3. Przebiegi prądów w czasie: a) stałego, b) zmiennego dwukierunkowego, c) sinusoidalnie zmiennego, d) pulsującego jednokierunkowego.

Napięcie U_{AB} między punktami A i B jest to różnica potencjałów między tymi punktami

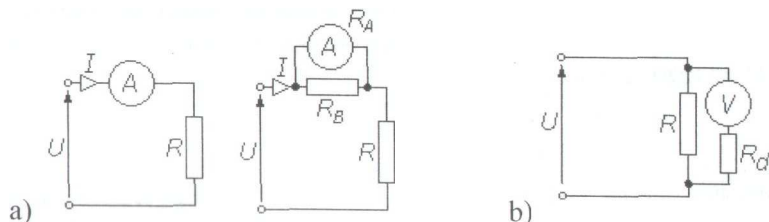
$$U_{AB} = V_A - V_B$$

gdzie V_A i V_B - potencjały punktów A i B.

Jednostką napięcia U jest 1 Volt [V].

Prąd mierzy się amperomierzem, który należy włączyć szeregowo z odbiornikiem (rys. 1.4a).

Napięcie mierzy się woltomierzem, który należy włączyć równolegle z odbiornikiem (rys. 1.4b).



Rys. 1.4. Pomiary: a) prądu I amperomierzem; 2) amperomierzem z bocznikiem; b) napięcia; R - rezystancja odbiornika; R_B - rezystancja bocznika; R_d - rezystancja posobnika; R_A - rezystancja wewnętrzna amperomierza.

1.1.3. Prawo Ohma

W obwodach **prądu** stałego prawo Ohma ma postać:

$$I = \frac{U}{R}$$

Prąd w obwodzie jest wprost proporcjonalny do przyłożonego napięcia, a odwrotnie proporcjonalny do rezystancji obwodu.

Inne postacie: $U = I \cdot R$; $R = \frac{U}{I}$ gdzie: R - rezystancja.

Jednostką rezystancji R jest 1 Om [Ω].

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

1.1.4. Rezystancja i rezystywność. Łączenie rezystorów

Rezystancję jednorodnego przewodnika wyraża wzór:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

$$G = \frac{1}{R}; \quad \gamma = \frac{1}{\rho}$$

gdzie: R - rezystancja w Ω ,
 l - długość przewodnika w m
 S - przekrój poprzeczny przewodnika w mm^2

G - konduktancja w simensach $1S = \frac{1}{\Omega}$

ρ - rezystywność w $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$,

γ - konduktywność w $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$.

Rezystancję przewodu w zależności od temperatury wyraża wzór:

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20^\circ)]$$

gdzie: R_t - rezystancja przewodu w temperaturze t
 R_{20} - rezystancja przewodu w temperaturze 20°C ,

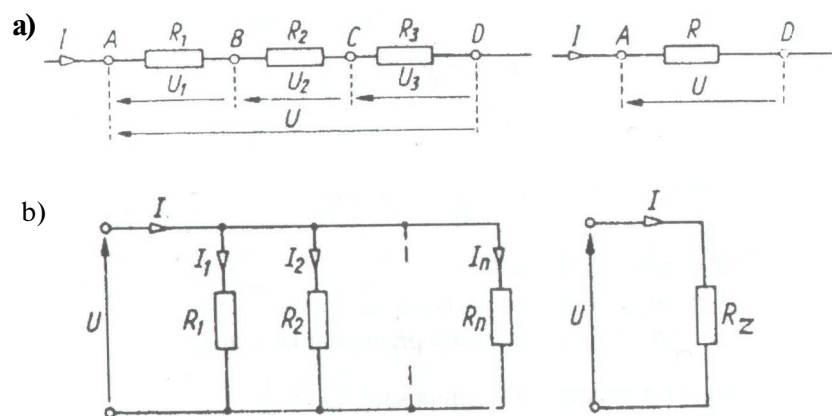
a α - współczynnik temperaturowy rezystancji w $\frac{1}{^\circ\text{C}}$

Rezystancję wypadkową szeregowo połączonych n rezystorów (oporników) (rys. 1.5a) oblicza się ze wzoru:

$$R_z = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

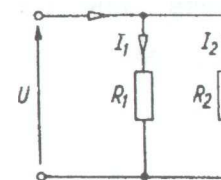
Rezystancję wypadkową równolegle połączonych n rezystorów (rys. 1.5b) oblicza się ze wzoru:

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Rys. 1.5. Połączenie rezystorów: a) szeregowe; b) równoległe.

Dla dwóch rezystorów połączonych równolegle (rys. 1.6) rezystancję wypadkową oblicza się ze wzoru:

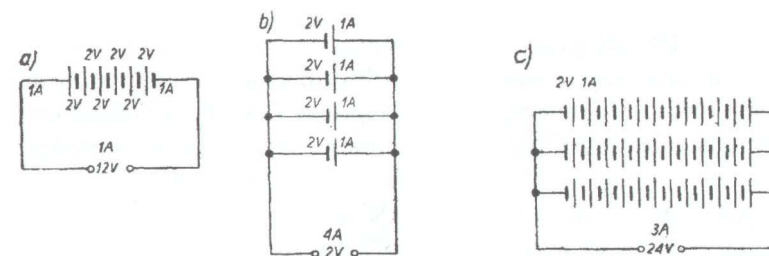


$$R_z = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Rys. 1.6. Układ równoległy dwóch oporników.

1.1.5. Źródła prądu elektrycznego

Źródłami prądu przemiennego są prądnice maszynowe trójfazowe (generatory) zainstalowane w elektrowniach zawodowych, przemysłowych lub prywatnych.



Rys. 1.7. Łączenie ogniw: a) szeregowe; b) równoległe; c) mieszane.

Źródłami prądu stałego mogą być prądnice maszynowe prądu stałego, ogniwa i akumulatory (pkt 1.1.8). W celu uzyskania wyższego napięcia ogniwa lub akumulatory łączymy w tak zwane baterie (rys. 1.7).

1.1.6. Prawa Kirchhoffa

• Pierwsze prawo Kirchhoffa

Suma prądów dopływających do każdego węzła jest równa sumie prądów wypływających z tego węzła.

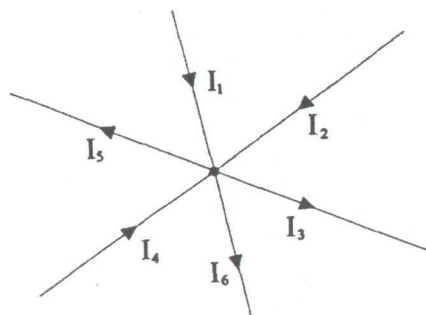
Prądy dopływające do węzła oznaczamy jako dodatnie, a prądy wypływające jako ujemne (rys. 1.8).

Pierwsze prawo Kirchhoffa można zapisać w postaci:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

po przekształceniu $I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 + I_6$

ogólnie $\sum_{k=1}^m I_k = 0$

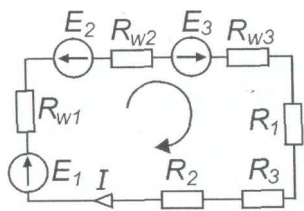


Rys. 1.8. Węzeł obwodu elektrycznego.

• **Drugie prawo Kirchhoffa**

W dowolnym zamkniętym obwodzie elektrycznym, zwanym oczkiem (rys. 1.9) suma algebraiczna napięć źródłowych (E_k) jest równa sumie algebraicznej napięć odbiornikowych U_i (spadków napięć)

$$\sum_{k=1}^m E_k = \sum_{l=1}^n U_l$$



Rys. 1.9. Obwód elektryczny jednooczkowy.

Zgodnie z II prawem Kirchhoffa w obwodzie przedstawionym na rys. 1.9 jest spełnione równanie:

$$E_1 - E_2 + E_3 = I \cdot R_{w1} + I \cdot R_1 + I \cdot R_{w2} + I \cdot R_2 + I \cdot R_{w3} + I \cdot R_3$$

1.1.7. Moc i energia. Prawo Joule'a-Lenza

- **Moc prądu stałego** wyraża zależność

$$P = U \cdot I; \quad P = I^2 \cdot R; \quad P = \frac{U^2}{R}$$

gdzie: P - moc w W,
 U - napięcie w V,
 I - prąd w A,
 R - rezystancja w Ω .

Jednostką mocy P jest 1 Wat [W], większą jednostką jest 1 kW = 1000 W.

Energia elektryczna W pobrana w czasie t przez odbiornik przy napięciu U oraz prądzie I wyraża się wzorem:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Jednostką energii W jest 1 kilowatogodzina [kWh].

- **Prawo Joule'a - Lenza**

Ilość ciepła Q_c wydzielonego w przewodniku pod wpływem przepływu prądu elektrycznego jest proporcjonalna do rezystancji R przewodnika, do kwadratu prądu I oraz do czasu przepływu t .

$$Q_c = R \cdot I^2 \cdot t$$

Jednostką ciepła Q_c jest 1 dżul [J].

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

1.1.8. Budowa i działanie akumulatorów

Akumulator przeznaczony jest do magazynowania energii elektrycznej. Proces formowania się akumulatora nazywamy procesem ładowania, a proces oddawania energii elektrycznej do obwodu procesem wyładowania.

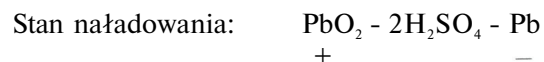
Podczas ładowania akumulator jest odbiornikiem energii elektrycznej, która zamienia się na energię chemiczną i w tej postaci jest magazynowana.

Podczas wyładowania akumulator pracuje jako źródło energii elektrycznej i energia chemiczna z powrotem jest zamieniana na energię elektryczną.

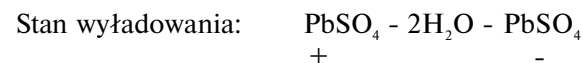
Rozróżniamy akumulatory kwasowe (ołowiowe) i zasadowe (żelazo-niklowe i kadmowo-niklowe).

• **Akumulatory ołowiowe (rys. 1.10)**

W stanie naładowanym elektrodą ujemną jest ołów Pb, elektrodą dodatnią jest dwutlenek ołowiu PbO_2 , a elektrolitem wodny roztwór kwasu siarkowego ($H_2SO_4 + H_2O$)



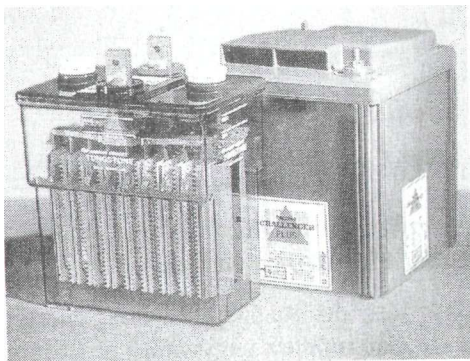
Podczas wyładowania obie elektrody pokrywają się siarczanem ołowiu.



Przy ładowaniu gęstość elektrolitu zwiększa się ($1,28 \text{ g/cm}^3$).

Przy wyładowaniu gęstość elektrolitu zmniejsza się ($1,14 \text{ g/cm}^3$).

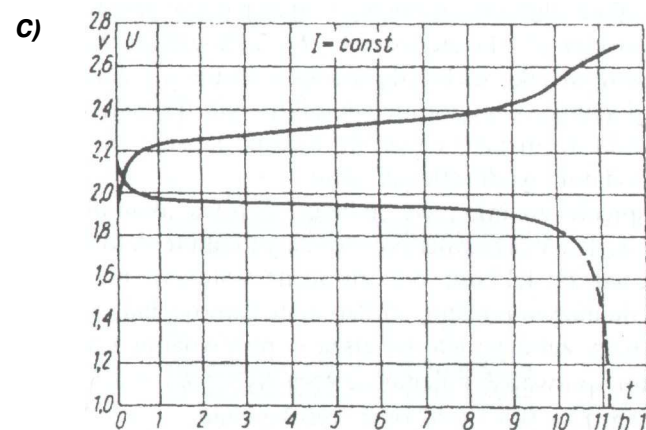
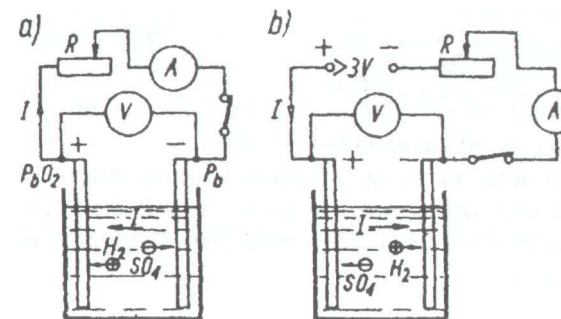
Napięcie akumulatora ołowiowego ma wartość 2V.



Rys. 1.10. Akumulator kwasowo-olowiowy do baterii stacjonarnych firmy TLTINGSTONE BATTERIES.

Przez pojemność akumulatora rozumiemy ładunek Q, jaki można z niego otrzymać przy jednokrotnym wyładowaniu. Wyrażamy ją w amperogodzinach.

Przebieg ładowania i rozładowania akumulatora ołowiowego przedstawiono na rys. 1.11.



Rys. 1.11. Akumulator ołowiowy: a) układ połączeń przy wyładowaniu akumulatora; b) układ połączeń przy ładowaniu akumulatora; c) przebieg ładowania i wyładowania akumulatora $U = f(t)$.

• **Sprawność pojemnościowa η_{poj}** jest równa stosunkowi ładunku Q_{wyl} wydanego podczas wyładowania do ładunku Q_{lad} pobranego przez akumulator podczas ładowania

$$\eta_{poj} = \frac{Q_{wyl}}{Q_{lad}} \approx 0,85 \div 0,92$$

przy tej samej stałej wartości prądu ładowania i prądu wyładowania.

- **Sprawność energetyczna** η_{en} jest równa stosunkowi energii oddanej przez akumulator podczas wyładowania do energii pobranej podczas ładowania

$$\eta_{en} = \frac{W_{wyl}}{W_{lad}} \approx 0,7 \div 0,75$$

Jest ona mniejsza od sprawności pojemnościowej, bo napięcie wyładowania jest niższe od napięcia ładowania.

Akumulatory łączy się w szereg tworząc baterie. Siła elektromotoryczna, baterii szeregowej złożonej z n jednakowych akumulatorów jest równa: $E = n \cdot E_1$; a pojemność jest równa pojemności jednego akumulatora $Q = Q_1$.

- **Akumulatory zasadowe**

W akumulatorze zasadowym elektrolitem jest roztwór wodny ługu potasowego KOH o gęstości 1,19 - 1,20 g/cm³. W akumulatorze żelazo-niklowym jako elektrodę ujemną stosuje się żelazo Fe, a jako elektrodę dodatnią - wodorotlenek niklu Ni(OH)₃. W akumulatorze kadmowo-niklowym jako elektrodę ujemną stosuje się kadm, a jako elektrodę dodatnią wodorotlenek niklu.

Napięcie znamionowe jednego ogniwa akumulatora zasadowego wynosi 1,2 V. Do zalet nowoczesnych akumulatorów kadmowo-niklowych należą: lekkość, odporność na wstrząsy, niewrażliwość na wyładowanie dużym prądem, bardzo małe samowyładowanie.

Do wad należy zaliczyć ich mniejszą w porównaniu z akumulatorami ołowiowymi sprawność pojemnościową $\eta_{po} = 0,7 - 0,52$ i sprawność energetyczną $\eta_{en} = 0,5 - 0,52$ oraz wysoką cenę.

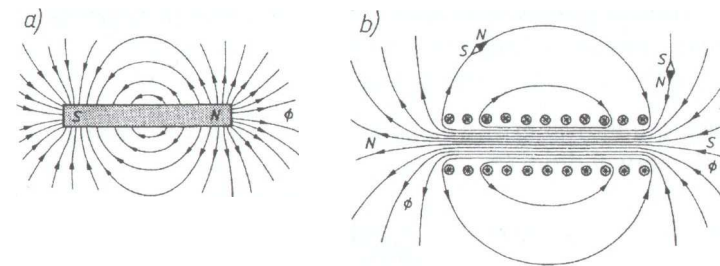
1.2. Zjawiska magnetyczne i elektromagnetyczne

1.2.1. Pole magnetyczne

Pole magnetyczne może być wytworzone przez:

- magnes trwały (rys. 1.12a),
- elektromagnes (rys. 1.12b).

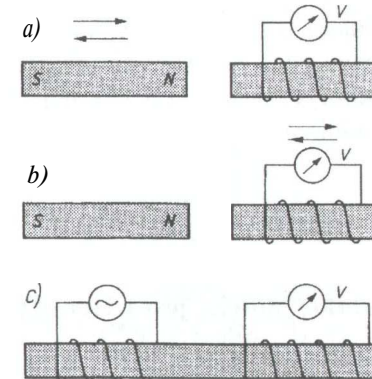
Zespół elementów tworzących drogę zamkniętą dla strumienia magnetycznego nazywamy obwodem magnetycznym.



Rys. 1.12. Obrazy pól magnetycznych wytworzonych przez: a) magnes trwały; b) elektromagnes.

1.2.2. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

Zjawisko indukcji elektromagnetycznej polega na indukowaniu się napięcia nazywanego siłą elektromotoryczną SEM w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym lub w zamkniętym obwodzie obejmującym zmienny w czasie strumień magnetyczny (rys. 1.13)



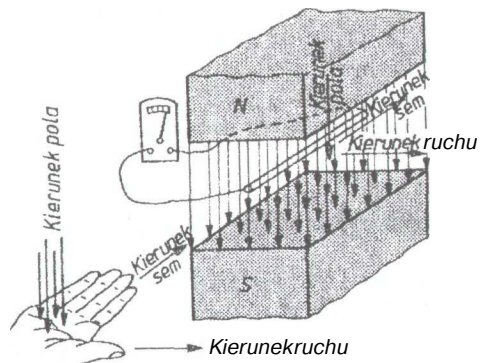
Rys. 1.13. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej: a) zbliżenie magnesu do cewki, b) zbliżenie cewki do magnesu, c) zmiana wartości prądu w jednej z cewek.

Napięcie indukowane w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym jest wprost proporcjonalne do długości czynnej przewodu l , prędkości poruszania przewodnika v oraz indukcji magnetycznej B .

Indukcja B określa intensywność pola magnetycznego. Jednostką indukcji B jest 1 Tesla [T].

$$E = B \cdot l \cdot v$$

Kierunek indukowanej siły elektromotorycznej wyznaczamy za pomocą reguły prawej dłoni (rys. 1.14).



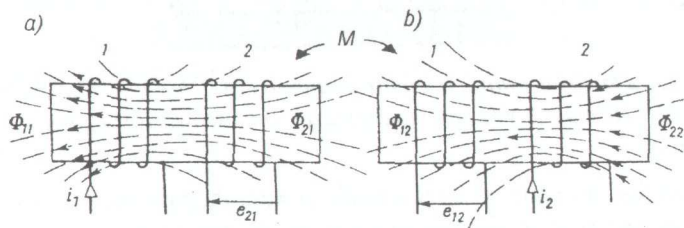
Rys. 1.14. Stosowanie reguły prawej dłoni. [6]

Zjawisko indukcji własnej jest to indukowanie się siły elektromotorycznej w cewce pod wpływem zmian prądu płynącego w tej cewce. Siłę elektromotoryczną indukcji własnej nazywamy siłą elektromotoryczną samoindukcji e_L .

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

Wielkość L oznacza **indukcyjność własną cewki**.

Jednostką indukcji L jest 1 Henr [H].



Rys. 1.15. Indukowanie siły elektromotorycznej: a) w cewce 2 przy zmianie prądu w cewce 1; b) w cewce 1 przy zmianie prądu w cewce 2.

Zjawisko indukcji wzajemnej jest to indukowanie się siły elektromotorycznej w cewce pod wpływem zmian prądu w drugiej cewce z nią sprzężoną. Siła elektromotoryczna indukcji wzajemnej wyraża się wzorem

$$e_M = -M \frac{di}{dt}$$

wielkość M - oznacza **indukcyjność wzajemną np. cewki pierwszej z drugą** (rys. 1.15).

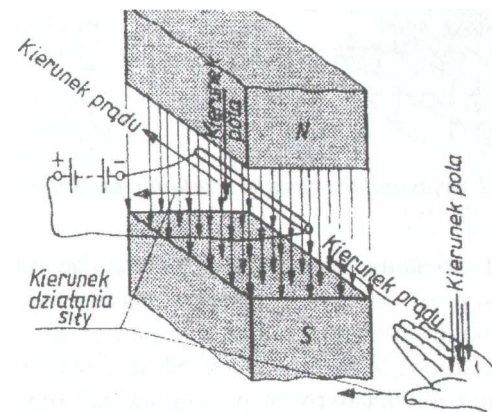
Jednostką indukcji wzajemnej M jest 1 Henr [H].

1.2.3. Zjawisko elektrodynamiczne

Jeżeli w polu magnetycznym znajdują się przewodniki z prądem, to na przewodnik działa siła F

$$F = B \cdot I \cdot l$$

Wielkość siły zależy od indukcji magnetycznej B , natężenia prądu I i długości czynnej przewodu l . Kierunek działania siły określa się stosując regułę lewej dłoni (rys. 1.16).



Rys. 1.16. Stosowanie reguły lewej dłoni. [6]

1.2.4. Zasada działania prądnicy i silnika elektrycznego prądu stałego

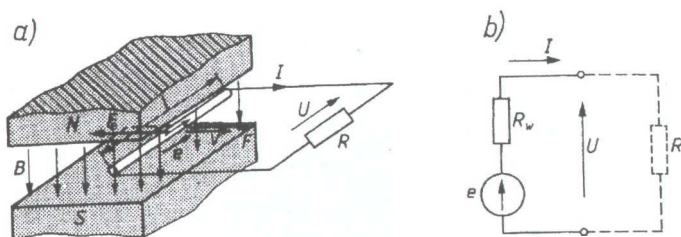
Zjawisko indukowania się siły elektromotorycznej w przewodniku w poruszającym się polu magnetycznym oraz oddziaływania pola magnetycznego na prąd elektryczny są podstawą przemiany pracy mechanicznej w energię elektryczną i odwrotnie.

Przemiany te odbywają się w maszynach elektrycznych, które dzielimy na:

- prądnice elektryczne wytwarzające energię elektryczną kosztem dostarczonej im pracy mechanicznej,
- silniki elektryczne wykonujące pracę mechaniczną kosztem pobieranej energii elektrycznej.

• Zasada działania prądnicy elektrycznej

Elementarny model i schemat zastępczy prądnicy pokazano na rys. 1.17.



Rys. 1.17. Model wyjaśniający zasadę działania prądnicy (a) i schemat zastępczy prądnicy (b). [6]

Na pręt działamy pewną siłą F powodując ruch prostoliniowy pręta w kierunku prostopadłym do linii pola magnetycznego z prędkością v . W pręcie indukują się siła elektromotoryczna $E = B \cdot I \cdot v$. Jeżeli obwód pręta będzie zamknięty, to pod wpływem SEM E popłynie prąd I . Kierunek SEM i prądu można określić posługując się regułą prawej dłoni (rys. 1.14). Prąd I w obwodzie zamkniętym, którego częścią jest pręt poruszany w polu magnetycznym, jest przyczyną powstawania siły

elektrodynamicznej $F_e = B \cdot I \cdot l$ przeciwdziałającej ruchowi pręta. Kierunek działania siły jest przeciwny do kierunku ruchu pręta. W celu utrzymania pręta w ruchu należy stale pokonywać siłę F_e . Iloczyn siły F_e i prędkości v jest mocą mechaniczną P_m potrzebną do utrzymania pręta w ruchu.

$$P_m = F_e \cdot v = B \cdot I \cdot l \cdot v$$

Iloczyn siły elektromotorycznej E oraz prądu I jest mocą elektryczną wytworzoną w pręcie

$$P_e = E \cdot I = B \cdot l \cdot v \cdot I$$

$$P_e = P_m$$

Moc elektryczna wytworzona w pręcie jest teoretycznie równa mocy mechanicznej doprowadzonej do pręta (przy założeniu, że nie ma żadnych strat mocy). Doprowadzona do układu energia mechaniczna została zamieniona w energię elektryczną. Na tej zasadzie oparte jest działanie prądnicy.

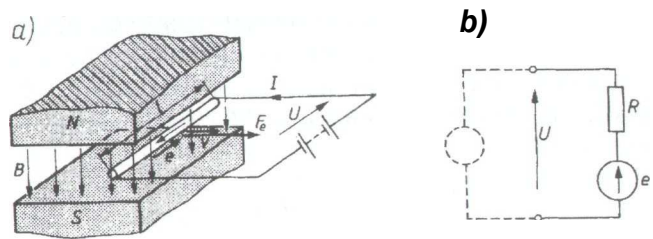
• Zasada działania silnika prądu stałego

Elementarny model i schemat zastępczy silnika pokazano na rys. 1.18. Do pręta doprowadzamy prąd ze źródła o napięciu U . Ponieważ pręt znajduje się w polu magnetycznym działa na niego siła $F = B \cdot I \cdot l$ /o zwrocie odpowiadającym regule lewej dłoni. Jeżeli ta siła jest dostatecznie duża, pręt zaczyna się poruszać z prędkością v pokonując siłę hamującą. Jednocześnie indukują się w pręcie siła elektromotoryczna $E = B \cdot I \cdot v$, której zwrot jest przeciwny do kierunku prądu.

Rozpatrywany pręt staje się odbiornikiem energii elektrycznej. Energia ta przemienia się w pracę mechaniczną. Na tej zasadzie oparte jest działanie silnika elektrycznego.

$$P_m = F \cdot v = B \cdot I \cdot l \cdot v = E \cdot I = P_e$$

Teoretycznie wytwarzana moc mechaniczna P_m jest równa pobranej mocy elektrycznej. W rzeczywistości zachodzą w silniku straty mocy, choćby z uwagi na rezystancję wewnętrzną R_w uzwojeń silnika.



Rys. 1.18. Model wyjaśniający zasadę działania silnika (a) i schemat zastępczy silnika (b). [6]

1.3. Prąd przemienny jednofazowy

1.3.1. Wielkości charakterystyczne prądu sinusoidalnego

Wartość chwilowa $i = I_m \cdot \sin \omega t$ (rys.1.19)

gdzie I_m - wartość maksymalna (amplituda),
 ω - pulsacja (częstotliwość kątowna),
 t - czas.

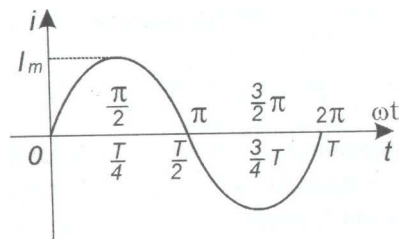
Okres prądu sinusoidalnego $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Jednostką okresu T jest 1 s.

Pulsacja $\omega = 2\pi f$. Jednostką pulsacji ω jest 1 rad/s.

Częstotliwość $f = \frac{1}{T}$. Jednostką częstotliwości f jest 1 Herc [Hz].

Wartość skuteczna prądu sinusoidalnego /

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$



Rys. 1.19. Wykres prądu sinusoidalnego.

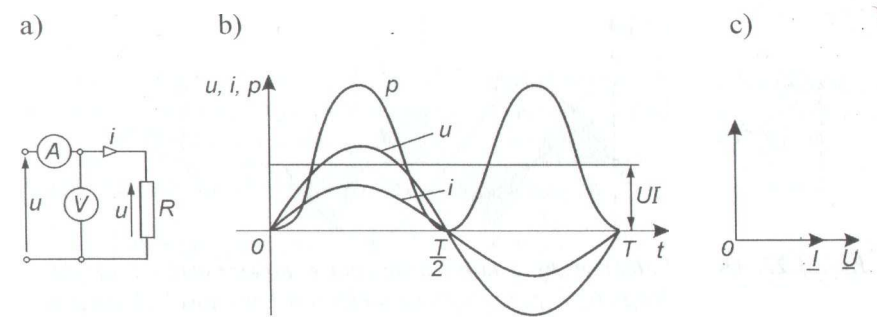
W praktyce posługujemy się wartościami skutecznymi napięć prądów. Mierzmy je za pomocą mierników elektromagnetycznych i elektrodynamicznych. Wartości skuteczne określa się dużymi literami bez wskaźników.

1.3.2. Obwód elektryczny z rezystancją, reaktancją i impedancją

Obwód elektryczny z rezystancją R (rys. 1.20)

$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad I = \frac{U}{R} = G \cdot U$$

Napięcie na rezystancji jest w fazie z prądem (kąąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem $\varphi = 0$).



Rys. 1.20. Obwód elektryczny z rezystancją R : a) układ połączeń, b) przebiegi u, i, p ; c) wykres wektorowy wartości skutecznych prądu i napięcia p – wartość chwilowa mocy.

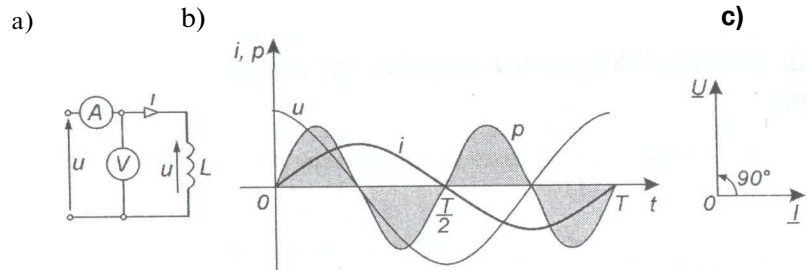
Obwód elektryczny z cewką o indukcyjności L (rys. 1.21)

$$I_m = \frac{U_m}{X_L} \quad I = \frac{U}{X_L} \quad \text{gdzie } X_L - \text{reaktancją indukcyjna cewki}$$

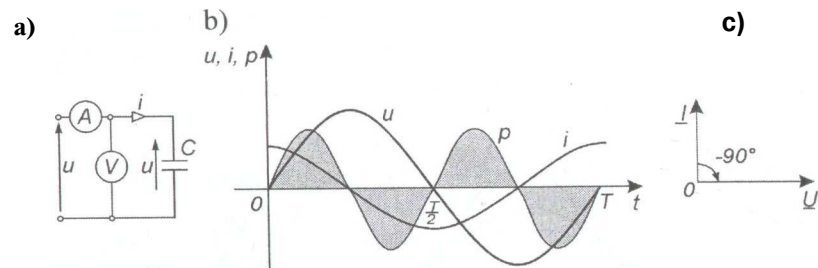
$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L$$

Jednostką reaktancji indukcyjnej X_L jest 1 Om [Ω].

Napięcie na cewce wyprzedza prąd o kąt $90^\circ \left(\frac{\pi}{2}\right)$; lub prąd opóźnia się względem napięcia o kąt 90° .



Rys. 1.21. Obwód elektryczny z cewką o indukcyjności L : a) układ połączeń; b) przebiegi u , i , p ; c) wykres wektorowy wartości skutecznych prądu i napięcia.



Rys. 1.22. Obwód elektryczny z kondensatorem o pojemności C : a) układ połączeń; b) przebiegi u , i , p ; c) wykres wektorowy wartości skutecznych prądu i napięcia.

- Obwód elektryczny z kondensatorem o pojemności C (rys. 1.22)

$$I_m = \frac{U_m}{X_C} \quad I = \frac{U}{X_C}$$

gdzie X_C - reaktancja pojemnościowa

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

C - pojemność kondensatora w faradach [F]

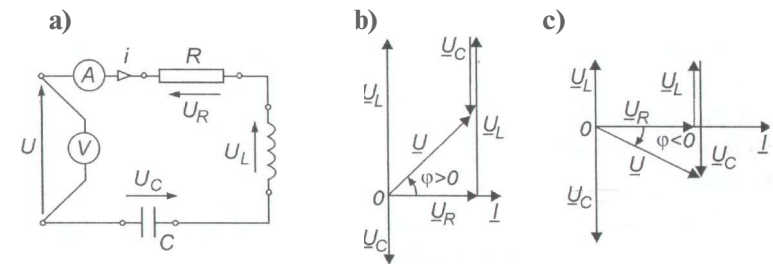
Jednostką reaktancji pojemnościowej X_C jest 1 Om [Ω].

Napięcie na kondensatorze opóźnia się względem prądu o kąt 90° ; lub prąd wyprzedza napięcie na kondensatorze o kąt 90° .

- Obwód elektryczny z impedancją Z (rys. 1.23)

$$\text{Impedancja } Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\text{Reaktancja } X = X_L - X_C$$



Rys. 1.23. Obwód szeregowy R , L , C (z impedancją): a) układ połączeń; b) wykres wektorowy przy przeważającej reaktancji indukcyjnej; c) wykres wektorowy przy przeważającej reaktancji pojemnościowej.

Prawo Ohma dla obwodu prądu przemiennego

$$I = \frac{U}{Z} \text{ lub inne postacie } U = I \cdot Z; \quad Z = \frac{U}{I}$$

$$\frac{1}{Z} = Y - \text{susceptancja}$$

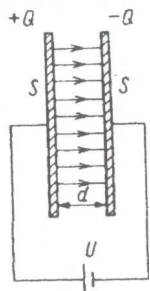
Jednostką susceptancji Y jest 1 Simens [S].

Reaktancja dwójnika szeregowego R , L , C w zależności od wartości L , C , ω może być:

- dodatnia $X_L > X_C$ czyli $X > 0$, kąt fazowy φ est dodatni, obwód ma charakter indukcyjny,
- ujemna $X_L < X_C$ czyli $X < 0$, kąt fazowy φ est ujemny obwód ma charakter pojemnościowy,
- równa zero $X_L = X_C$ czyli $X = 0$, kąt fazowy φ jest równy zero, obwód ma charakter rezystancyjny.

1.3.3. Kondensatory. Łączenie kondensatorów

• Pojemność kondensatora



Rys. 1.24. Kondensator płaski (przekrój poprzeczny).

Kondensatorem nazywamy urządzenie składające się z dwóch przewodników zwanych okładzinami rozdzielonych dielektrykiem. Pojemność kondensatora C jest cechą charakterystyczną kondensatora określającą jego zdolność do gromadzenia ładunku elektrycznego.

Pojemność kondensatora płaskiego

(rys. 1.24) można obliczyć ze wzoru:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$$

gdzie: C - pojemność kondensatora w F,
 S - powierzchnia okładziny w m^2 ,

ϵ - przenikalność bezwzględna dielektryka $\frac{F}{m}$,

d - odstęp między okładzinami w m.

Jednostką pojemności C jest jeden Farad [F], mniejsze jednostki to:

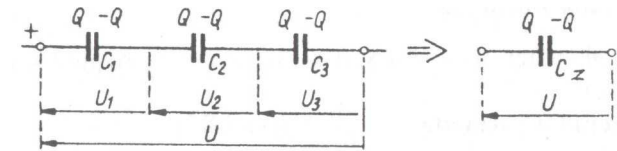
milifarad $1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$
 mikrofarad $1 \text{ }\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$
 nanofarad $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$
 pikofarad $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$

• Łączenie kondensatorów

Pojemność wypadkową (zastępczą) szeregowo połączonych kondensatorów (rys. 1.25) oblicza się ze wzoru:

$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

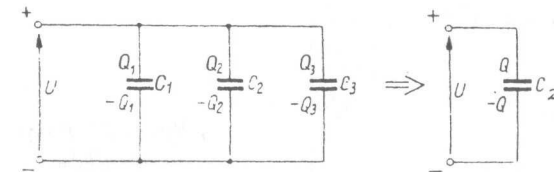
jeżeli $C_1 = C_2 = C_3 = C'$ to: $C_z = \frac{C'}{3}$



Rys. 1.25. Połączenie szeregowe kondensatorów.

Pojemność wypadkową (zastępczą) równolegle połączonych kondensatorów (rys. 1.26) oblicza się ze wzoru:

$$C_z = C_1 + C_2 + C_3$$



Rys. 1.26. Połączenie równoległe kondensatorów.

1.3.4. Moc prądu przemiennego jednofazowego

Moc prądu przemiennego jednofazowego wyrażają następujące zależności:

Moc czynna $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

Jednostką mocy czynnej P jest **1 Wat [W]**.

Moc bierna $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$

Jednostką mocy biernej Q jest **1 Var [Var]**.

Moc pozorna $S = U \cdot I$

Jednostką mocy pozornej S jest **1 Woltamper [VA]**

gdzie: U - wartość skuteczna napięcia,

I - wartość skuteczna prądu

φ - kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem,

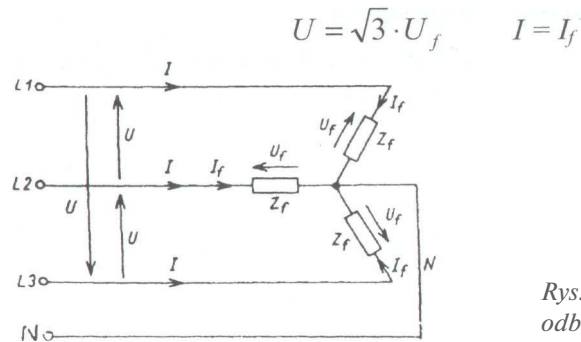
$\cos \varphi$ - współczynnik mocy.

1.4. Prąd przemienny trójfazowy

1.4.1. Układy połączeń

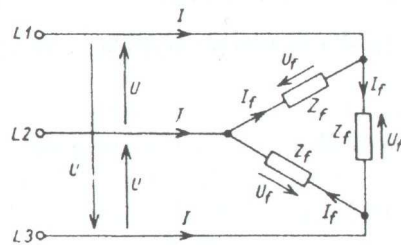
W układach trójfazowych symetrycznych zachodzą następujące zależności:

a) **połączenie w gwiazdę** -  (rys. 1.27)



Rys. 1.27. Połączenie odbiorników trójfazowych w gwiazdę.

b) **połączenie w trójkąt** -  (rys. 1.28)



Rys. 1.28. Połączenie odbiorników trójfazowych w trójkąt.

$$U = U_f \quad I = \sqrt{3} \cdot I_f$$

gdzie: U - napięcie międzyprzewodowe (międzyfazowe),
 U_f - napięcie fazowe,
 I - prąd przewodowy,
 I_f - prąd fazowy.

1.4.2. Moc prądu trójfazowego

Moc prądu trójfazowego oblicza się ze wzorów:

moc czynna $P = 3U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$

moc bierna $Q = 3U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3}U \cdot I \cdot \sin \varphi$

moc pozorna $S = 3U_f \cdot I_f = \sqrt{3}U \cdot I$

Zależność między mocą czynną, bierną i pozorną przedstawia wzór:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Tangens kąta przesunięcia fazowego między prądem i napięciem można obliczyć ze wzoru:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

2. OCHRONA PRZED PORAŻENIEM PRĄDEM ELEKTRYCZNYM W URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH O NAPIĘCIU DO 1 kV

2.1. Wiadomości ogólne

2.1.1. Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

1. Co nazywamy porażeniem prądem elektrycznym?

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

2. Od czego zależą skutki przepływu prądu przez ciało człowieka?

Skutki przepływu prądu przez ciało człowieka zależą od:

- rodzaju prądu (stały lub przemienny),
- natężenia prądu,
- czasu przepływu prądu,
- drogi przepływu prądu przez ciało.

3. Ile wynosi minimalna niebezpieczna dla człowieka wartość prądu płynącego przez jego ciało przez dłuższy czas?

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

- 30 mA prądu przemiennego,
- 70 mA prądu stałego.

4. Czy w praktyce w ochronie przeciwporażeniowej operuje się pojęciem minimalnej niebezpiecznej wartości prądu?

W praktyce w ochronie przeciwporażeniowej nie operuje się pojęciem minimalnej niebezpiecznej wartości prądu lecz pojęciem najwyższej dopuszczalnej wartości napięcia dotykowego, które może się długotrwale utrzymywać w określonych warunkach środowiskowych. Napięcie to nazywamy napięciem dotykowym bezpiecznym i oznaczamy je UL-

2.1.2. Warunki środowiskowe

5. Co to są warunki środowiskowe?

Warunki środowiskowe są to lokalne warunki zewnętrzne, w których mają pracować urządzenia elektryczne lub instalacje elektryczne.

6. Jakie warunki zewnętrzne decydują w praktyce o doborze środków ochrony przeciwporażeniowej?

W praktyce na dobór środków ochrony przeciwporażeniowej mają wpływ następujące warunki zewnętrzne:

- BA - kwalifikacje osób mogących przebywać w danym środowisku np. osoby nieprzeszkolone, dzieci, osoby niesprawne fizycznie i chore psychicznie, osoby z kwalifikacjami, osoby przeszkolone,
- BB - wielkość rezystancji ciała ludzkiego (zależy od wilgotności ciała ludzkiego, temperatury otoczenia, stanu psychicznego człowieka, czy ciało znajduje się w wodzie, czy jest zranione itp.),
- BC - kontakt ludzi z potencjałem ziemi:

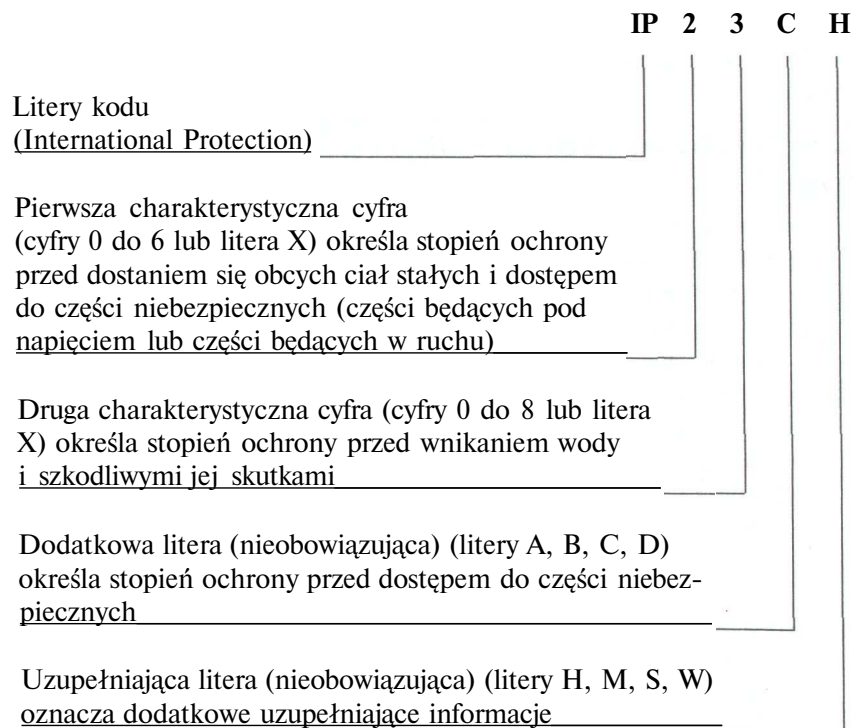
- brak kontaktu - osoby znajdują się na stanowiskach nieprzewodzących i nie mają kontaktu z częściami przewodzącymi obcymi,
- częsty kontakt - osoby mają częsty kontakt z częściami przewodzącymi obcymi (np. praca na obrabiarce);
- ciągły kontakt - osoby znajdują się stale na częściach przewodzących obcych i posiadają przy tym ograniczoną możliwość przerwania tego kontaktu (np. praca w zbiornikach metalowych).

2.1.3. Stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych

7. Jak oznacza się stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych?

Stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych są oznaczone kodem IP w następujący sposób:

Układ kodu IP



oznaczenia:

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

Przykłady oznaczenia:

IP 23CS - Obudowa z takim oznaczeniem:

- (2) - chroni osoby przed dostępem palcem do części niebezpiecznych;
 - chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed wchodzeniem obcych ciał stałych o średnicy 12,5 mm i większej;
- (3) - chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed szkodliwymi skutkami wody natryskowej na obudowę;
- (C) - chroni przed dostępem do części niebezpiecznych osoby operujące narzędziem o średnicy 2,5 mm i większej i długości nie większej niż 100 mm (narzędzie musi wejść do obudowy na całą długość).
- (S) - badania ochrony przed szkodliwymi skutkami przedostającej się wody przeprowadzono przy wszystkich częściach urządzenia nieruchomych.




Jeżeli charakterystyczna cyfra nie jest określana zastępuje się ją literą X (XX gdy obie cyfry są opuszczone). Dodatkowe litery i/lub uzupełniające litery są opuszczane bez zastosowania, np.: IPX5; IP2X, IPXXB. Jeżeli podany jest układ IPX5/IPX7 to przypisano dwa różne stopnie ochrony zapewniane przez obudowę. Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP) podane są w normie [57].

2.1.4. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektro-nicznych

8. Jaki jest podział urządzeń elektrycznych i elektronicznych ze względu na zastosowany środek ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim (ochrony dodatkowej)?

Urządzenia elektryczne i elektroniczne ze względu na zastosowany środek ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim dzieli się na cztery klasy ochronności 0, I, II, III (Tablica 2.1)

Tablica 2.1. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektronicznych [58]

Klasa ochronności	Symbol	Cecha charakterystyczna	Warunki stosowania	Przykłady zastosowania
Klasa I		Izolacja jedynie podstawowa. Zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN.	Przyłączenie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego. Zastosowanie w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych.	Silniki elektryczne, rozdzielnice, kucharki elektryczne, zmywarki itp.
Klasa II		Izolacja podwójna lub wzmocniona. Brak zacisku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych pomieszczeń i miejsc nie stanowią inaczej.	Elektronarzędzia ręczne, młynki do kawy, lampy biurowe, golarki, transformatory ochronne.
Klasa III		Zasilanie napięciem bardzo niskim w układzie SELV lub PELV.	Stosowanie we wszystkich warunkach.	Przenośne lampy oświetleniowe, zabawki elektryczne, elektronarzędzia ręczne.

2.1.5. Napięcia i układy sieciowe

9. Jakie zakresy napięciowe stosuje się w sieciach elektrycznych?

W sieciach elektrycznych stosuje się dwa zakresy napięciowe określone w tablicy 2.2. Napięcia znamionowe sieci oraz urządzeń elektroenergetycznych podane są w tablicy 2.3.

Tablica 2.2. Zakresy napięciowe prądu przemiennego i stałego wg [56]

Zakres napięciowy	Napięcie prądu przemiennego			Napięcie prądu stałego		
	Układy instalacji uziemione		Układy instalacji izolowane lub uziemione pośrednio	Układy instalacji uziemione		Układy instalacji izolowane lub uziemione pośrednio
	faza-ziemia	faza-faza		biegun-ziemia	biegun-biegun	
	V	V	V	V	V	V
I ¹⁾	25<U≤50 12<U≤25 6<U≤12 U≤6	25<U≤50 12<U≤25 6<U≤12 U≤6	25<U≤50 12<U≤25 6<U≤12 U≤6	60<U≤120 30<U≤60 15<U≤30 U≤15	60<U≤120 30<U≤60 15<U≤30 U≤15	60<U≤120 30<U≤60 15<U≤30 U≤15
II	50<U≤600	50<U≤1000	50<U≤1000	120<U≤900	120<U≤1500	120<U≤1500

U – napięcie znamionowe instalacji; ¹⁾ wartość napięcia zależy od warunków środowiskowych.

Tablica 2.3. Napięcia znamionowe sieci oraz urządzeń elektroenergetycznych prądu stałego i przemiennego niskiego napięcia wg [55]

Rodzaj prądu	Napięcie znamionowe w V	
	bardzo niskie	niskie
Prąd staty	6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 110	220, 440, 750 ¹⁾ , 1500 ¹⁾
Prąd przemienny o częstotliwości f= 50 Hz	6, 12, 24, 48	230/400, 400/690, 1000

Uwaga: W tablicy podano wartości preferowane, ¹⁾ dotyczy sieci trakcyjnej.

10. Jakie obwody elektryczne stosuje się w sieciach I zakresu napięcia.

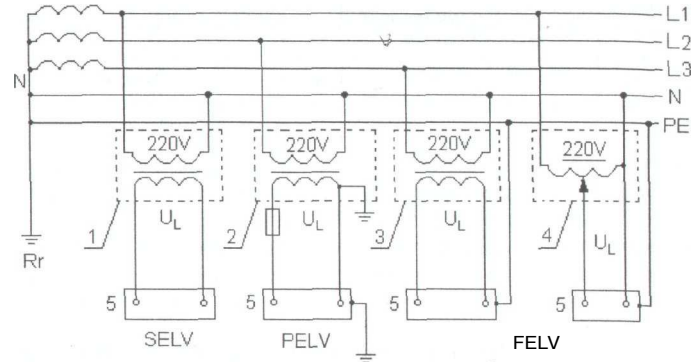
W sieciach pierwszego zakresu napięcia stosuje się obwody: SELV, PELV, FELV.

11. Czym charakteryzuje się obwód SELV?

Obwód SELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego nie przekraczającego napięcia zakresu I bez uziemienia roboczego, zasilany ze źródła bezpiecznego (transformator ochronny, przetwornica dwumaszynowa, baterie akumulatorów), zapewniający, niezawodne oddzielenie elektryczne od innych obwodów (rys. 2.1).

12. Czym charakteryzuje się obwód PELV?

Obwód PELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego nie przekraczającego napięcia zakresu I, z uziemieniem roboczym zasilany ze źródła bezpiecznego (transformator ochronny, przetwornica dwumaszynowa, bateria akumulatorów) zapewniający niezawodne odzielenie elektryczne od innych obwodów (rys. 2.1).



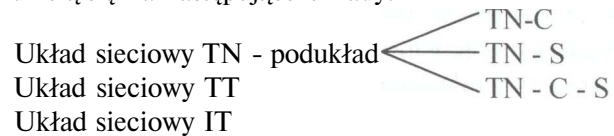
Rys. 2.1. Rodzaje obwodów zasilanych bardzo niskim napięciem SELV, PELV, FELV: 1,2 — transformatory ochronne; 3 — transformator obniżający; 4 — autotransformator; 5 — odbiorniki III klasy ochronności.

13. Czym charakteryzuje się obwód FELV?

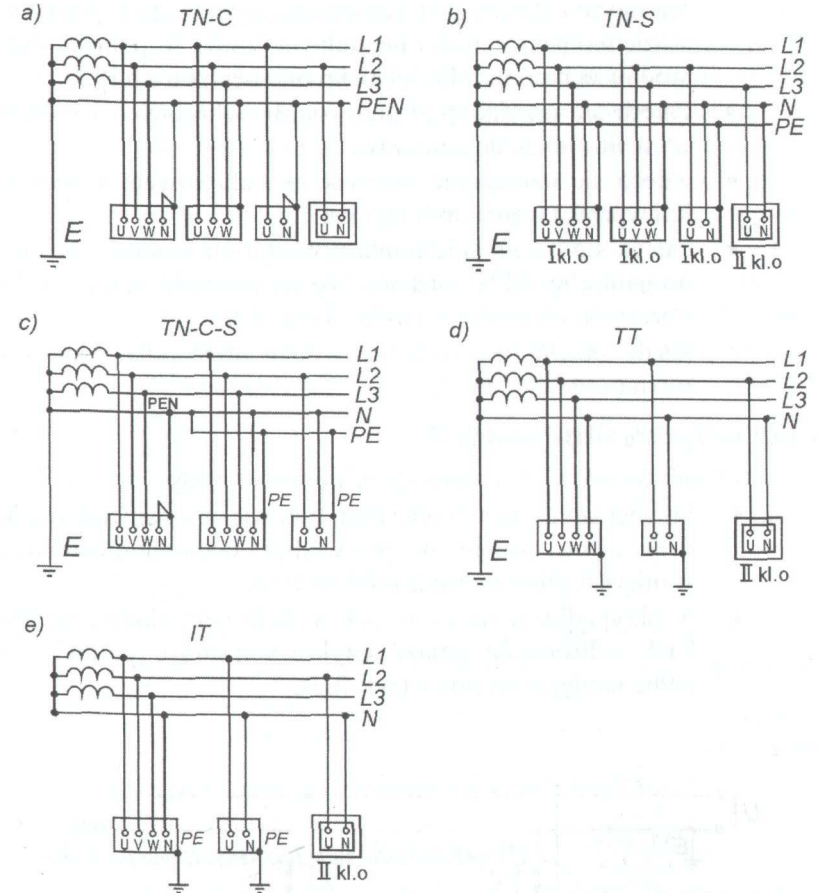
Obwód FELV jest obwodem napięcia bardzo niskiego, nie zapewniający niezawodnego oddzielenia elektrycznego od innych obwodów, a napięcie niskie stosowane jest ze względów funkcjonalnych, a nie dla celów ochrony przeciwporażeniowej. Źródłem zasilania może być np. autotransformator, transformator obniżający, prostownik (rys. 2.1).

14. Na jakie układy sieciowe dzieli się sieci II zakresu napięcia?

Sieci II zakresu napięcia w zależności od sposobu uziemienia dzielą się na następujące układy:



Schematy układów sieciowych przedstawiono na rys. 2.2.



Rys. 2.2. Schematy układów sieciowych: a) TN-C, b) TN-S, c) TN-C-S, d) TT, e) IT; L1, L2, L3 - przewody fazowe, N - przewód neutralny, PE - przewód ochronny, PEN - przewód ochronno-neutralny.

15. Jakimi cechami charakteryzuje się układ sieciowy TN?

Układ sieciowy TN charakteryzuje się następującymi cechami:

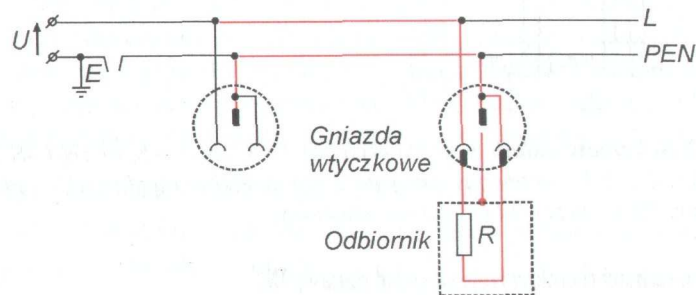
- punkt neutralny źródła napięcia (prądnicą, transformator) powinien być uziemiony,

- wszystkie części przewodzące dostępne, które w normalnych warunkach nie są pod napięciem powinny być połączone z uziemionym punktem neutralnym źródła za pomocą przewodów ochronnych PE lub ochronno-neutralnych PEN,
- zaleca się przyłączanie przewodów ochronnych i ochronno-neutralnych do uziomów,
- zaleca się uziemienie przewodów ochronnych w miejscu ich wprowadzenia do budynku,
- zaleca się uziemienie punktu, w którym przewód ochronno-neutralny PEN rozdziela się na przewód ochronny PE i przewód neutralny N (układ TN-C-S),
- każdy obiekt budowlany powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.

16. Jakie wady posiada układ sieciowy TN-C?

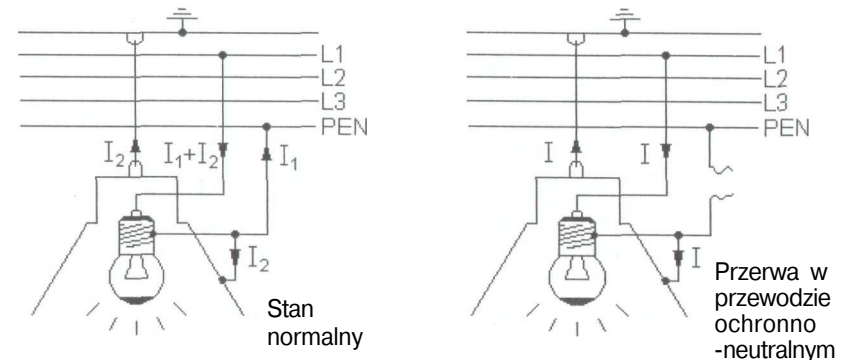
Układ sieciowy TN-C posiada następujące wady:

- im większa asymetria obciążeń, tym większe napięcie względem ziemi panuje w przewodzie ochronno-neutralnym w miejscu zainstalowania odbiorników,
- w przypadku przerwy w przewodzie neutralnym, na stykach ochronnych gniazd wtykowych może pojawić się pełne napięcie sieciowe (rys. 2.3),



Rys. 2.3. Przerwa w przewodzie ochronno-neutralnym PEN (kolorem czerwonym oznaczono przewody, przez które przedostaje się napięcie na styki ochronne gniazd).

- przy połączeniu opraw oświetleniowych prąd lampy płynie częściowo przez przewód ochronno-neutralny, a częściowo przez zawieszenie do uziemionej konstrukcji. Przy przerwie w przewodzie ochronno-neutralnym lampa świeci nadal, a całkowity prąd płynie przez zawieszenie (rys. 2.4),
- niemożliwość stosowania wyłączników różnicowoprądowych między innymi z tego powodu, że przewód ochronno-neutralny PEN i części przewodzące dostępne przyłączone do tego przewodu za wyłącznikiem nie zapewniają całkowitego odizolowania od ziemi co mogłoby powodować błędne zadziałanie wyłącznika i wyłączenie instalacji w czasie normalnej pracy urządzeń na skutek upływu do ziemi części roboczego prądu obciążenia.



Rys. 2.4. Połączenie oprawy oświetleniowej w układzie TN-C.

17. Jakimi cechami charakteryzuje się układ sieciowy TT?

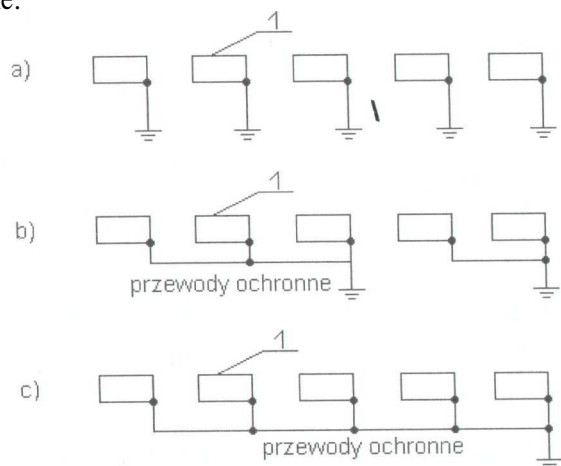
Układ sieciowy TT charakteryzuje się następującymi cechami:

- punkt neutralny źródła napięcia (prądnicą, transformator) powinien być uziemiony,
- wszystkie części przewodzące dostępne (które w normalnych warunkach nie są pod napięciem) chronione przez to samo urządzenie ochronne powinny być połączone ze sobą przewodami ochronnymi i przyłączone do tego samego uziomu,
- każdy obiekt budowlany powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.

18. Jakimi cechami charakteryzuje się układ sieciowy IT?

Układ sieciowy IT charakteryzuje się następującymi cechami:

- punkt neutralny źródła zasilania powinien być odizolowany od ziemi, bądź połączony przez bezpiecznik iskiernikowy lub dużą impedancję,
- wszystkie części przewodzące dostępne powinny być uziemione:
 - indywidualnie (rys. 2.5a),
 - grupowo (rys. 2.5b),
 - zbiorowo (rys. 2.5c).
- każdy obiekt budowlany powinien mieć połączenia wyrównawcze główne.



Rys. 2.5. Sposoby uziemień: a) indywidualne; e) grupowe, c) zbiorowe; 1 — odbiorniki.

2.1.6. Oznaczenia przewodów i zacisków

19. W jakim celu stosuje się oznakowanie przewodów i zacisków urządzeń?

Oznakowanie przewodów i zacisków urządzeń stosuje się w celu:

- zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika,
- uzyskania łatwej identyfikacji,
- uniknięcia pomyłek.

20. W jaki sposób oznacza się na schematach poszczególne przewody i zaciski urządzeń?

Do oznaczenia przewodów oraz zacisków urządzeń stosuje się symbole literowo-cyfrowe oraz barwy. Oznaczenia przewodów i zacisków oraz barwy przewodów podane są w tabelicy 2.4. Oznaczenia barwą przewodów fazowych podano przykładowo. Można stosować inne barwy zgodnie z normą [28] za wyjątkiem zastrzeżonych dla przewodów ochronnych, ochronno-neutralnych i neutralnych.

Tabela 2.4. Oznaczenia przewodów oraz zacisków odbiorników

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

2.1.7. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

21. Jakiego rodzaju środki ochrony stosuje się przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych?

Przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych stosuje się techniczne i organizacyjne środki ochrony przed porażeniem.

22. Co zaliczamy do środków technicznych ochrony przed porażeniem?

Do środków technicznych zaliczamy ochronę przed dotykiem bezpośrednim (ochronę podstawową), ochronę przed dotykiem pośrednim (ochronę dodatkową) oraz równoczesną ochronę przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim. Nazywamy je ochroną przeciwporażeniową.

23. Co zaliczamy do środków organizacyjnych ochrony przed porażeniem?

Do środków organizacyjnych zaliczamy: organizację pracy (szkolenia, instrukcje, polecenia pisemne), wymagania kwalifikacyjne, sprzęt ochronny, inne środki organizacyjne.

2.2. Rodzaje ochron przeciwporażeniowych

24. Jak zapewniamy ochronę przeciwporażeniową w urządzeniach o napięciu do 1 kV?

W urządzeniach o napięciu do 1 kV ochronę przeciwporażeniową zapewniamy przez:

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

2.2.1. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa)

25. Jak realizowana jest ochrona przed dotykiem bezpośrednim?

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim jest realizowana **przez:**

- izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa),
- stosowanie obudów lub ogrodzeń,
- stosowanie barier,
- umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki.

26. Na czym polega ochrona przez izolowanie części czynnych?

Ochrona przez izolowanie części czynnych polega na wykonaniu izolacji podstawowej w postaci trwałego i całkowitego pokrycia części czynnych materiałem izolacyjnym stałym. Izolacja nie może dać się usunąć z części czynnej inaczej niż przez zniszczenie. W przypadku urządzeń produkowanych fabrycznie, izolacja powinna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń elektrycznych. Jeżeli izolacja podstawowa jest wykonywana w trakcie montażu instalacji, to jej jakość powinna być potwierdzona próbami analogicznymi do tych, którym poddaje się izolację podobnych urządzeń produkowanych fabrycznie.

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

27. Na czym polega ochrona przez stosowanie obudów lub ogrodzeń?

Ochrona przez stosowanie obudów lub ogrodzeń polega na tym, że wszystkie części czynne urządzenia są umieszczone wewnątrz obudów lub ogrodzeń i niemożliwe jest ich dotknięcie (stopień ochrony co najmniej IP2X; łatwo dostępne górne powierzchnie ogrodzeń i obudów co najmniej IP4X).

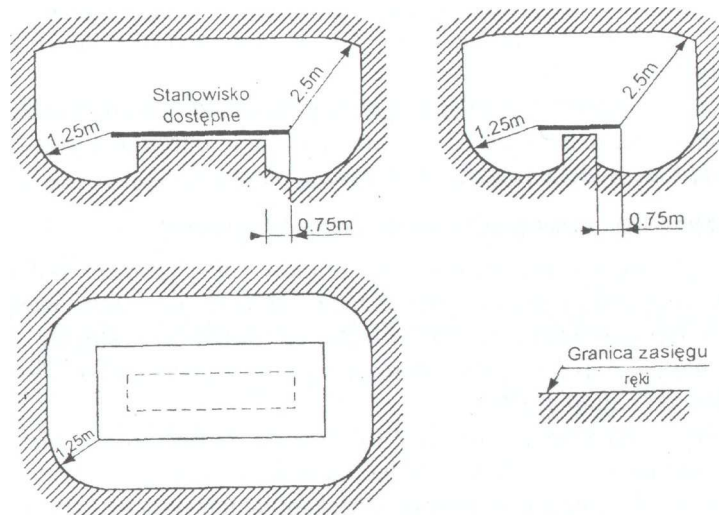
Obudowy i ogrodzenia powinny być trwale zamocowane, nie mogą dać się usunąć bez użycia klucza lub narzędzia i muszą być odporne na normalnie występujące w warunkach eksploatacji narażenia zewnętrzne: mechaniczne, wilgotność, temperaturę, opady atmosferyczne.

29. Na czym polega ochrona przez stosowanie barier?

Ochrona przez stosowanie barier ma na celu zabezpieczenie przed przypadkowym dotknięciem części czynnych, lecz nie chroni przed dotykiem bezpośrednim spowodowanym rozmyślnym działaniem. Może być stosowana tylko w przestrzeniach wyłącznie dla osób posiadających kwalifikacje (np. pomieszczenie ruchu elektrycznego). Bariery powinny utrudniać: niezamierzone zbliżenie ciała do części czynnych lub niezamierzone dotknięcie części czynnych w trakcie obsługi urządzeń. Bariery mogą być usuwane bez użycia klucza lub narzędzi, lecz powinny być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem.

30. Na czym polega ochrona przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki?

Ochrona przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki polega na umieszczeniu ich w taki sposób aby były niedostępne z danego stanowiska (rys. 2.6). Ochrona ta może być stosowana głównie w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.



Rys. 2.6. Granice zasięgu ręki

31. Co stanowi uzupełnienie ochrony przed dotykiem bezpośrednim?

Uzupełnienie ochrony przed dotykiem bezpośrednim w przypadku nieskutecznego działania innych środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim, lub w przypadku nieostrożności użytkowników, stanowi wysokoczułe urządzenie różnicowoprądowe o prądzie wyzwalającym $I_{\Delta n} < 30 \text{ mA}$.

2.2.2. Ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa)

32. Jaki jest cel stosowania środków ochrony przed dotykiem pośrednim?

Stosowanie środków ochrony przed dotykiem pośrednim ma na celu:

- zabezpieczenie przed skutkami niebezpiecznego napięcia dotykowego w wypadku uszkodzenia izolacji podstawowej i pojawienia się napięcia na częściach przewodzących dostępnych (obudowa, konstrukcje itp.),
- niedopuszczenie do występowania niebezpiecznych napięć dotykowych.

33. Co to jest część przewodząca dostępna?

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

34. Jak realizowana jest ochrona przed dotykiem pośrednim?

Ochrona przed dotykiem pośrednim realizowana jest przez:

- zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania,
- zastosowanie urządzeń II klasy ochronności,
- zastosowanie izolowania stanowiska,
- zastosowanie separacji elektrycznej,
- zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.

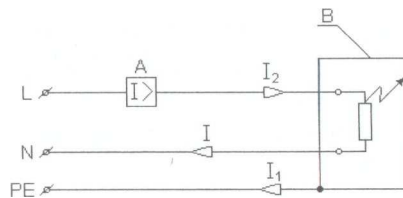
2.2.2.1. Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania

35. Jakie urządzenia mogą powodować samoczynne wyłączenie zasilania?

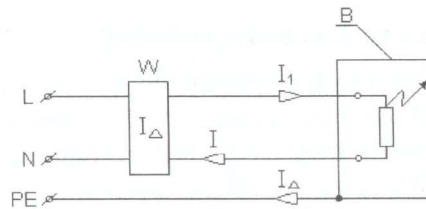
Urządzeniami powodującymi samoczynne wyłączenie zasilania mogą być:

- urządzenia przetężeniowe (nadmiarowo-prądowe) np. bezpieczniki, wyłączniki nadmiarowo-prądowe,
- urządzenia różnicowoprądowe np. wyłączniki różnicowo-prądowe,
- urządzenia ochronne nadnapięciowe.

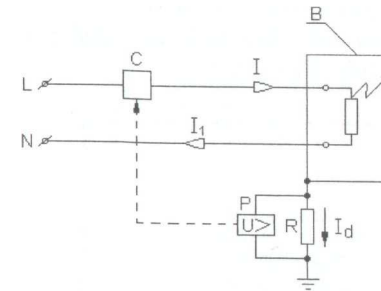
Sposób połączenia tych urządzeń w instalacji pokazano na rys. 2.7, rys. 2.8, rys. 2.9.



Rys. 2.7. Obwód z urządzeniem ochronnym przetężeniowym: A - urządzenie ochronne przetężeniowe; B - odbiornik; I_2 - prąd zadziałania urządzenia.



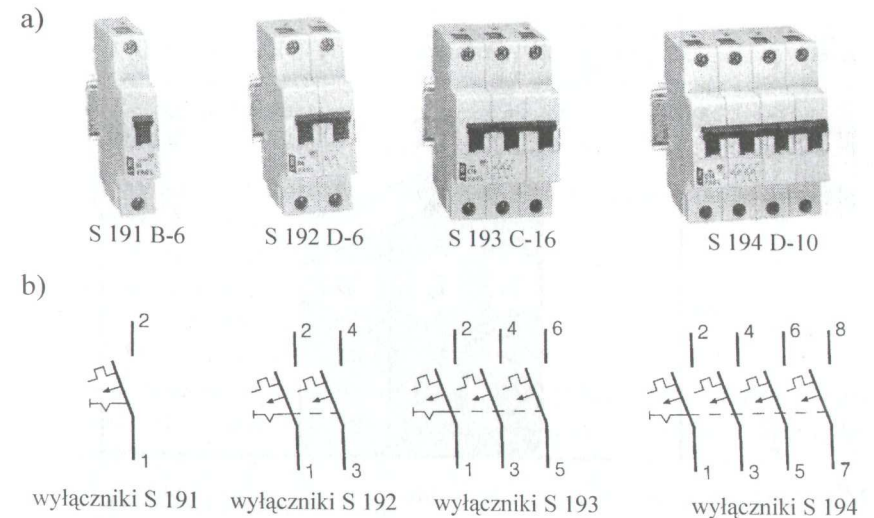
Rys. 2.8. Obwód z wyłącznikiem różnicowo-prądowym: W - wyłącznik różnicowo-prądowy; B - odbiornik; I_{Δ} - różnica prądów $I_1 - I_2$ powodująca zadziałanie wyłącznika W.



Rys. 2.9. Obwód z urządzeniem ochronnym napięciowym; C - wyłącznik; B - odbiornik, P - przekątnik nadnapięciowy; R - rezystancja uzziemienia; I_d - prąd powodujący powstanie na rezystancji R napięcia o wartości większej niż dopuszczalna w danych warunkach środowiskowych.

36. Jak są zbudowane nadmiarowe wyłączniki instalacyjne?

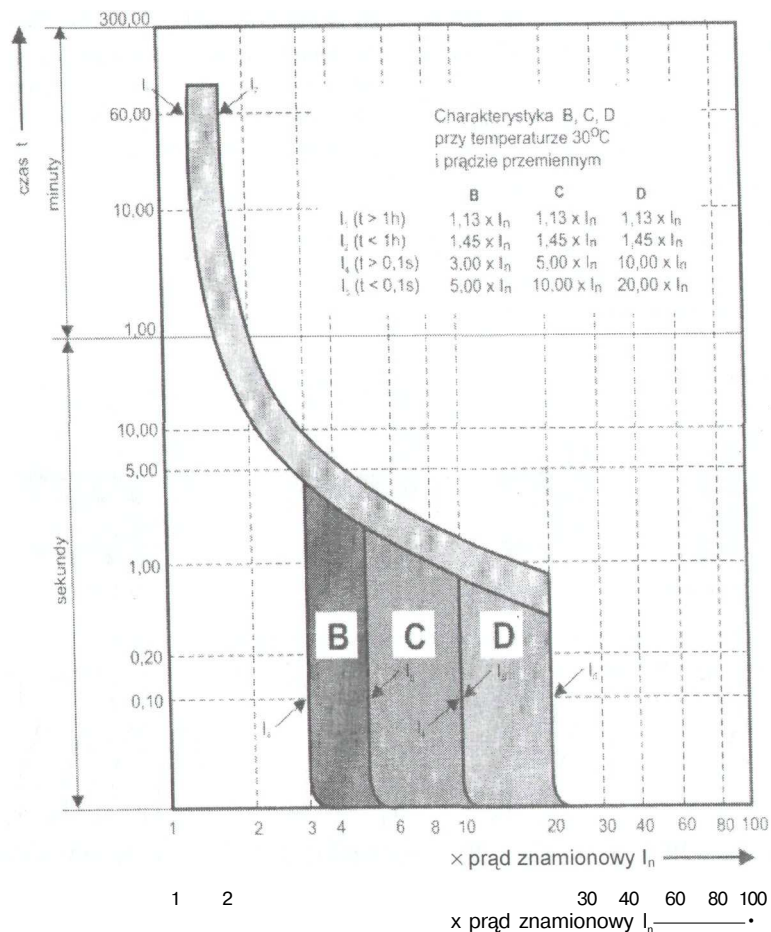
Wyłączniki nadprądowe typu S190 oraz ich schematy elektryczne przedstawiono na rys. 2.10.



Rys. 2.10. Wyłączniki nadprądowe S190 produkcji LEGRAND FAEL: a) wyłączniki nadprądowe, b) schematy elektryczne.

Są to wyłączniki przeznaczone do zabezpieczeń przed skutkami przeciążeń i zwarć instalacji oraz urządzeń domowych i podobnych. Wyłączniki te mogą być użytkowane przez osoby niewykwalifikowane i nie wymagają konserwacji. Zastępują one bezpieczniki w obwodach

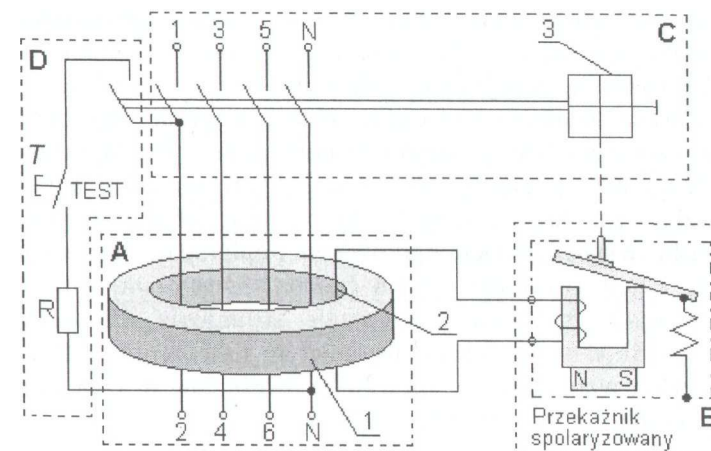
odbiorczych instalacji domowych. Wykonywane są jako 1, 2, 3 i 4-torowe. Są wyposażone w wyzwalacze termobimetalowe i elektromagnesowe o charakterystykach B lub C lub D (rys. 2.11).



Rys. 2.11. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników nadprądowych typu S190.

37. Jaka jest zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego?

Schemat blokowy wyłącznika różnicowoprądowego pokazano na rys. 2.12.



Rys. 2.12. Schemat blokowy wyłącznika różnicowoprądowego. A - człon pomiarowy; B - człon wzmacniający; C - człon wyłączający; D - człon kontrolny; R - rezystor kontrolny, T - przycisk testujący; 1 - rdzeń przekładnika Ferrantiego, 2 - uzwojenie wtórne przekładnika Ferrantiego, 3 - zamek.

Każdy wyłącznik różnicowoprądowy składa się z następujących członów funkcjonalnych:

- A — członu pomiarowego
- B - członu wzmacniającego
- C - członu wyłączającego
- D - członu kontrolnego.

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

Człon wzmacniający (B) zasilany jest siłą elektromotoryczną SEM wyindukowaną w uzwojeniu nawiniętym na rdzeniu przekładnika Ferrantiego. Stosowane są wzmacniacze elektromechaniczne (w postaci przełącznika spolaryzowanego) lub elektroniczne.

Człon wyłączający (C) stanowi układ stykowy z mechanizmem wyłącznika.

Człon kontrolny (D) składa się z szeregowo połączonych rezystora R i przycisku testującego T.

Człon ten umożliwi sprawdzenie sprawności technicznej wyłącznika załączonego pod napięcie. Naciśnięcie przycisku T powinno spowodować bezzwłoczne zadziałanie wyłącznika.

Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego polega na pomiarze sumy prądów pobieranych przez odbiornik. W czasie normalnej pracy suma geometryczna prądów jest równa zero. W przypadku uszkodzenia izolacji w stosunku do metalowej obudowy odbiornika część prądu zwanego prądem upływowym popłynie do źródła omijając przewody objęte rdzeniem i suma geometryczna prądów nie będzie równa zero, co spowoduje powstanie strumienia magnetycznego w rdzeniu i SEM w uzwojeniu nawiniętym na rdzeniu, a to z kolei poprzez człon wzmacniający spowoduje uwolnienie mechanizmu wyłącznika, i odłączenie odbiornika od sieci.

38. Jakie parametry charakteryzują wyłącznik różnicowoprądowy?

Wyłącznik różnicowoprądowy charakteryzują następujące parametry:

- napięcie znamionowe - U_n ,
- prąd znamionowy obciążenia I_n ,
- znamionowy różnicowy prąd wyzwalający $I_{\Delta n}$.








39. Jak dzielimy wyłączniki różnicowoprądowe ze względu na wartość prądu różnicowego $I_{\Delta n}$?

Ze względu na wartość prądu $I_{\Delta n}$ wyłączniki różnicowoprądowe dzielą się na:

- wysokoczułe, których prąd $I_{\Delta n}$ nie przekracza 30 mA,
- średniczułe, których prąd $I_{\Delta n}$ jest większy od 30 mA, lecz nie większy niż 500 mA,
- niskoczułe, których prąd $I_{\Delta n}$ jest większy od 500 mA.

40. Jak rozróżniamy typy wyłączników różnicowoprądowych, jak je oznaczamy i jakie jest ich przeznaczenie?

Typy wyłączników różnicowoprądowych, ich oznaczenie i przeznaczenie przedstawiono w tabelicy poniżej:

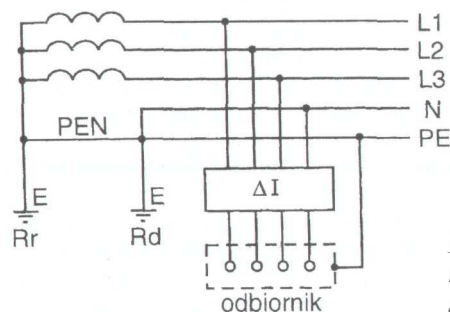
Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
AC		Przeznaczony do stosowania w sieciach z prądem uszkodzeniowym: sinusoidalnie zmiennym doprowadzonym w sposób ciągły lub wolno narastający.
A		Przeznaczony do stosowania w sieciach z prądem uszkodzeniowym: sinusoidalnie zmiennym i stałym pulsującym ze składową stałą do 6 mA, oraz ze sterowaniem lub bez sterowania kąta fazowego niezależnie od biegunowości i doprowadzonym w sposób nagły lub wolno narastający.
B		Przeznaczony do stosowania w sieciach z prądem uszkodzeniowym: <ul style="list-style-type: none"> - sinusoidalnie zmiennym, - stałym pulsującym, - stałym pulsującym, z prądem stałym wygładzonym o wartości do 6 mA, - stałym, występującym w układach prostowniczych, tj. przy: <ul style="list-style-type: none"> • jednofazowym połączeniu z obciążeniem pojemnościowym wytwarzającym stały prąd wygładzony, • trójbiegunowym połączeniu w gwiazdę lub sześciobiegunowym układzie mostkowym, • dwubiegunowym układzie mostkowym włączonym na napięcie międzyfazowe, oraz ze sterowaniem lub bez sterowania kąta fazowego niezależnie od biegunowości i doprowadzonym w sposób nagły lub wolno narastający.
S		Selektywny, działający z opóźnieniem, przeznaczony do współpracy przy połączeniu szeregowym z wyłącznikiem bezzwłocznym.
		Wyłącznik wymaga zabezpieczenia od strony zasilania bezpiecznikiem o maksymalnym prądzie nie przekraczającym np. 63 A. dla zapewnienia zdolności wyłączenia prądu zwarciovego podanego przez wytwórcę.
		Przeznaczony do pracy w temperaturze do minus 25°C.
kV		Wyłącznik o podwyższonej odporności na udary prądowe (8/20ms)
F	120 Hz	Wyłącznik przeznaczony na częstotliwość 120 Hz.

41. Jakie są zasady instalowania wyłączników różnicowoprądowych?

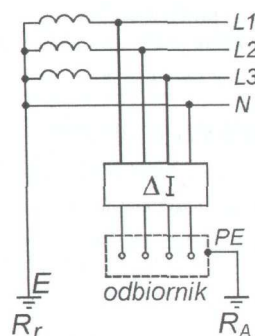
Wyłączniki różnicowoprądowe reagują na prąd uszkodzeniowy płynący do ziemi: przez izolację do uziemionego przewodu PE lub przez ciało człowieka. Nie reagują na prądy zwarciove lub przeciążeniowe płynące w przewodach roboczych. Dlatego też, w każdym obwodzie z wyłącznikiem różnicowoprądowym konieczne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

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

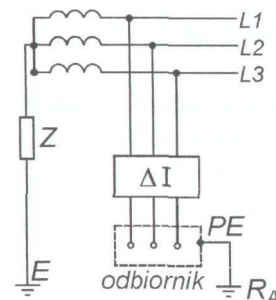
Przykłady stosowania wyłącznika w różnych układach sieciowych pokazano na rys. 2.13; 2.14; 2.15.



Rys. 2.13. Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym TN.



Rys. 2.14. Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym TT.



Rys. 2.15. Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym IT.

42. Czy wolno stosować układ sieciowy TT z wyłącznikiem różnicowoprądowym zasilanym z sieci TN-C?

W uzasadnionych wypadkach można stosować układ sieciowy TT z wyłącznikiem różnicowoprądowym zasilanym z sieci TN-C (rys. 2.16). Uziemienie ochronne R_A musi spełniać warunek:

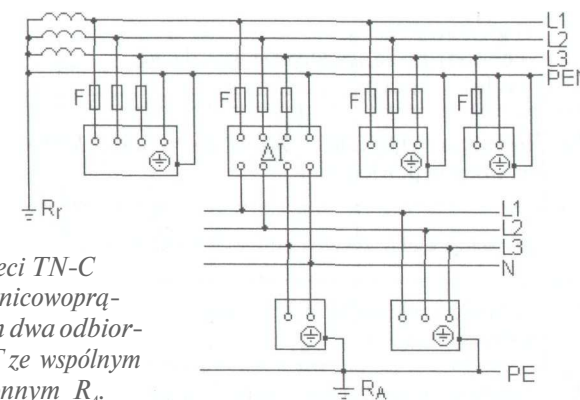
$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

gdzie: R_A - suma rezystancji uziomu i przewodu ochronnego,

$I_{\Delta n}$ - znamionowy prąd wyzwalający,

U_L - napięcie bezpieczne w danych warunkach środowiskowych.

Jest to dopuszczalny sposób stosowania w jednej sieci równocześnie w części sieci układu typu TN, a w części układu TT.



Rys. 2.16. Układ sieci TN-C z wyłącznikiem różnicowoprądowym chroniącym dwa odbiorniki w układzie TT ze wspólnym uziemieniem ochronnym R_A .

43. W jakich miejscach konieczne jest stosowanie wyłączników różnicowoprądowych?

Wyłączniki różnicowoprądowe muszą być stosowane w miejscach przedstawionych w tabelicy (2.5.)

W instalacjach elektrycznych budynków mieszkalnych należy dążyć do ochrony jak największej części instalacji wysokoczułymi wyłącznikami, a w szczególności:

- obwód gniazd wtyczkowych w łazience,
- obwód gniazd wtyczkowych w kuchni,
- obwód gniazd wtyczkowych w garażu,
- obwód gniazd wtyczkowych w piwnicy.

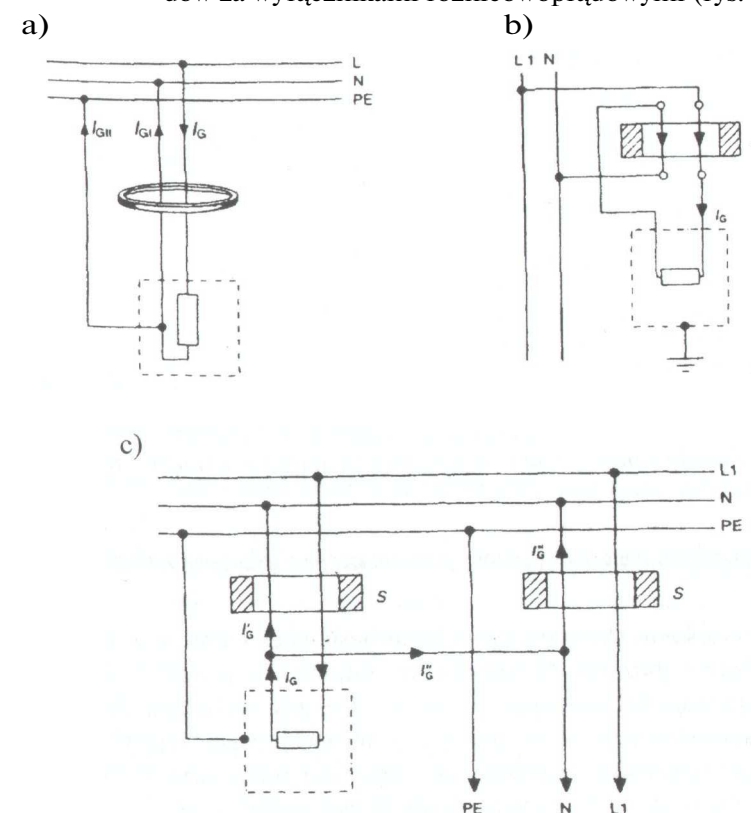
Tablica 2.5. Wymagane miejsca stosowania wyłączników różnicowoprądowych

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

44. Jakie mogą być przyczyny nieprawidłowego funkcjonowania wyłącznika różnicowoprądowego w prawidłowo wykonanej instalacji?

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

- 1) zbyt duża upływność obwodu,
- 2) błędne połączenie wyłącznika np.:
 - połączenie przewodu ochronnego z neutralnym za odbornikiem (rys. 2.17a),
 - odwrotne połączenie przewodu neutralnego (rys. 2.17b)
 - połączenie przewodów neutralnych dwóch różnych obwodów za wyłącznikami różnicowoprądowymi (rys. 2.17c).

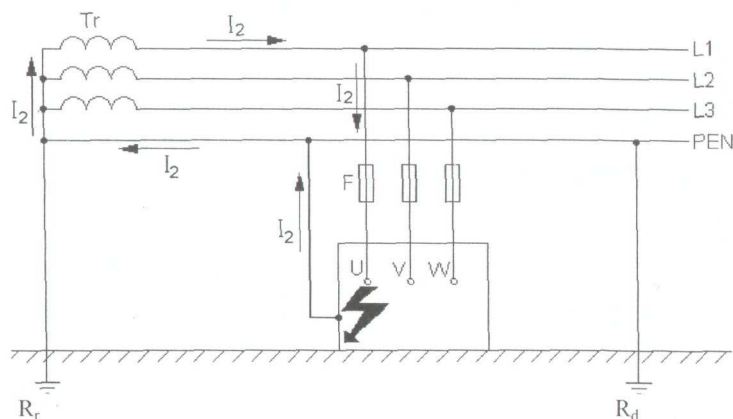


Rys. 2.17. Błędne połączenia wyłącznika różnicowoprądowego.

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

45. Jak działa ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieciowym TN?

W razie zwarcia przewodu fazowego z częścią metalową dostępną urządzenia elektrycznego następuje zamknięcie obwodu elektrycznego przez przewód ochronny (ochronno-neutralny), punkt neutralny transformatora oraz przewód fazowy. Płynący w tym obwodzie prąd zwarciovowy I_2 powinien spowodować zadziałanie urządzenia nadmiarowo-prądowego lub różnicowoprądowego i wyłączenie urządzenia spod napięcia (rys. 2.13, rys. 2.18).



Rys. 2.18. Zasada samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieciowym TN.

46. Co jest warunkiem skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN?

Warunkiem skuteczności ochrony jest zapewnienie samoczynnego zadziałania zabezpieczeń nadmiarowo prądowych w czasie nie przekraczającym wartości podanych w tabelicy 2.6. Czas zadziałania zabezpieczeń dłuższy od podanego w tabelicy 2.6 ale nie przekraczający 5 s dopuszcza się w obwodach zasilających odbiorniki stacjonarne i stałe oraz w sieciach rozdzielczych i wewnętrznych liniach zasilających.

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

$$I_2 \geq I_a \text{ czyli gdy } Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

gdzie: Z_S — impedancja pętli zwarcia w Ω ,
 U_0 - napięcie znamionowe względem ziemi w V,
 I_2 - prąd zwarciovowy w A,
 I_a - prąd powodujący samoczynne zadziałanie **urządzenia** ochronnego w czasie zależnym od napięcia znamionowego U_0 i napięcia dotykowego bezpiecznego U_L .

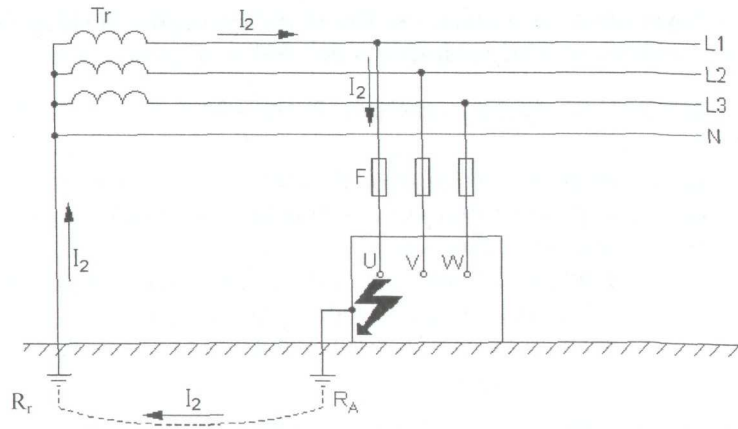
Tablica 2.6. Maksymalny czas wyłączenia w układzie TN [32, 46]

U[V]	$U_L < 50 \text{ V} \sim$ $U_L < 120 \text{ V} -$	$U_L < 25 \text{ V} \sim$ $U_L < 60 \text{ V} -$
	t(s)	t(s)
120	0,8	0,35
230	0,4	0,2
277	0,4	0,2
400	0,2	0,05

2.2.2.1.2. Ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieciowym TT

47. Jak działa ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TT?

W razie zwarcia przewodu fazowego z uziemioną częścią metalową dostępną (obudową) urządzenia elektrycznego następuje zamknięcie obwodu elektrycznego poprzez przewód uziemiający E, uziom ochronny R_A , uziom roboczy R_B , punkt neutralny transformatora i przewód fazowy. Płynący w tym obwodzie prąd zwarciovowy I_2 powinien spowodować zadziałanie urządzeń nadmiarowo-prądowych lub różnicowoprądowych i wyłączenie urządzenia spod napięcia lub obniżenie napięcia do wartości bezpiecznej (rys. 2.19).



Rys. 2.19. Zasada samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieciowym TT.

48. Co jest warunkiem skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TT?

Warunkiem skuteczności ochrony jest zapewnienie samoczynnego zadziałania zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych lub różnicowoprądowych w czasie nie dłuższym niż 5 s.

Wymaganie to uważa się za spełnione jeżeli:

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

gdzie: R_A - suma rezystancji uziomu i przewodu ochronnego części przewodzących dostępnych w Ω ,

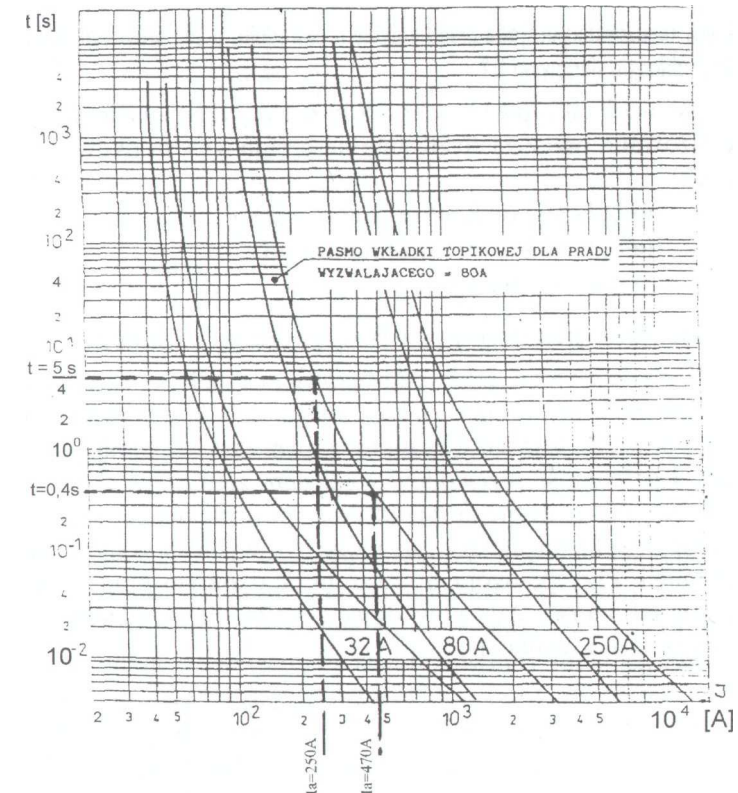
U_L - napięcie bezpieczne w danych warunkach środowiskowych (50 V lub 25 V),

I_a - prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego.

Prąd I_a zależy od rodzaju zastosowanych urządzeń wyłączających:

- dla urządzeń różnicowoprądowych zwykłych - $I_a = I_{\Delta n}$
- dla urządzeń różnicowoprądowych selektywnych - $I_a = 2I_L$ (zwłocznych), typ S,

dla wkładek topikowych I_a jest prądem zapewniającym przepalenie się wkładki w czasie do 5 s (rys. 2.20),



Rys. 2.20. Charakterystyka pasmowa $t=f(I)$ wkładek topikowych WT-1F. Odczytywanie prądu wyłączającego I_a .

- dla wyłączników nadmiarowo-prądowych prąd I_a jest najmniejszym prądem zapewniającym natychmiastowe wyłączenie np.:

$I_a = 3 I_n$ dla wyłączników o charakterystyce A,
 $I_a = 5 I_n$ dla wyłączników o charakterystyce B,
 $I_a = 10 I_n$ dla wyłączników o charakterystyce C,
 $I_a = 20 I_n$ dla wyłączników o charakterystyce D.

2.2.2.1.3. Ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieciowym IT?

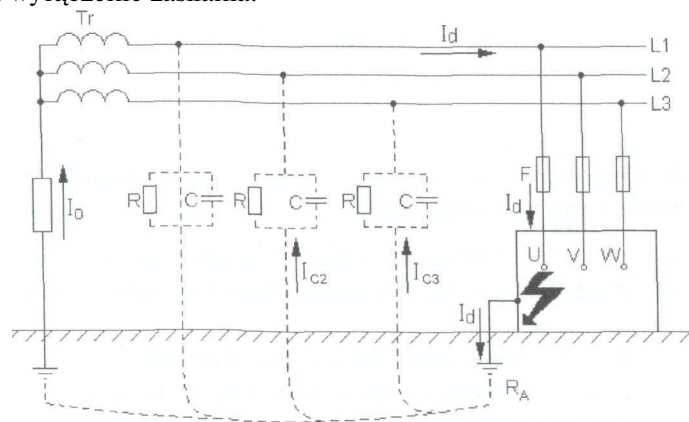
49. Jak jest realizowana ochrona przed dotykiem pośrednim przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieciowym IT?

W sieciach typu IT ochrona przed dotykiem pośrednim może być realizowana przez zastosowanie następujących środków zabezpieczających:

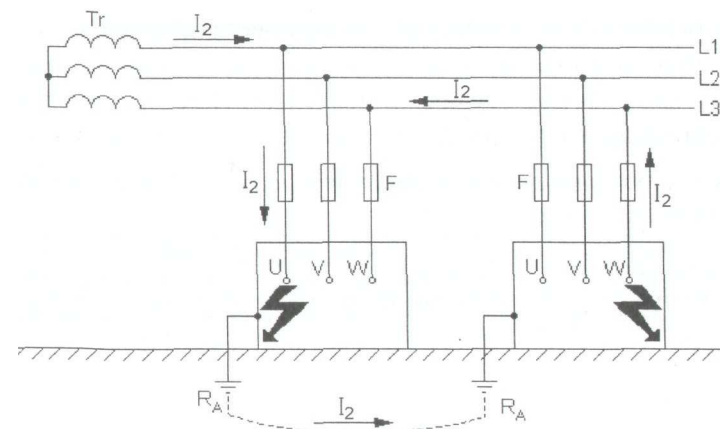
- urządzenia do kontroli stanu izolacji,
- urządzenia różnicowoprądowego,
- urządzenia nadnapięciowego.

50. Jak działa ochrona przez samoczynne wyłączenie w układzie sieciowym IT?

W razie zwarcia przewodu fazowego z uziemioną częścią metalową dostępną urządzenia elektrycznego (obudowa) następuje zamknięcie obwodu zwarciovego przez przewód uziemiający, uziom ochronny i pojemność przewodów względem ziemi (rys. 2.21). W zależności od zastosowanego urządzenia powodującego samoczynne wyłączenie urządzenie elektryczne może być wyłączone spod napięcia, lecz nie musi. Przy podwójnym zwarciu doziemnym prąd zwarciovzy zamyka się jak na rys. 2.22 powodując zadziałanie urządzenia ochronnego i wyłączenie zasilania.



Rys. 2.21. Zwarcie pojedyncze w układzie IT.



Rys. 2.22. Zwarcie podwójne w układzie IT.

51. Jakie warunki muszą być spełnione aby ochrona była skuteczna?

Aby ochrona była skuteczna muszą być spełnione następujące warunki:

- wszystkie przewodzące części dostępne powinny być uziemione indywidualnie, grupowo lub zbiorowo,
- rezystancja uziemienia R_A i największe wartości prądu pojedynczego zwarcia z ziemią powinny spełniać warunek:

gdzie: R_A - rezystancja uziemienia ochronnego w Ω ,
 I_d - prąd pojedynczego zwarcia z ziemią w A,
 U_L - napięcie bezpieczne dla danych warunków środowiskowych w V,

- sieci IT powinny być wyposażone w urządzenia do kontroli stanu izolacji; urządzenia te powinny sygnalizować lub powodować wyłączenie sieci w przypadku występowania pojedynczego zwarcia do uziemionych części przewodzących lub zmniejszenia się rezystancji izolacji poniżej ustalonej wartości (rys. 2.3 1).

Zaleca się, aby pojedyncze zwarcie było usuwane możliwie szybko, co zmniejsza prawdopodobieństwo występowania podwójnych zwarc doziemnych.

52. Jakie warunki muszą być spełnione przy podwójnym zwarciu doziemnym?

Przy podwójnym zwarciu doziemnym urządzenia ochronne powinny spowodować szybkie samoczynne wyłączenie zasilania w czasie określonym w tabelicy 2.7.

Tablica 2.7. Maksymalny czas wyłączenia w układzie IT przy podwójnym zwarciu [46, 32]

Napięcie znamionowe instalacji U_n/U [V]	Czas wyłączenia w [s]			
	Bez przewodu neutralnego		Z przewodem neutralnym	
	$U_L = 50V$	$U_L = 25 v$	$U_L = 50V$	$U_L = 25V$
120/210-140/240	0,8	0,4	5	1
230/400	0,4	0,2	0,8	0,5
400/690	0,2	0,06	0,4	0,2
580/1000	0,1	0,02	0,2	0,08

Wymagania dotyczące czasów samoczynnego szybkiego wyłączenia uważa się za spełnione jeżeli:

- w sieciach bez przewodu neutralnego

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3}U_0}{2I_a}$$

- w sieciach z przewodem neutralnym

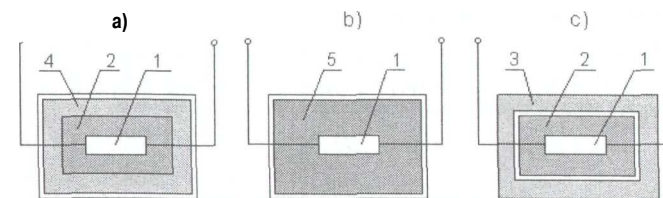
$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2I_a}$$

gdzie: Z_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód fazowy i przewód ochronny obwodu,
 Z'_s – impedancja pętli zwarcia, obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny obwodu,
 I_a – prąd zapewniający zadziałanie urządzenia ochronnego w czasie podanym w tabelicy 2.7,
 U_0 – napięcie znamionowe prądu przemiennego między fazą i punktem neutralnym.

2.2.2.2. Ochrona przez zastosowanie urządzenia II klasy ochronności

53. Co ma na celu ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności i jak jest realizowana?

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



Rys. 2.23. Przykłady wykonania izolacji urządzeń II klasy ochronności: a) z izolacją dodatkową b) z izolacją wzmocnioną c) z obudową izolacyjną; 1 - część czynna, 2 - izolacja podstawowa, 3 - obudowa izolacyjna, 4 - izolacja dodatkowa, 5 - izolacja wzmocniona.

54. Co może stanowić izolację ochronną?

Izolację ochronną może stanowić:

- izolacja dodatkowa (rys. 2.23a),
- izolacja wzmocniona (rys. 2.23b),
- obudowa izolacyjna (rys. 2.23c).

55. Jakim symbolem oznacza się urządzenia klasy ochronności?

Urządzenia II klasy ochronności oznacza się symbolem \square

56. Czy wolno do części przewodzących dostępnych oraz do części przewodzących zamkniętych wewnątrz obudowy izolacyjnej przyłączać przewody ochronne?

Do części przewodzących dostępnych (obudowy) oraz do części przewodzących zamkniętych wewnątrz obudowy nie wolno przyłączać przewodu ochronnego. Symbol \otimes

57. Na czym polega izolacja podwójna?

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

58. Gdzie należy stosować izolację wzmocnioną?

Izolację wzmocnioną będącą izolacją jednorodną należy stosować w tych przypadkach, w których trudno jest wykonać izolację podwójną. Powinna ona zapewnić stopień bezpieczeństwa taki jaki uzyskuje się przy izolacji podwójnej.

59. Jak powinna być wykonana obudowa izolacyjna?

Obudowa izolacyjna powinna być odporna na obciążenia mechaniczne, elektryczne i termiczne oraz zapewniać stopień ochrony co najmniej IP2X.

2.2.2.3. Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska

60. Co ma na celu ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska?

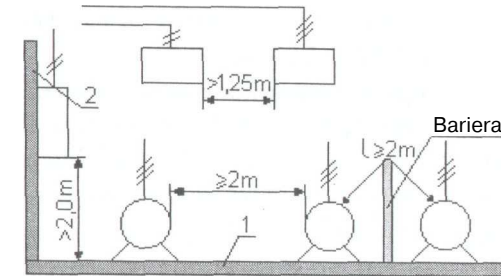
Ochrona polegająca na izolowaniu stanowiskajna na celu zapobieżenie równoczesnemu dotknięciu części przewodzących, które mogą mieć różne potencjały w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej części czynnych.

61. Jakie warunki powinno spełniać stanowisko izolowane?

- stanowisko powinno mieć podłogi i ściany izolowane,
 - części przewodzące dostępne powinny być oddalone od siebie i od części przewodzących obcych na odległość nie mniejszą niż 2 m, odległość ta może wynosić 1,25 m jeżeli urządzenia znajdują się poza strefą zasięgu ręki,
- albo
- zostały umieszczone bariery między częściami przewodzącymi dostępnymi, a częściami przewodzącymi obcymi zwiększającymi odległość między tymi częściami do 2 m,

albo

części przewodzące obce są izolowane lub odizolowane od ziemi sposób zapewniający dostateczną wytrzymałość mechaniczną i elektryczną (2000 V) (rys. 2.24), na izolowanym stanowisku nie powinno umieszczać się przewodu ochronnego



Rys. 2.24. Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska: 1 - podłoga izolowana; 2 - ściany izolowane.

62. Ile powinna wynosić rezystancja podłóg i ścian?

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

- 50 k Ω jeżeli napięcie znamionowe instalacji nie przekracza 500 V,
- 100 k Ω jeżeli napięcie znamionowe przekracza 500 V.

63. W jakich pomieszczeniach wolno stosować izolowanie stanowiska jako środek ochrony dodatkowej?

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

2.2.2.4. Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej

64. Na czym polega ochrona przed porażeniem za pomocą separacji?

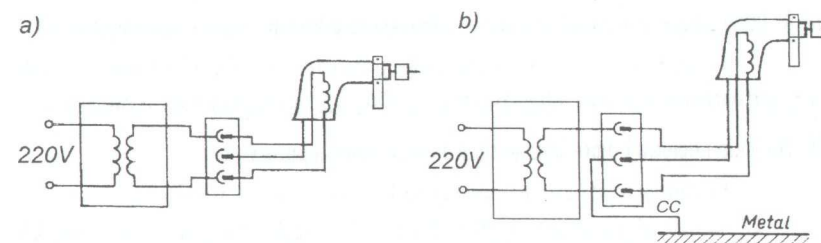
Ochrona przed porażeniem za pomocą separacji polega na rozdzieleniu w sposób pewny obwodu zasilającego od obwodu odbiorczego (separowanego) za pomocą transformatora separacyjnego lub

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

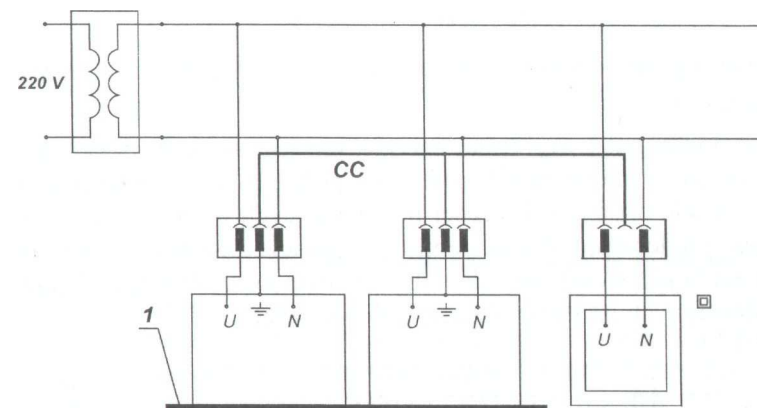
65. Jakie warunki muszą być spełnione przy zastosowaniu separacji?

Przy zastosowaniu separacji muszą być spełnione następujące warunki:

- napięcie znamionowe obwodu separowanego nie może przekraczać 500 V,
- łączna długość oprzewodowania w separowanym obwodzie nie może przekraczać 500 m oraz iloczyn napięcia znamionowego w woltach i łącznej długości oprzewodowania w metrach nie może przekraczać 100 000,
- części czynne obwodu separowanego powinny być niezawodnie oddzielone elektrycznie od innych obwodów i od ziemi,
- zaleca się stosowanie oddzielnego oprzewodowania obwodów separowanych. Jeżeli jest konieczne stosowanie obwodów separowanych z innym obwodem niskonapięciowym w tym samym oprzewodowaniu, należy wówczas stosować przewody wielożyłowe bez osłony metalowej, lub przewody izolowane w izolacyjnych furach, kanałach lub listwach, pod warunkiem, że ich napięcie znamionowe jest nie mniejsze niż najwyższe napięcie znamionowe pozostałych obwodów i że każdy obwód jest zabezpieczony przed prądem przetężeniowym.
- ruchome przewody obwodu separowanego powinny być co najmniej typu oponowego przemysłowego (OP), o izolacji wzmocnionej. Urządzenia wtykowe i końce przewodu ruchomego powinny mieć dostępne części zewnętrzne z materiału izolacyjnego.
- w przypadku gdy z obwodu separowanego zasila się urządzenie odbiorcze I klasy ochronności używane na stanowisku metalowym, to zaleca się wykonanie połączenia wyrównawczego łączącego obudowę metalową za stanowiskiem (rys. 2.25b).



Rys. 2.25. Ochrona przeciwporażeniowa przez zastosowanie separacji elektrycznej: a) zasilanie jednego odbiornika I klasy ochronności; b) zasilanie odbiornika I klasy ochronności w pomieszczeniu o przewodzącej podłodze i ścianach.



Rys. 2.26. Ochrona przeciwporażeniowa przez zastosowanie separacji elektrycznej więcej niż jednego odbiornika zasilanych z obwodu separowanego; CC — przewód wyrównawczy izolowany nieziemiony; 1 — podłoga izolowana.

66. Jakie warunki muszą być spełnione przy zasilaniu z obwodu separowanego więcej niż jednego odbiornika?

Przy zasilaniu z obwodu separowanego więcej niż jednego odbiornika powinny być spełnione następujące warunki: (rys. 2.26)

- wszystkie części przewodzące dostępne urządzeń powinny być połączone między sobą przez nieziemione izolowane przewody wyrównawcze,
- wszystkie gniazda wtyczkowe powinny mieć styki ochronne połączone z systemem przewodów wyrównawczych.

67. W jakiej klasie ochronności powinny być wykonane transformatory separacyjne?

Transformatory separacyjne powinny być wykonane w U klasie ochronności przez stosowanie izolacji podwójnej lub wzmocnionej.

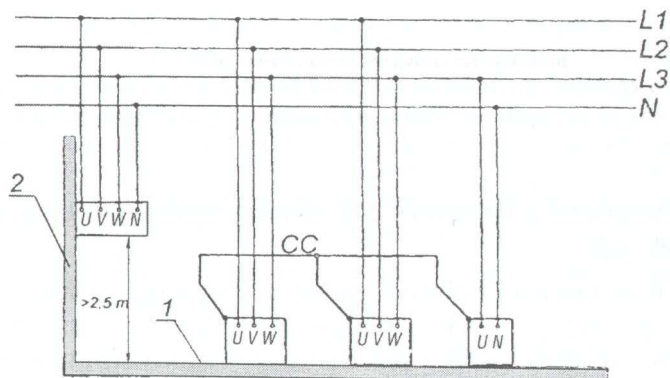
68. Na jakie napięcia i moce buduje się transformatory separacyjne?

Transformatory separacyjne buduje się na napięcia $U_L < U < 500$ V oraz moce $S < 25$ kVA -jednofazowe i $S < 40$ kVA trójfazowe.

2.2.2.5. Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych

69. Na czym polega ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych?

Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych polega na połączeniu ze sobą wszystkich jednocześnie dostępnych części przewodzących obcych i części przewodzących dostępnych nieziemionym połączeniem wyrównawczym. Ochrona ta jest stosowana dla wyrównania potencjału części jednocześnie dostępnych na stanowiskach izolowanych (rys. 2.27)



Rys. 2.27. Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych: CC - przewód wyrównawczy miejscowy nieziemiony, 1 - podłoga i 2 - ściany izolacyjne.

70. Kiedy ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych będzie skuteczna?

Ochrona będzie skuteczna jeżeli zostanie spełniony warunek:

$$I_a \cdot R_w \leq U_L$$

gdzie: I_a - prąd powodujący zadziałanie urządzenia wyłączającego zainstalowanego w obwodzie zasilania urządzenia objętego połączeniem wyrównawczym,

R_w - rezystancja połączenia wyrównawczego w $[\Omega]$,

U_L - największe dopuszczalne napięcie dotykowe bezpieczne w danych warunkach środowiskowych w $[V]$.

2.2.3. Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

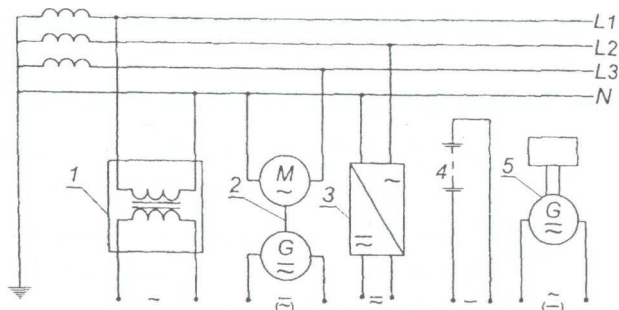
71. W jakich obwodach może być dokonana równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim?

Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim może być dokonana w obwodach bardzo niskich napięć (nie przekraczających napięć zakresu I - tablica 2.2) SELV lub PELV (rys. 2.1).

72. Jakie źródła bardzo niskiego napięcia stosuje się w obwodach SELV i PELV?

W obwodach SELV i PELV stosuje się następujące źródła bardzo niskiego napięcia (rys. 2.28)

- transformatory bezpieczeństwa,
- przetwornice maszynowe,
- baterie akumulatorów,
- prądnice napędzane silnikami spalinowymi,
- urządzenia elektroniczne.



Rys. 2.28. Źródła bardzo niskiego napięcia: 1 - transformator bezpieczeństwa, 2 - przetwornica maszynowa, 3 - urządzenie elektroniczne, 4 - bateria akumulatorów, 5 - prądnica napędzana silnikami spalinowymi.

73. Co to są transformatory bezpieczeństwa i na jakie moce się je buduje?

Transformatory bezpieczeństwa są to transformatory przeznaczone do zasilania obwodów bardzo niskim napięciem $U < U_L$. Buduje się je na moce $S < 10$ kVA -jednofazowe i $S < 16$ kVA trójfazowe.

74. W jaki sposób powinny być prowadzone przewody obwodów SELV i PELV?

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

75. Czy wtyczki i gniazda obwodów SELV mogą pasować do gniazd i wtyczek innych obwodów?

Wtyczki i gniazda obwodów SELV nie mogą pasować do gniazd i wtyczek innych obwodów w tym do PELV.

76. Czy wtyczki i gniazda obwodów PELV mogą pasować do gniazd i wtyczek innych obwodów?

Wtyczki i gniazda obwodów PELV nie mogą pasować do gniazd i wtyczek innych obwodów w tym do SELV.

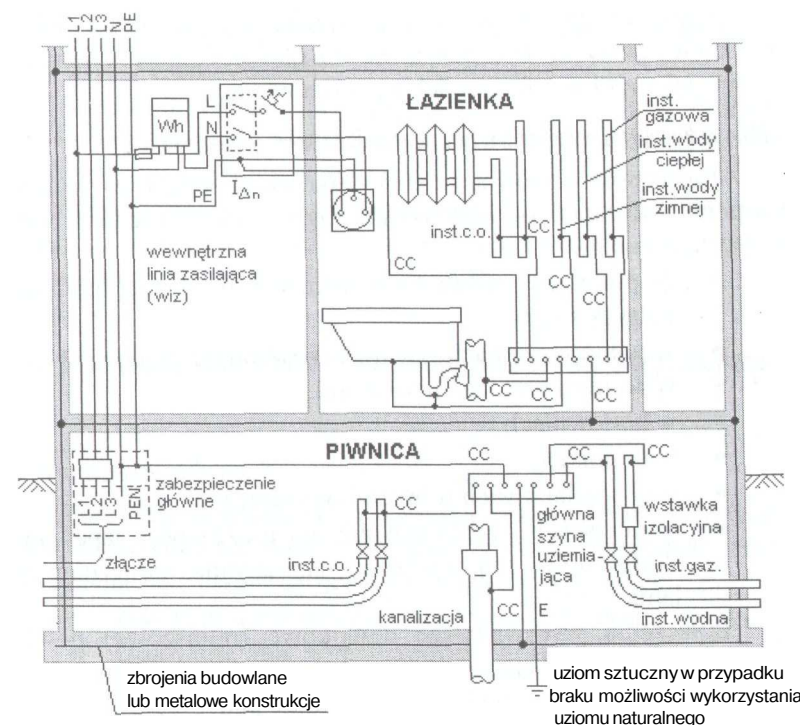
2.2.4. Połączenia wyrównawcze

77. Jaki jest cel stosowania połączeń wyrównawczych?

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

Wyróżnia się następujące połączenia wyrównawcze:

- połączenia wyrównawcze główne (rys. 2.29),
- połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe) (rys. 2.29)
- połączenia wyrównawcze izolowane nieuziemiowane (rys. 2.27).



Rys. 2.29. Połączenia ochronne w budynku mieszkalnym: połączenie miejscowe w łazience; połączenie główne w piwnicy.

78. Gdzie wykonuje się połączenia wyrównawcze główne?

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

- przewody ochronne PE lub ochronno-neutralne PEN,
- przewody uziemiające E,
- metalowe rury oraz metalowe urządzenia wewnętrznych instalacji: wody zimnej, wody gorącej, ścieków, centralnego ogrzewania, gazu, klimatyzacji, metalowe powłoki kabli energetycznych itp.
- metalowe elementy konstrukcyjne budynku takie jak zbrojenia itp.

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

79. Gdzie wykonuje się połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe)?

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

- w pomieszczeniach wyposażonych w wannę lub/i basen natryskowy,
- w pomieszczeniach wymienników ciepła,
- w pomieszczeniach hydroforni,
- **w kotłowniach,**
- w pralniach,
- w gospodarstwach rolnych i ogrodniczych,
- w miejscach, w których nie ma możliwości zapewnienia skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe) powinny obejmować wszystkie części przewodzące jednocześnie dostępne, przyłączone do wspólnej szyny (zacisku), takie jak:

- części przewodzące dostępne,
- części przewodzące obce,

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

80. Gdzie wykonuje się połączenia wyrównawcze izolowane nieuziemiowane?

Połączenia wyrównawcze izolowane nieuziemiowane stosowane są w obwodzie separowanym zasilającym więcej niż jeden odbiornik.

Części dostępne obwodu separowanego powinny być połączone między sobą przez izolowane nieuziemiowane przewody wyrównawcze. Przewody tego obwodu nie powinny być połączone z przewodami ochronnymi lub częściami dostępnymi innych obwodów ani z częściami przewodzącymi obcymi.

81. W jaki sposób powinny być wykonane połączenia i przyłączenia przewodów biorących udział w ochronie przeciwporażeniowej?

Wszystkie połączenia i przyłączenia przewodów biorących udział w ochronie przeciwporażeniowej (PE, PEN, CC, E) powinny być wykonane w sposób pewny, trwały w czasie, chroniący przed korozją. Przewody należy łączyć ze sobą przez zaciski przystosowane do materiału, przekroju oraz liczby łączonych przewodów, a także środowiska, w którym połączenie to ma pracować.

2.2.5. Przewody ochronne, ochronno-neutralne i wyrównawcze

82. Co to są przewody ochronne?

Przewody ochronne są to wszystkie przewody lub żyły w przewodach wielożyłowych służące do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

- żyły w przewodach (kablach) wielożyłowych,
- izolowane lub gołe przewody prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami czynnymi,
- ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane,
- metalowe osłony, jak np. powłoki, ekrany i panczerze niektórych rodzajów przewodów (kablów),

- metalowe rury lub inne metalowe osłony przewodów,
- odpowiednie części przewodzące lub obce.

83. Jakie są najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów ochronnych PE?

Najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów ochronnych PE podane są w tablicy 2.8.

Tablica 2.8. Przekroje przewodów ochronnych PE [40]

Przekrój przewodów fazowych S_L (mm ²)	Przekrój przewodów ochronnych S_{PE} (mm ²)
$S_L \leq 16$ $16 < S_L \leq 35$ $S_L > 16$	$S_{PE} \geq S_L$ $S_{PE} \geq 16$ $S_{PE} \geq 0,5 S_L$

84. Ile powinien wynosić minimalny przekrój przewodu ochronnego, który nie jest żyłą przewodu wielożyłowego lub nie jest prowadzony we wspólnej osłonie z przewodami roboczymi?

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

85. Jaki minimalny przekrój powinien posiadać przewód ochronno-neutralny PEN?

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

86. Jaki jest wymagany przekrój przewodów wyrównawczych głównych i miejscowych CC?

Wymagany przekrój przewodów wyrównawczych głównych i miejscowych podany jest w tablicy 2.9.

Tablica 2.9. Wymagany przekrój przewodów wyrównawczych głównych i miejscowych [40]

Połączenia wyrównawcze główne S_{CC}	Połączenia wyrównawcze miejscowe	
	Między dwiema częściami przewodzącymi dostępnymi S_{CC}	Między częścią przewodzącą dostępną i częścią przewodzącą obcą S_{CC}
$S_{CC} \geq 0,5 S_{PEmax}$ lecz nie mniejszy niż 6 mm ²	$S_{CC} \geq S_{PEmin}$	$S_{CC} \geq S_{PE}$
Dopuszcza się by S_{CC} był nie większy od 25 mm ² Cu	Przekrój przewodów S_{CC} nieułożonych razem z przewodami fazowymi powinien wynosić $S_{CC} \geq 2,5$ mm ² jeśli są chronione od uszkodzeń mechanicznych $S_{CC} \geq 4$ mm ² jeśli nie są chronione od uszkodzeń mechanicznych	
Oznaczenia: S_{CC} – przekrój przewodu wyrównawczego, S_{PEmax} – największy wymagany przekrój przewodu ochronnego S_{PEmin} – najmniejszy wymagany przekrój przewodu ochronnego S_{PE} – przekrój przewodu ochronnego doprowadzonego do części przewodzącej dostępnej.		

2.2.6. Uziomy i przewody uziemiające

87. Do czego służą uziomy i jakie są ich rodzaje?

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

88. Jakie funkcje spełniają uziemienia robocze?

Uziemienia robocze spełniają następujące funkcje:

- chronią ludzi od skutków pojawienia się w sieci niskiego napięcia wyższego napięcia sieci zasilającej,
- zapewniają, w normalnych warunkach pracy sieci niskiego napięcia, utrzymanie się potencjału ziemi na przewodach PEN (PE) i połączonych z nimi częściach przewodzących dostępnych,

- zapobiegają długotrwałemu utrzymaniu się asymetrii napięć w sieci TN podczas zwarć doziemnych z pominięciem przewodu PEN (PE),
- umożliwiają wyłączenie zasilania podczas zwarć doziemnych, gdy zwarcie doziemne wystąpi na uszkodzonym przewodzie ochronnym za miejscem jego przerwania,
- ograniczają napięcie na przewodach PEN (PE) wywołane zvarciami doziemnymi w sieci TN,
- ograniczają napięcie pojawiające się podczas zwarć doziemnych na przerwanym przewodzie ochronnym i połączonych z nim częściach przewodzących.

(Wymagania stawiane uziomieniom roboczym szczegółowo omówione są w literaturze [7])

89. Gdzie należy wykonać uziemia robocze?

Uziemia robocze należy wykonać w każdej stacji zasilającej uziemiając punkt neutralny transformatora.

90. Gdzie wykonujemy dodatkowe uziemia robocze?

Dodatkowe uziemia robocze należy wykonać w sieciach napowietrznych o układzie TN uziemiając przewód ochronno-neutralny:

- na końcu każdej linii, na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż 200 m,
- na końcu każdego przyłącza o długości większej niż 100 m,
- wzdłuż trasy linii tak, aby odległość między uziemieniami nie była większa niż 500 m.

W sieciach kablowych o układzie TN w złączach każdego budynku.

91. Ile powinna wynosić rezystancja poszczególnych dodatkowych uziemień roboczych?

Rezystancja poszczególnych dodatkowych uziemień roboczych nie powinna przekraczać 30Ω , a w razie wykonywania ich w gruncie o rezystywności większej niż $500 \Omega\text{m}$ nie powinna przekraczać wartości obliczonej według wzoru:

$$R_d \leq \frac{\rho}{16}$$

gdzie ρ - rezystywność gruntu w Ωm .

92. Co zalicza się do uziomów naturalnych?

Do uziomów naturalnych zalicza się metalowe konstrukcje i elementy urządzeń znajdujących się w ziemi.

Przy wykonywaniu uziemień urządzeń przemiennie-prądowych jako uziomy naturalne można wykorzystywać:

- systemy metalowych rur wodociagowych pod warunkiem, że uzyskano na to zgodę jednostki eksploatującej te wodociągi,
- ołowiane płaszcze i inne metalowe osłony kabli,
- elementy metalowe osadzone w fundamentach,
- zbrojenia betonu znajdującego się w ziemi.

93. Co zaliczamy do uziomów sztucznych

Do uziomów sztucznych zaliczamy:

- pręty lub rury metalowe wbite w ziemię,
- taśmy lub druty metalowe ułożone w ziemi,
- płyty metalowe w ziemi.

94. Z jakich materiałów wykonuje się uziomy sztuczne.

Tablica 2.10. Najmniejsze wymiary poprzeczne uziomów sztucznych zagłębionych bezpośrednio w gruncie

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

Uziomy sztuczne wykonuje się ze stali ocynkowanej lub nieocynkowanej. W środowisku o dużej korozyjnej agresywności gruntu można wykonywać ze stali miedziowanej lub miedzi.

Najmniejsze dopuszczalne wymiary poprzeczne uziomów sztucznych zagłębionych bezpośrednio w gruncie podano w tablicy 2.10.

95. Jak powinny być umieszczone uziomy w stosunku do powierzchni gruntu?

Uziomy sztuczne pionowe powinny być zagłębione w gruncie w taki sposób aby ich dolna krawędź znajdowała się na głębokości większej niż 2,5 m, natomiast najwyższa część na głębokości nie mniejszej niż 0,5 m pod powierzchnią ziemi.

Uziomy sztuczne poziome powinny być ułożone na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m w rowach lub bruzdach zasypanych gruntem z wykopu.

96. Jak należy wykonywać połączenia przewodów uziemiających z uziomem?

Połączenia przewodów uziemiających z uziomem oraz poszczególnych układów uziomowych należy spawać. Wszelkie połączenia należy zabezpieczyć przed korozją i uszkodzeniami mechanicznymi.

97. Jakie są najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów uziemiających?

Tablica 2.11. Przekroje przewodów uziemiających ułożonych w ziemi [40]

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

Przekroje przewodów uziemiających S_F muszą być większe lub równe przekrojom ochronnym S_{PE} (Tablica 2.8). Jeżeli przewód uziemiający nie jest żyłą przewodu (kabla) to jego przekrój nie powinien być mniejszy niż:

- 2,5 mm² przy stosowaniu zabezpieczenia przed mechanicznym uszkodzeniem,
- 4 mm² przy braku zabezpieczenia przed mechanicznym uszkodzeniem.

Przewody uziemiające ułożone w ziemi muszą spełniać wymagania podane w tablicy 2.11.

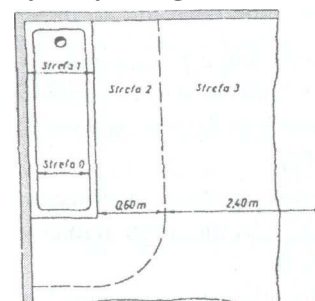
2.2.7. Wymagania dodatkowe dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w zależności od warunków środowiskowych

2.2.7.1. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub basen natryskowy (łazienki)

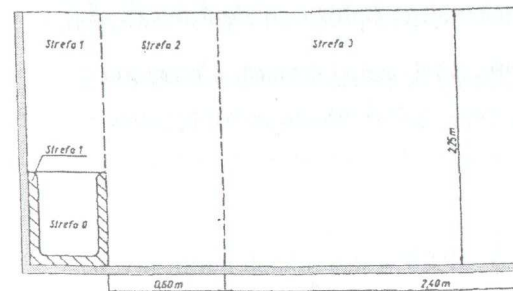
98. Jakie strefy ochronne wyróżnia się w pomieszczeniach łazienek?

W pomieszczeniach łazienek wyróżnia się cztery strefy ochronne: 0, 1, 2, 3.

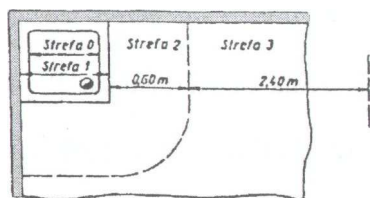
Wymiary stref pokazano na rys. 2.30.



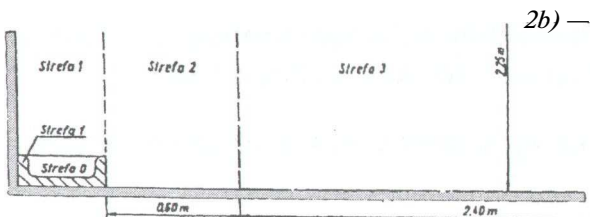
1a) - wanna-rzut poziomy



1b) - wanna - rzut pionowy



2a) — brodzik — rzut poziomy



2b) — brodzik - rzut pionowy

Rys. 2.30. Strefy ochronne w pomieszczeniach łazienek. [37]

99. Jakie wymagania stawiane są ochronie przeciwporażeniowej w łazienkach?

Ochronie przeciwporażeniowej w pomieszczeniach łazienek stawiane są następujące wymagania:

- w pomieszczeniu powinny być wykonane połączenia wyrównawcze miejscowe łączące wszystkie części przewodzące obce znajdujące się w strefach 1, 2, 3 ze sobą oraz z przewodem ochronnym (rys. 2.29),
- w strefie 0 można stosować jedynie napięcie bezpieczne o wartości nie większej niż 12 V. Źródło tego napięcia powinno znajdować się poza strefą 0,
- nie wolno stosować jako ochrony dodatkowej izolowania stanowiska oraz nieziemionych połączeń wyrównawczych.

100. Jakie stopnie ochrony powinien mieć sprzęt i osprzęt stosowany w łazienkach?

Sprzęt i osprzęt stosowany w łazienkach powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż:

- | | | |
|------|---------------|----------------------------------|
| IPX7 | - w strefie 0 | } IPX5 w łazienkach publicznych. |
| IPXS | - w strefie 1 | |
| IPX4 | - w strefie 2 | |
| IPX1 | - w strefie 3 | |

101. Jakie wymagania stawiane są przy instalowaniu przewodów?

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

W strefach 0, 1 i 2 mogą być zainstalowane jedynie przewody niezbędne do zasilania odbiorników znajdujących się w tych strefach.

W strefach 0, 1 i 2 nie wolno instalować puszek, rozgałęźników oraz sprzętu łączeniowego. Tory przewodów elektrycznych muszą być prowadzone w liniach prostych równoległych do krawędzi i stropów.

Przewody muszą być miedziane o przekroju do 10 mm².

102. Jakie urządzenia wolno instalować w strefie 0, 1, 2, 3?

W strefie 0 wolno instalować urządzenia stałe zasilane napięciem 12 V. W strefie 1 można instalować jedynie podgrzewacze wody. W strefie 2 można instalować oprawy II klasy ochronności oraz podgrzewacze wody. W strefie 3 można instalować gniazda wtyczkowe jeżeli są one zasilane: indywidualnie z transformatora separacyjnego, napięciem bezpiecznym, lub zabezpieczone wyłącznikami różnicowo-prądowymi o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

103. W jakich strefach mogą być instalowane grzejniki elektryczne w podłodze?

Grzejniki elektryczne w podłodze mogą być instalowane we wszystkich strefach pod warunkiem pokrycia ich metalową siatką lub blachą połączoną z przewodem wyrównawczym.

2.2.7.2. Place budowy i robót rozbiórkowych

104. Jakie układy sieciowe wolno stosować na placach budowy?

Na placach budowy wolno stosować układy sieciowe TN-S, 'IT oraz IT z urządzeniem do stałej kontroli stanu izolacji (rys. 2.31).



s. 2.5/. *Wskaźnik stanu izolacji WSI-2A-POLMED Poznań.*

105. Jak zapewnia się ochronę przed dotykiem bezpośrednim?

Ochronę przed dotykiem bezpośrednim zapewnia się przez:

- izolowanie części czynnych,
- stosowanie w miejscach szczególnie niebezpiecznych, przegród, osłon i barier,
- umieszczenie poza zasięgiem ręki.

106. **Jak** zapewnia się ochronę przed dotykiem pośrednim?

Ochronę przed dotykiem pośrednim zapewnia się przez:

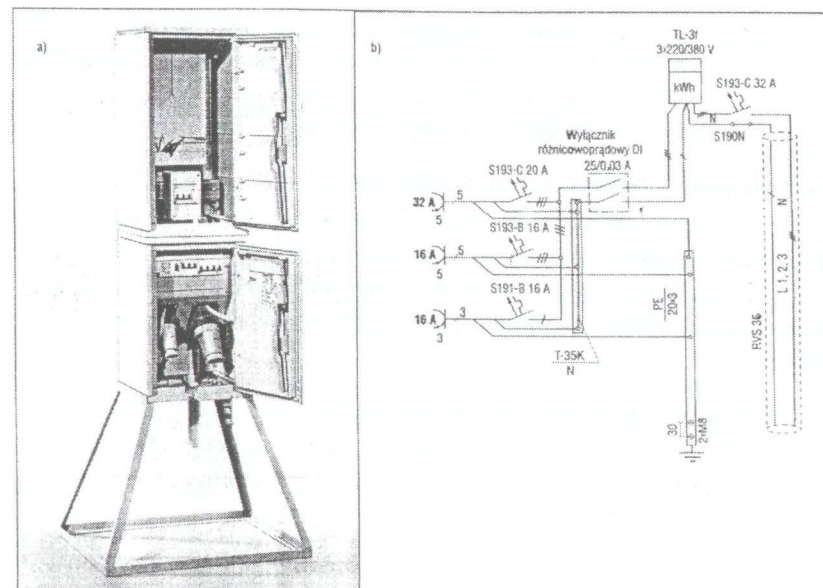
- stosowanie samoczynnego wyłączenia za pomocą wyłączników różnicowoprądowych o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA (rys. 2.32),
- zastosowanie urządzeń II klasy ochronności,
- zastosowanie transformatora separacyjnego zasilającego jeden odbiornik.

107. Jaki stopień ochrony powinien mieć sprzęt i osprzęt instalacyjny stosowany na placach budowy?

Zastosowany sprzęt i osprzęt instalacyjny powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP44.

108. Jak powinny być prowadzone przewody i kable zasilające odbiorniki na placu budowy?

Przewody i kable zasilające urządzenia rozdzielcze i poszczególne odbiorniki na placu budowy powinny być chronione od uszkodzeń mechanicznych. W związku z tym powinny być układane na podporach, uchwytach, wieszakach a w szczególnych przypadkach na przejściach i przejazdach osłonięte.



Rys. 2.32. *Rozdzielnica budowlana typu RBP-1f-my H. Sypniewski - Zielona Góra: a) widok b) układ połączeń.*

2.2.7.3. Gospodarstwa rolne i ogrodnicze

109. Jakie pomieszczenia zaliczamy do pomieszczeń rolniczych i ogrodniczych?

Do pomieszczeń rolniczych i ogrodniczych zaliczamy: stajnie, obory, kurniki, chlewnie, pomieszczenia przygotowania pasz, spichlerze, stodoły, przechowalnie płodów rolnych oraz szklarnie.

110. Jakie wymagania dodatkowe stawia się instalacjom w gospodarstwach rolnych i ogrodniczych?

Instalacjom stawia się następujące dodatkowe wymagania:

- obwody zasilające gniazda wtyczkowe muszą być zabezpieczone za pomocą wyłączników różnicowoprądowych o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA,
- obwody odbiorcze zaleca się zabezpieczać wyłącznikami różnicowo-prądowymi o prądzie tak niskim, jak to możliwe lecz nie przekraczającym 30 mA,

- części przewodzące dostępne urządzeń elektrycznych zlokalizowanych w oborach, stajniach, chlewniach powinny mieć połączenia wyrównawcze z częściami przewodzącymi obcymi i przewodem ochronnym instalacji elektrycznej.

111. W jaki sposób zapewnia się ochronę przeciwpożarową?

Ochronę przeciwpożarową zapewnia się przez zainstalowanie wyłącznika różnicowoprądowego o prądzie różnicowych $I_{\Delta n} \leq 500$ mA.

Urządzenia grzewcze promiennikowe powinny być zainstalowane w odległości co najmniej 0,5 m od zwierząt i materiałów łatwopalnych.

112. Jaki stopień ochrony powinny mieć urządzenia elektryczne?

Urządzenia elektryczne powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP 35.

2.2.7.4. Wymagania dodatkowe dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w ograniczonych przestrzeniach przewodzących

113. Co to jest ograniczona przestrzeń przewodząca?

Za ograniczoną przestrzeń przewodzącą uważamy ciasne pomieszczenie w budynku albo ciasne wnętrze innego obiektu technicznego o ścianach i innych częściach przewodzących, z którymi człowiek może się stykać znaczną powierzchnią ciała mając ograniczoną możliwość przerwania tej styczności. Np. ciasne wnętrze metalowego zbiornika, kotła, rurociągu itp.

114. Jak powinny być zasilane lampy elektryczne ręczne używane w ograniczonych przestrzeniach przewodzących?

Lampy elektryczne ręczne powinny być zasilane z obwodu SELV napięciem do 25 V prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego. Transformator bezpieczeństwa wykonany w II klasie ochronności powinien znajdować się poza przestrzenią przewodzącą.

115. Jaka ochronę przeciwporażeniową dodatkową należy stosować w odniesieniu do urządzeń stałych?

Jako ochronę dodatkową należy stosować:

- ochronne obniżenie napięcia w obwodzie SELV. Jako źródła napięcia należy użyć transformatora bezpieczeństwa II klasy ochronności zainstalowanego na stałe,
- zasilanie pojedynczego urządzenia z transformatora separamyjskiego wykonanego w II klasie ochronności,
- odbiornik II klasy ochronności pod warunkiem, że zasilany jest z obwodu zabezpieczonego wyłącznikiem różnicowoprądowym o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA,
- układ ochrony różnicowoprądowy o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA pod warunkiem zastosowania ochrony uzupełniającej w postaci miejscowych połączeń wyrównawczych.

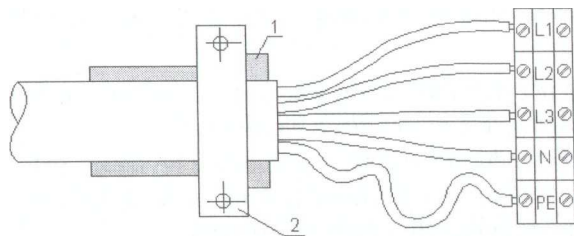
2.2.8. Przyłączanie urządzeń elektrycznych

116. Jakie warunki muszą być przestrzegane przy przyłączaniu przewodów do urządzeń elektrycznych?

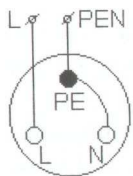
Przy przyłączaniu przewodów do urządzeń elektrycznych muszą być przestrzegane następujące warunki:

- Zewnętrzne osłony ochronne przyłączonych przewodów powinny być usunięte tylko z tych części przewodu, które po przyłączeniu będą niedostępne.
- Metalowe osłony przewodów powinny być usunięte i zakończone w takich miejscach i w taki sposób, aby nie mogły zetknąć się z zaciskami lub żyłami roboczymi.
- Żyłka przewodu powinna być pozbawiona izolacji tylko na długości niezbędnej do prawidłowego połączenia z zaciskiem.
- Koniec żyły wielodrutowej powinien być zabezpieczony przed możliwością oddzielenia się poszczególnych drutów przez oblutowanie, zastosowanie końcówek lub tulejek.

- Końce żył przewodów wprowadzonych do odbiornika, które nie zostały wykorzystane, powinny być unieruchomione i izolowane.
- Żyłka ochronna przewodu zasilającego powinna mieć nadmiar długości w stosunku do pozostałych żył roboczych przewodu (rys. 2.33).
- Giętkie przewody wielożyłowe należy wprowadzać do odbiornika w taki sposób aby nie mogły ulec skręceniu i nie przenosiły naciągu na zaciski.
- Przewód ochronno-neutralny sieci TN-C przyłączony do odbiornika stałego (gniazda) powinien być doprowadzony do zacisku ochronnego odbiornika, a następnie połączony z zaciskiem neutralnym odbiornika (rys. 2.34).
- Wtyczek i nasadek ze stykiem ochronnym nie wolno przyłączać do przewodu nie zawierającego żyły ochronnej.
- Gniazd wtyczkowych ze stykiem ochronnym nie wolno instalować bez jednoczesnego połączenia tego styku z ułożonym na stałe przewodem ochronnym.



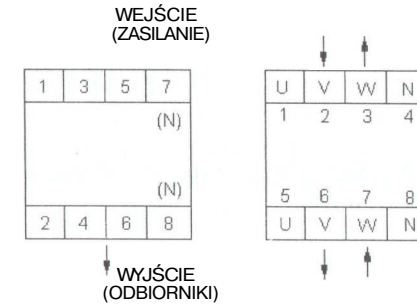
Rys. 2.33. Sposób przyłączenia do odbiorników przewodów zasilających ruchomych: 1 - odgiętka, 2 - odciążka.



Rys. 2.34. Przyłączenie gniazda wtyczkowego ze stykiem ochronnym do sieci o układzie TN-C.

117. Jaka jest zasada instalowania wyłączników z uwzględnieniem kierunku przepływu energii?

Zasadę instalowania wyłączników z uwzględnieniem kierunku przepływu energii przedstawiono na rys. 2.35.



Rys.2.35. Zasada instalowania wyłączników z uwzględnieniem kierunku przepływu energii.

118. W jaki sposób należy przyłączać oprawy oświetleniowe?

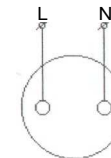
W układach sieciowych, w których istnieje przewód neutralny oprawy oświetleniowej należy przyłączać tak aby przewód neutralny był połączony do trzonka żarówki lub lampy wyładowczej, a wyłączenie odbywało się przez przerwę w przewodzie fazowym (rys. 2.36).



Rys. 2.36. Przyłączenie oprawy oświetleniowej.

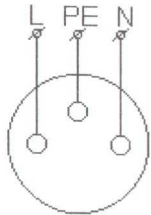
119. W jaki sposób należy przyłączać gniazda

W układach sieciowych, w których istnieje przewód neutralny w gniazdach wtyczkowych jednofazowych bez styku ochronnego, patrząc od przodu przewód fazowy powinien być przyłączony z lewej strony (rys. 2.37).



Rys. 2.37. Przyłączenie gniazda wtyczkowego bez styku ochronnego.

W gniazdach wtyczkowych pojedynczych ze stykiem ochronnym, patrząc od przodu przewód fazowy powinien być przyłączony z lewej strony, a styk ochronny powinien znajdować się u góry (dotyczy to styku ochronnego gniazd stosowanych w Polsce) (rys. 2.38).



Rys. 2.38. Przyłączenie gniazdawtyczkowego zestykiemochronnym.

3. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH O NAPIĘCIU POWYŻEJ 1 kV

120. W jaki sposób wykonuje się ochronę przeciwporażeniową podstawową w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV?

Ochronę podstawową w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV wykonuje się w sposób następujący:

- każde urządzenie elektroenergetyczne jako całość i w swoich częściach powinno posiadać odpowiednią wytrzymałość elektryczną izolacji wynikającą z napięcia znamionowego urządzenia,
- części znajdujące się pod napięciem zarówno gołe, jak i izolowane, powinny być przez swoją budowę i usytuowanie zabezpieczone przed dotykiem.

121. W jaki sposób wykonuje się ochronę przeciwporażeniową dodatkową w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV?

W urządzeniach o napięciu wyższym niż 1 kV, ochronę przeciwporażeniową dodatkową wykonuje się przez zastosowanie uzemień ochronnych polegających na uziemieniu części przewodzących, nie należących do obwodu elektrycznego.

Dla zmniejszenia zagrożenia porażeniowego łącznie z uziemieniem ochronnym można stosować uzupełniające środki ochrony w postaci:

- izolacji stanowisk,
- powłok elektroizolacyjnych,
- wstawek izolacyjnych w elementach przewodzących,
- ogrodzeń.

122. Jakie części urządzeń podlegają uziemieniu ochronnemu?

Uziemieniu ochronnemu podlegają następujące części urządzeń:

- obudowy, osłony, kadłuby i podstawy maszyn elektrycznych, transformatorów, łączników i innych urządzeń,

- elementy napędów i urządzeń pomocniczych do obsługi urządzeń rozdzielczych, jeżeli nie mają połączeń z częściami uziemiającymi,
- stanowiska obsługi, pomosty montażowe i drabiny zamocowane na stałe,
- konstrukcje i osłony rozdzielnic,
- konstrukcje stacji elektroenergetycznych,
- słupy linii napowietrznych ze stali lub betonu zbrojonego,
- uzwojenia wtórne przekładników,
- głowice kablowe, powłoki, pancerze i żyły powrotne kabli oraz osłony przewodów,
- ogrodzenia, bariery i osłony zainstalowane na stałe,
- podstawy izolatorów zamocowanych na nie uziemionych konstrukcjach,
- rurociągi.

123. Jakich elementów urządzeń nie uziemia się?

Nie uziemia się następujących elementów metalowych:

- ruchomych lub zdejmowanych drzwi, barier, ogrodzeń i osłon posiadających co najmniej dwa przewodzące umocowania na uziemionych konstrukcjach,
- metalowych obudów, kanałów i konstrukcji wsporczych na których ułożone są kable z uziemionymi pancerzami lub powłokami.

124. Co to jest napięcie krokowe?

Napięcie krokowe jest to różnica potencjałów między dwoma punktami na powierzchni stanowiska odległymi o 1 m.

125. Co to jest napięcie rażeniowe krokowe?

Napięcie rażeniowe krokowe jest to spadek napięcia spowodowany przepływem prądu przez ciało człowieka pomiędzy stopami rozsuniętymi na odległość 1 m.

126. Co to jest napięcie dotykowe?

Napięcie dotykowe jest to napięcie, które występuje w warunkach normalnych lub może pojawić się w warunkach zakłóceńowych

między dwoma częściami jednocześnie **dostępny, nie należącymi** do obwodu elektrycznego.

127. Co to jest napięcie rażeniowe dotykowe?

Napięcie rażeniowe dotykowe jest to spadek napięcia na ciele człowieka podczas przepływu prądu wywołanego napięciem dotykowym.

128. Jaka jest największa dopuszczalna wartość napięcia rażeniowego dotykowego?

Największa dopuszczalna wartość napięcia rażeniowego zależy od miejsca występowania tego napięcia oraz od czasu jego występowania (czasu trwania rażenia -t) np.:

- dla $t = 5 \text{ s}$ $U_r = 65 \text{ V}$ w miejscach wydzielonych dla celów elektroenergetycznych obejmujących np. pomieszczenia wilgotne,
- dla $t = 5 \text{ s}$ $U_r = 130 \text{ V}$ w pomieszczeniach rozdzielni i nastawni, drogi ruchu wewnętrznego i przejścia.

Za czas trwania rażenia t przyjmuje się czas trwania jednofazowego zwarcia doziemnego, które powoduje przepływ prądu przez rozpatrywany uziom.

129. Jaki czas trwania zwarcia doziemnego występuje w układach z samoczynnym wyłączeniem zwarć?

W układach, w których stosuje się samoczynne wyłączenie zwarć, przyjmuje się czas trwania zwarcia doziemnego będący sumą działania zabezpieczeń podstawowych i najdłuższego czasu wyłączenia łączników działających przy zwarciach.

130. Jakie środki bezpieczeństwa należy stosować przy wchodzeniu na teren w którym mogą występować napięcia rażeniowe dotykowe wyższe niż dopuszczalne?

Na teren, w którym mogą występować napięcia rażeniowe dotykowe wyższe niż dopuszczalne wolno wchodzić tylko w obuwiu dielektrycznym i w rękawicach izolacyjnych oraz hełmach izolacyjnych.

Przy wejściach na ogrodzone tereny należy wywiesić tablice ostrzegawcze z napisem: „Niebezpieczne napięcie dotykowe”, „Niebezpieczne napięcie krokowe”.

4. BUDOWA I EKSPLOATACJA URZĄDZEŃ ELEKTROENERGETYCZNYCH

4.1. Ogólne zasady eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

4.1.1. Wiadomości ogólne

131. Co nazywamy urządzeniami elektroenergetycznymi?

Urządzeniami elektroenergetycznymi nazywamy Wszystkie urządzenia przeznaczone do wytwarzania, przekształcania, przesyłania, rozdziału i wykorzystania energii elektrycznej. Urządzeniami elektroenergetycznymi są maszyny elektryczne, transformatory, aparaty elektryczne, aparatura zabezpieczająca, odbiorniki.

132. Co rozumie się pod pojęciem eksploatacja urządzeń elektroenergetycznych?

Pod pojęciem eksploatacja urządzeń rozumie się:

- prowadzenie ruchu tych urządzeń,
- utrzymanie urządzeń w należyтым stanie technicznym.

133. Jakie czynności związane są z prowadzeniem ruchu urządzeń elektroenergetycznych?

Do czynności związanych z prowadzeniem ruchu urządzeń zaliczamy:

- uruchamianie urządzenia,
- obsługa w czasie pracy,
- zatrzymanie urządzenia w czasie **normalnej pracy i w stanie awaryjnym**,
- prowadzenie zapisów ruchowych.

134. Jakie prace związane są z utrzymaniem urządzeń w należyтым stanie technicznym?

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

135. Kto może zajmować się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych?

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

1. Dozoru - do których zalicza się stanowiska pracowników technicznych i innych osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie: obsługi, konserwacji napraw, kontrolno-pomiarowym i montażu, oraz stanowiska osób sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.
2. Eksploatacji - do których zalicza, się stanowiska osób wykonujących prace w zakresie:
 - obsługi,
 - konserwacji,
 - napraw,
 - kontrolno-pomiarowym,
 - montażu.

136. Kto ustala wykaz stanowisk pracy osób (i rodzaju urządzeń) na których wymagane są dodatkowe kwalifikacje w zakresie dozoru (D) i eksploatacji (E)?

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

137. Eksploatacja jakich urządzeń elektroenergetycznych wymaga dodatkowych kwalifikacji przez osoby dozoru i eksploatacji?

Dodatkowych kwalifikacji wymaga się przy nadzorowaniu i eksploataowaniu następujących urządzeń:

1. urządzenia prądowórcze przyłączone do krajowej sieci elektroenergetycznej bez względu na wysokość napięcia znamionowego,
2. sieci, urządzenia i instalacje o napięciu do 1 kV (z wyjątkiem obsługi urządzeń w gospodarstwach domowych i rolnych oraz obsługi urządzeń w zakładach eksploatujących urządzenia elektryczne niskiego napięcia o określonej w umowie sprzedaży mocy maksymalnej do 20 kW),

3. sieci, urządzenia i instalacje o napięciu znamionowym wyższym od 1 kV,
4. zespoły prądotwórcze o mocy łącznie od 20 kW wzwyż,
5. urządzenia elektrotermiczne,
6. urządzenia do elektrolizy,
7. sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego,
8. elektryczna sieć trakcyjna,
9. elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym,
10. aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania zabezpieczeń urządzeń i instalacji wymienionych w punkcie 1-9,
11. urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia,
12. urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic.

4.1.2. Wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych

138. W jaki sposób uzyskuje się świadectwo kwalifikacyjne uprawniające do zajmowania się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych?

Świadectwo kwalifikacyjne uprawniające do zajmowania się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych uzyskuje się na podstawie egzaminu przed komisją kwalifikacyjną powołaną przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki lub właściwych ministrów (Prezes URE upoważnił do organizowania komisji egzaminacyjnych między innymi Stowarzyszenie Elektryków Polskich - SEP).

139. Jakie są wymagania kwalifikacyjne na egzaminie dla osób zatrudnionych przy eksploatacji?

Na egzaminie kwalifikacyjnym dla osób zatrudnionych przy eksploatacji należy wykazać się znajomością dotyczącą:

- zasad budowy, działania oraz warunków technicznych obsługi urządzeń, instalacji i sieci,
- zasad eksploatacji oraz instrukcji eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
- ogólnych zasad racjonalnej gospodarki energetycznej,

- warunków wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych,
- zasad i wymagań bezpieczeństwa pracy i bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz umiejętności udzielania pierwszej pomocy,
- instrukcji postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia obsługi lub otoczenia.

Szczegółową tematykę egzaminu ustala komisja kwalifikacyjna i podaje do wiadomości osobom ubiegającym się o potwierdzenie kwalifikacji na 14 dni przed wyznaczoną datą egzaminu.

140. Na czyj wniosek komisja przeprowadza egzamin kwalifikacyjny?

Egzamin kwalifikacyjny komisja przeprowadza na wniosek osoby zainteresowanej lub na wniosek pracodawcy zatrudniającego osobę prowadzącą eksploatację sieci, urządzeń i instalacji elektroenergetycznych.

141. Co powinien zawierać wniosek o sprawdzenie kwalifikacji?

Wniosek o sprawdzenie kwalifikacji powinien zawierać:

- dane personalne osoby ubiegającej się o potwierdzenie kwalifikacji,
- nazwę zakładu pracy, tytuł zawodowy, zajmowane stanowisko, okresy odbytej praktyki z zakresu eksploatacji,
- wskazanie rodzaju kwalifikacji i urządzeń, o które ubiega się wnioskujący.

Do wniosku należy dołączyć potwierdzenie dokonania opłaty za egzamin.

142. Jaki jest termin ważności świadectwa kwalifikacyjnego?

Świadectwo jest ważne 5 lat od daty wystawienia.

143. Czy zmiana miejsca zatrudnienia powoduje utratę ważności świadectwa kwalifikacyjnego?

Zmiana miejsca zatrudnienia nie powoduje utraty ważności świadectwa kwalifikacyjnego.

144. W jakich wypadkach egzamin podlega powtórzeniu?

Egzamin podlega powtórzeniu w razie stwierdzenia, że eksploatacja urządzeń, instalacji i sieci jest prowadzona niezgodnie z obo-

wiązującymi przepisami lub w razie negatywnego wyniku egzaminu (w tym przypadku osoba może ponownie przystąpić do egzaminu nie wcześniej niż po upływie trzech miesięcy od ogłoszenia wyniku tego egzaminu).

145. Kto może wystąpić z wnioskiem o powtórzenie egzaminu.

Z wnioskiem o powtórzenie egzaminu może wystąpić:

- Pracodawca,
- Inspektor Pracy,
- Prezes Urzędu Regulacji Energetyki.

4.1.3. Dokumentacja techniczna

146. Co zalicza się do dokumentacji technicznej?

Do dokumentacji technicznej zalicza się:

- projekt techniczny,
- dokumentację fabryczną dostarczaną **przez** wytwórcę urządzenia,
- dokumentację eksploatacyjną.

147. Co zawiera dokumentacja fabryczna?

Dokumentacja fabryczna zawiera:

- rysunki konstrukcyjne, montażowe **i zestawieniowe**,
- karty gwarancyjne,
- fabryczne instrukcje obsługi.

148. Co obejmuje dokumentacja eksploatacyjna?

Dokumentacja eksploatacyjna obejmuje:

- dokumenty przyjęcia urządzenia do eksploatacji,
- instrukcje eksploatacji urządzeń,
- książki, raporty lub karty pracy urządzeń,
- dokumenty dotyczące oględzin, przeglądów, **konserwacji**, napraw i remontów urządzeń,
- protokoły zawierające wyniki prób i pomiarów,

- dokumenty dotyczące rodzaju i zakresu uszkodzeń i napraw,
- wykazy niezbędnych części zamiennych i specjalnych narzędzi.

149. Co powinna zawierać instrukcja eksploatacji urządzenia?

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

Instrukcja eksploatacji urządzenia powinna składać się z części ogólnej i części szczegółowej.

Część ogólna instrukcji powinna zawierać następujące informacje:

- przedmiot instrukcji - tu powinna być podana informacja jakiego urządzenia dotyczy opracowana instrukcja, dla jakiego personelu jest przeznaczona i o jakich kwalifikacjach,
- podstawę opracowania instrukcji — w tej części należy podać przepisy szczegółowe, dokumentację fabryczną, dokumenty potwierdzające przyjęcie urządzenia do eksploatacji,
- klauzulę zatwierdzającą instrukcję do stosowania z podaniem imienia i nazwiska z podpisem osoby, która instrukcję zatwierdziła i wprowadziła jako obowiązującą do eksploatacji.

Część szczegółowa instrukcji powinna zawierać:

- ogólną charakterystykę urządzenia określającą: przeznaczenie urządzenia, podstawowe parametry (moc, napięcie), układ połączeń z opisaną aparaturą i wielkościami zabezpieczeń;
- obsługę urządzenia z określeniem: czynności związanych z uruchomieniem urządzenia i zatrzymaniem urządzenia przy pracy normalnej i awaryjnej,

- zasady postępowania w razie awarii, pożaru lub innych zakłóceń w pracy urządzeń,
- obowiązków osób obsługi, określających zakres tych obowiązków i uprawnień,
- sposobu prowadzenia zapisów czynności ruchowych, odczytów wskazań przyrządów kontrolno-pomiarowych z podaniem ich terminów,
- wymagania w zakresie konserwacji urządzenia określające: zakres i termin planowanych oględzin, przeglądów, prób i badań oraz prac kontrolno-pomiarowych (w tym ochrony przeciwporażeniowej), zasady kwalifikowania urządzenia do remontu.
- zakres wymagań dotyczących ochrony przed porażeniem, wybuchem, pożarem i inne wymagania w zakresie bhp takie jak:
 - bezpieczne wykonywanie prac planowych,
 - rodzaj stosowanego sprzętu ochronnego,
 - sposób powiadamiania (kogo) w przypadku porażenia, pożaru lub awarii,
 - sposób i rodzaj używanego sprzętu p.poż w przypadku wystąpienia pożaru.

4.1.4. Przyjmowanie urządzeń do eksploatacji

150. Kto dokonuje przyjęcia urządzeń do eksploatacji?

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

151. Kiedy może być przyjęte urządzenie do eksploatacji?

Przyjęcie urządzenia do eksploatacji może nastąpić po:

- sprawdzeniu kompletności dokumentacji technicznej,
- przeprowadzeniu prób i pomiarów w zakresie umożliwiającym stwierdzenie czy urządzenie odpowiada warunkom technicznym,

- sprawdzeniu czy urządzenie jest dopuszczone do ruchu lub obrotu zgodnie z obowiązującymi przepisami (czy posiada znak bezpieczeństwa, atest i inne),
- sprawdzeniu czy został przeprowadzony odbiór techniczny przez organ dozoru technicznego jeżeli takiemu odbiorowi podlega,
- sprawdzeniu czy stan urządzenia i miejsca pracy odpowiadają warunkom technicznym oraz wymogom bhp i ochrony przeciwpożarowej i przeciwporażeniowej,
- sporządzenie protokołu przyjęcia do eksploatacji.

4.1.5. Prowadzenie eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

152. Na jakiej podstawie dokonuje się ocenę stanu technicznego eksploatowanych urządzeń?

Ocenę stanu technicznego eksploatowanych urządzeń i ich zdolności do dalszej niezawodnej i bezpiecznej eksploatacji dokonuje się na podstawie wyników przeprowadzonych okresowo: oględzin przeglądów oraz prób i pomiarów.

153. W jakich terminach przeprowadza się oględziny i przeglądy urządzeń?

Oględziny i przeglądy urządzeń przeprowadza się w terminach i zakresie ustalonym w szczegółowych zasadach eksploatacji poszczególnych urządzeń lub w instrukcjach eksploatacji.

154. Kiedy zachodzi konieczność przeprowadzenia przeglądu poza terminem ustalonym w instrukcji?

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

155. Kiedy należy wstrzymać ruch urządzenia?

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

156. Kiedy urządzenie elektroenergetyczne powinno być przekazane do remontu lub wycofane z eksploatacji?

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

- pogorszenie stanu technicznego poniżej wartości dopuszczalnych określonych w szczegółowych zasadach eksploatacji, normach oraz w razie zwiększenia energochłonności
- uszkodzenie urządzenia zagrażające niezawodności ruchu lub bezpieczeństwu obsługi i otoczenia.

157. Kto podejmuje decyzję o przekazaniu urządzenia do remontu lub wycofaniu z eksploatacji?

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

4.1.6. Kontrola eksploatacji

158. Jakie organy są upoważnione do przeprowadzenia kontroli przestrzegania warunków i przepisów eksploatacji?

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

- Urząd Regulacji Energetyki (działający poprzez Oddziały Terenowe URE),
- Państwowa Inspekcja Pracy,
- Urząd Dozoru Technicznego w zakresie urządzeń podlegających dozorowi.

159. Jakie są uprawnienia inspektora przeprowadzającego kontrolę?

Inspektor przeprowadza kontrolę w obecności pracodawcy lub osoby przez niego wyznaczonej. Inspektor jest upoważniony do żądania od jednostki kontrolowanej informacji oraz przedstawienia wszel-

kich dokumentów niezbędnych do ustalenia danych związanych z eksploatacją urządzeń i warunków bezpiecznej pracy.

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

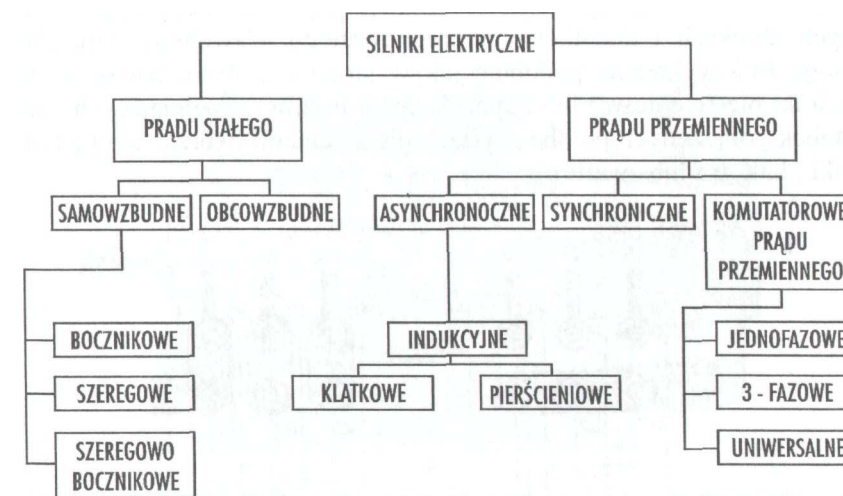
Dane te stanowią podstawę do wydania zaleceń pokontrolnych.

4.2. Elektryczne urządzenia napędowe

4.2.1. Rodzaje i budowa silników elektrycznych

160. Jakie silniki elektryczne stosowane są w napędach urządzeń?

W napędach urządzeń stosowane są silniki prądu przemiennego i silniki prądu stałego. Podział przedstawiono na rys. 4.1.



Rys. 4.1. Podział silników elektrycznych.

161. Które z silników stanowią największą grupę?

Największą grupę stanowią silniki prądu przemiennego indukcyjne małej i średniej mocy. Silniki indukcyjne są tanie, proste w ob-

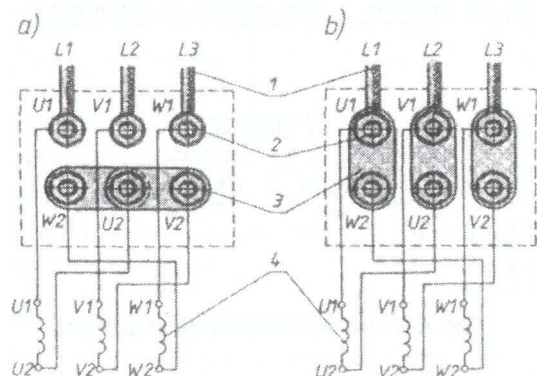
słudze i pracują przy zasilaniu z powszechnie dostępnej sieci prądu przemiennego. Wadą ich jest to, że wymagają dostarczenia im mocy biernej indukcyjnej co powoduje zwiększenie strat mocy w liniach przesyłowych i spadki napięcia.

Drugą liczną grupę wśród silników prądu przemiennego stanowią silniki komutatorowe jednofazowe małej mocy, które stosuje się w napędach urządzeń powszechnego użytku.

4.2.1.1. Silniki indukcyjne

162. Jak zbudowany jest silnik indukcyjny 3-fazowy?

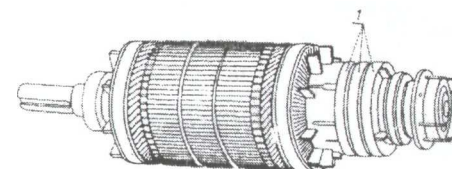
Silnik indukcyjny 3-fazowy zbudowany jest z części stałej zwanej stojanem oraz części ruchomej zwanej wirnikiem. W stojanie nawinięte są trzy uzwojenia fazowe, które w czasie pracy mogą być połączone w gwiazdę lub trójkąt (rys. 4.2). Uzwojenia stojanów wykonuje się z drutu nawojowego izolowanego umieszczonego w izolowanych żłobkach i dodatkowo impregnowanego. Uzwojenia wirników mogą być wykonane podobnie jak w stojanie z drutu nawojowego (silniki pierścieniowe) lub z nieżelaznych prętów wypełniających cały żłobek połączonych po obu stronach pierścieniami tworząc klatkę (silniki klatkowe lub zwarte).



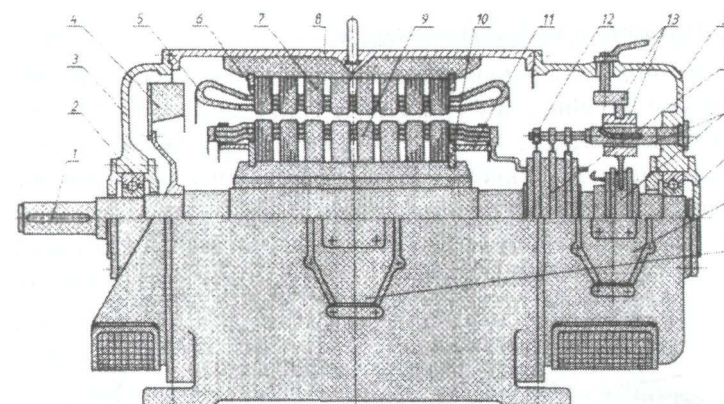
Rys. 4.2. Połączenia uzwojeń stojana silnika indukcyjnego 3-fazowego:
a) w gwiazdę, b) w trójkąt; 1 - przewody fazowe sieci zasilającej, 2 - śruby zaciskowe, 3 - zwieracze metalowe, 4 - uzwojenie stojana. [6]

163. Jak zbudowany jest wirnik silnika pierścieniowego?

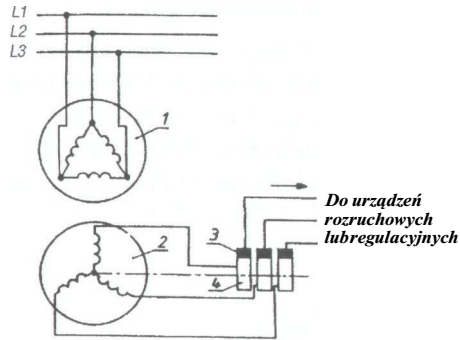
Rdzeń wirnika wykonany jest z pakietu blach izolowanych między sobą i umieszczonych na wale. Na całym obwodzie wirnika wycięte są żłobki, w których ułożone jest uzwojenie połączone w trójkąt lub w gwiazdę. Końce uzwojeń wirnika doprowadza się do pierścieni osadzonych na wale wirnika odizolowanych od siebie i od wału (rys. 4.3).



Rys. 4.3. Wirnik silnika pierścieniowego; 1 - pierścienie. [6]



Rys. 4.4a. Silnik indukcyjny pierścieniowy; przekrój uproszczony. [6]
1 - wał, 2 - łożysko, 3 - tarcza łożyska, 4 - wentylator, 5 - uzwojenie stojana, 6 - tarcza dociskowa rdzenia stojana, 7 - rdzeń stojana, 8 - kadłub, 9 - rdzeń wirnika, 10 - tarcza dociskowa wirnika, 11 - uzwojenie wirnika, 12 - obsada szczotkowa, 13 - przyrząd do zwierania pierścieni, 14 - pierścienie ślizgowe, 16 - tabliczka zaciskowa uzwojenia wirnika, 17 - tabliczka zaciskowa uzwojenia stojana.



Rys. 4.4b. Silnik indukcyjny pierścieniowy - schemat połączeń; 1 - stojan, 2 - wirnik, 3 - szczotki, 4 - pierścień. [6]

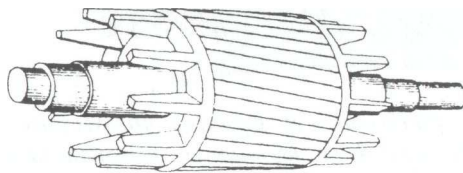
164. Jak zbudowany jest silnik indukcyjny pierścieniowy?

Przekrój uproszczony silnika indukcyjnego pierścieniowego pokazano na rys. 4.4a. Schemat połączeń (rys. 4.4b).

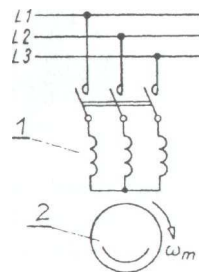
165. Jak zbudowany jest wirnik silnika klatkowego?

Wirnik jest złożony z blach, ma żłobki wypełnione prętami miedzianymi lub aluminiowymi. Końce tych prętów są z obydwu stron wirnika zwarte tworząc klatkę stąd nazwa silnika (klatkowe, zwarte) (rys. 4.5). Zależnie od układu żłobków rozróżniamy silniki z wirnikiem jednoklatkowym, dwuklatkowym, głębokożłobkowym.

Na rys. 4.6 przedstawiony jest schemat połączeń silnika klatkowego.



Rys. 4.5. Wirnik silnika klatkowego. [6]



Rys. 4.6. Schemat połączeń silnika klatkowego: 1 - stojan, 2 - wirnik.

166. Jaka jest zasada działania silnika indukcyjnego trójfazowego?

Do uzwojenia stojana doprowadzony jest prąd 3-fazowy. W stojanie powstaje pole magnetyczne wirujące z prędkością n . Prędkość ta zależy od częstotliwości sieci f i liczby par biegunów p uzwojenia.

$$n = \frac{60f}{p}$$

n - prędkość w obr/min - jest to **prędkość synchroniczna**,

f - częstotliwość sieci,

p - liczba par biegunów.

Pole wirujące przecina pręty wirnika indukując w nim siłę elektromotoryczną SEM pod wpływem której w zwartym uzwojeniu wirnika płynie prąd. Oddziaływanie pola wirującego stojana i prądu w przewodach wirnika powoduje wirowanie wirnika i dzięki temu pracę silnika.

167. Co to poślizg?

Poślizg jest to różnica prędkości obrotowej pola n i wirnika n_w wyrażona w procentach prędkości obrotowej pola.

$$s = \frac{n - n_w}{n} \cdot 100[\%]$$

s - poślizg,

n - prędkość obrotowa pola,

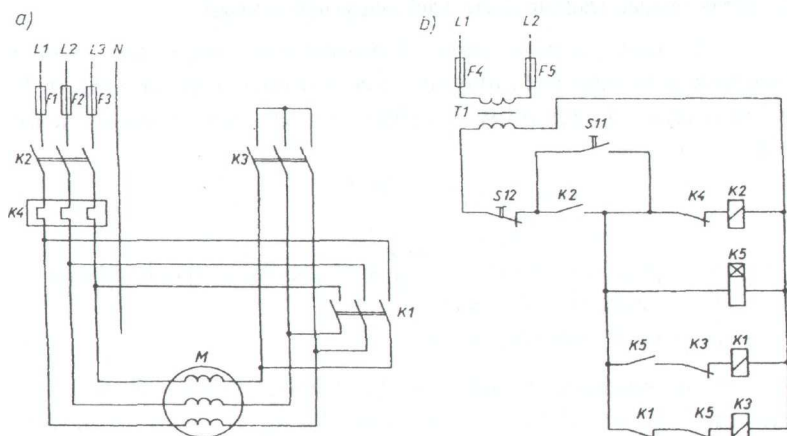
n_w - prędkość obrotowa wirnika.

4.2.1.1.1. Rozruch i regulacja prędkości obrotowej silników indukcyjnych

168. W jaki sposób uruchamiamy silniki klatkowe?

Silniki klatkowe uruchamiamy przez bezpośrednie włączenie silnika do sieci (jeżeli warunki napięciowe, układ sieci zasilającej i wymagania napędzanych urządzeń na to pozwalają) lub za pomocą przełącznika

Δ/Δ (rys. 4.7).



Rys. 4.7. Schemat układu sterowania silnika klatkowego samoczynnym przełącznikiem gwiazda-trójkąt: a) obwód główny, b) obwód sterowania.

169. W jakim celu stosuje się przełączniki - zero-gwiazda-trójkąt?

Przełączniki - zero-gwiazda-trójkąt stosuje się w celu zmniejszenia prądu rozruchu. Prądy pobierane z sieci są 3 razy mniejsze niż przy rozruchu bezpośrednim. Ujemną cechą tego rozruchu jest trzykrotne zmniejszenie momentu rozruchowego silnika.

170. Kiedy można zastosować przełącznik - zero-gwiazda-trójkąt do rozruchu silnika?

Przełącznik - zero-gwiazda-trójkąt można zastosować tylko wówczas, gdy silnik 3-fazowy ma uzwojenia stojana zbudowane na napięcie międzyprzewodowe sieci. Np. jeżeli na tabliczce znamionowej silnika podano napięcie stojana 380/660 V to przy napięciu sieci 380 V wolno zastosować przełącznik - zero-gwiazda-trójkąt.

171. W jaki sposób uruchamiamy silniki pierścieniowe?

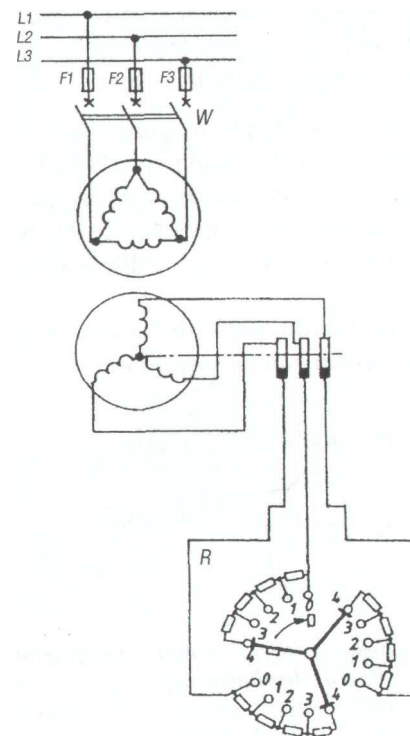
Uruchomienie silnika pierścieniowego odbywa się za pomocą rozrusznika włączonego w obwód wirnika (rys. 4.8).

W celu przeprowadzenia rozruchu należy:

- sprawdzić czy rączka rozrusznika znajduje się w położeniu „zero”, czyli czy odpowiada największej rezystancji rozrusznika,

- sprawdzić czy szczotki przylegają do pierścieni i czy pierścienie silnika nie są zwarte przez zwieracze,
- zamknąć wyłącznik podając napięcie sieci do stojana,
- stopniowo zmniejszać rezystancję rozrusznika,
- po uzyskaniu prędkości znamionowej zewrzeć pierścienie i podnieść szczotki (jeżeli istnieje możliwość).

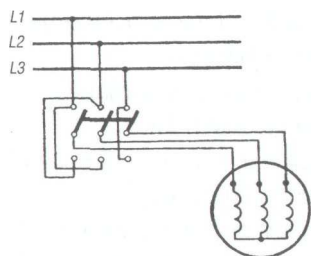
Prąd pobierany przy rozruchu jest niewiele większy od znamionowego, zaś moment rozruchowy jest duży. Jest to zaleta silników pierścieniowych.



Rys. 4.8. Rozruch silnika pierścieniowego za pomocą rozrusznika. Fl, F2, F3 - bezpieczniki, W-wyłącznik, R-rozrusznik [6]

172. W jaki sposób uzyskuje się zmianę kierunku wirowania wirnika w silniku indukcyjnym?

Zmianę kierunku wirowania wirnika silnika indukcyjnego uzyskuje się przez zmianę kolejności dwóch faz sieci zasilającej (rys. 4.9).



Rys. 4.9 Zmiana kierunku wirowania silnika indukcyjnego.

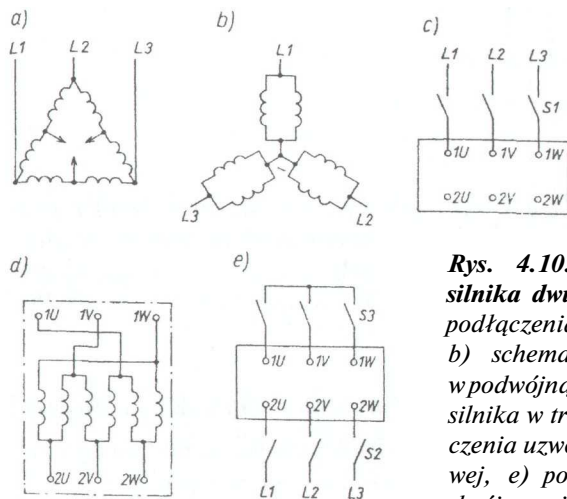
173. Jak można regulować prędkość obrotową silnika klatkowego?

Prędkość obrotową silnika klatkowego można regulować przez:

- a) zmianę liczby par biegunów,
- b) przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego.

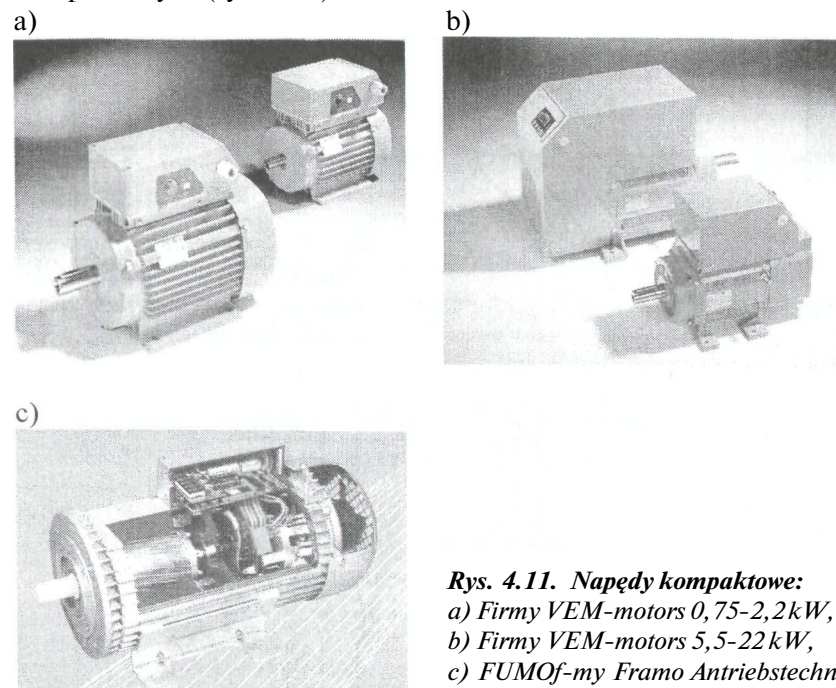
Ad. a) Regulacja prędkości przez liczbę par biegunów jest bardzo ekonomiczna tam, gdzie wymagana liczba stopni prędkości nie przekracza 2-4. Do takiej regulacji stosuje się silniki wielobiegunowe, których uzwojenie stojana musi być przełączalne na dwie liczby biegunów. Mogą też być dwa uzwojenia w stojanie, co umożliwia zwiększenie stopni prędkości.

Na rys. 4.10 pokazano sposób podłączenia do sieci silnika dwubiegunowego pracującego przy dwóch prędkościach znamionowych.



Rys. 4.10. Schemat podłączenia silnika dwubiegunowego: a) schemat podłączenia uzwojeń w trójkąt, b) schemat podłączenia uzwojeń w podwójną gwiazdę, c) podłączenie silnika w trójkąt, d) schemat podłączenia uzwojeń do tabliczki zaciskowej, e) podłączenie silnika w podwójną gwiazdę.

Ad. b) Regulacja prędkości przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego jest regulacją płynną w bardzo szerokim zakresie (od 0 - 3000 obr/min dla silników $2p = 4$ i 0 - 6000 obr/min dla silników $2p = 2$) i obecnie dzięki rozwojowi techniki przekształtnikowej jest powszechnie stosowana. Przekształtnik może stanowić oddzielny element lub może być wbudowany w silnik tworząc z nim integralną całość. Takie rozwiązanie nazywane jest napędem kompaktowym (rys. 4.11).



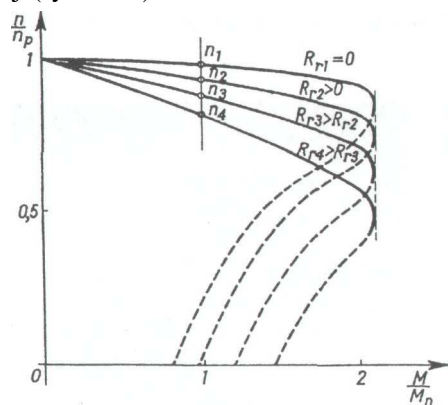
Rys. 4.11. Napędy kompaktowe: a) Firmy VEM-motors 0,75-2,2 kW, b) Firmy VEM-motors 5,5-22 kW, c) FUMOF-my Framo Antriebsstechnik.

174. Jak można regulować prędkość obrotową silnika indukcyjnego pierścieniowego?

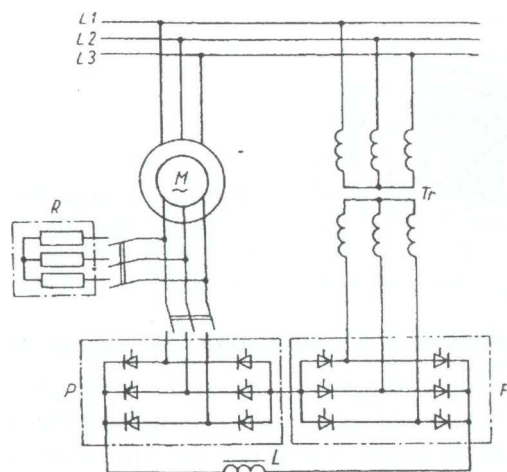
Prędkość obrotową silnika pierścieniowego można regulować przez zmianę rezystancji w obwodzie wirnika. Opornik włączony w obwód wirnika powinien być przystosowany do pracy ciągłej. Na rys. 4.12 pokazano zasadę tej regulacji. W miarę wzrostu rezystancji w obwodzie wirnika, prędkość obrotowa wirnika przy stałej wartości momentu hamującego maleje. Wadą tego sposobu regulacji prędkości

obrotowej są znaczne straty energii elektrycznej występujące w oporniku regulacyjnym.

W nowoczesnych rozwiązaniach do regulacji prędkości obrotowej silników indukcyjnych pierścieniowych są stosowane układy kaskadowe, które umożliwiają zwrot energii poślizgu do sieci zasilającej (rys. 4.13).



Rys. 4.12. Regulacja prędkości obrotowej silnika pierścieniowego za pomocą zmian rezystancji obwodu wirnika.



Rys. 4.13. Regulacja prędkości obrotowej silnika indukcyjnego w układzie kaskadowym: P - prostownik tyrystorowy, F - falownik, T - transformator, R - rozrusznik.

W obwód wirnika jest włączony prostownik tyrystorowy P, do którego wyjścia jest przyłączony falownik F. Falownik jest zasilany z sieci przez transformator T, który obniża napięcie falownika do napięcia wirnika silnika. Zespół złożony z dwóch przekształtników P i F połączonych przez dławik L tworzy przemiennik częstotliwości. Energia poślizgu silnika może być przekazywana za pomocą tego przemiennika do sieci zasilającej.

Poślizg, a więc prędkość obrotową wirnika reguluje się przez zmianę kąta opóźnienia falownika F. Rozrusznik R służy do rozruchu silnika.

4.2.1.1.2. Moc, sprawność i współczynnik mocy silnika indukcyjnego trójfazowego

175. Jakimi wzorami określa się moc czynną silnika indukcyjnego?

Moc czynna pobierana przez silnik z sieci w czasie pracy wyraża się wzorem:

Moc użyteczna na wale silnika (podana na tabliczce znamionowej)

$$P_w = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$$

gdzie: η - sprawność,
 U - napięcie międzyprzewodowe,
 I - prąd przewodowy,
 $\cos \varphi$ - współczynnik mocy silnika.

176. Co nazywamy sprawnością silnika?

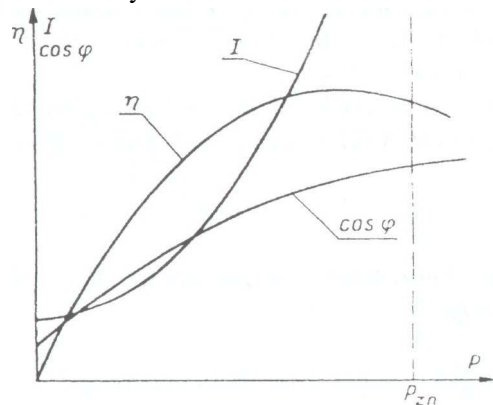
Sprawność silnika jest stosunkiem **mocy użytecznej do mocy** pobieranej z sieci:

$$\eta = \frac{P_w}{P} = \frac{P_w}{P_w + \Delta P}$$

gdzie: P_w - moc na wale silnika w watach
 ΔP - suma strat w watach.

177. Jak zmienia się sprawność, prąd pobierany z sieci oraz współczynnik mocy $\cos\varphi$ w zależności od obciążania silnika?

Przebiegi prądu, sprawności i współczynnika mocy w funkcji obciążenia pokazano na rys. 4.14.



Rys. 4.14. Przebiegi prądu I , sprawności η i współczynnika mocy $\cos\varphi$ silnika indukcyjnego w funkcji obciążenia. P_{zn} - moc znamionowa silnika.

178. W jaki sposób można obliczyć prąd przewodowy pobierany przez silnik z sieci?

Prąd przewodowy pobierany z sieci można wyznaczyć ze wzoru:

$$I = \frac{P_w \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

gdzie: U - napięcie w V,
 P_w - moc na wale w W,
 η - sprawność w %,
 I - prąd w A.

Przybliżoną wartość prądu znamionowego dla silników zasilanych z sieci o napięciu 380 V można wyznaczyć mnożąc moc znamionową w kW przez dwa.

gdzie: I_n - prąd znamionowy silnika w A,
 P_n - moc znamionowa silnika w kW.

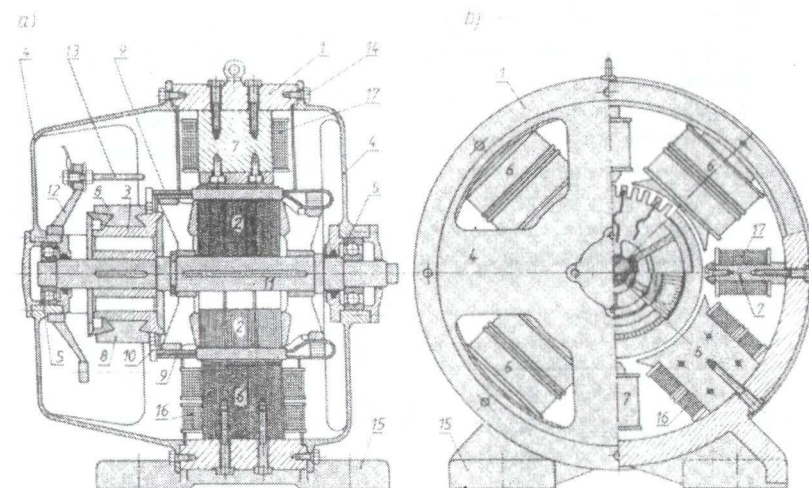
4.2.1.2. Silniki prądu stałego

179. Z jakich podstawowych elementów składa się silnik prądu stałego?

Silnik prądu stałego składa się z następujących **podstawowych** elementów:

- jarzma stojana,
- biegunów głównych z nawiniętym uzwojeniem wzbudzącym,
- biegunów komutacyjnych z uzwojeniem komutacyjnym,
- wirnika z nawiniętym uzwojeniem,
- komutatora.

Przekrój silnika prądu stałego pokazano na rys. 4.15.

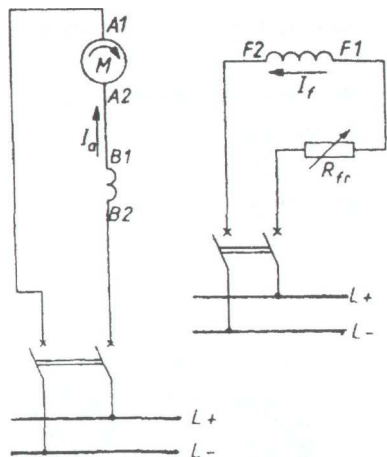


Rys. 4.15. Silnik prądu stałego: a) przekrój podłużny, b) przekrój poprzeczny; 1 - jarzmo, 2 - wirnik, 3 - komutator, 4 - tarcza łożyskowa, 5 - łożyska kulowe, 6 - bieguny główne, 7 - bieguny komutacyjne, 8 - wycinki komutatora, 9 - uzwojenia wirnika, 10 - połączenie zewzwojów z wycinkiem, 11 - wał, 12 - jarzmo szczotkowe, 13 - sworznie na których umieszcza się obsady szczotkowe, 14 - śruby mocujące tarcze łożyskowe do kadłuba, 15 - łapy, 16 - uzwojenie wzbudzające, 17 - uzwojenie biegunów komutacyjnych. [6]

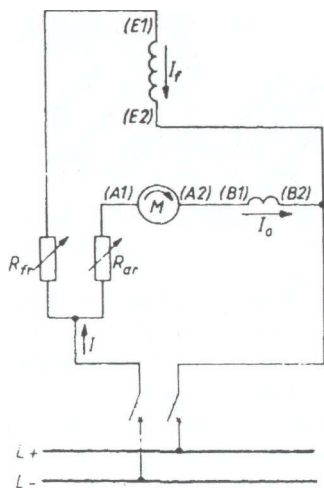
180. Jak dzielimy silniki prądu stałego ze względu na sposób zasilania uzwojenia wzbudającego?

Ze względu na sposób zasilania uzwojenia wzbudającego silniki prądu stałego dzielimy na:

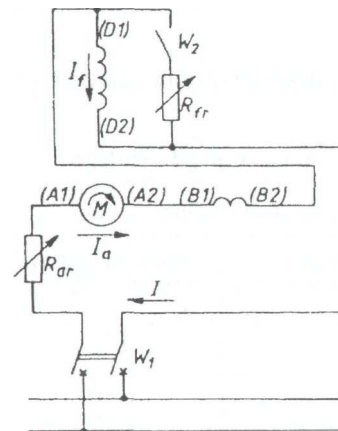
1) **obcowzbudne** (rys. 4.16)



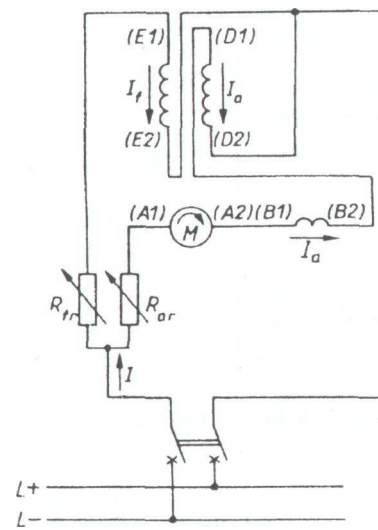
Rys. 4.16. Schemat połączeń silnika obcowzbudnego.



Rys. 4.17. Schemat połączeń silnika bocznikowego.



Rys. 4.18. Schemat połączeń silnika szeregowego.



Rys. 4.19. Schemat połączeń silnika szeregowo-bocznikowego












2) **samowzbudne**

- bocznikowe (rys. 4.17),
- szeregowo (rys. 4.18),
- szeregowo bocznikowe (rys. 4.19).

181. Jakimi literami oznaczamy zaciski na tabliczkach zaciskowych silników prądu stałego i co one oznaczają?

Oznaczenia zacisków uzwojeń maszyn prądu stałego przedstawiono w tabelicy 4.1.

Tablica 4.1. Oznaczenia zacisków uzwojeń maszyn prądu stałego

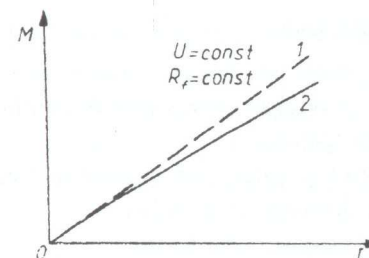
Rodzaj uzwojenia	Oznaczenie	
	Obowiązujące	Stosowane dawniej
Uzwojenie twornika	A1  A2	A  B
Uzwojenie biegunów komutacyjnych	B1  B2	G  H
Uzwojenie kompensacyjne	C1  C2	
Uzwojenie wzbudzące szeregowo	D1  D2	E  F
Uzwojenie wzbudzące bocznikowe	E1  E2	C  D
Uzwojenie obcowzbudne	F1  F2	I  K

UWAGA: 1- początek uzwojenia, 2 - koniec uzwojenia

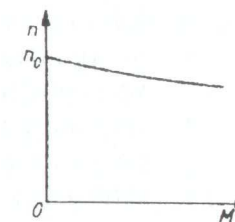
182. Jakie właściwości posiada silnik bocznikowy?

Silnik bocznikowy prądu stałego posiada następujące właściwości:

- rozwija mały moment rozruchowy (rys. 4.20),
- prędkość obrotowa w nieznacznym stopniu zależy od obciążenia (rys. 4.21),
- bardzo dogodna regulacja prędkości obrotowej.



Rys. 4.20. Charakterystyka momentu silnika bocznikowego; 1 - przebieg przy pominięciu oddziaływania twornika, 2 - przebieg rzeczywisty.

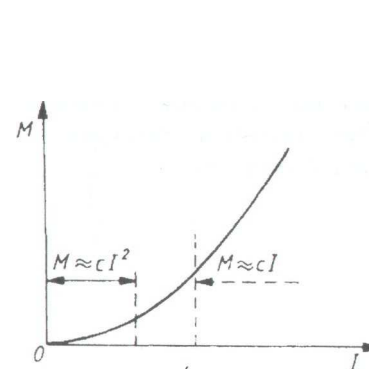


Rys. 4.21. Charakterystyka mechaniczna silnika bocznikowego.

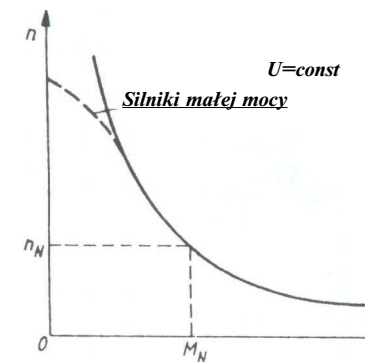
183. Jakie właściwości posiada silnik szeregowy?

Silnik szeregowy prądu stałego posiada następujące właściwości:

- rozwija bardzo duży moment rozruchowy (rys.4.22),
- prędkość obrotowa w dużym stopniu zależy od obciążenia (rys.4.23) (nie obciążony rozbiega się i z urządzeniem napędzanym musi być połączony na stałe),
- bardzo dogodna regulacja prędkości obrotowej.



Rys. 4.22. Charakterystyka momentu silnika szeregowego.

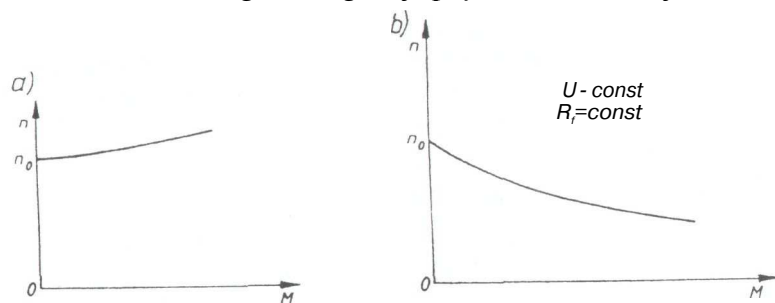


Rys. 4.23. Charakterystyka mechaniczna silnika szeregowego.

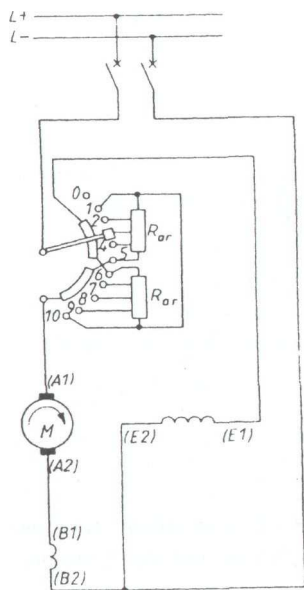
184. Jakie właściwości posiada silnik bocznikowo-szeregowy?

Silnik bocznikowo-szeregowy posiada następujące właściwości:

- rozwija moment rozruchowy większy niż silnik bocznikowy i mniejszy niż silnik szeregowy,
- zmienność prędkości obrotowej zależy od stosunku przepływu szeregowego i bocznikowego (rys. 4.24),
- bardzo dogodna regulacja prędkości obrotowej.



Rys. 4.24. Charakterystyki mechaniczne silnika szeregowo-bocznikowego: a) przy dozwoleniu niezgodnym, b) przy dozwoleniu zgodnym



185. W jaki sposób można ograniczyć prąd rozruchowy silników prądu stałego?

Prąd rozruchowy silników prądu stałego można ograniczyć przez zmniejszenie napięcia zasilającego lub włączenie w obwód wirnika dodatkowego opornika zwanego rozrusznikiem (rys. 4.25).

Rys. 4.25. Schemat połączeń silnika bocznikowego z rozrusznikiem. [6]

186. W jaki sposób można regulować prędkość obrotową w silnikach prądu stałego?

W silnikach prądu stałego prędkość obrotową można regulować:

- przez zmianę napięcia zasilania twornika U ,
- przez zmianę rezystancji w obwodzie twornika,
- przez zmianę prądu w uzwojeniu wzbudzenia.

Najczęściej stosowanymi sposobami jest: regulacja prądu wzbudzenia przez włączenie w obwód wzbudzenia rezystora zwanego regulatorem wzbudzenia oraz regulacja przez zmianę napięcia twornika (przy stałym prądzie wzbudzenia) stosując tyrystorowe regulatory napięcia.

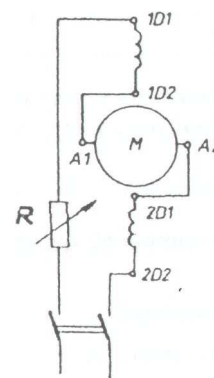
4.2.1.3. Silniki komutatorowe prądu przemiennego jednofazowe

187. Jakie silniki komutatorowe są najbardziej rozpowszechnione?

Najbardziej rozpowszechnione są silniki komutatorowe jednofazowe szeregowo małej mocy. Znajdują one zastosowanie w sprzęcie gospodarstwa domowego, elektronarzędziach ręcznych, w obrabiarkach i układach sterowania.

188. Jak zbudowane są silniki szeregowo?

Silniki te zbudowane są podobnie jak silniki prądu stałego z tą różnicą, że ich obwód magnetyczny wykonany jest całkowicie z blachy prądnicowej. Jest to konieczne ze względu na zasilanie tych silników prądem przemiennym. Silnik może pracować również przy zasilaniu prądem stałym, stąd silniki te noszą nazwę uniwersalnych, (rys. 4.26).



Rys. 4.26. Schemat połączeń silnika komutatorowego szeregowo uniwersalnego. R - rezystor do regulacji prędkości obrotowej.

193. Jakie urządzenia stosuje się do zabezpieczenia silników od zwarć?

Jako zabezpieczenia od zwarć stosuje się:

- bezpieczniki,
- wyłączniki samoczynne.

194. Jakie urządzenia stosuje się do zabezpieczenia przed przeciążeniem silnika?

Jako zabezpieczenia od przeciążeń silników stosuje się:

- wyłączacze termobimetalowe,
- czujniki temperatury umieszczone w silniku,
- urządzenia elektroniczne.

195. Jakie urządzenia stosuje się do zabezpieczania silników przed zanikiem napięcia?

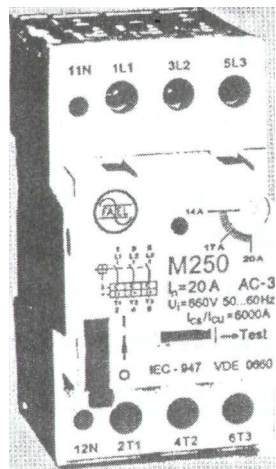
Jako zabezpieczenia zanikowe silników stosuje się:

- wyłączacze wybijakowe,
- cewki sterujące styczników,
- specjalne urządzenia elektroniczne.

196. Jak powinien być dobrany wyłącznik samoczynny.

Wyłącznik powinien być tak dobrany, aby jego prąd znamionowy był dostosowany do prądu obciążenia w normalnych warunkach pracy.

Ponadto wyłączacz elektromagnetyczny powinien mieć taką charakterystykę czasowo-prądową, aby zapewniał zarówno wyłączenie bezzwłoczne (poniżej 0,1 s) przy prądach zwarciovych, jak i zadziałanie przy prądach (6-10) I_n . Przykładem takiego wyłącznika jest np. wyłącznik silnikowy serii 250 produkcji FAEL (rys. 4.29).



Rys. 4.29. Wyłącznik silnikowy serii M250 produkcji FAEL.

197. Na czym polega zabezpieczenie zwarciove

Zabezpieczenie zwarciove jest zabezpieczeniem od skutków zwarć w uzwojeniach silników i doprowadzeniach. Polega ono na stosowaniu urządzeń przetężeniowych. Najprostszym i najczęściej stosowanym urządzeniem są bezpieczniki topikowe.

198. W jaki sposób dobiera się prąd znamionowy wkładki topikowej?

Prąd wkładki topikowej oblicza się ze wzoru:

$$I_{nb} \geq \frac{I_r}{\alpha}$$

w którym: I_{nb} - prąd znamionowy wkładki topikowej bezpiecznika,

I_r - początkowy prąd rozruchu silnika,

α - współczynnik uwzględniający stopień trudności rozruchu.

Wartość początkowa prądu rozruchowego silnika podana jest w katalogach silników, można jednak przyjmować następujące średnie wartości prądu rozruchowego:

- silnik klatkowy, rozruch bezpośredni

$$I_r = (5,5 \div 7) I_n$$

- silnik klatkowy, rozruch za pomocą przełącznika gwiazda-trójkąt

$$I_r_{\wedge/\Delta} = \frac{I_r}{3}$$

- silnik pierścieniowy

$$I_r = (1,7 \div 2) I_n$$

gdzie I_n - prąd znamionowy silnika

Współczynnik α zależy od rodzaju rozruchu, rodzaju wkładki topikowej i ilości rozruchów na dobę. Wartość współczynników podano w tabelicy 4.3.

Tablica 4.3. Wartości współczynników rozruchu a

Rodzaj rozruchu	kilka rozruchów na dobę		więcej niż kilka rozruchów na dobę	
	Wkładka topikowa o działaniu			
	szybkim	opóźnionym	szybkim	opóźnionym
Lekki $M_o = (0 \div 0,3)M_n$	2,5	3,0	2,0	2,5
Średni $M_o = (0,3 \div 0,6)M_n$	2,0	2,5	1,8	2,0
Ciężki $M_o = (0,6 \div 1,0)M_n$	1,6	1,6	1,5	1,5

199. W jaki sposób zabezpiecza się silnik przed przeciążeniem?

Zabezpieczenia od skutków przeciążeń, tj. od skutków przekroczenia dopuszczalnych temperatur polega na stosowaniu w każdej fazie wyzwalaczy termicznych nastawionych na prąd nie większy niż 1,1 prądu znamionowego silnika

$$I_l \leq 1,1I_n$$

200. Kiedy należy stosować zabezpieczenie zanikowe?

Zabezpieczenie zanikowe jest to zabezpieczenie od skutków powrotu napięcia po jego zaniku. Należy je stosować w następujących przypadkach:

- gdy niedopuszczalny jest niepożądany samorozruch silnika ze względu na bezpieczeństwo obsługi (np. przy obrabiarce)
- gdy niedopuszczalny jest rozruch silnika pierścieniowego, bez urządzeń rozruchowych.

4.2.1.5.2. Zabezpieczenia silników o napięciu przekraczającym 1000V

201. Jakie zabezpieczenia stosuje się w silnikach o napięciu powyżej 1 kV i jak się je wykonuje?

Silniki o napięciu powyżej 1 kV powinny posiadać:

- zabezpieczenie od skutków zwarć międzyfazowych wykonane bezpiecznikami we wszystkich trzech fazach w połączeniu z odłącznikami mocy,

- zabezpieczenie od skutków zwarć doziemnych wykonane za pomocą przełącznika składowej zerowej prądu i przełącznika nadmiarowo-prądowego bezwłocznego,
- zabezpieczenie przeciążeniowe wykonane za pomocą zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego zwłocznego,
- zabezpieczenie zanikowe wykonane za pomocą przełączników podnapięciowych.

4.2.2. Eksploatacja elektrycznych urządzeń napędowych

4.2.2.1. Wiadomości ogólne

202. Co to jest elektryczne urządzenie napędowe?

Elektryczne urządzenie napędowe jest to silnik elektryczny prądu przemiennego lub stałego wraz z układami służącymi do jego zasilania, regulacji, sterowania, sygnalizacji, zabezpieczeń i pomiarów.

203. Jak dzielimy urządzenia napędowe?

Urządzenia napędowe dzielimy na następujące grupy:

- I grupa - urządzenia o mocy większej niż 250 kW oraz urządzenia o napięciu powyżej 1 kV bez względu na wartość mocy.
- II grupa - urządzenia o mocy od 50 kW do 250 kW o napięciu znamionowym 1 kV i niższym.
- III grupa - urządzenia o mocy poniżej 50 kW, ale nie mniejszej niż 5,5 kW.
- IV grupa - urządzenia o mocy poniżej 5,5 kW.

204. Kiedy może nastąpić przyjęcie do eksploatacji urządzenia napędowego nowego, przebudowanego lub po remoncie?

Przyjęcie do eksploatacji urządzenia napędowego nowego, przebudowanego lub po remoncie może nastąpić po stwierdzeniu, że:

- dobór napędu jest właściwy pod względem parametrów elektrycznych i mechanicznych,
- spełnione są wymagania prawidłowej pracy i warunki racjonalnego zużycia energii elektrycznej,

- uzyskano zadowalające wyniki przeprowadzonych badań technicznych,
- stan połączeń w instalacji elektrycznej jest prawidłowy i zgodny z warunkami technicznymi,
- protokół odbioru po remoncie potwierdza zgodność parametrów z tabliczką znamionową.

205. Jakie czynności należy wykonać przed uruchomieniem elektrycznych urządzeń napędowych?

- przed każdym uruchomieniem urządzeń napędowych dokonywanym bezpośrednio przez obsługę należy sprawdzić czy ruch urządzenia nie stworzy zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia albo nie spowoduje uszkodzeń urządzenia,
- przed uruchomieniem urządzeń I i II grupy po dłuższym postoju należy wykonać pomiary rezystancji izolacji uzwojeń silnika (czas postoju powinna określić instrukcja eksploatacyjna),
- przed załączeniem pod napięcie na nowym stanowisku pracy przenośnych, przewoźnych oraz przesuwanych urządzeń należy sprawdzić:
 - a) prawidłowość podłączenia do sieci i doboru zabezpieczeń,
 - b) spełnienie wymagań w zakresie ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej.

206. Jakie napisy i oznaczenia powinny być umieszczone na urządzeniach napędowych?

Na urządzeniach napędowych powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące napisy i oznaczenia:

- na wszystkich elementach wchodzących w skład urządzenia napędowego - symbole zgodne z dokumentacją techniczno ruchową,
- symbole zacisków ochronnych i wyprowadzeń końców uzwojeń oraz dane na tabliczkach znamionowych,
- napisy na podstawach gniazd bezpiecznikowych określające wymagane prądy wkładek,

- napisy określające funkcję przycisków sterowniczych, przełączników i innych elementów sterowania oraz lampek sygnalizacyjnych,
- strzałki oznaczające wymagany kierunek wirowania.

207. Jakie dopuszcza się odchylenia napięcia zasilania urządzeń napędowych?

Odchylenia napięcia zasilania nie mogą:

- przekraczać wartości ustalonej w dokumentacji fabrycznej dla urządzeń grupy I,
- być większe niż $\pm 5\%$ napięcia znamionowego dla pozostałych grup.

208. Kiedy można ponownie uruchomić urządzenie napędowe wyłączone samoczynnie?

Urządzenie napędowe wyłączone samoczynnie przez zabezpieczenie można ponownie uruchomić po stwierdzeniu, że nie występują objawy świadczące o uszkodzeniu.

Urządzenie wyłączone powtórnie przez zabezpieczenie można uruchomić po usunięciu przyczyn wyłączenia.

209. Kiedy należy wstrzymać ruch urządzeń napędowych?

Ruch urządzeń napędowych należy wstrzymać w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia oraz w razie stwierdzenia uszkodzeń lub zakłóceń uniemożliwiających normalną eksploatację, a szczególnie w przypadku:

- trwałego przeciążenia lub nadmiernego nagrzewania się urządzeń
- pojawienia się dymu, ognia lub zapachu spalonej izolacji,
- nadmiernych drgań,
- uszkodzenia urządzenia napędzanego,
- zewnętrznych uszkodzeń mechanicznych lub objawów świadczących o wewnętrznych uszkodzeniach,
- nadmiernego poziomu hałasu.

210. Dla jakiej grupy urządzeń powinny być opracowane programy pracy urządzeń i co powinny uwzględniać?

Programy pracy urządzeń powinny być opracowane dla urządzeń napędowych I i II grupy i powinny uwzględniać:

- racjonalne użytkowanie energii elektrycznej,
- czas pracy urządzeń,
- optymalne wykorzystanie możliwości regulacji prędkości obrotowej.

211. Na podstawie czego powinien być oceniany i kontrolowany stan techniczny urządzenia napędowego?

Stan techniczny urządzenia powinien być oceniany i kontrolowany na podstawie wyników przeprowadzanych okresowo oględzin i przeglądów.

4.2.2.2. Oględziny i przeglądy

212. W jakich terminach przeprowadza się oględziny?

Terminy oględzin urządzeń są ustalone w instrukcji i *zależą* od:

- warunków w jakich urządzenia pracują,
- ustalonych zaleceń wytwórcy.

213. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin urządzeń napędowych?

W zakres oględzin urządzeń napędowych wchodzi następujące czynności:

- 1) w czasie ruchu urządzenia należy sprawdzić:
 - warunki chłodzenia urządzeń energoelektronicznych,
 - ustawienie zabezpieczeń,
 - stopień nagrzewania się obudowy i łożysk,
 - stan osłon części wirujących,
 - stan przewodów ochronnych i ich podłączenia,
 - pracę szczotek,
 - poziom drgań,
 - działanie układów chłodzenia,
 - wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na obciążenia i wartość współczynnika mocy.

2) podczas postoju urządzenia:

- należy usunąć nieprawidłowości stwierdzone w czasie ruchu oraz wykonać odpowiednie czynności konserwacyjne, ze szczególnym zwróceniem uwagi na stan:
 - czystości urządzenia,
 - układu zasilającego,
 - urządzeń rozruchowych i regulacyjnych,
 - urządzeń zabezpieczających,
 - urządzeń energoelektronicznych,
 - pierścieni ślizgowych i komutatorów,
 - szczotek i szczotkotrzymaczy,
 - połączeń elementów urządzenia,
 - układów sterowania i sygnalizacji oraz urządzeń pomiarowych,
- wyniki oględzin w czasie postoju urządzeń I i II grupy należy odnotować w dokumentacji eksploatacyjnej.

214. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy urządzeń napędowych?

Przeglądy urządzeń napędowych przeprowadza się w czasie planowanego postoju w terminach ustalonych w dokumentacji fabrycznej oraz w przepisach dozoru technicznego dla urządzeń dźwigniowych, lecz nie rzadziej niż co 2 lata.

Dla urządzeń III grupy wbudowanych na stałe w urządzenia technologiczne (np. obrabiarki) w terminach przewidzianych dla przeglądów i remontów urządzeń technologicznych, lecz nie rzadziej niż co 3 lata.

Dla urządzeń IV grupy - w terminach przewidzianych dla przeglądów i remontów urządzeń technologicznych.

215. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu urządzeń napędowych?

W zakres przeglądu urządzeń napędowych wchodzi następujące zasadnicze czynności:

- oględziny w zakresie jak podczas postoju urządzenia,
- badania stanu technicznego w zakresie podanym w pkt. 4.2.2.3,
- sprawdzenie styków w łącznikach,

sprawdzenie prawidłowości działania aparatury kontrolno-pomiarowej,
kontrolę prawidłowości nastawień zabezpieczeń i działania urządzeń pomocniczych,

sprawdzenie stanu urządzeń energoelektronicznych,

- czynności konserwacyjne zgodne z dokumentacją fabryczną,
- wymiana zużytych części i usunięcie zauważonych uszkodzeń,
- sprawdzenie stanu łożysk.

Wyniki przeglądów urządzeń I, II, III grupy należy odnotować w dokumentacji eksploatacyjnej.

216. Kiedy wyniki pomiarów wykonywanych w czasie eksploatacji urządzeń należy uznać za zadowalające?

Wyniki pomiarów wykonywanych w czasie eksploatacji należy uznać za zadowalające, jeżeli:

- wartość rezystancji uzwojeń silników są zgodne z danymi wytwórcy lub wynikami poprzednich pomiarów eksploatacyjnych,
- dla silników I grupy:
 - rezystancja izolacji (R_{60}) uzwojenia przy temperaturze 20°C i wyższej zmierzona po 60 sekundach od chwili rozpoczęcia pomiaru, jest nie mniejsza niż: $1\text{ M}\Omega/1\text{ kV}$ napięcia znamionowego uzwojenia,
 - stosunek rezystancji izolacji uzwojenia silników powyżej 1 kV zmierzonej po 60 s, do rezystancji zmierzonej po 15 sekundach (R_{15}) jest nie mniejszy od 1,3 niezależnie od temperatury uzwojenia,
 - rezystancja izolacji uzwojenia wirnika silnika pierścieniowego przy temperaturze 20°C jest nie mniejsza niż $0,5\text{ M}\Omega$,
- rezystancja izolacji uzwojeń silników II, III, IV grupy mierzona przy temperaturze uzwojeń 20°C i wyższej, jest nie mniejsza od $1\text{ k}\Omega/1\text{ V}$ napięcia znamionowego uzwojenia. (Przy badaniach technicznych odbiorczych rezystancja nie powinna być mniejsza niż $5\text{ M}\Omega$),

- rezystancja izolacji innych elementów urządzeń jest zgodna z danymi wytwórcy, a przy ich braku nie mniejsza o $1\text{ k}\Omega/1\text{ V}$ napięcia znamionowego,
- ochrona przeciwporażeniowa spełnia wymogi zastosowanego środka ochrony.

217. W jakich terminach i w jakim zakresie przeprowadza się remonty urządzeń napędowych?

Remonty urządzeń napędowych należy przeprowadzać na podstawie instrukcji eksploatacyjnej w zakresie wynikającym z wyników przeglądu oraz w terminach skoordynowanych z terminami remontu urządzeń technologicznych.



Rys. 4.30. Dwubiegunowy wskaźnik napięcia ifazy DWNiF. [97]

218. Jakie czynności należy wykonać przed przystąpieniem do wymontowania silnika o napięciu do 1 kV ze stanowiska pracy?

Przed wymontowaniem silnika ze stanowiska pracy należy:

- wyłączyć napięcie w obwodzie zasilającym silnik przez wyłączenie łącznika lub wykręcenie (wyjęcie) wkładek topikowych, (wkładki topikowe należy zabrać ze sobą),
- sprawdzić brak napięcia w obwodzie przenośnym wskaźnikiem napięcia (rys. 4.30),
- założyć uziemiacz do gniazd bezpiecznikowych gwintowych lub podstaw bezpiecznikowych (uziemienie może być stosowane jako środek dodatkowy).
- zablokować napęd łącznika,
- wywiesić tablice ostrzegawcze „NIE ZAŁĄCZAĆ PRACUJĄ LUDZIE”,

- odkręcić osłonę tabliczki zaciskowej silnika,
- sprawdzić brak napięcia na zaciskach tabliczki zaciskowej,
- odłączyć przewody zasilające od tabliczki zaciskowej i przewód ochronny od zacisku ochronnego.

Uwaga: *Jeżeli nie będziemy montować nowego silnika należy końce wszystkich przewodów zasilających łącznie z ochronnym zewrzeć i zizolować oraz zabezpieczyć przed uszkodzeniem.*

4.2.2.3. Zakres badań technicznych dla elektrycznych urządzeń napędowych [16]

Rodzaj pomiaru	Wymagania techniczne	Uwagi
Pomiar rezystancji uzwojeń stojana silnika.	Wartości rezystancji uzwojeń powinny być zgodne z danymi wytwórcy w granicach dokładności pomiaru.	Pomiar nie jest wymagany dla urządzeń napędowych II, III i IV grupy.
Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń.	Rezystancja izolacji silników I grupy przy temp. 75°C uzwojeń zmierzona po 60 sekundach od chwili rozpoczęcia pomiaru powinna być nie mniejsza niż 1 MΩ na 1 kV napięcia znamionowego uzwojenia - stosunek rezystancji uzwojenia silników o napięciu wyższym, niż 1 kV, zmierzonej po 60 sek. od chwili rozpoczęcia pomiaru, do rezystancji zmierzonej po 15 sekundach nie powinien być mniejszy niż 1,3 niezależnie od temperatury uzwojenia - rezystancja izolacji uzwojeń silników II, III i IV grupy przy temp. 20°C i wyższej nie powinna być mniejsza niż 5 MΩ.	Pomiar rezystancji należy przeprowadzać megaomierzem o napięciu 500 V - w przypadku uzwojeń o napięciu 500 V i niższym, megaomierzem o napięciu 1000V - przypadku uzwojeń o napięciu wyższym niż 500 V do 1000 V, megaomierzem o napięciu 2500 V - w przypadku uzwojeń o napięciu wyższym niż 1000V.

Rodzaj pomiaru	Wymagania techniczne	Uwagi
Próba napięciowa uzwojeń.	Wynik 1 -minutowej próby napięciowej uzwojeń silników I i II grupy przeprowadzonej napięciem przemiennym wartości równej 75% wartości napięcia podczas próby wykonanej w zakładzie wytwórczym lub remontowym powinien być pozytywny. Wartość rezystancji izolacji zmierzonej bezpośrednio po próbie nie powinna być mniejsza niż 80% wartości otrzymanej przed próbą.	
Pomiar rezystancji izolacji innych elementów urządzeń.	Rezystancja izolacji powinna być zgodna z danymi wytwórcy, a w razie ich braku nie mniejsza niż 1 kΩ na 1 V napięcia znamionowego.	
Pomiar rezystancji izolacji łożysk.	Rezystancja izolacji łożysk (dla silników z izolowanymi stojakami łożyskowymi) powinna być nie mniejsza niż 1 MΩ.	
Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej.	Ochrona przeciwporażeniowa powinna spełniać wymagania zastosowanego środka ochrony przeciwporażeniowej.	Na placach budowy należy stosować wymagania określone w normie [51]
Rozruch i ruch próbny.	Brak niewłaściwych objawów podczas: <ol style="list-style-type: none"> 1) rozruchu urządzenia, 2) ruchu nieobciążonego urządzenia w czasie nie krótszym niż 1 godz., 3) ruchu urządzenia I, II grupy w czasie przewidzianym dla urządzenia technologicznego przy obciążeniu zbliżonym do znamionowego, 4) ruchu urządzenia III grupy w czasie nie krótszym niż 2 godz. przy obciążeniu większym niż 50% prądu znamionowego. 	

Rod/aj pomiaru	Wymagania techniczne	Uwagi
Pomiar drgań łożysk.	Amplituda drgań łożysk nie powinna przekraczać wartości dopuszczalnych przez wytwórcę.	
Sprawdzenie układów zabezpieczeń, sygnalizacji i pomiarów.	Dobór i nastawienie zabezpieczeń działania sygnalizacji i pomiarów powinny być zgodne z dokumentacją techniczną i obowiązującymi przepisami.	
Sprawdzenie układu regulacji energoelektronicznego zasilania urządzenia napędowego.	Sprawność działania powinna być zgodna z warunkami technicznymi lub wymaganiami uzgodnionymi między dostawcą a użytkownikiem.	

4.2.2.4. Podstawowe uszkodzenia silników indukcyjnych, ich objawy i sposoby usuwania [6]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Po włączeniu silnik nie rusza.	Uszkodzona linia zasilająca Spalony bezpiecznik.	Sprawdzić, czy nie jest spalony bezpiecznik. Sprawdzić woltomierzem lub wskaźnikiem kontrolnym napięcie w sieci i w linii zasilającej za bezpiecznikami, za wyłącznikiem i na zaciskach silnika.
	Brak styku w zaciskach.	Oczyścić powierzchnię styków zacisków przy bezpiecznikach, przy wyłączniku, na tabliczce zaciskowej stojana, wirnika i rozrusznika (dla silnika pierścieniowego).

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
	Przerwa w rozruszniku lub zły styk między szczotką a pierścieniem (w silniku pierścieniowym).	Sprawdzić obwody indukcyjnym lub lampką kontrolną. Usunąć przerwę w rozruszniku. Oczyścić pierścienie.
	Przerwa w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić indukcyjnym obwody poszczególnych faz stojana i wirnika. Zlutować połączenie między zezwojami lub przezwoić silnik w przypadku, gdy przerwa jest wewnątrz zezwoju.
	Zbyt niskie napięcie na zaciskach.	Zmierzyć napięcie zasilania i porównać z napięciem na tabliczce znamionowej.
j.w.	Zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić uzwojenia fazowe za pomocą pomiaru ich rezystancji lub sprawdzić cały stojan i wirnik elektromagnesem do wykrywania zwarć. Zaizolować miejsce zwarcia lub przezwoić wirnik lub stojan.
	Wadliwe połączenie	
	uzwojenia: - na tabliczce zaciskowej,	Sprawdzić prawidłowość połączenia faz w gwiazdę lub trójkąt odpowiednio do danych tabliczki znamionowej i napięcia sieci. Sprawdzić za pomocą woltomierza prawidłowość oznaczeń początków i końców poszczególnych faz.
	- przy przełączniku gwiazda-trójkąt	Sprawdzić schemat połączeń oraz jakość styków przełącznika.
	- wewnątrz uzwojenia.	Sprawdzić łączenie wewnątrz uzwojenia na podstawie schematu uzwojenia.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
j.w.	Zbyt duże obciążenie na wale lub zahamowanie maszyny napędzanej.	Zbadać maszynę napędzaną. Zmniejszyć obciążenie.
	Zacieranie wirnika o stojan lub zatarcie w łożyskach.	Sprawdzić lekkość obracania się wirnika w stojanie. Wymienić łożyska.
Po włączeniu bezpieczniki przepalają się lub następuje zadziaływanie wyłącznika samoczynnego.	Pomyłkowe załączanie silnika pierścieniowego przy zwartym rozruszniku lub zwartych pierścieniach (podniesionych szczotkach).	Zmienić położenie rozrusznika. Opuścić szczotki na pierścieniu.
	Zwarcie w linii zasilającej (między zabezpieczeniem a silnikiem) lub na tabliczce zaciskowej.	Wyjąć bezpieczniki. Sprawdzić linię indukcyjną i usunąć zwarcie.
	Zwarcie dwóch faz z kadłubem lub zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić indukcyjność. Zaizolować uzwojenie w miejscu zwarcia lub przezwoić silnik.
	Błąd w połączeniu uzwojeń	Sprawdzić układ połączeń uzwojeń.
Zbyt mała prędkość obrotowa silnika przy obciążeniu.	Nieodpowiednie zabezpieczenie (zbyt słabe) silnika.	Zmienić bezpieczniki lub nastawienie wyłącznika samoczynnego.
	Zbyt niskie napięcie lub nieodpowiednie połączenie faz (w gwiazdę zamiast w trójkąt).	Zmierzyć napięcie na zaciskach podczas pracy silnika oraz sprawdzić sposób połączenia faz i porównać z danymi tabliczki znamionowej.
	Przerwa w jednej fazie.	Po zatrzymaniu silnik nie rusza. Sprawdzić bezpieczniki. Zbadać napięcia w linii zasilającej oraz sprawdzić indukcyjność uzwojenia faz silnika. Usunąć przerwę w fazie.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
	rzucanie silnika.	zmniejszyć obciążenie.
j.w.	Zbyt duża rezystancja zwojenia wirnika: - w silnikach klatkowych - wylutowanie się pręta wirnika, wady odlewu w postaci ziur i pęcherzy w prętach odlewanych z aluminium lub jęknienia prętów lub pierścieni, - w silnikach pierścieniowych - zły styk na pierścieniach lub w przyrządzie zwierającym, przerwa w uzwojeniu lub na zaciskach wirnika.	przeczekać klatkę wirnika za pomocą gładzin oraz usunąć uszkodzenie lub wykonać nową klatkę wirnika. Sprawdzić połączenia oraz zbadać lampką kontrolną obwód wirnika. Usunąć przerwę.
Nadmierny prąd przy rozruchu.	Nieodpowiedni rozrusznik.	Dopasować rozrusznik.
	Zbyt wysokie napięcie.	Sprawdzić napięcie sieci.
	Częściowe zwarcie w wirniku. Częściowe zwarcie w stojanie.	Sprawdzić, czy nie ma miejsc gorących. Odszukać zwarcie.
	Niewłaściwe połączenie przy rozruchu.	Sprawdzić, czy silnik przy rozruchu otrzymuje na jedną fazę właściwe napięcie.
	Napięcie znamionowe silnika nie dostosowane do napięcia sieci.	Na przykład silnik przeznaczony do rozruchu za pomocą przełącznika gwiazda-trójkąt o napięciu 220/380 V zasilany z sieci 3x380 V. Napięcie silnika powinno być 660/380 V.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne grzanie się silnika podczas pracy (z silnika wylatuje dym).	Niewłaściwe warunki pracy: przeciążenie,	Zmierzyć prąd pobierany przez silnik przy obciążeniu i porównać go wartością prądu wg tabliczki znamionowej. Zmniejszyć obciążenie lub zastosować silnik o większej mocy.
	zbyt niskie napięcie zasilające, asymetria napięć lub praca jednofazowa,	Sprawdzić napięcie na zaciskach podczas pracy silnika.
	utrudnione chłodzenie,	Zdemontować silnik, zbadać wentylatory i osłony. Oczyszczyć i przedmuchać sprężonym powietrzem uzwojenie oraz kanały wentylacyjne.
	- zbyt duża temperatura otoczenia.	doprowadzić chłodniejsze powietrze do chłodzenia silnika lub zmniejszyć obciążenie.
	Zwarcie wewnątrz uzwojenia stojana lub zwarcie z kadłubem.	Silnik pracuje hałaśliwie. Uzwojenie nagrzewa się nierównomiernie. Sprawdzić uzwojenie na zwarcie oraz na przebicie do masy. Przejrzeć silnik częściowo lub całkowicie.
Błędne połączenie grup zezwojów w jednym z uzwojeń fazowych.	Pomierzyć prądy w poszczególnych fazach. Sprawdzić łączenie grup. Zastosować prawidłowy schemat połączeń.	
Podczas pracy silnika nastąpiła przerwa w jednej fazie.	Zmierzyć prądy w trzech fazach. Wyłączyć silnik i spróbować ponownie uruchomić. Silnik nie rusza i brzęczy.	

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne nagrzewanie się wirnika.	Nieodpowiednie warunki pracy: przeciążenie, - zbyt niskie napięcie sieci	Zmierzyć prąd w stojanie. Zmniejszyć obciążenie. Zmierzyć napięcie na zaciskach stojana. Podwyższyć napięcie zasilania.
	Zwarcie wewnątrz uzwojenia wirnika silnika pierścieniowego.	Zbadać uzwojenie wirnika elektromagnesem do wykrywania zwarców.
	Jednofazowa praca wirnika silnika pierścieniowego wskutek przerwy lub złęgo styku w obwodzie jednej fazy.	Sprawdzić obwód wirnika indukcyjnym lub lampką kontrolną. Oczyszczyć i dokręcić zaciski. Sprawdzić i oczyścić szczotki oraz pierścienie ślizgowe.
	Pogorszenie wentylacji.	Sprawdzić wentylator i oczyścić uzwojenia i kanały wentylacyjne w wirniku.
Nieodpowiedni kierunek wirowania.	Zmieniona kolejność połączenia faz.	Skrzyżować końce dwóch faz na tabliczce zaciskowej lub na tablicy rozdzielczej sieci.
Ruszanie silnika pierścieniowego przy otwartym rozruszniku.	Zwarcie w uzwojeniu wirnika.	Sprawdzić wirnik elektromagnesem do wykrywania zwarców. Przejrzeć wirnik lub usunąć zwarcie.
	Zwarcie w rozruszniku lub uszkodzenie przyrządu do unoszenia szczotek i zwierania uzwojeń wirnika.	Sprawdzić rozrusznik oraz przyrząd do unoszenia szczotek. Usunąć wadę.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne iskrzenie szczotek na pierścieniach.	Zbyt duży prąd w wirniku wskutek przeciążenia silnika lub zbyt niskiego napięcia sieci.	Zmierzyć prąd w stojanie przy obciążeniu.
	Zbyt słaby (powodujący skrzemie) lub zbyt silny nadmierne tarcie) nacisk szczotek na pierścienie.	Zmierzyć i wyregulować docisk szczotek
	Zły stan powierzchni pierścieni.	Przetoczyć pierścienie.
	Nieodpowiedni gatunek szczotek.	Sprawdzić gatunek szczotek wg instrukcji i wymienić szczotki na odpowiednie.
	Zużycie styków mechanizmu zwierającego.	Sprawdzić styki. Oczyszczyć styki. Zużyte detale wymienić.
Nadmierne hałasy silnika.	Zwarcie zwojowe w jednej fazie stojana podczas pracy.	Sprawdzić, czy występuje lokalne przegrzanie się na połączeniach czołowych. Sprawdzić elektromagnesem, czy nie ma zwarc. Przewozić.
	Praca silnika na dwóch fazach (przerwa w trzeciej fazie).	Zatrzymać silnik, następnie spróbować uruchomić. Silnik nie powinien ruszyć. Znaleźć i usunąć przerwę w linii zasilającej lub w uzwojeniu.
	Znaczna asymetria napięcia zasilania.	Zmierzyć napięcia i prądy w poszczególnych fazach. Usunąć przyczynę asymetrii w sieci.
	Nierówna szczelina powietrzna.	Wycentrować wirnik w stojanie; w razie potrzeby wymienić łożyska.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
j.w.	Drgania wskutek niewłaściwego sprzęgnięcia lub niewyważenia wirnika.	Patrz - uszkodzenia mechaniczne.
	Zluzowanie śrub montażowych śrub mocujących silnik do fundamentu.	Dokręcić śruby.
	Ocieranie wirnika o stojan.	Sprawdzić centryczność komór ożyskowych w tarczach, sprawdzić :ożyska.
	Ocieranie wentylatora o osłonę wentylacyjną.	Zdemontować silnik. Wyprostować skrzywiony wentylator lub osłonę.
	Hałasy łożysk tocznych.	Sprawdzić, czy jest smar w łożyskach. Łożyska zużyte wymienić.
Nadmierne nagrzewanie się łożysk tocznych.	Brak smaru w łożyskach.	Przemyć łożysko w benzynie i napełnić smarem.
	Zbyt dużo smaru w łożyskach.	Sprawdzić i zmniejszyć ilość smaru (maks. 2/3 objętości komory).
	Smar zanieczyszczony.	Grubsze zanieczyszczenia rozpoznaje się rozcierając smar między palcami, drobne zaś za pomocą analizy chemicznej. Zanieczyszczony smar usunąć, przemyć łożysko i napełnić nowym smarem.
	Smar nieodpowiedni	Nieodpowiedni smar usunąć, przemyć łożysko i napełnić właściwym smarem, dobranym według katalogu łożysk tocznych.
	Łożysko uszkodzone (pęknięty pierścień lub koszyczek).	Sprawdzić lekkość obracania się wału oraz prawidłowość montażu. Poprawić błędy montażu oraz sprzęgnięcia.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
j.W.	Wadliwe sprzęgnięcie maszyny napędzającej z maszyną napędzaną: - silne drgania podczas biegu - nacisk poosiowy na łożysko, - zbyt silny naciąg pasa, - nieodpowiednie ustawienie przekładni zębatej.	Sprawdzić pracę łożyska, czy nie wydaje hałasów. W przypadku stwierdzenia hałaśliwej pracy wymontować łożysko i poddać oględzinom. Po stwierdzeniu uszkodzenia wymienić łożysko na nowe.
Nadmierna vibracja maszyny podczas biegu.	Wadliwe sprzęgnięcie maszyny napędzanej z silnikiem napędzającym.	Ustawić dokładnie współosiowo wały obu maszyn. Po przykręceniu do podstawy ponownie sprawdzić współosiowość na półkach sprzęgła.
	Złe wyważenie wirnika.	Zdemontować maszynę. Sprawdzić wirnik zwracając uwagę na zamocowanie połączeń czołowych uzwojeń. Wyważyć wirnik.
	Skrzywienie wału.	Sprawdzić wał czujnikiem obracając powoli wirnik. Wyprostować lub wymienić wał.
	Nadmierny luz w łożyskach ślizgowych.	Sprawdzić luz w panewkach. Wymienić tulejki łożyskowe lub wylać na nowo panewki stopem łożyskowym.
	Asymetria magnetyczna wskutek nierównomierności szczeliny lub zwarcia uzwojenia.	Sprawdzić szczelinomierzem równomierność szczeliny na obwodzie. Sprawdzić, czy nie ma zwarcia w uzwojeniu.

4.2.2.5. Podstawowe uszkodzenia silników prądu stałego, ich objawy i sposoby usuwania [6]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
1. Iskrzenie szczotek.	<p>.1. nieprawidłowo ustawione szczotki</p> <p>.2. szczotki w złym stanie i nieprawidłowo umieszczone</p> <p>.3. szczotkotrzymacze są ustawione nieprawidłowo lub zbyt słabo umocowane</p> <p>.4. za mały lub zbyt duży docisk szczotek</p> <p>.5. nieodpowiedni gatunek szczotek</p> <p>1.6. zanieczyszczony komutator, brak izolacji między wycinkami komutatora</p> <p>1.7. zwarcia między chora-giewkami komutatora</p> <p>1.8. zwarcia międzyzwojowe w cewce lub cewkach wirnika</p> <p>1.9. niedostateczny styk lub brak połączeń wyrównawczych</p> <p>1.10. przerwa w połączeniu uzwojenia z wycinkiem</p> <p>1.11. nierównomierna szczelina powietrzna</p> <p>1.12. zwarcie w obwodzie zewnętrznym</p> <p>1.13. szczotki ustawione poza strefą neutralną</p> <p>1.14. wystająca izolacja między wycinkowa</p>	<p>Sprawdzić: stan szczotek, ich wymiary w stosunku do szczotkotrzymacza, luzy szczotkotrzymacza, cierunek wirowania (jeżeli szczotki ustawione są pod kątem). Gatunek szczotek porównać z zalecanym przez wytwórcę. Ujednolicić nacisk szczotek</p> <p>Silnik trudno rusza lub pracuje z nienormalną prędkością. Sprawdzić stan gładkości komutatora, lutowania cewek do wycinków - ewentualnie uszkodzenia naprawić, oczyścić izolację międzywycinkową. Zacerwienieniu ulegają niektóre wycinki komutatora. Obtoczyć komutator, sprawdzić łączenia i przerwy. Sprawdzić luzy łożyskowe, sprawdzić szczelinę</p> <p>Iskrzenie przy wirowaniu w jedną stronę jest intensywniejsze niż przy obracaniu się w stronę przeciwną, prędkość wirowania silnika przy obu kierunkach jest niejednakowa</p>

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
2. Szczotki szybko się zużywają.	2.1. nieodpowiedni gatunek szczotek. 2.2. za duża siła dociskająca 2.3. jak 1.14. 2.4. bicie komutatora lub jego nierównomierna powierzchnia.	Zastosowano zbyt miękkie szczotki. Dodatkowo występuje drżenie szczotek, szczotki wykruszają się na brzegach.
3. Nadmierny przyrost temperatury.	3.1. nadmierne obciążenie. 3.2. silnik przystosowany do pracy krótkotrwałej lub dorywczej pracuje za długo.	Sprawdzić wskazania przyrządów zmienić warunki pracy.
4. Nadmierny przyrost temperatury uzwojenia twornika.	4.1. nadmierne obciążenie. 4.2. pogorszyły się warunki przewietrzania. 4.3. nierównomierna szczelina powietrzna. 4.4. nieprawidłowa kolejność biegunów. 4.5. zwarcia w cewkach biegunów głównych. 4.6. zwarcia międzyzwojowe lub zwarcia w cewkach uzwojenia twornika. 4.7. zwarcia międzywycin- kowe.	Szczotki jednego bieguna iskrzą silniej niż szczotki innych biegunów. nagrzewanie występuje przy braku obciążenia. Złe połączenie jednej lub kilku cewek powoduje niesymetrię. Występuje intensywniejsze iskrzenie szczotek jednego bieguna jak 1.7.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
5. Prędkość obrotowa silnika odbiega od wartości znamionowej.	5.1. przepalenie się bezpieczników. 5.2. przerwa w oporniku rozruchowym lub w przewodach. 5.3. przerwa w uzwojeniu twornika. 5.4. jak 4.5. 5.5. zwarcie uzwojenia bocznikowego z kadłubem lub z innymi uzwojeniami. 5.6. błędne łączenie uzwojenia bocznikowego z zasilaniem. 5.7. jak 1.13.	Silnik nie rusza, przyrządy nie wskazują przepływu prądu. Sprawdzić rezystancje międzyuzwojeniowe i izolację. Silnik może się rozbiegać.

4.3. Transformatory energetyczne

4.3.1. Budowa i działanie transformatorów

219. Co to jest transformator?

Transformator jest to urządzenie elektroenergetyczne przetwarzające energię elektryczną o danych parametrach na energię elektryczną o innych parametrach, za pomocą pola elektromagnetycznego bez udziału ruchu. Przy przetwarzaniu uzyskuje się zmianę napięcia i prądu przy stałej wartości częstotliwości.

220. Jakie są podstawowe elementy transformatora?

Podstawowymi elementami transformatora są: rdzeń oraz uzwojenia pierwotne i wtórne.

221. Jak jest wykonany rdzeń transformatora?

Rdzeń transformatora składa się z blach elektrotechnicznych odizolowanych od siebie lakierem, warstwą tlenków lub specjalną izolacją. Poziome elementy rdzenia nazywamy jarzmem, a pionowe kolumnami.

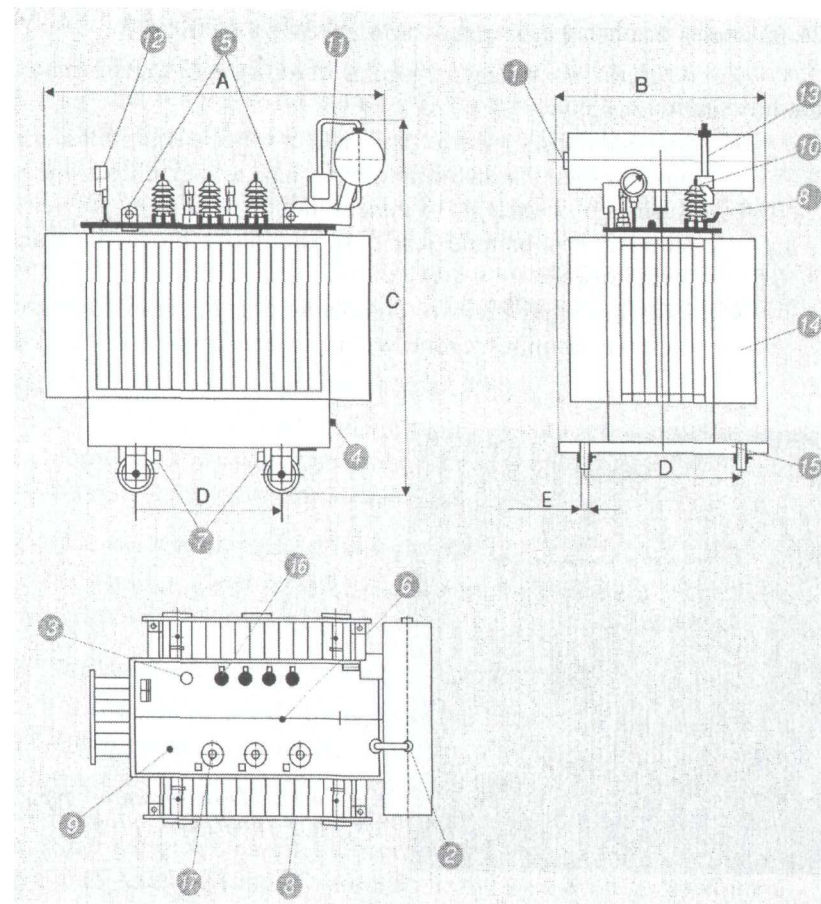
Rdzeń służy do przewodzenia strumienia magnetycznego.

222. Jak są wykonane uzwojenia transformatorów

Uzwojenia transformatorów najczęściej wykonane są z drutu miedzianego izolowanego o przekroju okrągłym lub prostokątnym. Do izolacji uzwojeń używa się papieru, emalii, a dla dużych transformatorów papieru kablowego. Najczęściej spotykanym uzwojeniem jest uzwojenie cylindryczne, w którym uzwojenie górne i dolne jest wykonane w postaci koncentrycznych cylindrów. Cylinder dolnego napięcia jest osadzony na kolumnie, a na nim cylinder górnego napięcia.

223. Jakie wyposażenie powinien zawierać transformator rozdzielczy?

Wyposażenie transformatora rozdzielczego zależy od jego mocy znamionowej i napięcia znamionowego. Przykład wyposażenia transformatorów rozdzielczych o mocy znamionowej od 1000 do 2000 kVA pokazano na rys. 4.31.

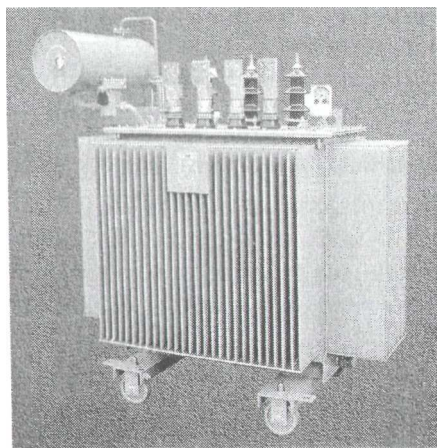


Rys. 4.31. Wyposażenia transformatora rozdzielczego serii TNOSCT o mocy od 1000 do 2000 kVA z konserwatorze oleju: 1 - magnetyczny wskaźnik poziomu oleju, 2 - wlew oleju w konserwatorze, 3 - wlew oleju na pokrywie, 4 - zawór spustowy, 5 - uszy na pokrywie do podnoszenia części wymiawialneJ, 6 - głowica przełącznika zaczePów, 7 - zacisk uziomowy, 8 - iskiernik na przepustach dla napięcia $U_n \geq 15$ kV, 9- gniazdo termometru, 10- odwilżacz (eksport), 11 - przekaźnik Buchholza, 12 - termometr max, 13 - konserwator, 14 - kadź falista, 15-podwozie, 16-izolator DN, 17 - izolator GN.[108]

224. Jak dzielimy transformatory ze względu na rodzaj czynnika chłodzącego?

Ze względu na rodzaj czynnika chłodzącego transformatory dzielimy na dwie grupy:

- transformatory powietrzne tak zwane suche chłodzone powietrzem. Transformatory te najczęściej chłodzone są w obiegu otwartym, to znaczy takim w którym powietrze chłodzące pobierane jest bezpośrednio z otoczenia transformatora,
- transformatory olejowe chłodzone olejem. Transformatory olejowe są umieszczone w kadzi wypełnionej olejem (rys. 4.32).



Rys. 4.32. Transformator typu TNOSCT1000/15PN.[108]

225. Jaką rolę pełni olej w transformatorze?

Olej w transformatorze spełnia trzy zadania: jest czynnikiem chłodzącym, izolującym i impregnującym izolację stałą.

226. Co to jest konserwator oleju?

Konserwator oleju jest to cylindryczny zbiornik umieszczony nad kadzią połączony rurą z kadzią. Zadaniem tego zbiornika jest przyjmowanie oleju z kadzi przy wzroście objętości oleju nagrzanego i oddawanie oleju do kadzi przy zmniejszaniu się objętości oleju chłodnego.

227. Co to jest przekaźnik Buchholza?

Przekaźnik Buchholza jest to przekaźnik gazowo-przepływowy umieszczony w rurze łączącej konserwator z kadzią. Jeśli lokalnie temperatura oleju wzrośnie ponad dopuszczalną wartość, to olej ulega rozkładowi. Towarzyszy temu wydzielanie się gazów, wzrost ciśnienia w kadzi i niebezpieczeństwo wybuchu. Wzrost tego ciśnienia powoduje zwarcie styków i uruchomienie ostrzegawczego sygnału dźwiękowego (stopień I). Przy dalszym wzroście ciśnienia są zwierane drugie styki przekaźnika co powoduje odłączenie transformatora od napięcia (stopień II).

228. Co to jest strona pierwotna i wtórna transformatora?

Strona pierwotna transformatora jest to uzwojenie do którego jest doprowadzone napięcie zasilające. Strona wtórna jest to uzwojenie od którego energia odprowadzana jest do odbiornika.

229. Co to jest strona górna i dolna transformatora?

Strona górna transformatora jest to strona wyższego napięcia, a strona dolna to strona niższego napięcia.

230. Na jakim zjawisku oparta jest zasada działania transformatora?

Zasada działania transformatora oparta jest na zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Jeżeli do uzwojenia pierwotnego doprowadzamy napięcie przemienne o wartości U_1 to w uzwojeniu tym popływie prąd I_1 wywołując przemienne strumień magnetyczny, który zamykając się przez rdzeń transformatora indukuje w uzwojeniu wtórnym napięcie U_2 proporcjonalne do liczby zwojów tego uzwojenia.

231. Co to jest przekładnia zwojowa transformatora?

Przekładnia zwojowa transformatora jest to stosunek liczby zwojów uzwojenia górnego do liczby zwojów uzwojenia dolnego. W transformatorze jednofazowym przekładnia zwojowa jest równa stosunkowi indukowanego napięcia górnego do dolnego w stanie jałowym (nieobciążonym)

$$\Theta_z = \frac{z_g}{z_d} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_{go}}{U_{do}}$$

232. Co to jest przekładnia napięciowa transformatora trójfazowego?

Przekładnia napięciowa transformatora trójfazowego jest to stosunek wartości napięć międzyprzewodowych strony wyższego napięcia do strony niższego napięcia. Zależności między przekładnią napięciową i zwojową dla poszczególnych grup połączeń przedstawiono na rys. 4.34.

Lp.	Schemat połączeń	Symbol graficzny	Oznaczenie literowe	
			uzwojenie górne	uzwojenie dolne
a)			D	d
b)			Y	y
c)			-	Z

Rys. 4.33. Połączenia uzwojeń transformatora: a) w trójkąt, b) w gwiazdę, c) w zygzak.

Symbol grupy łączeniowej	Kąt przesunięcia fazowego, rad	Układ połączeń uzwojeń		Wykresy wskazowe napięć	
		górne	dolne	górne	dolne
Yy 0	0				
Dy 5	$\frac{5}{6}\pi$				
Yd 5					
Yd 11					
Yy 11	$\frac{11}{6}\pi$				
Yd 11					
Yz 11					

Rys. 4.34. Grupy połączeń transformatorów trójfazowych wg PN-83/E-06040.

233. Jakie rodzaje połączeń uzwojeń rozróżnia się w transformatorach trójfazowych?

W transformatorach trójfazowych rozróżnia się trzy rodzaje połączeń uzwojeń (rys. 4.33) w trójkąt, w gwiazdę, w zygzak.

234. Jak określa się grupę połączeń transformatora?

Grupę połączeń transformatora określa się jako przesunięcie wektora napięcia dolnego, do wektora napięcia górnego, wyrażone w godzinach. Jednostkowy kąt godzinowy zawiera 30° geometrycznych $\left(\frac{\pi}{6} \text{ radianów}\right)$. O przesunięciu fazowym występującym między

napięciem górnym i dolnym decyduje kierunek nawinięcia uzwojeń i sposób połączenia z zaciskami oraz sposób połączenia poszczególnych faz.

235. Jakie grupy połączeń transformatorów stosuje się w praktyce?

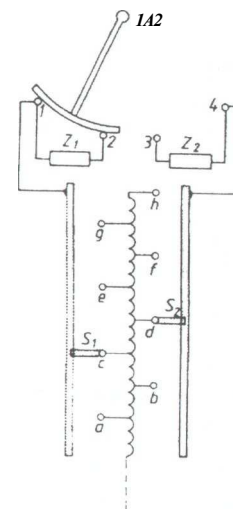
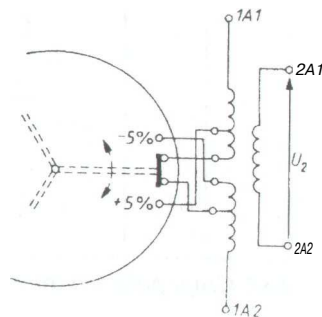
W praktyce najczęściej spotykane są cztery grupy połączeń o przesunięciach godzinowych 0, 5, 6, 11. Zalecane grupy połączeń transformatorów 3-fazowych przedstawiono na rys. 4.34

236. Jakie są metody regulacji napięcia transformatora?

Regulację napięcia transformatora dokonuje się przez zmianę liczby zwojów uzwojenia górnego napięcia, czyli przez zmianę przekładni. Rozróżnia się dwie zasadnicze metody regulacji napięcia transformatora:

- regulację w stanie beznapięciowym (rys. 4.35),
- regulację w stanie pod obciążeniem (rys. 4.37).

Rys. 4.35 Zasada regulacji napięcia transformatora w stanie beznapięciowym. [6]



Rys. 4.36. Zasada regulacji napięcia transformatora pod obciążeniem: Z_1 i Z_2 - impedancje, S_1 i S_2 - ślizgacze [6]

237. Jakie dane powinna zawierać tabliczka znamionowa transformatora?

Tabliczka znamionowa transformatora (rys. 4.37) **powinna** zawierać następujące dane:

- nazwę lub znak wytwórcy,
- rok produkcji,
- typ transformatora,
- nr fabryczny,
- numer normy wg której został **wykonany**,
- moc znamionową pozorną,
- napięcia znamionowe,
- prądy znamionowe,
- częstotliwość,
- straty w żelazie (jałowe),
- straty w miedzi (przy obciążeniu znamionowym),
- stopień ochrony,
- klasę izolacji,
- grupę połączeń,

- masę całkowitą,
- napięcie zwarcia,
- rodzaj chłodzenia.

MIKOŁOWSKA FABRYKA TRANSFORMATORÓW		MEFTA		MADE IN POLAND
TRANSFORMATOR				
TYP TEa 160/0,5	Nr 7417146	ROK 1974		
MOC 160 kVA	Gr Dy5	PRACA C		
GN 4,00 ± 2,5% V	PRĄD ZNAM. 231 A			
DN 115 V	PRĄD ZNAM. 803,3 A			
NAP. ZW. 3,49 %	LICZ. FAZ. 3	50 Hz		
STR. JAŁ. 481 W	STR. OBC. 2269 W			
ST. OCHR. JP-23	CHŁODZ. AN-AN			
TEMP. OT. +45°C	PN-69/E-06040			
MASA CAŁK. 800 kg	KL IZOL B			

Rys. 4.37. Tabliczka znamionowa transformatora. [61]

238. Jaką zależnością określa się moc znamionową transformatora?

Moc znamionową transformatora określa się zależnością:

$$S_n = \sqrt{3} U_n \cdot I_n$$

gdz U_n - napięcie znamionowe międzyprzewodowe,
 I_n - prąd znamionowy.

239. Co nazywamy sprawnością transformatora?

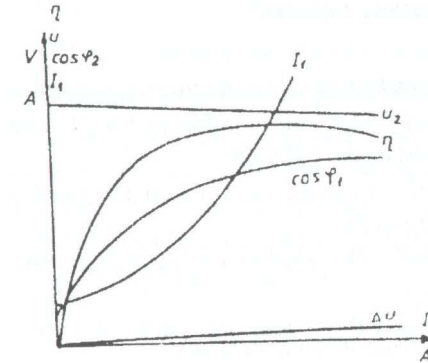
Sprawnością transformatora nazywamy stosunek mocy czynnej oddanej do mocy czynnej pobranej.

$$\eta = \frac{P_o}{P_p} = \frac{P_o}{P_o + \Delta P}$$

$$\Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu}$$

gdz P_o : - moc czynna oddana,
 ΔP - straty mocy czynnej w transformatorze,
 ΔP_{Fe} - Straty w żelazie (jałowe),
 ΔP_{Cu} - straty w miedzi (obciążeniowe).

Zależność sprawności transformatora od obciążenia przedstawiono na rys. 4.38.



Rys. 4.38. Charakterystyki zewnętrzne transformatora.

240. Co to jest napięcie zwarcia transformatora?

Napięcie zwarcia jest to takie napięcie doprowadzone do pierwotnych zacisków transformatora przy zwartym uzwojeniu wtórnym, pod wpływem którego w uzwojeniach transformatora płyną prądy znamionowe. Napięcie to jest zwykle wyrażone w procentach napięcia znamionowego.

241. Co to jest prąd jałowy transformatora?

Prąd jałowy transformatora jest to prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym przy otwartym uzwojeniu wtórnym.

242. W jakie zabezpieczenia powinny być wyposażone transformatory mocy o napięciu GN powyżej 1 kV?

Transformatory powinny być wyposażone w następujące zabezpieczenia:

- od przetężeń wywołanych zwarciami zewnętrznymi,
- od zwarć międzyfazowych w uzwojeniach i na ich wprowadzeniach,
- zabezpieczenia gazowo-przepływowe od obniżenia się poziomu oleju i uszkodzeń wewnątrz kadzi dla transformatorów o mocy 1000 kVA i wyższej,
- od przetężeń ruchowych,
- termometryczne.

243. Co stanowią zabezpieczenia zwarciove?

Zabezpieczenia zwarciove stanowią:

- bezpieczniki topikowe instalowane we wszystkich fazach po stronie wyższego napięcia transformatorów obniżających o mocy do 1000 kVA,
- wyłączniki zwarciove z wyzwalaczami pierwotnymi lub przekaźnikami,
- przekaźniki Buchholza od zwarć wewnątrz kadzi transformatora.

244. Kiedy transformatory mogą pracować równolegle?

Transformatory mogą pracować równolegle jeżeli spełnione są następujące warunki:

- równość przekładni z dokładnością do 0,5% (przy jednakowych napięciach znamionowych),
- przynależność transformatorów do tych samych grup połączeń o tym samym przesunięciu godzinowym,
- równość napięć zwarcia z dokładnością do 10%,
- stosunek mocy znamionowych nie większy niż 1:3.

4.3.2. Eksploatacja transformatorów

245. Jakie przepisy określają zasady eksploatacji transformatorów?

Zasady eksploatacji transformatorów określają:

- przepisy w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji sieci elektroenergetycznych,
- przepisy w sprawie ogólnych zasad eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych,
- warunki techniczne podane przez wytwórcę,
- zakładowa szczegółowa instrukcja eksploatacji.

246. Kiedy może nastąpić przyjęcie do eksploatacji transformatora nowego lub po remoncie?

Przyjęcie do eksploatacji transformatora nowego lub po remoncie może nastąpić po przeprowadzeniu prób oraz po stwierdzeniu, że zostały spełnione wymagania określone w normach, warunkach

technicznych budowy, wykonania i odbioru robót oraz w dokumentacji projektowej i fabrycznej.

247. W jakich terminach powinny być przeprowadzone pomiary ruchowe transformatorów?

Pomiary ruchowe powinny być przeprowadzane:

- raz w czasie zmiany - w stacjach ze stałą obsługą,
- raz w roku, w miarę możliwości w dniach i godzinach największego obciążenia - w stacjach bez stałej obsługi,
- co 5 lat - w innych punktach sieci.

248. Jaka jest kolejność przy załączaniu i wyłączaniu transformatora?

Załączanie i wyłączanie transformatorów w stanie jałowym i obciążonych należy wykonywać za pomocą wyłączników bądź rozłączników.

1. Transformatory wyposażone w wyłączniki po stronie zasilania jak i odbioru powinny być załączane i wyłączane wg następującej kolejności:

ZAŁĄCZANIE:

- załączyć odłącznik, a potem wyłącznik po stronie odbioru,
- załączyć odłącznik; a potem wyłącznik bądź rozłącznik po stronie zasilania.

WYŁĄCZANIE:

- wyłączyć wyłącznik bądź rozłącznik, a potem odłącznik po stronie zasilania,
- wyłączyć wyłącznik, a potem odłącznik po stronie odbioru.

2. Transformatory pojedyncze z wyłącznikiem (rozłącznikiem) tylko po stronie zasilania:

ZAŁĄCZANIE:

- zamknąć odłącznik po stronie odbioru,
- zamknąć odłącznik potem wyłącznik bądź rozłącznik po stronie zasilania.

WYŁĄCZANIE:

- wyłączyć wyłącznik bądź rozłącznik, a następnie odłącznik po stronie zasilania,
- wyłączyć odłącznik po stronie odbioru.

UWAGA: *Należy przestrzegać zasady, że odłączniki służą wyłącznie do manipulacji bezprądowej (bez obciążenia). Do manipulacji łączeniowej związanej z załączaniem lub wyłączaniem prądu znamionowego służą wyłączniki i rozłączniki.*

249. Czy wolno załączać i wyłączać transformatory za pomocą odłączników?

Dopuszcza się załączanie i wyłączanie odłącznikiem trójbiegunowym transformatorów trójfazowych podanych w tablicy 4.4.

Tablica. 4.4. Załączanie i odłączanie transformatorów trójfazowych odłącznikiem trójbiegunowym

Lp.	Górne napięcie transformatorów	Transformatory w stanie jałowym o mocy w	Transformatory obciążone o mocy w
	kV	kVA	kVA
1.	3	125 i mniejszej	-
2.	6	200 i mniejszej	20
3.	10	315 i mniejszej	20
4.	15	400 i mniejszej	30 i mniejszej
5.	20	500 i mniejszej	30 i mniejszej
6.	30	1000 i mniejszej	50 i mniejszej
7.	40	1250 i mniejszej	-
8.	110	16000 i mniejszej	-

250. W jakich terminach przeprowadza się oględziny transformatorów i co powinny obejmować?

Oględziny transformatorów powinny być wykonywane w terminach określonych w instrukcji eksploatacji, jednak nie rzadziej niż:

- raz w czasie zmiany w stacjach ze stałą obsługą,
- raz w miesiącu w stacjach bez stałej obsługi o górnym napięciu 110 kV i wyższym,
- nie rzadziej niż raz w roku w stacjach bez stałej obsługi o napięciu górnym niższym niż 110 kV

i powinny głównie obejmować:

- stan napisów i oznaczeń informacyjno-ostrzegawczych,
- stan transformatorów i aparatury pomocniczej,
- gotowość ruchową transformatorów rezerwowych,
- działanie przyrządów kontrolno-pomiarowych i rejestrujących,
- poziom oleju i ewentualne wycieki,
- działanie oświetlenia elektrycznego komór,
- stan dróg, przejść, ogrodzeń i zamknięć,
- stan urządzeń grzewczych i wentylacyjnych,
- stan izolatorów.

251. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy transformatorów i jaki powinien być ich zakres?

Terminy i zakres przeglądów transformatorów powinny wynikać z przeprowadzonych oględzin oraz oceny stanu technicznego transformatorów, jednak nie rzadziej niż co 10 lat dla transformatorów o mocy od 0,1 do 1,6 MVA hermetyzowanych.

Przeгляд transformatorów powinien obejmować w szczególności:

- oględziny w zakresie podanym wyżej,
- pomiary i próby eksploatacyjne (pkt 4.3.4.),
- sprawdzenie stanu technicznego transformatorów,
- sprawdzenie działania rezerwy ruchowej,
- sprawdzenie ciągłości i stanu głównych torów prądowych,
- sprawdzenie stanu osłon, blokad urządzeń ostrzegawczych i innych zapewniających bezpieczeństwo pracy,
- konserwacje i naprawy.

252. Jakie pomiary i próby eksploatacyjne wykonuje się podczas przeglądów transformatorów olejowych o mocy 0,1 do 1,6 MVA?

Podczas przeglądu transformatora wykonuje się następujące pomiary i próby:

- pomiar rezystancji izolacji oraz wskaźników R_{60}/R_{15} ,
- badanie oleju w zakresie:
 - zawartość wody i ciał stałych,
 - rezystywności,
 - napięcia przebicia.

253. W jaki sposób powinno odbywać się pobieranie próbek oleju?

Pobieranie próbek oleju powinno odbywać się przy możliwym małym zawilgoceniu i zanieczyszczeniu atmosfery.

Przy tych czynnościach należy pamiętać by:

- naczynie do pobierania próbek było czyste, suche i szczelnie zamykane,
- przed pobraniem próbki starannie oczyścić wylot przewodu olejowego,
- przed pobraniem spuścić pewną ilość zabrudzonego szlamem oleju,

- pobierać olej wolną strugą przy najmniejszym kontakcie z atmosferą.

Próbkę możliwie szybko należy przekazać do badania nie później jednak niż 14 dni od daty pobrania.

254. Co powinna określać instrukcja eksploatacji transformatorów?

Instrukcja eksploatacji powinna określać:

- kolejność czynności przy załączaniu i wyłączaniu transformatora,
- zakres czynności i rodzaje badań w razie wyłączenia transformatora przez urządzenia zabezpieczające,
- najwyższe dopuszczalne temperatury oleju oraz szczegółowe zasady postępowania osób obsługujących transformator w razie występowania nadmiernych wzrostów temperatury transformatora,
- zasady ruchu transformatorów rezerwy ruchowej w okresach występowania długotrwałych niskich temperatur otoczenia,
- zasady załączania transformatorów do pracy równoległej.

Ponadto instrukcja powinna zawierać:

- ogólną techniczną charakterystykę transformatora,
- zakres i terminy wykonywania zapisów ruchowych, terminy przeprowadzenia oględzin, przeglądów, prób i pomiarów,
- wymagania dotyczące ochrony od porażeń i wybuchów,
- wymagania dotyczące kwalifikacji osób zajmujących się eksploatacją.

255. Jak należy postąpić w przypadku podejrzenia uszkodzenia transformatora?

W przypadku podejrzenia uszkodzenia transformatora należy wyjaśnić przyczyny i usunąć objawy.

Wyjaśnienie przyczyn polega na:

- oględzinach zewnętrznych,
- pomiarach rezystancji izolacji,
- stwierdzeniu braku przerw w uzwojeniach,
- sprawdzeniu zabezpieczenia gazowo-przepływowego,
- sprawdzeniu działania zaczepek regulacyjnych

- badaniu oleju,
- pomiarze reaktancji rozproszonych.

4.3.3. Typowe zakłócenia i uszkodzenia transformatorów [10]

Zestawienie typowych zakłóceń i uszkodzeń

Lp.	Objawy	Sposób doraźnego postępowania
1.	Nadmierny wzrost temperatury oleju.	Transformator wyłączyć, jeżeli temperatura oleju przewyższy temperaturę dopuszczalną więcej niż o 10°C lub temperatura rośnie szybko, nietypowo lub oprócz wzrostu temperatury występują inne groźne objawy (zmiany dźwięku, sygnalizacji przekątnika gazowo-przepływowego, niezwykle drgania wskazówki amperomierza itp.).
2.	Niewłaściwy poziom oleju, stwierdzenie obecności wody lub szlamu w olejowskaziu.	Podjąć decyzję odstawienia transformatora w celu dolania oleju, usunięcia wody i szlamu oraz oczyszczenia olejowskaziu.
3.	Wyciek oleju z transformatora	Wyłączyć transformator, jeżeli poziom oleju spada tak szybko, że można przewidywać w krótkim czasie jego niebezpieczne obniżenie się.
4.	Wyraźna zmiana dźwięku transformatora.	Wyłączyć transformator, jeżeli wewnątrz kadzi słychać bulgotanie, trzask lub równocześnie stwierdzi się wzrastanie temperatury oleju, nietypowe drgania wskazówki amperomierza lub inne podejrzanе objawy.
5.	Przeciążenie większe od dopuszczalnego określonego normą PN-71/E-81000 lub szczegółową instrukcją fabryczną.	Zmniejszyć obciążenie przez załączenie transformatora rezerwowego, odciążenie transformatora przez zmianę układu zasilania lub odłączyć część odbiorców.

Lp.	Objawy	Sposób doraźnego postępowania
6.	Zbyt wysokie lub niskie napięcie.	Przestawić zaczepek przełącznika na odpowiedni stopień, jeżeli transformator wyposażony jest w podobciążeniowy przełącznik, jeżeli nie - należy ustalić sposób przestawienia.
7.	Sygnał ostrzegawczy przekainika gazowo-przepływowego transformatora.	Sprawdzić przyczynę zadziałania, o ile jest możliwe, bez wyłączenia transformatora, a jeżeli nie wyłączyć transformator.
8.	Samoczynne wyłączenie przez przekątnik gazowo-przepływowi.	Transformator może być załączony ponownie, jeżeli wyłączenie nastąpiło na skutek zwarc w sieci poza transformatorem, zwarc transformatora w obwodach wtórnych sterowania przekątnika, uszkodzenie samego przekątnika (np. dostanie się oleju do dolnego pływaką, powietrza).
9.	Samoczynne wyłączenia przez przekątnik gazowo-przepływowi.	Transformator może być załączony ponownie, jeżeli wyłączenie było z powodu przyczyn wymienionych w lp.8. W innym przypadku nie załączać i dokonać przeglądu przełącznika mocy.
10.	Samoczynne wyłączenie przez zabezpieczenia różnicowe.	Transformatora nie załączać przed wyszukaniem i usunięciem przyczyny wyłączenia (sprawdzić transformator, przekładniki, odgromniki, połączenia szynowe lub kablowe, obwody wtórne).
11.	Stopienie się jednego lub więcej bezpieczników górnego napięcia.	Wyłączyć transformator, wykonać badania (doraźne - awaryjne).
12.	Świetenie izolatorów w nocy.	Wyłączyć transformator, jeżeli silne świetenie występuje tylko na jednym izolatorze lub jeżeli widać ślady pęknięć lub przebić.

Lp.	Objawy	Sposób doraźnego postępowania
13.	Jszkodzenie wentylatorów lub pompy wodnej do chłodzenia oleju.	Zmniejszyć obciążenie tak, żeby temperatura oleju nie przewyższała dopuszczalnej.
14.	Jszkodzenie pompy obiegowej oleju.	Postępować zgodnie z instrukcją fabryczną.
15.	Działa sygnał maksymalny manometru ciśnieniowego lub sygnał kontaktu minimalnego manometru w obiegu chłodzenia.	Załączyć obieg rezerwowy, a jeżeli nie ma - wyłączyć transformator i usunąć przyczynę w obwodzie tłoczenia lub po stronie ssania (postępować według instrukcji fabrycznej).
16.	Pożar.	Wyłączyć transformator z sieci całkowicie i uruchomić instalację przeciwpożarową, wezwać straż pożarną, gasić gaśnicami śniegowymi.
17.	Działa zabezpieczenie od zwarc z kadzią.	Transformatora nie załączać przed wyszukaniem i usunięciem przyczyny zadziałania zabezpieczenia.
18.	Asymetria napięć w czasie przełączenia podobciążeniowego przełącznika zaczepeków.	Przełączyć transformator na inny zaczepek. Pozostawić transformator na zaczepek, na którym nie występuje asymetria. Odstawić z ruchu i wykonać pomiary kontrolne.
19.	Napięcie bez zmian przy przełączeniu podobciążeniowego przełącznika zaczepeków.	Odstawić transformator z ruchu i dokonać przeglądu połączenia skrzynki napędowej z kłatką wybierakową.
20.	Zadziałanie zaworu bezpieczeństwa, zerwanie membrany lub pokrywy przełącznika mocy w czasie przełączania.	Wyłączyć transformator (jeżeli nie został wyłączony samoczynnie).

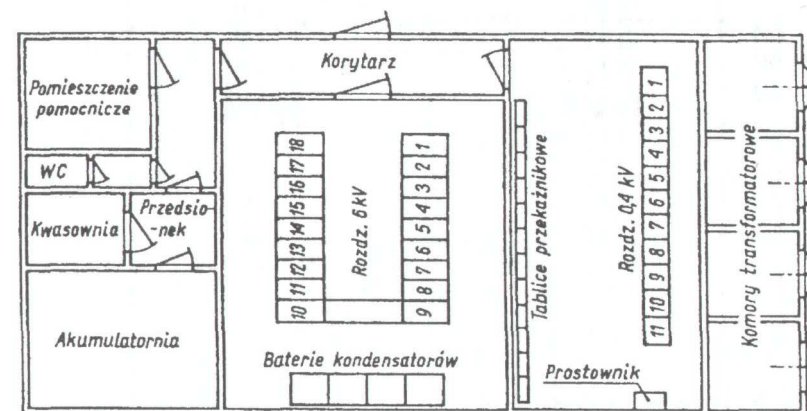
UWAGA: podczas zakłóceń w ruchu transformatora nie należy dotykać jego kadzi.

4.3.4. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych transformatorów o mocy do 1,6 MVA [16]

Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych transformatorów oraz terminy ich wykonania

Nazwa urządzeń	Rodzaj pomiarów	Wymagania techniczne	Terminy wykonania
Transformatory suche	Pomiar rezystancji izolacji R_{60}	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu transformatora do eksploatacji	Nie rzadziej niż co 5 lat
Transformatory olejowe o mocy 0,1 do 1,6 MVA oraz dławiki do kompensacji ziemnozwarciowej.	Pomiar rezystancji izolacji oraz wskaźników Badanie oleju w zakresie: 1) zawartości wody i ciał stałych, 2) rezystywności, 3) napięcia.	Rezystancja izolacji nie mniejsza niż 35 M Ω przy temperaturze 30°C. Wskaźnik R_{60}/R_{15} nie mniejszy niż 1,15. Brak wody wydzielonej i zawartości stałych ciał obcych Nie mniejsza niż 5÷10 Ω m przy temperaturze 50°C Nie niższe niż 30 kV przy temp. 20°C.	Transformatory hermetyzowane nie rzadziej niż co 10 lat.

niu lub ogrodzeniu, albo umieszczonych na wspólnych konstrukcjach wsporczych wraz z urządzeniami pomocniczymi (rys. 4.39, rys. 4.40).



Rys. 4.39. Plan stacji wewnętrznej 6/0,4 kV. [14]

257. Co nazywamy rozdzielnią elektroenergetyczną?

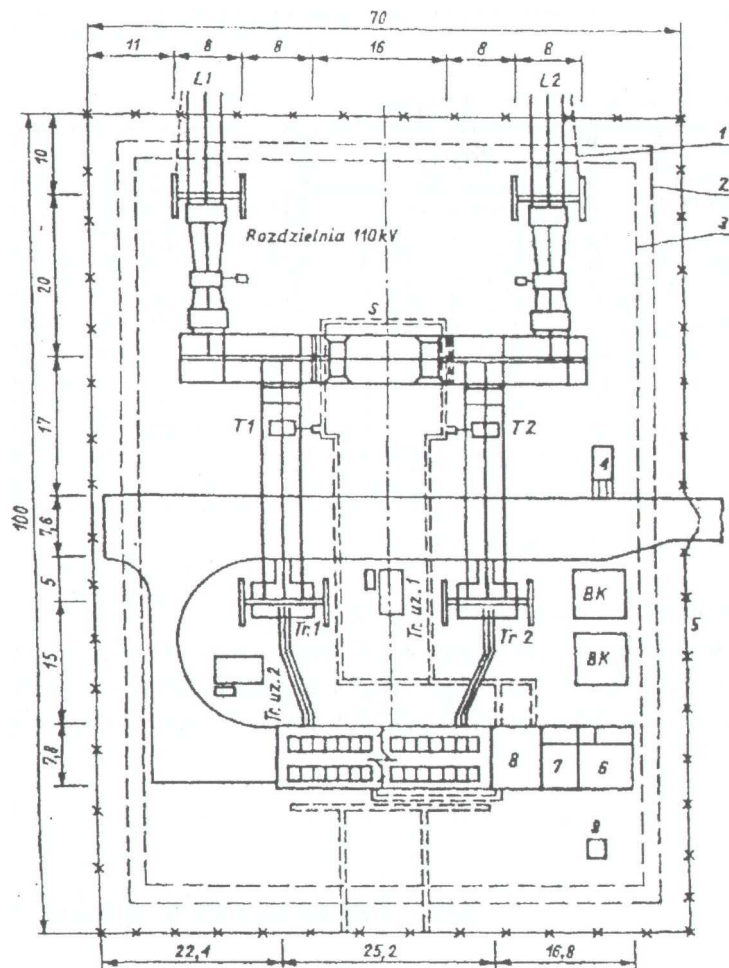
Rozdzielnią nazywamy stację elektroenergetyczną lub wydzieloną część stacji stanowiącą zespół urządzeń służących do rozdzielania energii elektrycznej, przystosowanych do tego samego napięcia (rys. 4.41)

4.4. Stacje elektroenergetyczne

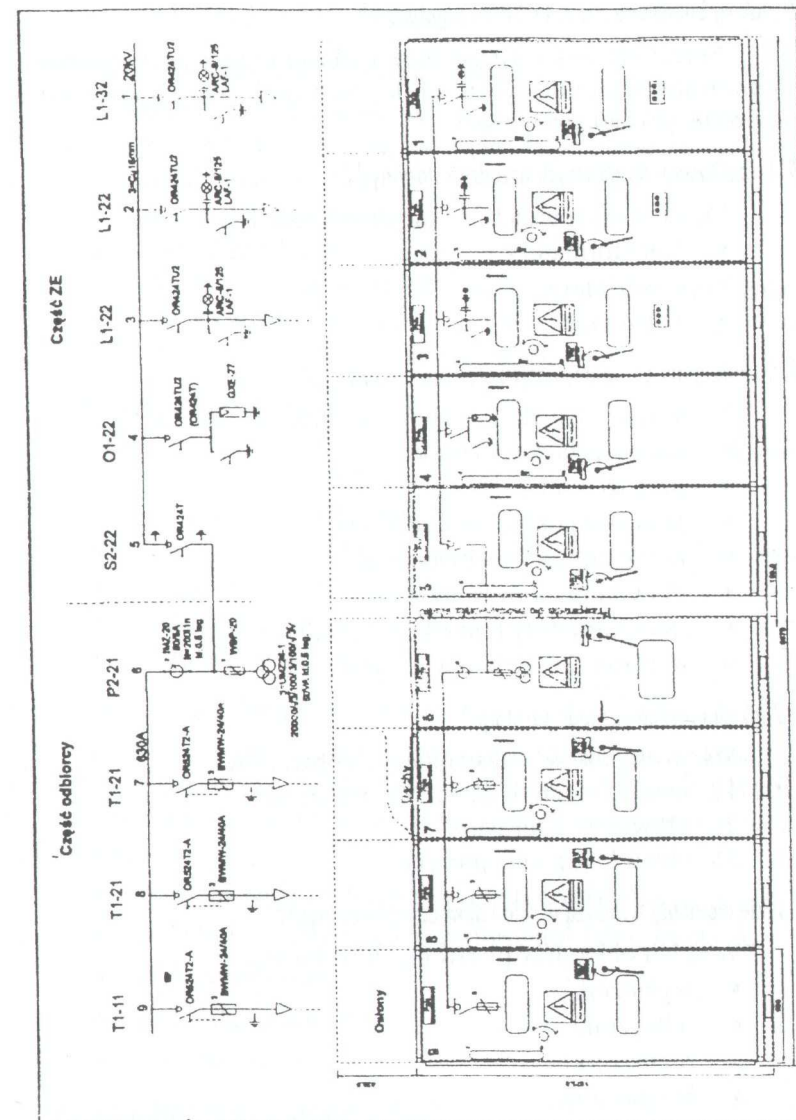
4.4.1. Budowa stacji elektroenergetycznych

256. Co nazywamy stacją elektroenergetyczną?

Stacją elektroenergetyczną nazywamy zespół urządzeń służących do przetwarzania lub rozdzielania, albo przetwarzania i rozdzielania energii elektrycznej, znajdujących się we wspólnym pomieszcze-



Rys. 4.40. Plan stacji napowietrznej 110/15 kV; Tr1, Tr2 - transformatory 110/15kV, L1, L2 - pola liniowe 110kV, S - pole łącznika 110kV, T1, T2 - pola transformatorowe 110 kV, Tr. uz. - transformator potrzeb własnych. 1 - przewód odgromowy, 2 - uziom wyrównawczy, 3 ~ uziom otokowy, 4 - wiata na sprzęt przeciwpożarowy, 5 - ogrodzenie stacji, 6 - akumulatornia, 7 - TEN, 8 - nastawnia, 9 - WC. [14]



x. 4.47. Przykładowy schemat i elewacja rozdzielnic RS-241m. [85]

258. Jak są budowane stacje elektroenergetyczne?

Stacje elektroenergetyczne budowane są jako wewnętrzne, tj. zamontowane w pomieszczeniach krytych oraz jako napowietrzne, tj. montowane pod gołym niebem.

259. Co zaliczamy do głównych urządzeń stacyjnych?

Do głównych urządzeń stacyjnych zaliczamy:

- transformatory,
- rozdzielnie,
- nastawnie.

260. Co zaliczamy do pomocniczych urządzeń stacyjnych?

Do pomocniczych urządzeń stacyjnych zaliczamy:

- urządzenia sprężarkowe,
- urządzenia łączności,
- urządzenia przekształtnikowe,
- kompensatory mocy biernej,
- dławiki przeciwzwarceniowe,
- transformatory potrzeb własnych,
- rozdzielnie potrzeb własnych.

261. Z jakich obwodów składa się stacja?

Stacja składa się z następujących obwodów:

- 1) obwodów pierwotnych (tory główne),
- 2) obwodów wtórnych,
- 3) obwodów pomocniczych.

262. Jakie elementy wchodzi w skład obwodów pierwotnych?

W skład obwodów pierwotnych wchodzi:

- wyłączniki,
- odłączniki,
- rozłączniki,
- bezpieczniki,
- przekładniki prądowe i napięciowe,
- dławiki przeciwzwarceniowe,
- **odgromniki,**

- izolatory i szyny zbiorcze.

263. Jakie elementy wchodzi w skład obwodów wtórnych?

W skład obwodów wtórnych wchodzi elementy przyłączone do uzwojeń wtórnych przekładników prądowych i napięciowych, są to:

- układy pomiarowe,
- układy zabezpieczeń,
- telemechanika i telemetria,
- układy automatyki (SPZ - samoczynne ponowne załączenie, SZR samoczynne załączenie rezerwy, SCO - samoczynne częstotliwościowe odłączenie).

264. Co obejmują obwody pomocnicze?

Obwody pomocnicze obejmują dodatkowe urządzenia zapewniające prawidłową pracę stacji, są to:

- instalacje oświetlenia i ogrzewania,
- instalacje prądu stałego i przemiennego potrzeb własnych,
- instalacje wodne i kanalizacyjne,
- instalacje ochrony przeciwporażeniowej,
- instalacje odgromowe.

265. Co to jest pole stacji i jaki jest ich podział?

Pole stacji jest to elementarna część rozdzielni, w której zainstalowana jest większość elementów wchodzących w skład stacji. Ze względu na funkcję spełnianą w układzie stacji wyróżnia się następujący podział:

- pole zasilania podstawowego lub rezerwowego,
- pole liniowe zasilające transformator lub inną stację,
- pole sprzęgłowe,
- pole odgromnikowe,
- pole pomiarowe.

266. Co stanowi podstawowe wyposażenie stacji?

Podstawowe wyposażenie stacji **stanowi aparatura łączeniowo-manipulacyjna.**

267. Do czego służy wyłącznik?

Wyłącznik służy do załączania i wyłączania prądów roboczych, przeciążeniowych i zwarciovych przy pełnym napięciu roboczym.

268. Do czego służy rozłącznik?

Rozłącznik służy do załączania i wyłączania prądów roboczych. Prąd roboczy obejmuje umownie prądy nie przekraczające 10-krotnej wartości prądu znamionowego ciągłego.

269. Do czego służy odłącznik?

Odłącznik służy do zamykania i otwierania obwodów elektrycznych, w których nie płynie prąd. Odłącznik w stanie zamkniętym przewodzi prądy robocze i zwarciovowe, a w stanie otwartym stwarza widoczną przerwę izolacyjną.

270. Do czego służy bezpiecznik

Bezpiecznik służy do wyłączenia zasilania w warunkach zakłóceń (przerwania prądu zwarciovego płynącego w obwodzie).

271. Do czego służą przekładniki?

Przekładniki służą do oddzielenia obwodów pomiarowych i zabezpieczających od sieci wysokiego napięcia, bądź od sieci dużego prądu przy niskim napięciu.

Przekładniki napięciowe są to: transformatory jednofazowe, przetwarzające napięcie wysokie obwodów pierwotnych na niskie (najczęściej 100V), zasilające obwody wtórne pomiarowe i zabezpieczeniowe.

Przekładniki prądowe są to transformatory jednofazowe przetwarzające prąd pierwotny o dużej wartości na prąd o małej wartości najczęściej 5A, zasilający obwody niskiego napięcia, do których przyłączone są przyrządy pomiarowe i zabezpieczające.

272. Do czego służą dławiki przeciwzwarciowe?

Dławiki przeciwzwarciowe przeznaczone są do ograniczania wartości prądów zwarcia w urządzeniach energetycznych. Są to urządzenia zawierające szereg cewek o dużej liczbie zwojów.

273. Jakiemu rodzaju izolatory stosuje się w stacjach elektroenergetycznych?

W stacjach elektroenergetycznych stosuje się izolatory w wykonaniu wewnętrznym i napowietrznym. Izolatory wewnętrzne budowane są jako stojące lub przepustowe. Izolatory napowietrzne dzielą się na:

- a) stojące przelotowe i odciągowe,
- b) wiszące długopniowe przelotowe i odciągowe,
- c) wiszące kołpakowe i odciągowe.

274. Jakie właściwości powinny posiadać izolatory?

Izolatory muszą:

- wykazywać dużą wytrzymałość na przebicie,
- być odporne na działanie łuku elektrycznego,
- mieć dużą wytrzymałość mechaniczną.

275. Do czego służą odgromniki?

Odgromniki służą do ochrony urządzeń rozdzielczych od przepięć powstających głównie przy uderzeniu pioruna w linie napowietrzne zasilające lub wychodzące ze stacji.

4.4.2. Eksploatacja stacji elektroenergetycznych

4.4.2.1. Wiadomości ogólne i czynności łączeniowe

276. Jakie przepisy określają zasady prowadzenia eksploatacji stacji elektroenergetycznych?

Zasady eksploatacji stacji elektroenergetycznych określają:

- przepisy ogólne dotyczące zasad eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych,
- przepisy w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji sieci elektroenergetycznych,
- instrukcja eksploatacji stacji zatwierdzona przez pracodawcę.

277. Co powinna zawierać instrukcja eksploatacji stacji?

Instrukcja eksploatacji stacji powinna zawierać:

- ogólną charakterystykę stacji,

- zasady wykonywania czynności łączeniowych,
- wymagania w zakresie eksploatacji (zapisy ruchowe, próby, oględziny, remonty),
- zasady bezpiecznej organizacji pracy.

278. Co należy do podstawowych czynności osób eksploatacji?

Do podstawowych czynności osób eksploatacji należy:

- wykonywanie prac zgodnie z instrukcjami,
- przestrzeganie zasad bezpiecznego wykonywania prac,
- wykonywanie oględzin, przeglądów i remontów,
- prowadzenie książki ruchowej i dokonywanie w niej odpowiednich zapisów,
- wykonywanie czynności łączeniowych.

279. Jakie zasady muszą być przestrzegane w czasie wykonywania czynności łączeniowych?

W czasie wykonywania czynności łączeniowych należy przestrzegać następujących zasad:

- prądy obciążenia roboczego w obwodach o napięciu znamionowym powyżej 1 kV należy włączać i wyłączać za pomocą wyłączników lub rozłączników,
- w razie braku wyłączników lub rozłączników można za pomocą odłączników załączać i wyłączać prądy:
 - obciążenia przekładników napięciowych,
 - ładowania szyn zbiorczych oraz innych urządzeń trwale podłączonych do szyn,
 - ładowania linii napowietrznych kablowych tylko w zakresie określonym w dokumentacji fabrycznej odłącznika, transformatorów w zakresie określonym w szczegółowych zasadach eksploatacji transformatorów (tablica 4.4);
- w obwodach o napięciu do 1 kV prądy obciążenia należy włączać i wyłączać za pomocą łączników zwarciovych bądź roboczych, a w przypadku ich braku - za pomocą odłączników w zakresie dopuszczonym przez wytwórcę,
- łączenia różnych obwodów do pracy równoległej można wykonać po sprawdzeniu zgodności faz,

- łączniki sprzęgieł mogą być zamknięte po sprawdzeniu, że nie spowoduje to połączenia do pracy równoległej obwodów nie spełniających wymagań.

280. Przez kogo powinny być wykonywane czynności łączeniowe?

Czynności łączeniowe powinny być wykonywane przez upoważnione osoby w ramach czynności określonych w instrukcjach.

281. Kiedy czynności łączeniowe muszą być wykonywane przez dwie osoby?

Czynności łączeniowe wykonuje się dwuosobowo wtedy, gdy trzeba zbliżyć się na niebezpieczną odległość do nieosłoniętych urządzeń wiodących prąd, bądź gdy trzeba wejść do celek będących pod napięciem.

282. Czy w czasie wykonywania czynności łączeniowych mogą w pobliżu przebywać osoby nie upoważnione do tych czynności?

W czasie wykonywania czynności łączeniowych zabrania się przebywania w pobliżu miejsca wykonywanych łączeń osobom nieupoważnionym do tych czynności.

283. Jaka jest częstotliwość wykonywania zapisów wskazań aparatury kontrolno-pomiarowej?

Wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej powinny być zapisywane:

- w stacjach ze stałą obsługą - nie rzadziej niż raz w czasie zmiany w godzinach największego i najmniejszego obciążenia stacji,
- w stacjach bez stałej obsługi o napięciu 110 kV i wyższym - nie rzadziej niż raz w roku w czasie największego obciążenia,
- w pozostałych stacjach - co 5 lat.

4.4.2.2. Oględziny stacji elektroenergetycznych

Uwaga: *Przy prowadzeniu oględzin nie wymaga się wyłączenia napięcia.*

284. W jakich terminach należy przeprowadzać oględziny stacji?

Oględziny stacji należy przeprowadzać nie rzadziej niż:

- w stacjach ze stałą obsługą - raz na zmianę w zakresie określonym w instrukcji, raz na miesiąc - oględziny pełne,
- w stacjach bez stałej obsługi o napięciu 110 kV i wyższym - raz na miesiąc,
- w pozostałych stacjach - raz w roku.

285. Co należy sprawdzić podczas oględzin stacji?

Podczas prowadzenia oględzin należy sprawdzić:

- zgodność układu stacji z ustalonym programem pracy,
- stan łączników układów i automatyki, i zabezpieczeń z aktualnym układem połączeń,
- stan napisów i oznaczeń informacyjno-ostrzegawczych,
- gotowość ruchową przyrządów pomiarowych rejestrujących zakłócenia oraz stan układów sygnalizacji automatyki i zabezpieczeń,
- stan przekładników, dławików i odgromników,
- działanie przyrządów kontrolno-pomiarowych,
- stan napędu łączników, izolatorów i głowic kablowych,
- działanie zespołów awaryjnego zasilania urządzeń teletechnicznych,
- stan i gotowość urządzeń potrzeb własnych prądu przemiennego,
- stan urządzeń sprężonego powietrza, przetworników oraz baterii akumulatorów,
- stan sprzętu ochronnego i przeciwpożarowego,
- działanie oświetlenia stacji,
- stan ogrodzeń, dróg, przejść, zamknięć przy wejściach do pomieszczeń ruchu elektrycznego i na terenie stacji,

- stan fundamentów, kanałów kablowych, konstrukcji wsporczych, ochrony odgromowej i przeciwporażeniowej,
- działanie łączy teletechnicznych.

286. Na co należy zwracać uwagę przy oględzinach wyłączników?

W czasie oględzin wyłączników należy zwracać uwagę na:

- poziom oleju w wyłącznikach małoolejowych oraz na ewentualne wycieki oleju,
- wysokość ciśnienia sprężonego powietrza na manometrach umieszczonych na wyłącznikach lub w polu wyłącznika,
- poprawną pracę urządzeń wentylacyjnych wyłączników pneumatycznych,
- stan zabrudzenia,
- ślady łuku na izolatorach,
- zmianę barwy, względnie stan wskaźników termokolorowych na torach prądowych,
- prawidłowość wskazań optycznych, względnie akustycznych urządzeń sygnalizacji,
- stan widocznych styków, ich pełne zamknięcie lub otwarcie.

287. Na co należy zwracać uwagę przy oględzinach rozłączników?

Podczas oględzin rozłączników należy zwracać uwagę na:

- stan izolatorów - uszkodzenia, zabrudzenia,
- stan powierzchni cięgieł izolacyjnych,
- stan styków głównych i położenia noży,
- stan komór gaszących,
- bezpieczniki - stan styków oraz położenie wskaźników zadziałania,
- wyzwalacze pierwotne - położenie części ruchomych oraz stan popychaczy izolacyjnych,
- zaciski przyłącza - zmiana barwy, iskrzenia.

288. Na co należy zwracać uwagę przy oględzinach odłączników?

Podczas oględzin odłączników należy zwrócić uwagę na:

- stan izolatorów wsporczych i cięgieł,
- stan styków głównych,

- sprawdzenie uszczelnień wyłączników powietrznych oraz złącz przewodów sprężonego powietrza,
- sprawdzenie poziomu oleju w napędach hydraulicznych,
- pobieranie próbek oleju i badanie tego oleju w wyłącznikach na napięciu 110 kV i wyższe,
- sprawdzenie stanu fundamentów i konstrukcji wsporczych,
- pomiary czasów własnych i jednoczesności łączenia wyłącznika,
- pomiary rezystancji torów głównych i pomiary rezystancji elementów izolacyjnych, nieceramicznych,
- badanie gazów wyłączników z gazem SF₆,
- sprawdzenie prawidłowości działania napędu przez trzykrotne zamykanie i otwieranie, również przy obniżonym napięciu sterowania do 0,85 U_n.

295. Kiedy powinny być wykonywane przeglądy wewnętrzne wyłączników?

Przeglądy wewnętrzne wyłączników powinny być wykonywane w zakresie i w terminach określonych przez instrukcję eksploatacji i dokumentację techniczno-ruchową, z tym że dla wyłączników o napięciu 110 kV i wyższym nie rzadziej niż co 5 lat.

296. Co powinien obejmować przegląd rozłączników?

Przegląd rozłączników powinien obejmować:

- czyszczenie izolatorów i konstrukcji,
- kontrolę izolatorów,
- kontrolę i naprawę styków głównych i opalanych,
- kontrolę cylindrów i tłoków komór sprężania (dla rozłączników z powietrznym gaszeniem łuku) lub kontrolę stanu komór gaszących,
- sprawdzenie działania i regulacji mechanizmu napędu,
- kontrolę prawidłowości zamykania i otwierania styków,
- sprawdzenie bezpieczników,
- sprawdzenie działania wyzwalaczy pierwotnych - dla rozłączników z nadbudowanymi wyzwalaczami,
- pomiar czasu otwierania noży.

297. Co powinien obejmować przegląd odłączników?

Przegląd odłączników powinien obejmować:

- czyszczenie izolatorów wsporczych i cięgieł izolacyjnych.
- kontrolę stanu styków i sprężyn dociskowych,
- sprawdzenie jednoczesności z ewentualną regulacją zamykania styków,
- sprawdzenie działania napędu u odłącznika,
- kontrolę łożysk i przegubów,
- kontrolę działania przełącznika sygnałowego **oraz stanu** izolacji obwodów niskonapięciowych napędu,
- sprawdzenie stanu zacisków przyłączowych.
- sprawdzenie stanu noży uziemiających.

298. Co powinny obejmować przeglądy bezpieczników?

Przeglądy zewnętrzne bezpieczników powinny **obejmować**:

- stan powierzchni izolatorów,
- zużycie i docisk styków,
- stan zacisków przyłączowych i uziomowych.

299. Jakie czynności należy wykonać w czasie przeglądu urządzeń rozdzielni o napięciu do 1 kV?

Uwaga: *Przegląd powinien być wykonany po wyłączeniu rozdzielni lub jej części spod napięcia.*

W czasie przeglądu należy wykonywać następujące czynności:

- oględziny rozdzielni zgodnie z wytycznymi,
- sprawdzenie ciągłości przewodów uziemiających,
- pomiar rezystancji izolacji przewodów i kabli,
- pomiar rezystancji izolacji obwodów sterowania wyłączników i styczników,
- pomiar rezystancji izolacji aparatury w układzie SZR, w układzie blokad i innych obwodach pomocniczych,
- regulację, łączników nożowych,
- sprawdzenie stanu styków roboczych wyłączników,

- sprawdzenie działania odłączników, styczników i wyłączników,
- sprawdzenie wkładek bezpieczników,
- sprawdzenie działania blokad,
- sprawdzenie i dokręcenie połączeń śrubowych w szynach oraz przy zaciskach aparatów,
- pomiar skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie działania aparatury kontrolno-pomiarowej,
- wymianę uszkodzonych elementów (osłony komór gaszących, pęknięte podstawy bezpiecznikowe itp.).

300. Jak należy postępować w przypadku awarii urządzenia?

W przypadku stwierdzenia uszkodzenia jakiegoś urządzenia zainstalowanego w stacji należy w pierwszej kolejności wyeliminować to urządzenie z pracy w taki sposób, aby związane z tym ograniczenia dostawy mocy do odbiorców zasilanych z tej stacji były minimalne.

W razie stwierdzenia uszkodzenia lub podejrzenia uszkodzenia wyłącznika nie należy za pomocą tego wyłącznika przerywać prądu obciążenia. Prąd obciążenia należy wyłączyć za pomocą innego wyłącznika usytuowanego bliżej źródła zasilania.

4.5. Elektroenergetyczne linie napowietrzne

4.5.1. Budowa linii napowietrznych

301. Jak dzieli się linie elektroenergetyczne ze względu na napięcie znamionowe linii?

Ze względu na napięcie linie dzieli się na:

- linie niskiego napięcia nn - do 1 kV,
- linie średniego napięcia SN - powyżej 1 kV do 30 kV (oraz nietypowe 40 i 60 kV),
- linie wysokiego napięcia WN - 110 kV,
- linie najwyższych napięć NN - 220 kV i powyżej.

302. Z jakich podstawowych elementów składa się linia napowietrzna?

Linia napowietrzna składa się z następujących **podstawowych** elementów:

- konstrukcji wsporczych,
- przewodów,
- izolatorów,
- osprzętu.

303. Jakie rodzaje słupów stosuje się w liniach o napięciu do 30 kV?

W liniach o napięciu do 30 kV stosuje się następujące rodzaje słupów:

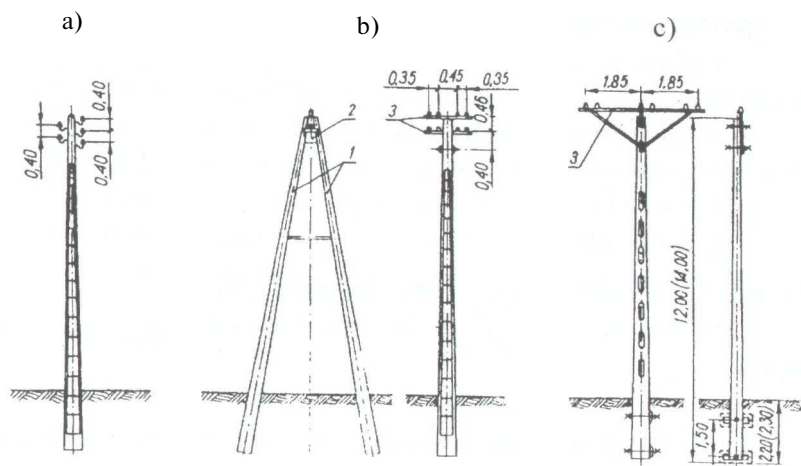
- słup pojedynczy, jest stosowany jako przelotowy (P),
- słup bliźniaczy, powstały przez skrócenie śrubami dwóch pojedynczych żerdzi, jest stosowany jako przelotowy (P) lub skrzyżowaniowy (PS),
- słup rozkracny powstały z dwóch żerdzi jest stosowany jako narożny (N), krańcowy (K), odporowy (O), a także jako przelotowo-rozgałęźny (PR),
- słup pojedynczy z podporą jest stosowany jako narożny (N) przy małych kątach załamania,
- słup rozkracny z podporą jest stosowany jako odporowo-narożny (ON) lub rozgałęźny (np. RNK - rozgałęźny narożno-krańcowy),
- słup bramowy, powstały z dwóch równoległe ustawionych żerdzi z poprzeczką, może być stosowany jako przelotowy, narożny, odporowy lub krańcowy.

304. Jakie żerdzie stosuje się w liniach do 30 kV?

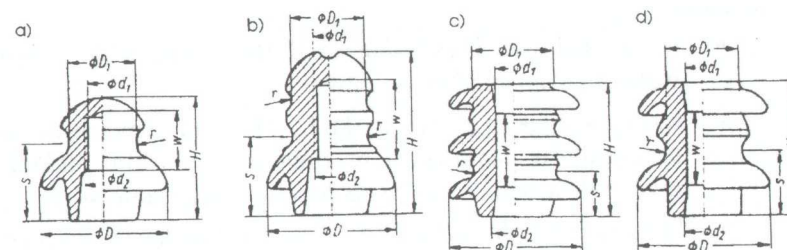
Obecnie największe zastosowanie mają:

- żerdzie żelbetowe typu ŻN długości 10 i 12 m,
- żerdzie żelbetowe typu ŻW długości 14,5 m,
- żerdzie strunobetonowe typu BSW długości 12 i 14 m oraz typu E (wirowane) długości 10,5; 12; 13,5; 15 m.

Na rys. 4.42 pokazano typowe słupy żelbetowe linii niskiego i średniego napięcia.



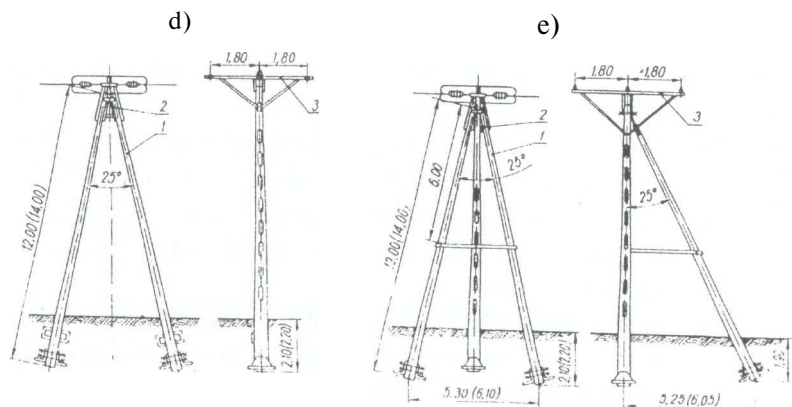
niż 50 mm² stosuje się izolatory N 95 lub N 95/2 - do zawieszenia przelotowego, a typu S-115/2 do zawieszenia odciągowego (rys. 4.43).



Rys. 4.43. Izolatory liniowe niskiego napięcia: a) izolator jednorówkowy, b) izolator dwurówkowy, c, d) - izolatory szpulowe. [12]

306. Jakie izolatory stosuje się w liniach powyżej 1 kV do 30 kV?

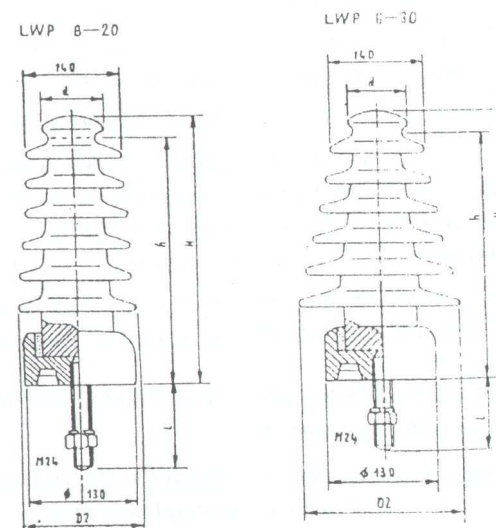
W liniach o napięciu powyżej 1 kV do 30 kV stosuje się izolatory pionowe stojące LWP lub izolatory wiszące LP (rys. 4.44).



Rys. 4.42. Słupy żelbetowe: a) przelotowy linii n/n, b) odporowy linii n/n, c) przelotowy linii średniego napięcia, d) odporowy linii średniego napięcia, e) odporowy narożny linii średniego napięcia. [8]

305. Jakie izolatory stosuje się w liniach napowietrznych o napięciu do 1 kV?

W liniach napowietrznych o napięciu do 1 kV stosuje się izolatory N80 lub N80/2 - do zawieszania przelotowego, a izolatory typu S80/2 - do zawieszania odciągowego przewodów aluminiowych o przekroju do 50 mm². W liniach o przekroju przewodów większych



Rys. 4.44. Izolatory liniowe stojące na napięcie powyżej 1 kV do 30 kV; 1 - część izolacyjna, 2 - trzon. [12]

307. Jakie konstrukcje stosuje się w liniach napowietrznych?

W liniach napowietrznych stosuje się między innymi następujące konstrukcje:

- trzony hakowe THS/N-80, THK/N-80, TH/N-80 - stosowane do osadzania izolatorów,
- trzony kabłąkowe TKL-2, TKL, TK_n - mocowane do poprzeczników stalowych w liniach o płaskim układzie przewodów bądź mocowane do konstrukcji stalowych,
- kliny wierzchołkowe KS-15 - stosowane do łączenia żerdzi,
- poprzeczniki stalowe, do których mocuje się izolatory w liniach o płaskim układzie przewodów.

308. Jakie przewody stosowane są w elektroenergetycznych liniach napowietrznych?

W elektroenergetycznych liniach napowietrznych stosowane są następujące przewody:

- linki aluminiowe Al o przekrojach od 16 do 120 mm², stosowane prawie wyłącznie w liniach niskiego napięcia - nn,
- linki stalowo-aluminiowe AF1 o przekroju od 25 do 120 mm², stosowane głównie w liniach średnich napięć - SN,
- linki stalowe Fl - stosowane jako przewody odgromowe -O/Fl,
- przewody izolowane samonośne AsXS i AsXS_n o przekrojach od 25 do 120 mm², stosowane w liniach niskiego napięcia. Przewody mogą być prowadzone w wiązce. Ilość przewodów w wiązce może wynosić 2, 4, 5, 6.
- przewody izolowane AFLwsXS i AFLwsXS_n o przekrojach od 35 do 185 mm², stosowane w liniach średniego napięcia.

309. Jakie najmniejsze dopuszczalne ze względu na wytrzymałość mechaniczną, przekroje przewodów stosuje się w liniach napowietrznych?

Najmniejsze dopuszczalne ze względu na wytrzymałość mechaniczną przekroje przewodów podano w tablicy nr 4.5

Tablica 4.5. Najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną [60]

Lp	Rodzaj przewodu	Przekrój przewodu zawieszonoego w prześle						z obostrzeniem 2 lub 3 stopnia
		bez obostrzeń		z obostrzeniem 1 stopnia				
		napięcie znamionowe linii						
		do 1 kV		wyższe niż 1 kV	do 1 kV		wyższe niż 1 kV	
		rozpiętość przęsła a			rozpiętość przęsła a			
a≤45m	a>45m			a≤45m	a>45m			
mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²		
miedziany wg PN-E-90081:1974		10	10	10	10	10	10	16
aluminiowy wg PN-IEC-1089:1994		16	25	25	16	25	25	35
aluminiowo-stalowy wg PN-IEC-1089:1994		16	16	16	16	16	25 ¹⁾	25 ¹⁾
1) Dla przewodów o stosunku stali do aluminium 0,35 dopuszcza się najmniejszy przekrój 16 mm ² .								

310. Jakie są najmniejsze dopuszczalne naciągi zrywające przewodów elektroenergetycznych oraz przewodów telekomunikacyjnych?

Najmniejsze dopuszczalne naciągi zrywające przewodów elektroenergetycznych oraz przewodów telekomunikacyjnych podano w tablicy 4.6.

Tablica 4.6. Najmniejsze dopuszczalne naciągi zrywające przewodów elektroenergetycznych oraz przewodów telekomunikacyjnych [60]

Rodzaj przewodu		Najmniejsze dopuszczalne naciągi zrywające przewodów zawieszonych w przęśle						z obostrzeniem 2 lub 3 stopnia
		bez obostrzeń		z obostrzeniem 1 stopnia				
		napięcie znamionowe linii						
		do 1 kV		wyższe niż 1 kV	do 1 kV		wyższe niż 1 kV	
		rozpiętość przęsła a			rozpiętość przęsła a			
		a ≤ 45m	a > 45m	a ≤ 45m	a > 45m			
Przewody elektroenergetyczne		2300	3800	3800	3800	3800	6000	
Przewody telekomunikacyjne	zawieszane na słupach linii na napięcia znamionowe do 1 kV	1250	2300	dotyczy	2300 - zawieszane nad przewodami trakcyjnej (jezdnyimi, nośnymi, zasilającymi)		dotyczy	dotyczy
	zawieszane na słupach linii na napięcia znamionowe wyższe niż 1 kV	nie dotyczy	nie dotyczy	3800	nie dotyczy	nie dotyczy	3800	6000

311. Jakie są dopuszczalne naprężenia przewodów w liniach napowietrznych?

Dopuszczalne naprężenia przewodów w liniach napowietrznych podano w tablicy 4.7.

Tablica 4.7. Największe dopuszczalne naprężenia przewodów [60]

Kodziej przewód	Największe dopuszczalne naprężenie	normalne	zmniejszone	katastrofalne dla przewodu zawieszzonego z naprężeniem	
				normalnym	zmniejszonym
				nie więcej niż N/mm ²	
Miedziany wg PN-E90081:1974 (PN-74/E-90081)	druty - D	118	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
	linki - L	186	140	314	235
Aluminiowy, aluminiowo-stalowy i aluminiowo-stopowy wg PN-IEC 1089:1994	linki w części aluminiowej ¹⁾	40% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	28% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	80% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	56% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾
Inne przewody elektroenergetyczne w tym także przewody odgromowe oraz telekomunikacyjne	druty	30% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
	linki	40% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	28% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	80% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾	56% wytrzymałości na rozciąganie ²⁾

¹⁾ W przypadku przewodu skręconego z drutów kilku rodzajów aluminium (stopy), wymagania zawarte w tablicy dotyczą drutów z aluminium o najmniejszej wytrzymałości.

²⁾ Wytrzymałość na rozciąganie odpowiada sile zrywającej przewód, która jest podawana w odpowiednich normach, lub określana przez wytwórcę przewodu. Gdy wytwórcza przewodu zaleci wielkość mniejszą niż jest w normie przewodu, do projektowania należy przyjąć tę podaną przez wytwórcę.

312. Jakie są najmniejsze dopuszczalne odległości przewodów elektroenergetycznych linii napowietrznych od poziomu ziemi?

Najmniejsze dopuszczalne odległości pionowe przewodów elektroenergetycznych linii napowietrznych od poziomu ziemi podano w tablicy 4.8

Tablica 4.8. Najmniejsze dopuszczalne odległości pionowe przewodów elektroenergetycznych linii napowietrznych od poziomu ziemi [60]

Rodzaj przewodu	Najmniejsze odległości pionowe od powierzchni ziemi przewodu linii o napięciu		
	do 1 kV	powyżej 1 kV	
		przy największym zwisie normalnym ¹⁾	przy największym zwisie katastrofalnym
co najmniej m			
Elektroenergetyczny nieuziemiaony	5	$5 + U/150^{2)}$	$4 + U/150$
Elektroenergetyczny uziemiaony	4,5	5	nie określa się
Telekomunikacyjny	4,5	5	nie określa się
Telekomunikacyjny kabel światłowodowy, samonośny, nieprzewodzący	4,5	5	4

U - napięcie znamionowe linii w kilowoltach.

¹⁾ W warunkach normalnych pod przewodami linii mogą przemieszczać się maszyny rolnicze i budowlane o wysokości do 4,2 m z osłoną dla obsługi, uniemożliwiającą wysunięcie się człowieka poza jej obrys. Maszyny takie nie mogą mieć anten czy innych elementów wysuniętych ponad określony powyżej obrys.

²⁾ W przypadku linii 400 kV, odległość przewodów od ziemi należy ponadto tak ustalić aby przy największym zwisie normalnym natężenie pola elektrycznego pod przewodami na wysokości 1,8 m nad ziemią nie przekraczało 10 kV/m

313. Jakie obostrzenia stosuje się w liniach napowietrznych?

W liniach napowietrznych o napięciu powyżej 1 kV stosowane są trzy stopnie obostrzeń (1°, 2°, 3°).

W liniach o napięciu do 1 kV stosuje się tylko jeden stopień obostrzenia. Stopień obostrzenia zależy od ważności obiektu, z którym elektroenergetyczna linia napowietrzna się krzyżuje lub do którego się zbliża.

Wykonanie obostrzeń dotyczy przewodów, izolatorów, słupów, zawieszenia przewodów i ich uchwycenia oraz naprężenia.

314. W jakich przypadkach linie wymagają obostrzeń?

Linie napowietrzne wymagają obostrzeń w przypadku skrzyżowań lub zbliżeń przykładowo do następujących obiektów:

- ulic i dróg publicznych,
- linii kolejowych,
- wód spławnych (rzeki, stawy),
- linii elektroenergetycznych i telefonicznych,
- budynków,
- rurociągów naziemnych.

315. Jakie są dopuszczalne najmniejsze odległości między częściami linii napowietrznej?

Najmniejsze dopuszczalne odległości między częściami linii napowietrznej powinny spełniać wymagania podane w tablicy 4.9.

Tablica 4.9. Odległości między częściami linii napowietrznej [60]

Część linii	Odległość między częściami linii	
	Napięcie znamionowe linii	
	do 1 kV	wyższe niż 1 kV
co najmniej m		
Między częściami pod napięciem różnych faz, umieszczonymi na konstrukcji wsporczej	0,035	$0,05 + \frac{U}{150}$
Między częściami pod napięciem a konstrukcją wsporczą ze stali, betonu lub drewnianą z uziemionymi metalowymi elementami ¹⁾		$\frac{U}{150}$
Między częściami pod napięciem a konstrukcją wsporczą drewnianą nieziemioną		nie dotyczy
Między przewodami uziemionymi przeznaczonymi do przesyłania energii elektrycznej		nie normalizuje się ²⁾
Między przewodami uziemionymi a konstrukcją wsporczą	nie normalizuje się ²⁾	

U — napięcie znamionowe linii napowietrznej, w kilowoltach.
 " W przypadku linii o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym, przy bezwietrznej pogodzie pomiędzy częściami pod napięciem a konstrukcją uziemioną powinny być zachowane odstępy określone wzorem

$$l_k = k \cdot l_i$$

w którym:
 l_k - odstęp wymagany między częścią pod napięciem a uziemioną konstrukcją, przy bezwietrznej pogodzie, w metrach,
 l_i - odstęp na łańcuchu izolowanym przyjmowany dla linii:
 110 kV-0,90 m.
 220 kV-1,80 m.
 400 kV-3,10 m.
 k - współczynnik przyjmowany dla linii:
 110 kV- 1,1
 220 kV- 1,05
 40 kV-1,05

²⁾ Przewody należy zabezpieczyć przed uderzeniem lub tarcieniem o konstrukcję.

316. Jakie są dopuszczalne odległości pionowe przewodów linii elektroenergetycznych od budynków?

Najmniejsze dopuszczalne odległości pionowe przewodów linii elektrycznych powinny spełniać wymagania podane w tablicy 4.10. Ponadto zaleca się aby przeszło nad budynkiem było jak najkrótsze i nie przechodziło nad kominem i dachem łatwopalnym.

317. Jakie są dopuszczalne odległości przewodu nieziemionego linii o napięciu do 1 kV przy zbliżeniu do budynku?

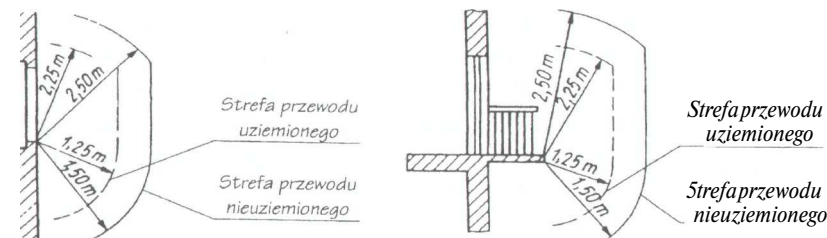
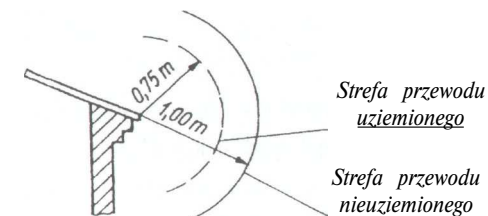
Odległość przewodu nieziemionego linii o napięciu do 1 kV przy największym zwisie normalnym albo w temperaturze - 25°C i przy bezwietrznej pogodzie powinna wynosić co najmniej:

- 1 m - od każdej trudno dostępnej części budynku, konstrukcji i krawędzi dachu,
- 0,2 m - od trudno dostępnej części budynku, jeżeli przewód jest zawieszony na wspornikach ściennych, przy rozpiętości przęsła do 20 m,
- 2,5 m - od łatwo dostępnej części budynku w kierunku pionowym w górę,
- 1,5 m - w kierunku pionowym w dół i poziomym - od każdej łatwo dostępnej części budynku (np. parapetu, okna, podłogi balkonu; nie dotyczy dachu nie służącego za taras).

Tablica 4.10. Odległości pionowe przewodów linii elektroenergetycznych od budynków przy największym zwisie normalnym [60]

Części budynku	Odległość pionowa przy największym zwisie normalnym				
	przewód do 1 kV		linii o napięciu wyższym niż 1 kV		przewód uziemiony
	nieu/ie-miony	tele-koinu-nika-biny ¹⁾	nieuziemiony	tele-komu-nika-cyjny ¹⁾	
	co najmniej, ni				
1. Łatwo dostępna część budynku (z wyjątkiem wymienionych w p.2).	2,5	1,5	$5 + \frac{U}{150}$	2,0	1,5
2. Podłoga tarasu, balkonu, galeryjki itp. przeznaczonych na pobyt ludzi.	2,5	2,5	$5 + \frac{U^2}{150}$	2,5	2,5
3. Trudna dostępna część budynku.	1,0	0,75	$3,5 + \frac{U}{150}$	1,5	1,0
4. Łatwo zapalna część budynku.	nie określa się	nie określa się	$5 + \frac{U}{150}$	nie określa się	nie określa się
5. Trudno zapalna część budynku (z wyjątkiem wymienionych w p.2).	nie określa się	nie określa się	$3,5 + \frac{U}{150}$	nie określa się	nie określa się
U - napięcie znamionowe linii napowietrznej, w kilowoltach.					
¹⁾ Przewód telekomunikacyjny metalowy lub kabel światłowodowy samonośny. nieprzewodzący.					
²⁾ Dodatkowo należy uwzględnić wymagania punktu 12.3.1 normy [60] dotyczącej oddziaływania pola elektrycznego.					

Rys. 4.45. Najmniejsze dopuszczalne odległości przewodów linii o napięciu do 1 kV od trudno dostępnego dachu budynku.



Rys. 4.46. Najmniejsze dopuszczalne odległości przewodów linii o napięciu do 1 kV: a) od okna budynku, b) od podłogi balkonowej.

318. Jaka jest dopuszczalna odległość przewodu uziemionego linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV od budynku?

Odległość przewodu uziemionego linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV do budynku przy największym zwisie normalnym albo w temperaturze -25°C i przy bezwietrznej pogodzie powinna wynosić co najmniej:

- 0,75 m - od każdej trudno dostępnej części budynku,
- 0,2 m - od trudno dostępnej części budynku jeżeli przewód jest zawieszony na wspornikach ściennych przy rozpiętości przęsła do 20 m,
- 2,25 m - od łatwo dostępnej części budynku w kierunku pionowym w górę,
- 1,25 m - w kierunku pionowym w dół i poziomym od każdej łatwo dostępnej części budynku (np. parapetu okna, podłogi balkonu), z wyjątkiem dachu nie służącego za taras,

- 0,75 m - od krawędzi dachu nie służącego za taras; jeżeli na odcinku zbliżenia przewód znajduje się na poziomie wyższym niż ta krawędź.

319. Jakie są postanowienia ogólne dotyczące wprowadzenia do budynku przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV.

Przy wprowadzeniu do budynku przewodów linii napowietrznej o napięciu do 1 kV zaleca się:

- w przyłączach stosować przewody w izolacji,
- przyłączowe przewody gołe zawieszać na izolatorach osadzonych na wsporniku ściennym, a jeżeli wysokość budynku na to nie pozwala - na stojaku dachowym; przyłączowe przewody w izolacji zawieszać na haku lub wsporniku ściennym, a jeżeli wysokość budynku na to nie pozwala - na stojaku dachowym,
- w przypadku stosowania przewodów gołych, zawieszać przewody przyłącza tak, aby kąt między przewodami przyłącza prowadzonymi do słupa linii elektroenergetycznej do budynku a licem budynku był nie mniejszy niż 30°, przewody przyłącza w izolacji zawieszać tak, aby ten kąt nie był mniejszy niż 20°.

Stojak ponaddachowy należy tak ustawić, aby odcinek przewodów zawieszonych nad budynkiem był jak najkrótszy. Zabrania się zawieszać przewody przyłącza nad kominem.

320. Jakie są dopuszczalne odległości od budynku przewodów przyłącza zawieszonych na stojaku ponaddachowym lub wsporniku ściennym?

Odległości od budynków przewodów przyłącza zawieszonych na stojaku ponaddachowym lub wsporniku ściennym powinny spełniać wymagania podane w tabelicy 4.11.

Tablica 4.11. Odległość od budynku przewodów przyłącza zawieszonych na stojaku ponaddachowym lub wsporniku ściennym

Element budynku	Przewód przyłącza	
	nieuziemiony	uziemiony
	odległość w m co najmniej	
Otwór okienny lub drzwiowy, balkon, taras, galeryjka, krawędź dachu	w dowolnym kierunku	
	0,75	0,5
Komin	w kierunku poziomym 1,5	
Podłoga balkonu, tarasu itp. w przypadku, gdy odległość pozioma jest mniejsza niż 1m	w kierunku pionowym 2,5	w dowolnym kierunku 2,5

321. Ile powinna wynosić odległość przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV od powierzchni drogi?

Odległość pionowa przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV od powierzchni drogi powinna spełniać wymogi podane w tabelicy nr 4.12.

Tablica 4.12. Odległość pionowa przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV od powierzchni drogi [60]

Rodzaj przewodu	Odległość pionowa przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV przy największym zwisie normalnym od drogi:		
	krajowej, wojewódzkiej gminnej, lokalnej miejskiej, zakładowej	wewnętrznej	po której nie przewiduje się ruchu pojazdów, np. aleja dla pieszych
	co najmniej, m		
Przewód nieuziemiony linii o napięciu do 1 kV	6,0	5,0	4,0
Przewód uziemiony, przewód telekomunikacyjny	5,5	4,5	3,5

322. Ile powinna wynosić odległość pionowa przewodów linii o napięciu wyższym niż 1 kV od powierzchni drogi?

Odległość pionowa przewodu linii o napięciu wyższym niż 1 kV od powierzchni drogi powinna spełniać wymogi podane w tablicy 4.13.

Tablica 4.13. Odległość pionowa przewodów linii o napięciu wyższym niż 1 kV od powierzchni drogi [60]

Rodzaj drogi kołowej	Odległość pionowa przy największym zwisie od powierzchni drogi				
	Przewód linii o napięciu wyższym niż 1 kV				
	nieuziemiony			uziemiony	przewód telekomunikacyjny, kabel światłowodowy samonośny nieprzewodzący
	przy największym zwisie normalnym	przy zwisie katastrofalnym	przy zerwaniu przewodu w sąsiednim przęsle	przy największym zwisie normalnym	przy zwisie katastrofalnym
Dworzec autobusowy, oznaczony parking	$7 + \frac{U}{150}$	$5 + \frac{U}{150}$	nie dotyczy	5,5	5,0
Droga krajowa			$5 + \frac{U}{150}$		
Droga wojewódzka			nie dotyczy	4,5	
Droga gminna, droga lokalna miejska					
Droga zakładowa, droga wewnętrzna					
Droga polna	$5 + \frac{U}{150}$	$4 + \frac{U}{150}$			

U - napięcie znamionowe linii, w kilowoltach

323. Ile powinna wynosić odległość pozioma i pionowa przewodów linii elektroenergetycznych od ustalonych stref działania dźwignic i urządzeń przeładunkowych?

Odległości poziome i pionowe przewodów linii elektroenergetycznych od ustalonych stref działania dźwignic i urządzeń przeładunkowych, takich jak urządzenia dźwigowo-transportowe, maszyny i urządzenia do robót ziemnych itp. powinny spełniać wymogi podane w tablicy 4.14.

Tablica 4.14. Odległości poziome i pionowe przewodów linii elektroenergetycznych od ustalonych stref działania dźwignic i urządzeń przeładunkowych, takich jak urządzenia dźwigowo-transportowe, maszyny i urządzenia do robót ziemnych itp. [60]

Napięcie znamionowe linii elektroenergetycznej kV	Odległość przewodów od ustalonych stref działania		
	Odległość pozioma przewodu skrajnego nieuziemionego linii od ustalonej strefy działania dźwignic lub urządzeń przeładunkowych	Odległość pionowa przewodów linii napowietrznej od ustalonej strefy działania dźwignic lub urządzeń przeładunkowych	
		posiadających przekładnie linowe	nie posiadające przekładni linowych
	co najmniej, in		
Do 1	3	krzyżowanie zabronione	krzyżowanie zabronione
Wyższe niż 1, do 30	5	$6 + \frac{U}{150}$	$3 + \frac{U}{150}$
Wyższe niż 30, do 110	10	$6 + \frac{U}{150}$	$3 + \frac{U}{150}$
Wyższe niż 110, do 400	20	$8 + \frac{U}{150}$	$4 + \frac{U}{150}$

U — napięcie znamionowe linii elektroenergetycznej, w kilowoltach.

4.5.2. Ochrona od przepięć linii napowietrznych

4.5.2.1. Ochrona od przepięć elektroenergetycznych linii napowietrznych o napięciu wyższym niż 1 kV

324. Jak należy chronić od przepięć elektroenergetyczne linie o napięciu 110 kV i wyższym?

Elektroenergetyczne linie o napięciu 110 kV i wyższym, należy chronić przewodami odgromowymi na całej długości. Na wejściu do stacji przewody odgromowe powinny być połączone z konstrukcjami wsporczymi i uziomem stacji. Przewody odgromowe należy uziemić na każdym słupie linii.

Rezystancja uziemienia każdego ze słupów nie powinna przekraczać wartości podanych w tabelicy 4.15.

325. Jak należy chronić od przepięć elektroenergetyczne linie napowietrzne o napięciu wyższym niż 1 kV, a niższym niż 110 kV?

Elektroenergetyczne linie napowietrzne o napięciu wyższym niż 1 kV, a niższym niż 110 kV należy chronić przed przepięciami, stosując ograniczniki przepięć lub iskierniki.

W liniach o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV nie zaleca się stosowania przewodów odgromowych do ochrony linii na całej długości.

326. W jakich miejscach powinno się stosować ograniczniki przepięć lub iskierniki?

Zastosowanie ograniczników przepięć lub iskierników powinno następować w miejscach określonych poniżej:

- przy połączeniu linii mającej słupy lub poprzeczniki z materiałów nieprzewodzących z linią na słupach stalowych lub żelbetowych,
- w miejscach pomiaru energii elektrycznej, znajdujących się na słupach linii napowietrznych,
- przy połączeniach linii napowietrznej z linią kablową.

327. Jakie są największe dopuszczalne wartości rezystancji uziemienia ograniczników przepięć i iskierników zainstalowanych na słupach linii?

Rezystancja uziemienia ograniczników przepięć i iskierników nie powinna przekraczać wartości podanych w tabelicy 4.15.

Tablica 4.15. Największe dopuszczalne wartości rezystancji uziemienia słupa linii.

Napięcie znamionowe linii	Największa rezystancja uziemienia ¹⁾	
	Rezystywność gruntu $\rho < 1000 \Omega\text{m}$	Rezystywność gruntu $\rho \geq 1000 \Omega\text{m}$
kV	Ω	
110kV i niższe	10	15
220 kV i 400 kV	15	20

" Jeżeli uzyskane wartości rezystancji (oporów czynnych) uziemień podanych w tabelicy jest trudne do osiągnięcia ze względów ekonomiczno-technicznych, dopuszcza się większe wartości rezystancji uziemień, pod warunkiem zapewnienia nie mniejszej skuteczności ochrony odgromowej linii elektroenergetycznych (np. przez odpowiednie zwiększanie poziomu izolacji).

4.5.2.2. Ochrona od przepięć elektroenergetycznych linii napowietrznych o napięciu do 1 kV

328. Jak należy chronić od przepięć napowietrzne linie elektroenergetyczne o napięciu do 1 kV?

Napowietrzne linie elektroenergetyczne o napięciu do I kV powinny być chronione od przepięć atmosferycznych ogranicznikami przepięć (odgromnikami) o napięciu znamionowym dobranym do napięcia znamionowego sieci. W sieci 230/400 V napięcie ograniczników powinno być nie niższe niż 500 V.

329. Gdzie należy instalować ograniczniki przepięć?

Ograniczniki przepięć należy instalować:

- w liniach napowietrznych - na krańcach linii oraz w taki sposób, aby na każde 500 m długości linii przypadał przynajmniej jeden komplet ograniczników,
- na krańcach linii kablowych - w miejscach przyłączenia do napowietrznych linii elektroenergetycznych,

- w liniach o napięciu do 1 kV, zasilających instalacje odbiorcze w budynkach. W przypadku wykonania dla budynków przyłącza napowietrznego z zastosowaniem izolatorów dościennych, ograniczniki przepięć powinny być umieszczone w pobliżu tych izolatorów, na zewnątrz budynku. W przypadku innego wykonania przyłącza dla tych budynków, ograniczniki przepięć należy zainstalować na najbliższym słupie linii elektroenergetycznej.

330. Jak powinno być wykonane uziemienia ograniczników przepięć?

Uziemienie ograniczników przepięć powinno być wykonane jako wspólne, w zależności od lokalnych warunków, z uziemieniem:

- przewodu ochronno-nautralnego,
- metalowej powłoki i panczerza kabla,
- instalacji piorunochronnej.

Rezystancja uziemienia ograniczników przepięć nie powinna przekraczać 10Ω .

4.5.3. Eksploatacja elektroenergetycznych linii napowietrznych

331. Kiedy linia może być przyjęta do eksploatacji po montażu lub po remoncie?

Linia może być przyjęta do eksploatacji po zakończeniu montażu lub remontu i po dokonaniu odbioru.

332. Co powinna zawierać dokumentacja eksploatacyjna linii?

Dokumentacja eksploatacyjna linii powinna zawierać:

- zaktualizowaną dokumentację techniczną wraz z potwierdzeniem jej podpisami przez inspektora nadzoru i wykonawcę,
- zbiór aktualnych dokumentów prawnych, protokoły ewentualnych odbiorów częściowych,
- komplet protokołów prób montażowych, świadectwa jakości, atesty, schematy uziemień itd.,
- oświadczenie pisemne wykonawcy, potwierdzające wykonanie robót zgodnie z przepisami i dokumentacją oraz możliwość załączenia linii pod napięcie,

- protokół przyjęcia do eksploatacji.

333. W jaki sposób należy prowadzić eksploatację linii?

Eksploatację linii należy prowadzić w taki sposób, aby zapewnić:

- niezawodność zasilania energią elektryczną,
- ekonomiczne przesyłanie energii elektrycznej,
- bezpieczeństwo obsługi i otoczenia.

334. Na podstawie czego dokonuje się oceny stanu technicznego linii?

Oceny stanu technicznego linii dokonuje się na podstawie:

- wyników oględzin, przeglądów, prób i pomiarów,
- danych o awaryjności i zakłóceniach w pracy linii,
- lokalnych warunków eksploatacyjnych,
- dokumentacji technicznej,
- wykonywanych ważniejszych pracach eksploatacyjnych,
- warunków bezpieczeństwa pracy,
- zaleceń i remontów.

Wyniki oceny stanu technicznego są podstawą do ustalenia/zakresu i terminów wykonania przeglądów i remontów.

335. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin linii napowietrznych?

Oględziny linii napowietrznych o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz w roku, a o napięciu do 110 kV nie rzadziej niż co 5 lat.

Podczas przeprowadzania oględzin linii napowietrznych należy sprawdzić w szczególności:

- stan konstrukcji wsporczych, fundamentów i izbic,
- stan techniczny przewodów i osprzętu,
- stan ochrony przepięciowej i przeciwporażeniowej,
- stan odcinków kablowych sprawdzanej linii napowietrznej,
- stan izolacji linii i łączników,
- stan napisów informacyjnych, oznaczeń identyfikacyjnych i tablic ostrzegawczych,
- stan instalacji oświetleniowej i jej elementów,
- zachowanie prawidłowej odległości od ziemi, gałęzi drzew i od obiektów znajdujących się w pobliżu linii,

- zachowanie odpowiedniej odległości od składowisk materiałów łatwopalnych,
- wpływ na konstrukcję linii działania wód lub osiadania gruntu.

336. W jaki sposób wykonuje się oględziny?

Oględziny wykonuje się w formie obchodów bez wyłączenia napięcia, z wyjątkiem oględzin awaryjnych, które wykonuje się z reguły po wyłączeniu napięcia.

Oględziny można wykonać jednoosobowo.

337. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądów linii napowietrznych?

Terminy i zakresy przeglądów linii napowietrznych powinny wynikać z przeprowadzonych oględzin oraz stanu technicznego linii.

Przebieg linii napowietrznej powinien obejmować w szczególności:

- oględziny,
- pomiary i próby eksploatacyjne podane w punkcie 4.5.4.,
- konserwacje i naprawy.

338. Jakie prace w trakcie eksploatacji linii należy wykonywać na bieżąco?

Na bieżąco wykonuje się prace obejmujące likwidację zagrożeń i usterek oraz zabiegi poprawiające stan techniczny linii w okresach między kolejnymi przeglądami, np.:

- systematyczne zabezpieczanie słupów i konstrukcji stalowych przed korozją,
- oczyszczanie trasy linii z zarośli, gałęzi i drzew znajdujących się w nieprzepisowej odległości od przewodów.

339. Jaka powinna być zachowana odległość gałęzi drzew od przewodów elektroenergetycznej linii napowietrznej?

Odległość przewodu nieuziemionego elektroenergetycznej linii napowietrznej od każdego punktu korony drzewa powinna wynosić co najmniej:

1 m - w linii o napięciu do 1 kV,

$$2,5 + \frac{U}{150} + s \text{ w przypadku linii o napięciu wyższym niż 1 kV}$$

gdzie U - napięcie znamionowe linii w kV,
s - wielkość przyrostu pięcioletniego, właściwego dla gatunku i siedliska drzewa w metrach.

Odległości te należy powiększyć co najmniej o 1 m w uzasadnionych okolicznościach, np. w przypadku zbliżenia przewodów do drzew owocowych lub ozdobnych podlegających przycinaniu, stryżeniu itp. należy uwzględnić długość narzędzi ogrodniczych np. dla linii średnich napięć odległość powinna wynosić co najmniej 3 m.

4.5.4. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych linii napowietrznych [14]

Nazwa urzędnika	Rodzaj pomiarów i prób eksploatacyjnych	Wymagania techniczne	Termin wykonania
Linie napowietrzne o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV	Badanie stanu połączeń prądowych metodą termowizyjną lub równorzędną dla linii o napięciu znamionowym 220 kV i wyższym	Obciążenie prądowe badanych połączeń nie powinno być mniejsze niż 30% obciążenia znamionowego. Temperatura badanego połączenia nie powinna być wyższa od temperatury określonej w instrukcji eksploatacji	Nie rzadziej niż co 10 lat
	Pomiar rezystancji urządzeń przewodów odgromowych oraz odgromników i iskierników.	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu linii do eksploatacji.	Po wykonaniu naprawy uzziemięć.
	Pomiar rezystancji uzziemięć ochronnych słupów lub napięć rażenia.	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu linii do eksploatacji.	

Nazwa urządzenia	Rodzaj pomiarów i prób eksploatacyjnych	Wymagania techniczne	Termin wykonania
Linie napowietrzne o napięciu znamionowym do 1 kV.	Pomiar napięć i obciążeń.	Zgodnie z przepisami w sprawie obciążeń prądem przewodów i kabli.	Nie rzadziej niż co 5 lat w miarę możliwości w czasie największego obciążenia.
	Sprawdzenie skuteczności działania środków ochrony przeciwporażeniowej.	Zgodnie z przepisami w sprawie ochrony przeciwporażeniowej.	Nie rzadziej niż co 10 lat.

4.6. Elektroenergetyczne linie kablowe

4.6.1. Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne

340. Do czego służą kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne?

Kable elektroenergetyczne służą do przesyłania energii elektrycznej, natomiast kable sygnalizacyjne wykorzystuje się w obwodach sygnalizacyjnych, sterowniczych, pomiarowych, kontrolnych i zabezpieczeń urządzeń elektrycznych.

341. Jak zbudowane są kable?

Kable składają się z kilku warstw, do których należą:

- żyły robocze,
- izolacja żył,
- wypełnienie,
- szczelna powłoka,
- osłona powłoki,
- pancierz,
- osłona zewnętrzna.

Ponadto w kablach mogą występować:

- żyły ochronne,
- żyły powrotne,
- żyły probiercze,
- izolacja ośrodka,
- ekran (na żyłę, na izolacji żył).

Kable elektroenergetyczne są zasadniczo wykonywane jako jedno-, trój- i czterożyłowe (z miedzi lub aluminium).

Żyły kabli elektroenergetycznych mają przekrój kołowy owalny lub sektorowy. Przekroje są znormalizowane od 1,5 mm do 1000 mm² (pkt. 4.7.2). Kable sygnalizacyjne wykonuje się jako wielożyłowe od 2 do 75 żył w kablu. Żyły wykonuje się z miedzi o przekroju 0,64; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10 mm².

342. Jakimi symbolami oznacza się kable?

Każdy typ kabla oznacza się symbolem literowym określającym w skrócie materiały użyte do jego budowy i konstrukcję. Po symbolu literowym umieszcza się symbol cyfrowy oznaczający napięcia (fazowe, międzyprzewodowe) kabla, a następnie liczbę żył i pole powierzchni przekroju żyły roboczej. Pomiedzy liczbą oznaczającą pole powierzchni przekroju żyły roboczej, a literami mm² podane jest oznaczenie żyły roboczej. Na końcu oznaczenia powinien znaleźć się numer Polskiej Normy według której wykonano kabel.

- Oznaczenia literowe używane w symbolach kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych:
 - K - kabel o żyłach miedzianych w izolacji papierowej, o powłoce ołowianej bez osłon ochronnych,
 - A - umieszczone przed K oznacza kabel o żyłach aluminiowych, umieszczone na końcu oznacza zewnętrzną osłonę włóknistą,
 - Y - umieszczone po K oznacza izolację polwinitową, a przed K oznacza powłokę polwinitową zewnętrzną (w przypadku kabli nieopancerzonych) lub wewnętrzną (w przypadku kabli opancerzonych),
 - X - zewnętrzna (w przypadku kabli nieopancerzonych) lub wewnętrzna (w przypadku kabli opancerzonych) powłoka z polietylenu,

- S - umieszczone po X oznacza izolacje z polietylenu usieciowanego,
 - S - umieszczone po K oznacza kabel sygnalizacyjny,
 - H - umieszczone na początku oznacza kabel z żyłami ekranowanymi o polu promieniowym,
 - T - na końcu symbolu oznacza kabel przeznaczony do pracy w warunkach tropikalnych,
 - G - umieszczone po K oznacza izolację gumową,
 - Ft - umieszczone po K oznacza kabel opancerzony taśmą stalową,
 - Ftl - umieszczone po K oznacza kabel opancerzony taśmą stalową lakierowaną,
 - Fo - umieszczony po K oznacza kabel opancerzony drutami stalowymi okrągłymi,
 - Fp — umieszczone po K oznacza kabel opancerzony drutami stalowymi płaskimi,
 - Ao - kabel opancerzony drutami okrągłymi aluminiowymi,
 - c - umieszczone po X oznacza izolację z polietylenu ciepłoodpornego, a po Y oznacza izolację z polwinitu ciepłoodpornego,
 - n - umieszczone po X oznacza polietylen o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia, a po Y polwinit o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia,
 - n - umieszczone po K oznacza kabel w izolacji papierowej z syciwem nieściekającym,
 - x - osłona ochronna z polietylenu
 - xn - osłona ochronna z polietylenu nierozprzestrzeniającego płomienia,
 - y - umieszczone przed K oznacza powłokę wypełniającą z polwinitu, a na końcu symbolu oznacza osłonę ochronną z polwinitu,
 - zo - umieszczone na końcu symbolu oznacza żyłę ochronną,
 - zp - umieszczone na końcu symbolu oznacza żyłę powrotną.
- Oznaczenie żyły roboczej:
 - RE - żyła okrągła jednodrutowa,
 - RM - żyła okrągła wielodrutowa,
 - RMC - żyła okrągła wielodrutowa zagęszczona,
 - SE - żyła sektorowa jednodrutowa,
 - SM - żyła sektorowa wielodrutowa.

- Przykłady oznaczenia kabla:

YAKYFoy 0,6/1kV 4x50 SE mm² PN-93/E-90401

kabel (K) elektroenergetyczny aluminiowy (A), o izolacji polwinitowej (Y), w powłoce polwinitowej (Y), opancerzony drutami stalowymi okrągłymi (Fo) z wyłoczoną na pancerz osłoną ochronną polwinitową(y), na napięcie 0,6/1 kV, z czterema żyłami roboczymi sektorowymi jednodrutowymi o przekroju 50 mm² każda, wykonany wg PN-93/E-90401.

HKnFpy 18/30 kV 3x120 RM mm² PN-76/E-90251

kabel (HK) elektroenergetyczny o polu elektrycznym promieniowym z żyłami miedzianymi, o izolacji papierowej przesyconej syciwem nieściekającym (n) i powłoce ołowianej, opancerzony drutami stalowymi płaskimi (Fp) z osłoną ochronną polwinitową (y), na napięcie 18/30 kV, z 3 żyłami roboczymi okrągłymi wielodrutowymi o przekroju 120 mm² każda, wykonany wg PN-76/E-90251.

YKSYFoy 0,6/1 kV 25x1,5 RE PN-93/E-90403

kabel sygnalizacyjny (KS) o izolacji polwinitowej (Y) w powłoce polwinitowej (Y), opancerzony drutami stalowymi okrągłymi (Fo) z osłoną ochronną polwinitową (y) na napięcie 0,6/1 kV z 25 żyłami roboczymi okrągłymi jednodrutowymi o przekroju 1,5 mm² każda, wykonany wg PN-93/E-90403.

4.6.2. Osprzęt kablowy

343. Do czego przeznaczony jest osprzęt kablowy?

Osprzęt kablowy przeznaczony jest do **wykonywania i ochrony** połączeń odcinków kabli oraz zakończeń kabli.

344. Co zaliczamy do głównego osprzętu kablowego?

Do głównego osprzętu kablowego zaliczamy:

- głowice kablowe - rolą głowic kablowych jest: zakończenie linii kablowej, uzyskanie optymalnego rozkładu natężenia- pola elektrycznego w obrębie zakończenia kabla i uniknięcie wyładowań ślizgowych po powierzchni izolacji pomiędzy żyłą roboczą a żyłą powrotną, ochrona przed wnikaniem wilgoci i utratą syciwa w kablach papierowych,

- mufy kablowe - służą do łączenia odcinków kabli, mogą być przelotowe i odgałęzione,
- złączki kablowe - służą do zakończenia i łączenia żył kablowych.

345. W jaki sposób wykonuje się montaż osprzętu?

Montaż osprzętu wykonuje się zgodnie z instrukcjami montażu wydanych przez różne przedsiębiorstwa i zakłady energetyczne. Montaż kabli: typu YKY i YAKY wykonuje się za pomocą taśm izolacyjnych, wg instrukcji opracowanych przez zakłady energetyczne.

346. W jakich przypadkach dopuszcza się bezgłowicowe zakończenie kabli?

W kablach o izolacji z tworzyw sztucznych na napięcie znamionowe 0,6 /1 kV w pomieszczeniach i w warunkach napowietrznych oraz w kablach na napięcie znamionowe 3,6/6 kV w pomieszczeniach i w warunkach napowietrznych pod zadaszeniem dopuszcza się niestosowanie głowic.

Warunkiem koniecznym bezgłowicowego zakończenia kabli o izolacji z tworzyw sztucznych jest zarówno niełączenie tych kabli (np. w mufie) z kablami o izolacji papierowej, jak i zabezpieczenie kabli przed wnikaniem do ich wnętrza wody i skroplili.

4.6.3. Układanie kabli

4.6.3.1. Postanowienia ogólne

347. Jak powinno być wykonane układanie kabli?

Układanie kabli powinno być wykonane w sposób wykluczający ich uszkodzenie przez zginanie, skręcanie, rozciąganie itp. Zaleca się stosowanie rolek w przypadku układania kabli o masie większej niż 4 kg/m. Dopuszczalne wartości sił naciągu przy układaniu kabli powinny odpowiadać wartościom podanym w katalogach producentów kabli.

348. Jaka powinna być temperatura kabla przy układaniu?

Temperatura kabla przy układaniu nie powinna być niższa od wielkości podanych przez producenta, np.:

- Bydgoska Fabryka Kabli dopuszcza temperaturę (-5°C) dla kabli z powłokami polwinitowymi i (-20°C) dla kabli z powłokami polietylenowymi;
- Fabryka Kabli Ożarów podaje (0°C) lub (-5°C) jako minimalną temperaturę kabli przy ich układaniu bez podgrzewania w zależności od typu;
- Krakowska Fabryka Kabli dopuszcza (+5°C) dla kabli z izolacją papierową.

Podane temperatury dotyczą samych kabli a nie otoczenia. Jeżeli kable mają niższą temperaturę to należy je uprzednio odpowiednio podgrzać.

349. Jaki może być promień zagięcia kabli przy układaniu?

Przy układaniu kabli można zginać kabel lekko w przypadkach koniecznych, przy czym promień zginania kabla powinien być możliwie duży, nie mniejszy od najmniejszych dopuszczalnych promieni zginania kabli podanych przez producenta, np.:

- Krakowska Fabryka Kabli podaje:
 - IOd dla kabli YKYy 3,6/6 kV,
 - 15d dla kabli HKny 8,7/15 kV do 23/40 kV wielożyłowych,
 - 25d dla kabli HKny 8,7/15 kV do 23/40 kV jednożyłowych,
- Bydgoska Fabryka Kabli podaje:
 - 15d dla kabli YHAKXS,
 - 25d dla kabli YRUH(A)KXS.
 gdzie d - średnica zewnętrzna **kabla**.

350. Gdzie można układać kable?

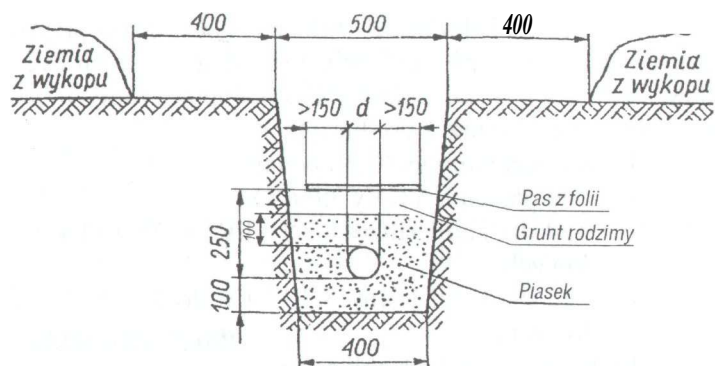
Zgodnie z postanowieniem normy [61] kable **można układać**:

- bezpośrednio w ziemi,
- w rurach i blokach umieszczonych w ziemi,
- w kanałach i tunelach,
- w budynkach,
- na estakadach kablowych i mostach - na drabinach, półkach lub w korytkach.

4.6.3.2. Układanie kabli w ziemi

351. W jaki sposób należy układać kable bezpośrednio w ziemi?

Kable w ziemi należy układać na dnie wykopu, jeżeli grunt jest piaszczysty, w pozostałych przypadkach kable należy układać na warstwie piasku o grubości co najmniej 10 cm. Ułożone kable należy zasypać warstwą piasku o grubości co najmniej 10 cm, następnie warstwą rodzimego gruntu o grubości co najmniej 15 cm, a następnie przykryć folią z tworzywa sztucznego w kolorze niebieskim w przypadku kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, w kolorze czerwonym w przypadku kabli o napięciu wyższym niż 1 kV. Odległość folii od kabla powinna wynosić co najmniej 25 cm. Sposób układania kabli pokazano na rys. 4.47.



Rys. 4.47. Sposób układania kabli w ziemi: d - zewnętrzna średnica kabla.

352. Ile powinna wynosić głębokość ułożenia kabli w ziemi?

Głębokość ułożenia kabli w ziemi mierzona prostopadłe od powierzchni ziemi do górnej powierzchni kabla powinna wynosić co najmniej:

- 50 cm - w przypadku linii kablowej o napięciu znamionowym do 1 kV ułożonej pod chodnikiem, drogą rowerową, przeznaczoną do oświetlenia ulicznego, do oświetlenia znaków drogowych i sygnalizacji ruchu ulicznego oraz reklam, itp.,
- 70 cm - w przypadku pozostałych linii kablowych o napięciu znamionowym do 1 kV, z wyjątkiem linii ułożonych w ziemi na użytkach rolnych,

- 80 cm - w przypadku kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, z wyjątkiem kabli ułożonych w ziemi na użytkach rolnych,
- 90 cm - na użytkach rolnych.

Jeżeli głębokości te nie mogą być zachowane, np. przy wprowadzeniu kabla do budynku, przy skrzyżowaniu lub obejściu podziemnym urządzeń, dopuszczalne jest ułożenie kabla na mniejszej głębokości, jednak na tym odcinku kabel należy chronić odpowiednią osłoną otaczającą.

353. Czy wolno układać kable warstwami?

Dopuszcza się układanie kabli bezpośrednio w ziemi w dwóch lub więcej warstwach. Głębokość ułożenia górnej warstwy kabli powinna odpowiadać wymaganiom podanym w pytaniu 352. Pionowa odległość między warstwami nie może być mniejsza niż 15 cm.

354. Jak należy układać kable wzdłuż ulic i dróg?

Kable należy układać poza częściami dróg i ulic przeznaczonymi do ruchu kołowego w odległości co najmniej 50 cm od jezdni i od fundamentów budynków. Odległości kabli od pni istniejących drzew, projektowanego zadrzewienia uzgodnić z kompetentnymi władzami terenowymi.

Dopuszcza się układanie kabli w częściach ulic i dróg przeznaczonych do ruchu kołowego na głębokości co najmniej 80 cm w osłonach otaczających.

355. Ile powinny wynosić zapasy kabla w wykopie?

Kable powinny być ułożone w wykopie linią falistą z zapasem (1-3)% wystarczającym do skompensowania możliwych przesunięć gruntu. Przy mufach zaleca się pozostawić zapas kabli po obu stronach mufy, łącznie nie mniej niż:

- 4 m w przypadku kabli o napięciu (15 - 40) kV,
- 3 m w przypadku kabli o napięciu od 1 do 10 kV,
- 1 m w przypadku kabli do 1 kV.

Przy wprowadzeniu kabli do głowic, tuneli i kanałów zapas kabla powinien wynosić połowę wartości podanych wyżej z dodaniem 2 m.

356. Ile wynoszą najmniejsze dopuszczalne odległości między kablami nie należącymi do tej samej linii kablowej oraz między kablami i innymi urządzeniami ułożonymi w ziemi przy skrzyżowaniach i zbliżeniach?

Najmniejsze dopuszczalne odległości przy skrzyżowaniach i zbliżeniach kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi z innymi kablami i urządzeniami podano w tablicy 4.16 i 4.17.

Tablica 4.16. Odległości między kablami nie należącymi do tej samej linii kablowej ułożonych bezpośrednio w ziemi [61]

Odległość	Najmniejsza dopuszczalna odległość [cm]	
	pionowa przy skrzyżowaniu	pozioma
Kabli elektroenergetycznych na napięcie znamionowe do 1 kV z kablami tego samego rodzaju lub sygnalizacyjnymi.	15	5
Kabli sygnalizacyjnych i kabli przeznaczonych do zasilania urządzeń oświetleniowych z kablami tego samego rodzaju.	5	mogą się stykać
Kabli elektroenergetycznych na napięcie znamionowe do 1 kV z kablami elektroenergetycznymi na napięcie znamionowe wyższe niż 1 kV.	15	25
Kabli elektroenergetycznych na napięcie znamionowe wyższe niż 1 kV z kablami tego samego rodzaju.	15	10
Kabli różnych użytkowników.	15	25

Tablica 4.17. Odległości kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi do innych urządzeń podziemnych [61]

Rodzaj urządzenia podziemnego	Najmniejsza dopuszczalna odległość [cm]	
	pionowa przy skrzyżowaniu	pozioma przy zbliżeniu
1. Rurociągi wodociagowe, ściekowe, ciepłe, gazowe z gazami niepalnymi.	25 + średnica rurociągu	25 + średnica rurociągu
2. Rurociągi z gazami i cieczami palnymi.	uzgodnić z właścicielem rurociągu, ale nie mniej niż w poz. 1	uzgodnić z właścicielem rurociągu, ale nie mniej niż w poz. 1
3. Zbiorniki z gazami i cieczami palnymi.	nie może się krzyżować	200
4. Części podziemne linii napowietrznych (ustój, podpora, odciążka).	-	25
5. Ściany budynków i inne budowle, np. tunele, kanały z wyjątkiem urządzeń wyszczególnionych w pkt 1 –4	-	50*
6. Skrajna szyna trakcji.	100 - między osłoną kabla i stopą szyny	250*
7. Urządzenia ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych.	wg przedmiotowej normy	
* Dopuszcza się zmniejszenie odległości podanych w tabeli nr 2 pod warunkiem zastosowania osłon otaczających i uzgodnienia odstępstwa u użytkownika obiektu.		

357. W jaki sposób wykonuje się skrzyżowania kabli i zbliżenia między sobą?

Linia wyższego napięcia powinna być zakopana głębiej niż linia niższego napięcia, a linia elektroenergetyczna lub sygnalizacyjna głębiej niż telekomunikacyjna.

W przypadku gdy nie mogą być zachowane minimalne odległości podane w tablicy 4.16 między kablami należy zachować przegrody przykrycia lub osłony otaczające (rury betonowe, kamionkowe, bloki itp.).

358. Jakie ochrony stosuje się przy skrzyżowaniu kabli z innymi obiektami podziemnymi?

Rodzaj ochrony przed uszkodzeniami oraz długość ochrony kabla przy skrzyżowaniu z rurociągami, drogami kołowymi, torami kolejowymi, rzekami i innymi wodami podano w tablicy nr 4.18.

Tablica 4.18. Rodzaj ochrony przed uszkodzeniami oraz długość ochrony kabla przy skrzyżowaniu z rurociągami, drogami kołowymi, torami kolejowymi, rzekami i innymi wodami [61]

Rodzaj obiektu krzyżowanego		Rodzaj zabezpieczenia kabla	Długość ochrony kabla na skrzyżowaniu
rurociąg		podwójne przykrycie kabla	długość kabla na skrzyżowaniu z rurą z dodaniem co najmniej po 50 cm z każdej strony
droga kołowa	z krawężnikami	mechanicznie wytrzymałe rury, bloki betonowe lub kanały	długość kabla na skrzyżowaniu (z drogą wraz z krawężnikami) z dodaniem co najmniej po 50 cm z każdej strony
	z rowami odwadniającymi		długość kabla na skrzyżowaniu z drogą wraz z rowami do zewnętrznej skarpy rowu z dodaniem co najmniej po 100 cm z każdej strony
	na nasypie		długość kabla na skrzyżowaniu z nasypem drogi z dodaniem co najmniej po 100 cm z każdej strony
tor kolei	z rowami	mechanicznie wytrzymałe rury, bloki betonowe lub kanały	długość kabla na skrzyżowaniu z torem wraz z rowami do zewnętrznej skarpy rowu z dodaniem co najmniej po 100 cm z każdej strony
	na nasypie		długość kabla na skrzyżowaniu z nasypem z dodaniem co najmniej po 100 cm z każdej strony
rzeka lub inne wody		osłona otaczająca	w miejscu wyjścia kabla spod wody, na długości od najniższego do najwyższego powierzchniowego poziomu wody, z dodaniem co najmniej po 50 cm z każdej strony

4.6.3.3. Układanie kabli w kanałach, tunelach i budynkach

359. Jak należy układać kable w kanałach i tunelach?

W kanałach lub tunelach kable należy układać na dnie, na ścianach albo na konstrukcjach wsporczych. Kable układane na ścianach nie powinny do nich bezpośrednio przylegać. Odległość kabli od ściany winna wynosić minimum 1 cm. Nie należy układać kabli na dnie kanałów, w przejściach przeznaczonych do poruszania się obsługi. Przejścia kabli przez przegrody w tunelach powinny być uszczelnione materiałem ognioodpornym. Dopuszcza się zasypywanie kanałów piaskiem, szczególnie w przypadkach zagrożenia wybuchem lub pożarem.

360. Jak można układać kable w budynkach?

W budynkach kable można układać:

- bezpośrednio przy ścianach i pod sufitami na odpowiednio przygotowanych konstrukcjach nośnych,
- w ścianie, stropach, posadzkach w osłonach lub bez osłon w sposób umożliwiający demontaż kabli,
- w kanałach kablowych.

361. W jaki sposób wprowadza się kabel do budynku?

Kabel przy wprowadzeniu do budynku powinien być zabezpieczony przed uszkodzeniami osłoną otaczającą w postaci rury betonowej, kamionkowej lub stalowej. Osłona w postaci rury powinna mieć wewnętrzną średnicę równą co najmniej 1,5-krotnej średnicy zewnętrznej kabla i powinna być ułożona ze spadkiem na zewnątrz budynku. Po wciągnięciu kabla oba końce rury należy uszczelnić.

362. Ile wynoszą najmniejsze odległości kabli od rurociągów w budynkach?

Odległości kabli od rurociągów w budynkach podano w tablicy 4.19.

Tablica 4.19. Odległości kabli od rurociągów w budynkach [61]

Rodzaj rurociągu	Najmniejsza dopuszczalna odległość od rurociągów, cm	
	nie wymagających okresowej konserwacji	wymagających okresowej konserwacji ¹
Rurociągi powietrza sprężonego, wentylacyjne, wodociągowe, gazów palnych o ciśnieniu do 0,4 MPa	20	100
Rurociągi ciepłne izolowane wodne i parowe	50	100
Rurociągi ciepłne nieizolowane wodne i parowe	120	120
Rurociągi z cieczami palnymi	100	150
Inne urządzenia technologiczne	100	150
¹ Odcinki rurociągów z zaworami, zasuwaniami itp. armaturą należy uważać za wymagające okresowej konserwacji.		

363. Jak należy układać kable ognioodporne o trwałości 30 minut i 90 minut?

Kable ognioodporne o trwałości 30 minut i 90 minut należy układać na konstrukcjach i uchwytach spełniających warunki zwiększonej wytrzymałości ogniowej nie mniejszej jednak niż trwałość kabla. Konstrukcje kablowe na których układa się drabinki, korytka dla kabli ognioodpornych powinny mieć dodatkowe zamocowania do stropu lub innej stabilnej konstrukcji.

Na drabinkach i w korytkach kable mogą leżeć swobodnie natomiast w przypadku mocowania w uchwytach, odległość mocowania nie powinny przekraczać 50 cm.

364. Jak należy wykonywać przejścia kabli przez ściany i stropy?

Przejścia kabli przez ściany wewnętrzne i stropy budynków należy uszczelnić materiałem niepalnym o odporności ogniowej nie mniejszej niż pomieszczenie, w którym zostało zastosowane. W przypadku przejścia kabli przez ściany lub stropy oddzielające pomiesz-

czenia wilgotne, niebezpieczne pod względem wybuchowym lub w których istnieją pary i gazy żrące, otwory przepustowe należy skutecznie wypełnić materiałem odpornym na te czynniki. W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem lub pożarem należy wykonać przepusty oddzielne dla każdego kabla.

4.6.4. Oznaczenia linii kablowych

365. W jaki sposób powinny być oznaczone kable?

Kable ułożone w ziemi powinny być zaopatrzone na całej długości w trwałe oznaczniki, rozmieszczone w odstępach nie większych niż 10 m oraz przy mufach i w miejscach charakterystycznych np. przy skrzyżowaniach, wejściach do kanałów i rur. Kable ułożone w powietrzu powinny być zaopatrzone w trwałe oznaczniki przy głowicach lub skrzynkach oraz w takich miejscach i w takich odstępach aby odróżnienie nie nastęczało trudności.

Oznaczniki kabli ułożonych w kanałach i tunelach należy umieszczać w odległości nie większej niż 20 m.

366. Jakie napisy powinny być umieszczone na oznacznikach?

Na oznacznikach należy umieścić trwałe napisy zawierające co najmniej:

- symbol i numer ewidencyjny linii,
- oznaczenie kabli wg odpowiedniej normy,
- znak użytkownika kabla,
- znak fazy (tylko przy kablach jednożyłowych),
- rok ułożenia kabla.

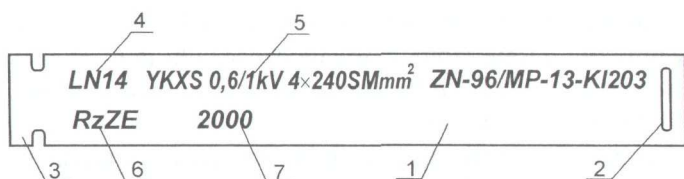
Oznacznik z napisem pokazano na rys. 4.48.

367. Jak oznacza się trasę kabli?

Trasa kabli ułożonych w ziemi powinna być na całej długości i szerokości oznaczona folią z tworzywa sztucznego o trwałym kolorze:

- niebieskim - w przypadku kabli elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV,
- czerwonym - w przypadku kabli elektroenergetycznych o napięciu powyżej 1 kV.

Ponadto trasa kabli ułożonych w ziemi na terenach niezabudowanych powinna być oznaczona widocznymi trwałymi oznacznikami trasy np. słupkami betonowymi, wkopanymi w ziemię. Na oznacznikach należy umieścić trwałe napisy w postaci symbolu kabla K. Na prostej trasie kabla oznaczniki powinny być umieszczone w odstępach co 100 m, ponadto należy je umieszczać w miejscach zmiany kierunku kabla i w miejscach skrzyżowań lub zbliżeń. Miejsca ułożenia muf należy oznaczyć oznacznikami z symbolem M wkopanymi w ziemię, albo umieszczonych na budynkach w terenach zabudowanych. Można nie oznaczać tras kabli układanych wzdłuż ulic z istniejącą trwałą zabudową, umożliwiającą dokładne zwymiarowanie kabla na planach sytuacyjnych.



Rys. 4.48. Oznacznik kabla; 1 - folia PCV, 2 - „uszko”, 3 - „języczek”, 4 - symbol i numer ewidencyjny linii kablowej, 5 - oznakowanie kabla wg odpowiedniej normy, 6 - znak użytkownika kabla, 7 - rok ułożenia kabla.

4.6.5. Przekazywanie linii kablowych do eksploatacji

368. Co należy sprawdzić po ułożeniu kabli i zamontowaniu osprzętu przed zasypaniem kabla?

Przed zasypaniem kabla należy sprawdzić:

- czy ułożony kabel jest zgodny z dokumentacją techniczną,
- odległości między kablami i mufami,
- promienie łuków kabla na załamaniach trasy,
- czy na prostych odcinkach kabel jest ułożony linią falistą,
- czy zamontowany osprzęt jest zgodny z dokumentacją techniczną,
- uszczelnienie rur i innych przepustów,

- oznaczenie kabli (liczba opasek i napisów na nich),
- sprawdzić ciągłość żył i powłok metalowych kabli,
- sprawdzić zgodność faz na obu końcach linii,
- wykonać pomiar rezystancji izolacji kabli.

369. Jakie czynności należy wykonać po zasypaniu rowu kablowego?

Po zasypaniu rowu kablowego należy wykonać następujące czynności:

- sprawdzić czy roboty ziemne zostały prawidłowo zakończone,
- sprawdzić prawidłowość oznakowania trasy linii,
- sprawdzić ciągłość żył i zgodność faz,
- wykonać pomiar rezystancji izolacji,
- wykonać próbę napięciową izolacji.

370. W jaki sposób sprawdzamy ciągłość żył i zgodność faz?

Sprawdzenie ciągłości żył oraz zgodności oznaczenia faz wykonuje się przyrządem o napięciu nie wyższym niż 24 V. Wynik należy uznać za pozytywny, jeżeli żyły nie mają przerw oraz jeżeli poszczególne fazy na obu końcach są oznaczone identycznie.

371. W jaki sposób mierzymy rezystancję izolacji?

Pomiar rezystancji izolacji należy wykonać miernikiem izolacji o napięciu 2,5 kV. Dla kabli o napięciu znamionowym większym od 1 kV zaleca się stosowanie miernika rezystancji o napięciu co najmniej 2,5 kV. Rezystancję izolacji należy zmierzyć między każdą żyłą roboczą a pozostałymi żyłami zwartymi i uziemionymi.

Wynik pomiaru należy uznać za dodatni wtedy, gdy wartość rezystancji izolacji przeliczona na temperaturę 20°C wynosi co najmniej:

- w linii kablowej o napięciu znamionowym do 1 kV:
 - 75 MΩ/km dla kabla o izolacji gumowej,
 - 20 MΩ/km dla kabla o izolacji papierowej,
 - 20 MΩ/km dla kabla o izolacji polwinitowej,
 - 100 MΩ/km dla kabla o izolacji polietylenowej.
- w linii kablowej o napięciu znamionowym powyżej 1 kV:
 - 50 MΩ/km dla kabla o izolacji papierowej,
 - 40 MΩ/km dla kabla o izolacji poliwinitowej,

100 MΩ/km dla kabla o izolacji polietylenowej (o napięciu do 30 kV),

1000 MΩ/km dla kabli olejowych oraz kabli o izolacji polietylenowej o napięciu powyżej 30 kV.

Podane wartości obowiązują dla linii o długości 1 km. Gdy badana linia ma inną długość należy otrzymany wynik z pomiaru przeliczyć na 1 km wg wzoru:

$$R_{iz/km} = R_{zm} \cdot l$$

gdz R_{zm} : - rezystancja izolacji zmierzona,

l - długość kabla w km,

$R_{iz/km}$ - rezystancja izolacji przeliczona na 1 km.

Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km nie **powinna być** mniejsza od rezystancji podanych wyżej.

372. W jakich liniach wykonujemy próby napięciowe izolacji?

Próby napięciowe izolacji wykonujemy dla wszystkich rodzajów kabli. Dopuszcza się nie wykonywanie próby napięciowej izolacji linii kablowej do 1 kV pod warunkiem wykonania pomiaru rezystancji izolacji miernikiem o napięciu znamionowym 2,5 kV.

Próbie napięciową izolacji żył kabla należy wykonać na wszystkich żyłach linii kablowej.

Przebieg próby należy zapisać przy pomocy przyrządu rejestrującego.

373. Kto może wykonywać próby i pomiary przy liniach kablowych?

Próby i pomiary mogą wykonywać wyłącznie pracownicy, którzy posiadają świadectwo kwalifikacyjne serii E z upoważnieniem do wykonywania pomiarów.

374. Kiedy linia kablowa może być przekazana do eksploatacji?

Przekazanie do eksploatacji linii kablowej może nastąpić wówczas, gdy odbierający roboty otrzyma następujące dokumenty:

1. Dokumentację techniczną z poprawkami, które zostały naniesione podczas wykonywania robót,
2. Protokoły badań i pomiarów,
3. Dokumentację powykonawczą,
4. Inne dokumenty żądane przez odbierającego.

4.6.6. Eksploatacja linii kablowych

4.6.6.1. Oględziny i przeglądy linii kablowych

375. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin linii kablowych?

Oględziny linii kablowych o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz w roku, a o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV - nie rzadziej niż co 5 lat. Podczas przeprowadzania oględzin linii kablowych należy sprawdzić w szczególności:

- stan oznaczników linii kablowych i tablic ostrzegawczych,
- stan wejść do tuneli, kanałów i studzienek kablowych,
- stan osłon przeciwkorozyjnych kabli, konstrukcji wsporczych i osłon,
- stan głowic kablowych,
- stan połączeń przewodów uziemiających i zacisków,
- stan dodatkowego wyposażenia linii,
- stan łączników i urządzeń,
- stan instalacji urządzeń przeciwporażeniowych oraz sprzętu pożarniczego.

W czasie oględzin tras linii kablowych należy sprawdzić: czy w pobliżu nie prowadzi się wykopów oraz czy na trasie nie są składowane duże i ciężkie przedmioty, oraz czy nie ma usunięć ziemi po powodziach, tąpnięciach itp. Wyniki oględzin powinny być rejestrowane w książce obchodów.

376. Ile osób musi uczestniczyć w oględzinach?

Oględziny wykonuje się w formie obchodów tras linii kablowych bez wyłączenia linii spod napięcia. Oględziny widocznych części kabla bez wchodzenia na słupy i do stacji można wykonać jednoosobowo, oględziny w kanałach i tunelach - dwuosobowo.

377. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądów linii kablowych?

Przeгляд linii kablowej powinien być wykonywany w terminach i zakresach określonych w punkcie 4.6.7 i obejmować w szczególności:

- oględziny,

- pomiary i próby eksploatacyjne podane w pkt. 4.6.7,
- sprawdzenie stanu instalacji sygnalizacyjnej linii, w której zainstalowano kable olejowe,
- konserwacje i naprawy.

Przeglądy przeprowadza się po wyłączeniu linii spod napięcia.

378. Kiedy przeprowadza się remont linii?

Termin remontu i jego zakres zależy od wyników przeglądu. Decyzję o podjęciu remontu podejmuje pracodawca na wniosek osób dozoru.

4.6.6.2. Czynności związane z załączaniem i wyłączeniem linii kablowych

379. Kiedy można załączyć linię kablową pod napięcie jeżeli wyłączona była z ruchu przez ponad 30 dni?

Załączenie linii pod napięcie **przy przerwie** w ruchu trwającej ponad 30 dni może nastąpić po sprawdzeniu rezystancji izolacji linii i uzyskaniu zadowalających wyników.

380. Kiedy można załączyć linię kablową pod napięcie wyłączonej trwale przez zabezpieczenie?

Załączenie linii wyłączonej trwale przez zabezpieczenie wymaga uprzednio sprawdzenia ciągłości żył oraz rezystancji izolacji i uzyskania zadowalających wyników.

Dopuszczalne jest jednorazowe załączenie linii bez wykonywania pomiarów, jeżeli wyłączenie nie nastąpiło bezpośrednio po załączeniu linii pod napięcie po zakończeniu na niej prac.

381. Czy załączenie linii wyłączonej ze względów ruchowych na okres nie przekraczający 30 dni wymaga uprzedniego wykonania jakichkolwiek badań?

Załączenie linii wyłączonej ze względów ruchowych na okres do 30 dni nie wymaga wykonania jakichkolwiek badań, jeżeli przy samej linii lub w pobliżu jej trasy nie wykonywano żadnych prac.

382. Jakie próby należy wykonać przed załączeniem linii jeżeli wykonywano na niej naprawy lub usuwano uszkodzenia?

Załączenie linii po usunięciu uszkodzeń może być dokonane po sprawdzeniu ciągłości żył, zgodności faz, rezystancji izolacji, wykonaniu próby napięciowej linii z wynikami pozytywnymi.

4.6.6.3. Postępowanie w razie awarii, pożaru lub innych nienormalnych objawów pracy linii kablowych

383. Czy elementy linii stwarzające zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego i **pożarowego** lub ciągłości ruchu urządzeń mogą pracować?

Elementy linii stwarzające niebezpieczeństwo należy zbadać i wyłączyć z ruchu lub dopuścić do dalszej pracy z zastosowaniem środków ograniczających skutki zagrożenia.

384. Czym można gasić palące się kable?

Palące się kable należy gasić piaskiem lub za pomocą gaśnicy proszkowej bądź śniegowej, po wyłączeniu napięcia.

385. Jakie środki bezpieczeństwa należy zachować przy przecinaniu kabla lub otwieraniu mufy kablowej?

Przy przecinaniu kabla (po wyłączeniu linii kablowej spod napięcia) oraz przy otwieraniu mufy kablowej należy stosować następujący sprzęt ochronny:

- rękawice i buty dielektryczne,
- dywanik lub podest izolacyjny,
- okulary ochronne.

Piłka, którą przecina się kabel, powinna mieć uchwyt izolowany i być uziemiona.

Przy wykonywaniu wymienionych prac osoby niezatrudnione powinny być odsunięte na bezpieczną odległość.

386. Jakie **ochrony osobiste i środki** ostrożności należy **zachować przy pracach i zalewą** kablową?

Przy pracach z nagrzaną zalewą **kablową należy Stosować** rękawice ochronne oraz okulary. Naczynie z **płynną zalewą nie powinno** być podawane z rąk do rąk.

387. Czy kable elektroenergetyczne będące pod napięciem można przekładać lub przesuwac?

Przekładanie lub przesuwanie kabli będących pod napięciem jest niedozwolone i powinno być dokonywane po wyłączeniu napięcia oraz rozładowaniu i uziemieniu kabla.

388. Jak należy postępować w razie odsłonięcia linii kablowej np. przy robotach ziemnych?

W razie odsłonięcia linii kablowej, np. przy robotach ziemnych, należy do czasu zabezpieczenia odsłoniętych części linii zastosować środki chroniące linię przed uszkodzeniami.

389. Jak się zabezpiecza od wpływów atmosferycznych miejsce pracy przy kablu w przestrzeni otwartej?

Miejsce pracy przy kablu w przestrzeni otwartej zabezpiecza się od wpływów atmosferycznych przez namiot ustawiony nad wykopem.

4.6.7. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych linii kablowych [16]

Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych linii kablowych

Nazwa linii	Rodzaj pomiaru i prób	Wymagania techniczne	Termin wykonania
Linie kablowe o napięciu znamionowym 110kV i wyższym o izolacji papierowo-olejowej.	Pomiar rezystancji żył.	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu linii do eksploatacji.	po wykonaniu naprawy
	Pomiar rezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii większa niż 1000 MΩ.	

Nazwa linii	Rodzaj pomiaru i prób	Wymagania techniczne	Termin wykonania
j.w.	Próba napięciowa izolacji.	izolacja powinna wytrzymać w czasie 15 min. napięcie wyprostowane o wartości równej 4,5-krotnemu napięciu znamionowemu fazowemu dla 64/110 kV oraz 4-krotnemu napięciu znamionowemu fazowemu dla kabli 127/220 kV.	j.w.
	Sprawdzenie układu kontroli ciśnienia oleju.	Sprawność działania.	nie rzadziej niż co 2 lata
Linie kablowe o napięciu znamionowym 110 kV o izolacji polietylenowej	Pomiar rezystancji żył (roboczych i powrotnych).	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu linii do eksploatacji.	po wykonaniu naprawy
	Pomiar rezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii nie mniejsza niż 1000 MΩ.	
	Próba napięciowa izolacji.	Izolacja powinna wytrzymać w czasie 15 min napięcie wyprostowane o wartości $4 \cdot U_0$, gdzie U_0 - napięcie pomiędzy żyłą a ziemią.	
	Próba napięciowa powłoki polwinitowej.	Powłoka powinna wytrzymać w czasie 2 min napięcie wyprostowane o wartości 5kV.	

Nazwa linii	Rodzaj pomiaru i prób	Wymagania techniczne	Termin wykonania
Linie kablowe o izolacji papierowej, o napięciu znamionowym 6 do 60 kV.	Sprawdzenie ciągłości żył.	Brak przerwy w żyłach.	po wykonaniu naprawy
	Pomiar rezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii przy temperaturze 20°C większa niż 50 MΩ.	
	Próba napięciowa izolacji.	Izolacja powinna wytrzymać w czasie 10 min 0,75 wartości napięcia wyprostowanego wymaganej przy próbie fabrycznej.	
Linie kablowe o izolacji polietylenowej, o napięciu znamionowym 10 do 20 kV.	Sprawdzenie ciągłości żył.	Brak przerwy w żyłach.	po wykonaniu naprawy
	Pomiar rezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii przy temperaturze 20°C większa niż 100MΩ.	
	Próba napięciowa izolacji.	Izolacja powinna wytrzymać w czasie 10 min 0,75 wartości napięcia wyprostowanego, wymaganej przy próbie fabrycznej.	
	Próba napięciowa powłoki polwinitowej.	Powłoką powinna wytrzymać w czasie 1 min napięcie wyprostowane o wartości 5kV.	

Nazwa linii	Rodzaj pomiaru i prób	Wymagania techniczne	Termin wykonania
Linie kablowe o izolacji polwinitowej o napięciu znamionowym 6kV.	Sprawdzenie ciągłości żył.	Brakprzerwy w żyłach.	po wykonaniu naprawy
	Pomiarrezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii przy temperaturze 20°C większa niż $\frac{200}{\sqrt[3]{S}} M\Omega$ gdzie: S - przekrój żyły kabla w mm ² .	
	Próba napięciowa izolacji.	Izolacja powinna wytrzymać w czasie 10 min 0,75 wartości napięcia wyprostowanego, wymaganej przy próbie fabrycznej.	
	Próba napięciowa powłoki polwinitowej.	Powłoka powinna wytrzymać w czasie 1 min napięcie wyprostowane o wartości 5kV.	
Linie kablowe o napięciu znamionowym niższym niż 6 kV.	Sprawdzenie ciągłości żył.	Brak przerwy w żyłach.	po wykonaniu naprawy
	Pomiar rezystancji izolacji.	Rezystancja izolacji przeliczona na 1 km linii przy temperaturze 20°C nie mniejsza niż: 1) 75 MΩ w kablu o izolacji gumowej, 2) 20 MΩ w kablu o izolacji papierowej. 3) 100 MΩ w kablu o izolacji polietylenowej, 4) $\frac{10}{\sqrt[3]{S}} M\Omega$ w kablu o izolacji polwinitowej, gdzie: S - przekrój żyły kabla w mm ² .	

4.7. Instalacje elektryczne

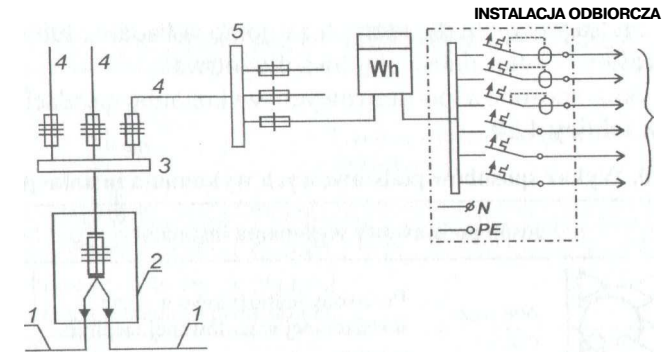
4.7.1. Wiadomości ogólne

400. Jakie części funkcjonalne wchodzi w skład instalacji elektrycznej?

Instalacje elektryczne stanowią zespół współpracujących ze sobą urządzeń, aparatów i osprzętu elektrotechnicznego niskiego napięcia, których celem jest doprowadzenie energii elektrycznej z sieci rozdzielczej niskiego napięcia do odbiorników elektrycznych.

W skład instalacji elektrycznej wchodzi następujące części funkcjonalne:

- **złącze** - jest to urządzenie elektryczne służące do połączenia sieci elektroenergetycznej z instalacją elektryczną. W złączu zwykle znajduje się główne zabezpieczenie instalacji. Można nie stosować tego zabezpieczenia, jeżeli najbliższe zabezpieczenie chroni również wewnętrzne linie zasilające odchodzące od złącza. Jeżeli złącze zasilają więcej niż jedną wewnętrzną linię zasilającą, to za złączem powinna być zainstalowana główna rozdzielnica z zabezpieczeniami poszczególnych linii,
- **wewnętrzna linia zasilająca (włz)** - jest to część instalacji łącząca układ pomiarowy ze złączem bezpośrednio lub przez główną rozdzielnicę,
- **instalacja odbiorcza** - jest to ta część instalacji, która znajduje się za układem pomiarowym i doprowadza energię elektryczną do odbiorników.



Rys. 4.49. Części funkcjonalne instalacji elektrycznej: 1 - sieć rozdzielcza nn, 2 - złącze, 3 - rozdzielnica główna, 4 - wewnętrzna linia zasilająca, 5 - rozdzielnica piętrowa, 6 - obwody odbiorcze.

401. Jak dzielimy instalację elektryczną ze względu na przeznaczenie, miejsce występowania i miejsce zamontowania?

Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się instalacje:

- oświetleniowe,
- siłowe,
- sterownicze,
- sygnalizacyjne itp.

Ze względu na miejsce występowania rozróżnia się instalacje:

- mieszkaniowe,
- biurowe,
- przemysłowe,
- rolnicze itp.

Ze względu na miejsce zamontowania przewodów i osprzętu w ścianie rozróżnia się instalacje:

- podtynkowe,
- wtynkowe,
- natynkowe.

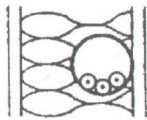
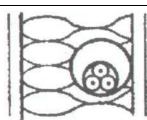


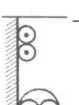
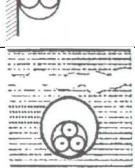
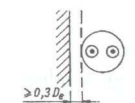
402. Jakie rozróżniamy sposoby wykonania instalacji w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej przewodów?

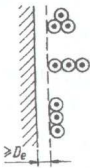
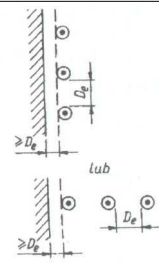
Ze względu na określenie obciążalności prądowej długotrwałej przewodów rozróżnia się dziewięć (A1, A2, B1, B2, C, D, E, F, G)

sposobów podstawowych, dla których za pomocą badania lub obliczeń została określona obciążalność prądowa długotrwała.

Wykaz sposobów podstawowych wykonania instalacji przedstawiono w tablicy 4.20.

Tablica 4.20. Wykaz sposobów podstawowych wykonania instalacji wg [54]

Sposób podstawowy wykonania instalacji			
	pomieszczenie	Przewody jednożyłowe w rurze instalacyjnej w izolowanej cieplnie ścianie	A1
	pomieszczenie	Przewody wielożyłowe w rurze instalacyjnej w izolowanej cieplnie ścianie	A2
		Przewody jednożyłowe w rurze instalacyjnej na ścianie drewnianej	B1
		Przewód wielożyłowe w rurze instalacyjnej na ścianie drewnianej	B2
		Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy na ścianie drewnianej	C
		Kabel wielożyłowy w osłonie w ziemi	D
		Przewód wielożyłowy w powietrzu	E
Prześwit od ściany nie mniejszy niż 0,3 średnicy przewodu D_e			

Sposób podstawowy wykonania instalacji	
 <p>Przewody jednożyłowe w powietrzu stykające się</p> <p>Prześwit t od ściany nie mniejszy niż jedtła średnica przewodu D_e</p>	F
 <p>Przewody jednożyłowe w powietrzu oddalone od siebie</p>	G

4.7.2. Przewody elektroenergetyczne

403. Z jakich zasadniczych elementów składa się przewód?

Przewód składa się z trzech zasadniczych elementów:

- żyły metalowej,
- izolacji żyły,
- powłoki.

404. Z jakich materiałów najczęściej wykonywane są żyły przewodów?

Żyły przewodów są najczęściej wykonywane z miedzi (Cu) i aluminium (Al). Miedź ma bardzo dobrą przewodność elektryczną ($58 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$), a jej wytrzymałość na rozciąganie w stanie wyżarzonym wynosi od 20 do 29 kG/mm^2 . Aluminium ma gorszą przewodność ($35 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$), a wytrzymałość na rozciąganie aluminium półtwardego wynosi 9,5 kG/mm^2 . Zaletą aluminium jest przeszło trzy razy mniejszy ciężar niż miedzi. Zarówno miedź jak i aluminium stosowane są w dwóch

rodzajach: do przewodów i kabli tzw. miękki o większej przewodności właściwej i do linii napowietrznych tzw. twarde o gorszej przewodności.

405. Jakie przekroje znamionowe żył obowiązują w Polsce?

W Polsce obowiązują następujące znormalizowane przekroje żył w mm²: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800 i 1000.

406. Z jakich materiałów wykonuje się izolację żył i powłok?

Izolacja żył jest wykonywana, z tworzyw sztucznych (głównie polwinitu), gumy i jej odmian, lakierów izolacyjnych.

Powłoki ochronne są wykonywane z tworzyw sztucznych, gumy i jej odmian, przędz włóknistych, opłotów metalowych.

407. Jak oznaczamy przewody?

Oznaczenie przewodu składa się z członu literowego i cyfrowego. Człon literowy określa:

- przeznaczenie przewodu,
- materiał żyły i sposób jej wykonania (drut, linka),
- materiał izolacji żyły,
- rodzaj i materiał powłoki.

Człon cyfrowy składa się z dwóch części:

- pierwsza, oznacza dopuszczalne napięcie na jakie przewód jest przeznaczony,
- druga, oznacza liczbę i przekroje żył, np.: YDYp 300 4 x 4,
- przewód kabelkowy, cztero-żyłowy miedziany, o izolacji i w osłonie z polwinitu, płaski na napięcie 300 V.

Ważniejsze symbole używane do oznaczania przewodów przedstawiono w tablicy 4.21.

Tablica 4.21. Oznaczenia przewodów elektroenergetycznych

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

408. Co to jest obciążalność prądowa długotrwała przewodu?

Obciążalność prądowa długotrwała przewodu I_z jest to maksymalna wartość prądu, który może płynąć długotrwanie w określonych warunkach bez przekroczenia dopuszczalnej temperatury przewodu.

Obciążalność prądowa długotrwała przewodu zależy od rodzaju materiału żyły, rodzaju izolacji, sposobu i miejsca ułożenia (tablica 4.22).

Tablica 4.22. Obciążalności prądowe długotrwałe w amperach, dla sposobów wykonania instalacji podanych w tablicy 4.20.

Izolacja PVC, trzy żyły obciążone, miedź lub aluminium.

Temperatura żyły: 70°C.

Temperatura otoczenia: 30°C w powietrzu, 20°C w ziemi [54]

Przekrój żyły w mm ²	Instalacja wykonana sposobami podanymi w tablicy 4.20.					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Miedź						
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18
2,5	18	17,5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	34	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196			299	230
185	245	223			341	258
240	286	261			403	297
300	328	298			454	336

Przekrój żyły w mm ²	Instalacja wykonana sposobami podanymi w tablicy 4.20.					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Aluminium						
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5
4	18,5	17,5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155			227	178
185	194	176			259	200
240	227	207			305	230
300	261	237			351	260

Uwaga: w kolumnach 3,5,6 i 7 przyjęto, że żyły o przekrojach do 16mm² włącznie są okrągłe. Wartości dla większych przekrojów odnoszą się do żył sektorowych i mogą być bezpiecznie stosowane do żył okrągłych.

408. Jakie kryteria należy uwzględnić przy doborze przewodów w instalacjach elektrycznych?

Przy doborze przewodów w instalacjach elektrycznych należy uwzględnić następujące kryteria:

- napięcie izolacji,
- najmniejszy przekrój żył ze względu na wytrzymałość mechaniczną,
- obciążalność prądową długotrwałą przewodu,
- spadek napięcia,
- odporność izolacji na szkodliwe oddziaływanie środowiska.

410. W jaki sposób określamy obciążalność prądową długotrwałą przewodów instalacji elektrycznej?

Obciążalność prądową długotrwałą przewodów instalacji elektrycznej określamy w następujący sposób:

W zależności od rodzaju instalacji i sposobu montażu (tablica 4.25) ustalamy w oparciu o normę [54] sposób podstawowy wykonania instalacji (tablica 4.20). Następnie z innej tablicy tej normy odczytujemy dla ustalonego sposobu podstawowego i odpowiedniego rodzaju przewodu wartość prądu dopuszczalnego długotrwałe.

Przykład:

Określić obciążalność prądową długotrwałą przewodu YDY 3x6 mm² ułożonego w listwie z przegrodami (rys. 4.50).

Wg normy [54] tablica 52-B2 dla tego sposobu wykonania instalacji, sposób podstawowy jest B2. Z tablicy 52-C3 w.w. normy (patrz tablica 4.22) odczytujemy dla przewodu miedzianego o przekroju 6 mm² w rubryce 5 (B2) obciążalność prądową długotrwałą przewodu $I_z = 34$ A.



Rys. 4.50. Przewody wielożyłowe w listwie instalacyjnej z przegrodami. Sposób podstawowy wykonania instalacji B2.

411. W jaki sposób można łączyć żyły przewodów ze sobą?

Żyły przewodów można łączyć ze sobą poprzez: spawanie, ściskanie, lutowanie i przy pomocy osprzętu do tego celu przeznaczonego.

412. W jaki sposób łączymy przewody do aparatów i urządzeń?

Przewody miedziane z żyłami jednodrutowymi o przekroju do 10 mm² oraz z żyłami wielodrutowymi o przekroju do 6 mm² wolno łączyć do aparatów bez końcówek, z tym że końce żył wielodrutowych (linek) powinny być oblutowane. Końce żył przewodów miedzianych o przekroju 10 mm² powinny być zaopatrzone w końcówki. Przy połą-

czeniu przewodów aluminiowych należy stosować sprężynujące złącza śrubowe.

413. Jakie są dopuszczalne najmniejsze przekroje przewodów w instalacjach elektrycznych?

Najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów w instalacjach elektrycznych podano w tablicy 4.23.

Tablica 4.23. Najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów w instalacjach elektrycznych

Przeznaczenie	Rodzaj i sposób ułożenia przewodów		przekrój żyły	
			Cu mm ²	Al mm ²
Wewnętrzne linie zasilające wiz	Przewody izolowane 1 żyłowe o napięciu 750 V w rurach, wielożyłowe i kable zasilające instalacje odbiorcze	1 lub 2 szt.	2,5	10
		> 2 szt.	4	10
Instalacje odbiorcze i odbiorniki	Przewody izolowane w rurach, wtykowe i kabelkowe		1	10
	Przewody izolowane do wewnętrznych połączeń w oprawach oświetleniowych	wewnątrz budynków	0,5	-
		poza budynkami	1,5	-
wiz i instalacje odbiorcze	Przewody ułożone na stałe w układach sieci TN-C		10	16

4.7.3. Rodzaje pomieszczeń i ich wpływ na dobór instalacji

414. Jak dzielimy pomieszczenia z punktu widzenia warunków wpływających na pracę urządzeń elektroenergetycznych?

Rodzaje pomieszczeń ze względu na warunki pracy urządzeń elektroenergetycznych i ich charakterystykę przedstawiono w tablicy 4.24.

Tablica 4.24. Rodzaje pomieszczeń ze względu na warunki pracy urządzeń elektroenergetycznych

Rodzaj pomieszczenia	Charakterystyka pomieszczenia	Przykłady pomieszczeń
Suche.	Temperatura od +5°C do +35°C wilgotność względna do 75%.	Vlieszkania (oprócz łazienek), biura, szkoły, szpitale.
Prześciowo wilgotne.	Temperatura od -5°C do +35°C wilgotność do 75%.	Łazienki, piwnice, kuchnie, klatki schodowe.
Wilgotne.	Temperatura do +35°C wilgotność względna 75% do 100%.	Piwnice źle przewietrzane, suszarnie, kuchnie zbiorowego żywienia
Bardzo wilgotne.	Temperatura do +35°C wilgotność względna stale 100%.	Łażnie, niektóre pomieszczenia produkcyjne.
Gorące.	Temperatura ponad +35°C.	Łażnie, palmiarnie.
Z wyziewami żrącymi.	Zawierają gazy, pary lub osady niszczące urządzenia elektryczne.	akumulatornie, składy materiałów chemicznych, obory, stajnie, chlewy.
Niebezpieczne pod względem pożarowym.	Produkują się lub magazynują materiały łatwopalne.	Stolarnie, młyny, tartaki, fabryki włókiennicze.
Niebezpieczne pod względem wybuchowym.	Zawierają gazy lub pary palne, włókna i płyty, które tworzą z powietrzem mieszaninę wybuchową.	Rafinerie, fabryki materiałów wybuchowych, lakiernie, składy benzyny.

415. Jakie rodzaje instalacji można stosować w poszczególnych rodzajach pomieszczeń?

Zasady doboru rodzaju instalacji i sposobu jej montażu dla różnych pomieszczeń przedstawiono w tablicy 4.25.

Tablica 4.25. Zasady doboru rodzaju instalacji i sposobu jej montażu dla różnych pomieszczeń

Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj instalacji i sposoby montażu
Pomieszczenia suche mieszkalne.	Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych. Wtykowa przewodami wtykowymi. Przewodami kabelkowymi na klamerkach metalowych. W listwach elektroinstalacyjnych. W rurach stalowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.
Pomieszczenia suche produkcyjne.	Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych. Przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytych. Przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych. W korytkach instalacyjnych. Na drabinkach kablowych. Na linkach nośnych przewodami kabelkowymi w wiązkach. W osłonach z rur winidurowych przewodami kabelkowymi w wiązkach. Przewodami szynowymi. W rurach stalowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.
Prześciowo wilgotne i wilgotne.	Przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych. W korytkach instalacyjnych. Na drabinkach kablowych. Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych.
Gorące.	Na gałkach, rolkach i izolatorach przewodami gołymi, miedzianymi. Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych. Przewodami o wzmocnionej izolacji cieplnej na uchwytych dystansowych. W rurach stalowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.
Niebezpieczne pod względem pożarowym.	Przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytych. Przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych. Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych lub stalowych. Przewodami szynowymi. Przewodami kabelkowymi na uchwytych.

Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj instalacji i sposoby montażu
Niebezpieczne pod względem wybuchowym.	Przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytach. Przewodami kabelkowymi opancerzonymi na uchwytach. Podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych.
Przestrzeń zewnętrzna.	Na gałkach, rolkach i izolatorach przewodami gołymi i izolowanymi. Przewodami 1-żyłowymi w rurach instalacyjnych na uchwytach. Przewodami kabelkowymi na uchwytach i klamerkach w korytkach instalacyjnych. Na drabinkach kablowych. Na linkach nośnych przewodami kabelkowymi w wiązках. W osłonach z rur winidurowych przewodami kabelkowymi w wiązках.

416. Co zaliczamy do sprzętu instalacyjnego?

Do sprzętu instalacyjnego zaliczamy: rury instalacyjne, listwy instalacyjne, uchwyty izolacyjne, puszki, gniazda, łączniki, złączki przewodowe, listwy zaciskowe itp.

417. Od czego zależy wybór odpowiedniego sprzętu instalacyjnego?

Wybór odpowiedniego rodzaju sprzętu zależy od rodzaju instalacji, od obciążenia i związanych z tym przekrojów przewodów oraz od funkcji jaką dane urządzenie ma spełniać.

4.7.4. Przyłącza i złącza

418. Jakie typy przyłączy stosuje się w sieciach nn?

Przyłącze jest to linia elektroenergetyczna łącząca złącze z siecią zasilającą. W zależności od rodzaju zasilanego obiektu i rodzaju sieci zasilającej stosuje się przyłącza: napowietrzne i kablowe.

Przyłącza napowietrzne wykonywane są najczęściej jako:

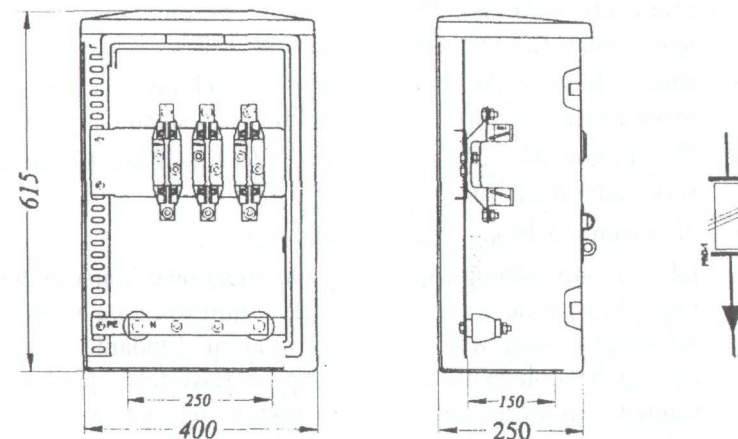
- ściennie,
- kablkowe,
- przewodem samonośnym.

Przyłącze kablowe wykonuje się przy zasilaniu z linii kablowej lub z linii napowietrznej.

Zasady i warunki wykonania przyłączy określa Zakład Energetyczny w warunkach technicznych zasilania obiektu.

419. Jak instalowane są złącza?

Złącza instalowane są w skrzynkach lub szafkach wnekowych wykonanych najczęściej z materiału izolacyjnego, odpornego na narażenia środowiskowe. Są one umieszczone na zewnątrz budynków w miejscu dostępnym dla służb energetycznych. Złącze budynków jednorodzinnych jest często lokalizowane na granicy posesji, w murem elementem ogrodzenia przy ulicy. Wysokość zamontowania złącza powinna być taka, aby umożliwiała dogodne wykonywanie w nim prac. Dolna krawędź złącza powinna się znajdować co najmniej 15 cm ponad poziom terenu. Drzwiczki złącza powinny być przystosowane do zamykania na klucz i plombowania. Na rys. 4.51 przedstawiono złącze kablowe ZK-1a.



Rys. 4.51. Złącze kablowe ZK—1a/120 z szyną ochronno-neutralną rozdzieloną PE+N. [104]

4.7.5. Warunki techniczne jakim powinna odpowiadać Instalacja elektryczna w obiekcie budowlanym

420. Jakim warunkom powinna odpowiadać instalacja elektryczna w obiekcie budowlanym?

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 r. (Dz.U. z 1999 r. Nr 15, poz. 140 z późn. zra.) w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie oraz PN [29] wymaga się aby w instalacjach elektrycznych stosować:

- 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,
- oddzielny przewód ochronny PE i neutralny N,
- wyłączniki przeciwporażeniowe różnicowoprądowe,
- wyłączniki nadmiarowe w obwodach odbiorczych,
- połączenia wyrównawcze główne i miejscowe CC, łączące przewody ochronne PE z częściami przewodzącymi innych instalacji i konstrukcji budynku,
- zasadę prowadzenia tras przewodów elektrycznych w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów,
- żyły przewodów elektrycznych o przekrojach do 10 mm², wykonane wyłącznie z miedzi,
- urządzenia ochrony przeciwpożarowej,
- jako uziomy należy wykorzystywać metalowe konstrukcje budynków, inne metalowe elementy umieszczone w fundamentach stanowiące sztuczny uziom fundamentowy, zbrojenia fundamentów i ścian oraz przewodzące prąd instalacje wodociągowe, pod warunkiem uzyskania zgody jednostki eksploatującej sieć wodociagową,
- urządzenia do pomiaru zużycia energii elektrycznej, usytuowane w miejscu łatwo dostępnym i zabezpieczone przed uszkodzeniami i ingerencją osób niepowołanych,

prorowadzenie instalacji i rozmieszczenie urządzeń elektrycznych w budynku powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie odległości i ich wzajemnego usytuowania. Poziome odcinki przewodów elektrycznych i urządzeń iskrzących powinny być usytuowane w odległości co najmniej 0,1 m poniżej poziomych odcinków instalacji gazowych, gdy gęstość gazu jest mniejsza od gęstości powietrza (np. metan), lub powyżej jeżeli gęstość gazu jest większa od gęstości powietrza (np. propanbutan). Przy krzyżowaniu przewody powinny być oddzielone co najmniej o 20 mm,

przewody i kable elektryczne, należy prowadzić w sposób umożliwiający ich wymianę bez potrzeby naruszania konstrukcji budynku. Dopuszcza się prowadzenie przewodów elektrycznych wtynkowych, pod warunkiem pokrycia ich warstwą tynku o grubości co najmniej 5 mm,

w instalacji elektrycznej w mieszkaniu należy stosować wyodrębnione obwody:

- oświetlenia górnego (sufitowego),
- gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia,
- gniazda wtyczkowego do pralki,
- gniazd wtyczkowych do urządzeń odbiorczych w kuchni,
- obwody odbiorników zainstalowanych na stałe.

pomieszczenia w mieszkaniu należy wyposażyć w wypusty oświetleniowe górne (sufitowe) oraz w niezbędną liczbę gniazd wtyczkowych. Instalacja oświetleniowa w pokojach powinna umożliwiać załączanie za pomocą wyłączników wieloobwodowych,

w budynkach wielorodzinnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej główne, pionowe ciągi instalacji elektrycznej należy prowadzić poza mieszkaniem i pomieszczeniami użytkowymi, w wydzielonych kanałach lub szybach instalacyjnych odpowiadających wymogom Polskich Norm. Oświetlenie i odbiorniki w pomieszczeniach komunikacji ogólnej oraz technicznych i gospodarczych powinny być zasilane z tablic administracyjnych.

4.7.6. Ochrona przewodów przed prądem przetężeniowym

421. W jakim celu stosuje się zabezpieczenia przewodów?

Zabezpieczenia przewodów stosuje się w celu ich ochrony przed skutkami przeciążeń i zwarć oraz w celu ochrony otoczenia przed działaniem ciepła wydzielającego się z nadmiernie nagrzanego przewodu.

422. Jakich przewodów nie wolno zabezpieczać?

Zabrania się zabezpieczać:

- przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN,
- przewody uziemień ochronnych i roboczych
- przewody instalacji odgromowych.

423. Jak powinny być dokonane zabezpieczenia przeciążeniowe?

Zabezpieczenia przeciążeniowe powinny być tak dobrane aby wyłączenie zasilania nastąpiło zanim nastąpi uszkodzenie izolacji, połączeń zacisków lub otoczenia na skutek nadmiernego wzrostu temperatury.

424. Jakie warunki powinny spełniać charakterystyki czasowo-prądowe zabezpieczeń przeciążeniowych przewodów?

Charakterystyki czasowo-prądowe zabezpieczeń przeciążeniowych przewodów powinny spełniać dwa warunki:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

gdzie: I_B - prąd obliczeniowy w obwodzie elektrycznym (prąd obciążenia przewodów),

I_n - prąd znamionowy lub nastawiony urządzenia zabezpieczającego,

I_z - obciążalność prądowa długotrwała przewodu,

I_2 - prąd zadziałania urządzenia wyłączającego.

425. Jakie wartości prądu zadziałania b urządzeń wyłączających przyjmuje się praktycznie?

W zależności od rodzaju zastosowanych urządzeń wartość prądu zadziałania I_2 może być przyjmowana następująco:

- dla wyłączników z wyzwalaczami przeciążeniowymi prąd $I_2 = 1,2 \div 1,45$ prądu nastawienia, można przyjąć, że prąd $I_n = I_z$ spełnia wymagania zabezpieczenia przeciążeniowego,
- dla bezpieczników - prąd największy odczytany z charakterystyki pasmowej dla czasu $t = 1h$.

426. Jak powinny być dobrane zabezpieczenia zwarciowe?

Zabezpieczenia zwarciowe powinny być tak dobrane, aby wyłączenie zasilania (przerwanie prądu zwarciowego) nastąpiło zanim wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych i mechanicznych w przewodach i urządzeniach. Zabezpieczenie zwarciowe powinno mieć zdolność do przerywania prądu zwarciowego o wartości większej od przewidywanego prądu zwarciowego w takim czasie, aby temperatura przewodów nie przekroczyła temperatury granicznej przy zwarciu.

427. W jaki sposób należy sprawdzić prawidłowość doboru zabezpieczenia?

Prawidłowość doboru zabezpieczenia należy sprawdzić obliczając przekrój przewodu ze wzoru:

$$S = \frac{I \cdot \sqrt{t}}{k}$$

gdzie: S - przekrój przewodu w mm^2 ,

I - wartość skuteczna prądu zwarciowego w A,

t - czas zwarcia w s (do 5s),

k - współczynnik zależny od rodzaju przewodu,

$k = 135$ - dla przewodów z żyłami miedzianymi i izolacją gumy lub polietylenu usieciowanego,

$k = 115$ - dla przewodów z żyłami miedzianymi i izolacją z polwinitu,

$k = 87$ - dla przewodów z żyłami aluminiowymi z izolacją gumy, polietylenu umocowanego lub z etylenu propylenu,

$k = 74$ - dla przewodów z żyłami aluminiowymi i izolacją z polwinitu.

428. Ile powinien wynosić prąd znamionowy urządzeń zabezpieczających przed zwarciami?

Znamionowy prąd urządzeń zabezpieczających przed zwarciami powinien być mniejszy od obciążalności prądowej długotrwałej przewodów.

429. Gdzie powinny być usytuowane zabezpieczenia zwarciove i przeciążeniowe?

Zabezpieczenia zwarciove i przeciążeniowe powinny być za-
instalowane przed punktem w którym następuje:

- zmiana przekroju przewodu na mniejszy,
- zmiana rodzaju przewodu na przewody o mniejszej obciążalności prądowej,
- zmiana sposobu ułożenia lub budowy instalacji pogarszające warunki chłodzenia,
- nie dalej jak 3 m od punktu rozgałęzienia.

430. Jakie urządzenia stosuje się do zabezpieczenia przewodu przed przeciążeniem i zwarciami?

Do zabezpieczenia przewodu przed przeciążeniem i zwarciami można stosować:

- wyłączniki wyposażone w wyzwalacze przeciążeniowe i zwarciove,
- wyłączniki współpracujące z bezpiecznikami topikowymi,
- wyłączniki wyposażone w wyzwalacze przeciążeniowe i dobezpieczeniowe wkładki topikowe typu g II,
- wkładki topikowe g I (wkładki ogólnego przeznaczenia),
- urządzenia elektroniczne.

4.7.7. Ochrona przed przepięciami w instalacjach elektrycznych nn

431. Czym mogą być spowodowane przepięcia w instalacjach elektrycznych nn?

Przepięcia w instalacjach elektrycznych nn mogą być spowodowane wyładowaniami atmosferycznymi (przepięcia zewnętrzne) lub czynnościami łączeniowymi (przepięcia wewnętrzne). Szczytowe wartości przepięć mogą osiągać wartości przekraczające wytrzymałość elektryczną izolacji urządzeń w dowolnym punkcie instalacji elektrycznej. Może to być przyczyną uszkodzenia lub zniszczenia urządzeń i stanowić zagrożenie dla ludzi.

432. Jakie urządzenia stosuje się do ochrony przed przepięciami w instalacjach elektrycznych?

Do ochrony przed przepięciami w instalacjach elektrycznych stosuje się ograniczniki przepięć. Urządzenia te najczęściej zbudowane są na bazie warystorów (rezystancji zależnych od napięcia) lub iskierników. Oba elementy mogą być połączone szeregowo lub równolegle. Mogą również pracować oddzielnie.

433. Na jakie kategorie przepięć dzieli się fragmenty instalacji elektrycznej, w której mogą występować przepięcia?

W Polskiej Normie [44] poszczególne fragmenty instalacji podzielono na kategorie od IV do I, a także ustalono wymagania dotyczące wytrzymałości udarowej izolacji tych odcinków instalacji i zainstalowanych tam urządzeń:

- kategoria IV dotyczy instalacji i urządzeń na początku instalacji (podejściu do obiektu), projektowanych z uwzględnieniem zarówno przepięć atmosferycznych jak i przepięć łączeniowych. W tej kategorii przepięcia występujące w sieci 220/380 V powinny być ograniczone do 6 kV,
- kategoria III dotyczy instalacji stałych i urządzeń w instalacjach lub w częściach instalacji nie narażonych bezpośrednio na przepięcia atmosferyczne zredukowane oraz przepięcia łączeniowe (w sieci 220/380 V przepięcia powinny być ograniczone do 4 kV),
- kategoria II dotyczy urządzeń stosowanych w częściach instalacji nie narażonych bezpośrednio na przepięcia atmosferyczne ale narażone na przepięcia łączeniowe (w sieci 220/380 V przepięcia nie powinny przekraczać 2,5 kV),
- kategoria I dotyczy urządzeń i elementów stosowanych tylko w częściach instalacji, w zestawach lub wewnątrz urządzeń, w których poziom przepięć jest kontrolowany np. przez ochronniki (w sieci 220/380 V przepięcia nie powinny przekroczyć 1,5 kV).

434. Jaki jest podział ograniczników przepięć stosowanych w sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia (do 1 kV)?

Ograniczniki przepięć przeznaczone do montażu w instalacji elektrycznej niskiego napięcia (do 1 kV) można podzielić na cztery klasy. Przeznaczenie ograniczników przepięć w poszczególnych klasach, nazwę oraz miejsce ich montażu przedstawiono w tablicy 4.26.

Tablica 4.26. Podział ograniczników przepięć stosowanych w sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia (do 1 kV) [19]

Klasa	Nazwa ogranicznika	Przeznaczenie	Miejsce montażu
A	odgromnik do zastosowania w liniach napowietrznych	ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi	linie elektroenergetyczne niskiego napięcia
B (I)*	odgromnik	ochrona przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego (wyrównywanie potencjałów w obiektach budowlanych), przepięciami atmosferycznymi oraz łączeniowymi	miejsce wprowadzenia instalacji do obiektu posiadającego instalację odgromową. Złącze, rozdzielnica główna, podrozdzielnica
C (II)*	ochronnik przeciwprzepięciowy	ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, przepięciami łączeniowymi, przepięciami „przepuszczonymi” przez odgromniki	rozgałęzienia instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym, rozdzielnica główna, rozdzielnica oddziałowa, tablica rozdzielcza
D (III)*	ochronnik przeciwprzepięciowy	ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi i łączeniowymi	gniazda wtykowe lub puszki w instalacji oraz bezpośrednio w urządzeniach
Uwaga: * oznaczenie zgodnie z CEI-IEC 61643-1 (1998.02)			

435. Od czego zależy liczba stopni ochronnych oraz ich rozmieszczenie w instalacji elektrycznej obiektu?

Liczba stopni ochronnych oraz ich rozmieszczenie zależy od:

- sposobu ochrony odgromowej obiektu (obiekt posiada lub jest pozbawiony urządzenia piorunochronnego),
- rozmieszczenia urządzeń w obiekcie,
- odporności udarowej chronionych urządzeń.

W praktyce stosuje się układ jednostopniowy i wielostopniowy:

- układ jednostopniowy należy stosować:
 - w niewielkich obiektach bez instalacji piorunochronnej stosujemy tylko ograniczniki klasy C (II),
 - w obiektach posiadających instalację piorunochronną do ochrony urządzeń o odporności udarowej na poziomie 6 kV stosujemy układ ograniczników klasy B (I),
- układ wielostopniowy jest to typowy układ ochronny stosowany w obiektach posiadających instalację piorunochronną.

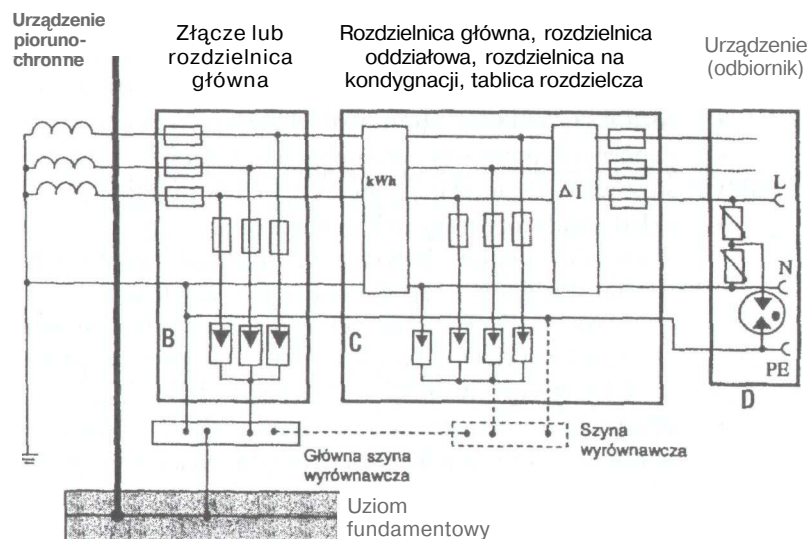
436. W jaki sposób należy instalować odgromniki tworzące pierwszy stopień ochrony i ochronniki tworzące drugi i trzeci stopień ochrony?

Odgromniki tworzące pierwszy stopień ochrony należy instalować bezpośrednio w złączu lub rozdzielnicy głównej. Odgromniki powinny być włączone między każdy przewód fazowy i uziom oraz między przewód neutralny i uziom, jeżeli przewód N nie jest na początku instalacji uziemiony.

Jeżeli stosujemy układ wielostopniowy to ochronniki przeciwprzepięciowe powinny być włączone między każdy przewód czynny (L1, L2, L3, N) i szynę uziemiającą lub przewód ochronny.

Między ogranicznikami różnych stopni należy utrzymać minimalne odległości liczone po przewodach, które podawane są przez producentów ograniczników. W przypadku ograniczników firmy DEHN odległość między odgromnikiem B i ochronnikiem przepięć klasy C powinna być większa lub równa 15 m. Między ochronnikami klasy C i klasy D odległość powinna wynosić około 5 m. W przypadku niemożności spełnienia tych wymogów z powodu parametrów instalacji należy zastępczo włączyć cewki odsprzęgające między stopnie ochrony. Ma rys. 4.52

przedstawiono wielostopniowy **układ połączeń ograniczników przepięć** w systemie sieciowym TN-C-S.



Rys. 4.52. Wielostopniowy układ połączeń ograniczników przepięć klasy B, C, D w systemie sieciowym TN-C-S. [103]

4.7.8. Sprawdzenie odbiorcze instalacji elektrycznych

437. Jakie wymagania muszą być spełnione aby instalacja mogła być przyjęta do i cji?

Każda instalacja po jej wykonaniu, a przed przekazaniem do eksploatacji powinna być poddana oględzinom i próbom celem sprawdzenia czy zostały spełnione wymagania normy [42] - „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Sprawdzanie odbiorcze”. Do odbioru powinna być przedłożona dokumentacja techniczna. Osoby dokonujące odbioru powinny mieć odpowiednie kwalifikacje zawodowe (uprawnienia budowlane). Jeżeli instalacje elektroenergetyczne mają być jednocześnie przyjęte do eksploatacji, to oprócz uprawnień budowlanych wymagane są świadectwa kwalifikacyjne serii „D” - dozoru.

438. Co mają na celu oględziny?

Oględziny mają na celu potwierdzenie, że zainstalowane urządzenia elektryczne spełniają wymagania bezpieczeństwa podane w odpowiednich normach przedmiotowych.

Oględziny należy wykonywać przed przystąpieniem do prób i po odłączeniu zasilania instalacji.

439. Co należy sprawdzić w czasie oględzin?

W zależności od potrzeb w czasie oględzin należy sprawdzić:

- sposób ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym (dotyczy ochrony podstawowej i dodatkowej),
- obecność przegród ogniowych i innych środków zapobiegających rozprzestrzenianiu się pożaru - i ochrony przed skutkami cieplnymi,
- dobór przewodów do obciążalności prądowej,
- wybór i nastawienie urządzeń ochronnych i sygnalizacyjnych,
- obecność prawidłowo umieszczonych odpowiednich urządzeń odłączających i łączących,
- dobór urządzeń i środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych,
- oznaczenia przewodów neutralnych i ochronnych,
- umieszczenie schematów i tablic ostrzegawczych,
- oznaczenia obwodów, bezpieczników, łączników, zacisków itp.,
- poprawność połączeń przewodów
- dostęp do urządzeń, umożliwiających wygodną ich obsługę i konserwację.

440. Jakie próby należy przeprowadzić podczas sprawdzenia instalacji?

W zależności od potrzeb należy przeprowadzić niżej wymienione próby, w miarę możliwości w następującej kolejności:

- ciągłość przewodów ochronnych, w tym głównych i dodatkowych połączeń wyrównawczych,
- rezystancji izolacji instalacji elektrycznej,
- ochrony przez oddzielenie od siebie obwodów (przez pomiar rezystancji),

- rezystancji podłogi i ściany,
- samoczynnego wyłączenia zasilania,
- próbę biegunowości (sprawdzić czy wszystkie łączniki są włączone jedynie w przewody fazowe).

441. Ile powinny wynosić minimalne wartości rezystancji izolacji?

Rezystancję izolacji należy zmierzyć:

- między przewodami roboczymi brany kolejno po dwa,

Uwaga: *W praktyce pomiar ten można wykonać tylko w trakcie montażu instalacji przed przyłączeniem odbiorników.*

- między każdym przewodem roboczym a ziemią.

Minimalne wartości rezystancji izolacji podane są w tablicy 4.27.

Tablica 4.27. Minimalne wartości rezystancji izolacji wg [42]

Napięcie nominalne obwodu	Napięcie probiercze prądu stałego	Rezystancja izolacji
V	V	MΩ
SELV i FELV w zależności od warunków środowiskowych	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,5
> 500 V	1000	≥ 1,0

4.7.9. Eksploatacja instalacji elektrycznych

442. Co należy do obowiązków osób eksploatujących instalacje?

Do obowiązków osób prowadzących eksploatację instalacji należy:

- pełnienie dyżurów zmianowych i wykonywanie czynności łączeniowych,
- usuwanie zakłóceń (np. wymiana wkładek topikowych, łączników itp.),
- okresowe oględziny i przeglądy instalacji,
- pomiary napięć i obciążeń,
- remonty instalacji.

443. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin instalacji elektrycznych?

Oględziny instalacji należy przeprowadzać nie rzadziej niż co 5 lat.

W zakres oględzin instalacji elektrycznej wchodzi sprawdzenie

stanu:

- widocznych części przewodów, izolatorów i ich zamocowania
- dławików uszczelniających w miejscu wprowadzenia przewodów do odbiorników, skrzynek przyłączeniowych i sprzętu,
- osłon przed uszkodzeniami mechanicznymi przewodów,
- ochrony przeciwporażeniowej,
- urządzeń sterujących, zabezpieczających i automatyki,
- stan napisów i oznaczeń, tablic ostrzegawczych.

444. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądów instalacji elektrycznych?

Terminy i zakres wykonywania przeglądów instalacji powinien wynikać z przeprowadzonych oględzin. Przeglądy instalacji powinny obejmować w szczególności:

- szczegółowe oględziny,
- sprawdzenie ciągłości przewodów ochrony przeciwporażeniowej,
- czynności konserwacyjne i naprawy zapewniające poprawną pracę instalacji,
- pomiary i próby określone w pkt. 4.7.10.

4.7.10. Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych instalacji oraz terminy wykonania [16]

Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych instalacji oraz terminy wykonania

1	2	3	4
Instalacje o napięciu znamionowym do 1 kV	Pomiar napięć i obciążeń.	Zgodnie z przepisami w sprawie obciążeń prądem przewodów i kabli.	Nie rzadziej niż co 5 lat, w miarę możliwości w okresie największego obciążenia.

1	2	3	4
j.w.	<p>Sprawdzenie skuteczności działania środków ochrony przeciwporażeniowej.</p> <p>Pomiar rezystancji uziemień roboczych i ochronnych.</p> <p>Sprawdzenie ciągłości przewodów ochrony przeciwporażeniowej.</p>	Zgodnie z przepisami w sprawie ochrony przeciwporażeniowej.	<p>1. Instalacja na otwartym powietrzu albo w pomieszczeniach o wilgotności względnej ok. 100% o temp. powietrza wyższej niż +35°C lub o wyziewach żrących - nie rzadziej niż raz w roku.</p> <p>2. Instalacje w pomieszczeniach o wilgotności względnej wyższej niż 75% do 100% zapyłonych oraz zaliczonych do kat. I, II i III niebezpieczeństwa pożarowego lub kat. I, II i III zagrożenia ludzi - nie rzadziej niż co 5 lat.</p> <p>3. Instalacje w pozostałych pomieszczeniach - nie rzadziej niż co 5 lat.</p>
	<p>Pomiar rezystancji izolacji przewodów roboczych instalacji.</p>	Odpowiadające wymaganiom przy przyjmowaniu do eksploatacji.	<p>1. Instalacje w pomieszczeniach o wyziewach żrących lub zaliczonych do kat. I, II i III niebezpieczeństwa pożarowego lub kat. I, II i III zagrożenia ludzi - nie rzadziej niż raz w roku.</p> <p>2. Instalacja na otwartym powietrzu albo w pomieszczeniach o wilgotności względnej wyższej niż 75% do 100%, o temp. powietrza wyższej niż +35°C lub zapyłonych - nie rzadziej niż co 5 lat.</p> <p>3. Instalacje w pozostałych pomieszczeniach - nie rzadziej niż co 5 lat.</p>

4.8. Baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej

4.8.1. Budowa baterii kondensatorów

445. Co nazywamy baterią kondensatorów?

Baterią kondensatorów nazywamy zestaw złożony z połączonych elektrycznie jednostek kondensatorowych oraz pomocniczych urządzeń związanych z ich ruchem elektrycznym.

446. Jakie urządzenia zalicza się do urządzeń pomocniczych baterii kondensatorów?

Do urządzeń pomocniczych związanych z ruchem baterii kondensatorów zalicza się oporniki rozładownicze, układy zabezpieczeń i sterowania, urządzenia ochrony przeciwporażeniowej.

447. Co nazywamy członem baterii kondensatorów?

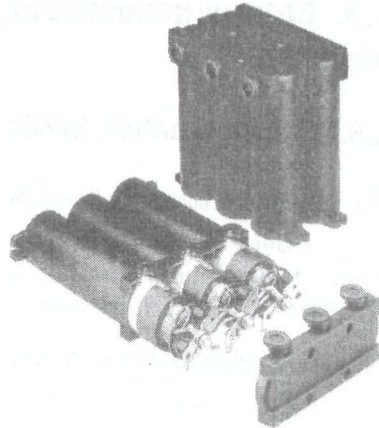
Członem baterii kondensatorów nazywamy elektrycznie wydzieloną część baterii kondensatorów, wyposażoną w aparat łączeniowy umożliwiającą jej włączenie i wyłączenie spod napięcia, niezależnie od innych części baterii.

448. Jakie łączniki należy stosować do włączania i wyłączania baterii kondensatorów spod napięcia i ich członów o napięciu do 1 kV?

Do włączania i wyłączania spod napięcia baterii kondensatorów i ich członów o napięciu do 1 kV należy w zależności od wartości prądów i częstotliwości łączeń stosować styczniki, wyłączniki lub rozłączniki.

449. Jakie kondensatory stosowane są w bateriach o napięciu do 1 kV?

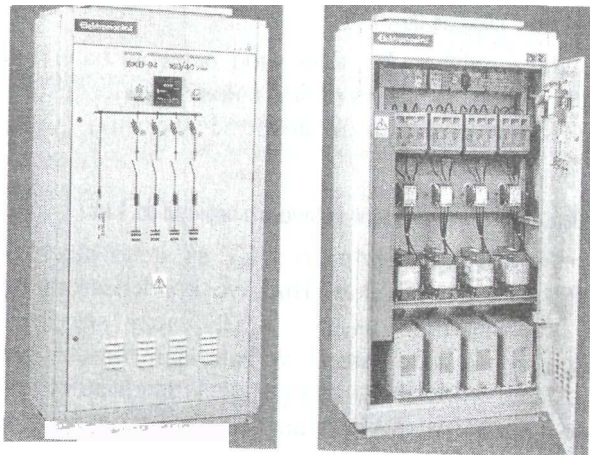
W bateriach o napięciu do 1 kV są stosowane kondensatory trójfazowe połączone w trójkąt. Budowę kondensatora nowoczesnej konstrukcji przedstawiono na rys. 4.53. Łączy się je równolegle, otrzymując potrzebną moc baterii. W bateriach o mocy znamionowej do kilkudziesięciu kilowarów stosuje się kondensatory o mocy znamionowej do 12,5 kVAr. W bateriach o większej mocy znamionowej są stosowane kondensatory od 20 kVAr do 50 kVAr.



Rys. 4.53. Budowa kondensatorów nowoczesnej konstrukcji. [91]

450. Z jakich podstawowych członów składa się bateria kondensatorów?

Bateria kondensatorów składa się z członu zasilającego-sterowniczego oraz odpowiedniej liczby członów kondensatorowych. Człon kondensatorowy zazwyczaj załączany jest stycznikiem. Do rozładowania baterii służą rezystory rozładowcze, zamontowane między izolatorami przepustowymi każdego kondensatora. Konstrukcja baterii umożliwia jej ustawienie w pomieszczeniach ogólnie dostępnych. Przykładowy typ takiej baterii kondensatorów pokazano na rys. 4.54.



Rys. 4.54. Bateria kondensatorów słatycyviych.

451. Przy jakiej temperaturze otoczenia mogą pracować kondensatory energetyczne?

Kondensatory energetyczne niskiego i wysokiego napięcia, przystosowane do eksploatacji w pomieszczeniach zamkniętych, mogą pracować przy temperaturze otoczenia w granicach od -10°C do $+45^{\circ}\text{C}$. Kondensatory energetyczne wysokiego napięcia, przystosowane do pracy w przestrzeni otwartej (na wolnym powietrzu) mogą pracować przy temperaturze otoczenia w granicach od -40°C do $+45^{\circ}\text{C}$.

452. Jakie baterie kondensatorów nie muszą posiadać urządzenia rozładowczego?

Urządzenia rozładowcze mogą nie posiadać baterie kondensatorów przyłączone bezpośrednio (bez łączników) do zacisków uzwojeń silników, transformatorów lub przekładników napięciowych.

453. W jakim czasie następuje rozładowanie kondensatorów energetycznych przez oporniki rozładowcze?

Oporniki rozładowcze kondensatorów energetycznych niskiego napięcia są tak dobrane przez wytwórcę, że po odłączeniu kondensatora od sieci napięcie na kondensatorze zostaje obniżone do 50 V w czasie 60 sekund.

Czas rozładowania kondensatorów wysokiego napięcia wynosi 300 sekund.

454. Jak powinny być przyłączone i rozmieszczone urządzenia rozładowcze i zaciski uziemiające w baterii kondensatorów?

Baterie kondensatorów, a w razie podziału baterii na człony - każdy jej człon należy wyposażyć w urządzenia rozładowcze przyłączone na stałe oraz odpowiednio rozmieszczone zaciski uziemiające. Zaciski uziemiające należy tak rozmieścić w baterii kondensatorów, aby istniała możliwość dogodnego wykonania dodatkowego rozładowania całej baterii i poszczególnych jej członów oraz uziemienia faz i punktu zerowego baterii.

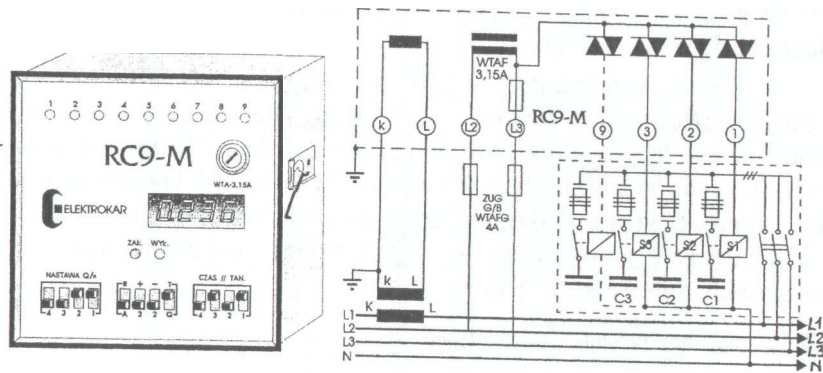
455. Do czego służą regulatory mocy biernej?

Regulatory mocy biernej przeznaczone są do automatycznej regulacji mocy załączonych kondensatorów w baterii, zgodnie z chwilowym zapotrzebowaniem sieci tak, aby współczynnik mocy $\cos\varphi$ osiągnął wartość bliską jedności. Obecnie na rynku znajdują się różnego

rodzaju regulatory mocy biernej produkcji krajowej i zagranicznej. Posiadają one różną ilość wyjść np. 5, 6, 12 sterujących stycznikami baterii kondensatorów przy dowolnym szeregu regulacyjnym od 1:1:1:1 do geometrycznego 1:2:4:8:16. Regulatory posiadają wiele funkcji i zabezpieczeń jak:

- prawidłowość połączenia regulatora,
- ręczna regulacja pracą baterii,
- zabezpieczenie baterii przed nadmiernym wzrostem napięcia zasilającego (odłączenie kondensatorów przy przekroczeniu $1,1 U_n$),
- zabezpieczenie przed nadmierną temperaturą otoczenia,
- sygnalizacja uszkodzenia baterii,
- analogowe lub cyfrowe mierniki pozwalające na pomiar $\cos\varphi$ i mocy czynnej, biernej, napięcia fazowego i natężenia prądu oraz zawartości wyższych harmonicznych,
- wyjście do współpracy z komputerem.

Wygląd elektronicznego regulatora mocy biernej przedstawiono na rys. 4.55.



Rys. 4.55. Elektroniczny regulator mocy biernej RC9-M: a) płyta czołowa regulatora, b) układ pomocniczy.

4.8.2. Rodzaje kompensacji mocy biernej za pomocą kondensatorów

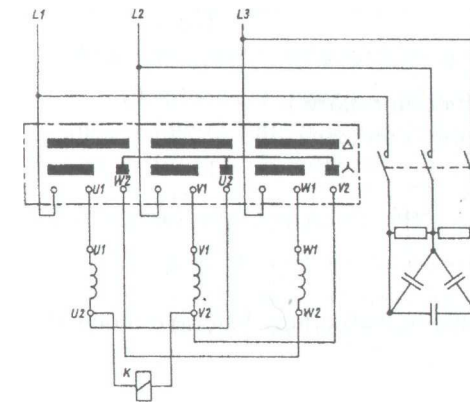
456. Jakie istnieją sposoby kompensacji mocy biernej?

Istnieją cztery sposoby kompensacji mocy biernej. Są to:

- 1) Kompensacja centralna - polegająca na zainstalowaniu baterii kondensatorów w stacji zasilającej po stronie wysokiego lub niskiego napięcia;
- 2) Kompensacja grupowa - polegająca na przyłączaniu poszczególnych baterii do szyn rozdzielni niskiego napięcia w stacjach oddziałowych lub punktach zgrupowania odbiorników pobierających energię bierną;
- 3) Kompensacja indywidualna - polega na przyłączeniu kondensatorów wprost do zacisków odbiornika;
- 4) Kompensacja mieszana - polega na stosowaniu wszystkich sposobów rozmieszczenia kondensatorów.

457. W jaki sposób powinny być przyłączone baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej silników wyposażonych w przełącznik gwiazda trójkąt?

Przy stosowaniu indywidualnej kompensacji mocy biernej silników wyposażonych w przełączniki gwiazda trójkąt baterie kondensatorów powinny być przyłączone w sposób uniemożliwiający powstanie, w czasie przełączania, przerwy w obwodzie: bateria kondensatorów - uzwojenie silnika (rys. 4.56).



Rys. 4.56. Schemat połączeń kondensatora trójfazowego do kompensacji mocy biernej silnika załączanego przełącznikiem gwiazda-trójkąt.

4.8.3. Dobór mocy baterii do kompensacji mocy biernej

458. Ile powinny wynosić moce znamionowe baterii kondensatorów przeznaczonych do kompensacji mocy biernej silników elektrycznych lub transformatorów?

Moce znamionowe baterii kondensatorów, przeznaczonych do kompensacji mocy biernej silników elektrycznych lub transformatorów, nie powinny być większe od ich mocy biernych stanu jałowego.

459. W jaki sposób dobieramy moc baterii kondensatorów do kompensacji grupowej?

Moc baterii kondensatorów do kompensacji grupowej dobieramy na podstawie danych znamionowych odbiorników w następujący sposób:

- należy ustalić następujące wielkości:

P_n - moce czynne znamionowe odbiorników w kW,

Q_n - moce bierne znamionowe odbiorników w kVAr.

Moc bierną znamionową odbiornika obliczamy ze wzoru:

$$Q_n = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n \quad (1)$$

przy czym: $\operatorname{tg} \varphi_n$ - obliczamy z $\cos \varphi_n$ odbiornika,
 $\operatorname{tg} \varphi_z$ - wartość tangensa φ , którą chcemy uzyskać (np. z umowy z zakładem energetycznym),
 $\operatorname{tg} \varphi_0$ - wartość tangensa φ odbiorników obliczona ze wzoru:

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\sum Q_n}{\sum P_n} \quad (2)$$

$P_{\max} = \sum P_n$ (suma mocy czynnych odbiorników).

Moc potrzebnej baterii Q_c obliczamy z zależności;

$$Q_c = P_{\max} (\operatorname{tg} \varphi_0 - \operatorname{tg} \varphi_z) \quad (3)$$

Z katalogu firm produkujących baterie wybieramy **baterie o mocy zbliżonej** do wyliczonej ze wzoru 3.

4.8.4. Eksploatacja baterii kondensatorów do kompensacji mocy biernej

4.8.4.1. Prowadzenie eksploatacji i programy pracy

460. Kiedy może nastąpić przyjęcie do eksploatacji baterii kondensatorów?

Przyjęcie do eksploatacji baterii nowych lub po remoncie może nastąpić po przeprowadzeniu badań odbiorczych z wynikiem pozytywnym odpowiadającym właściwej normie oraz po przeprowadzeniu prób pracy baterii.

461. Na czym polega próba pracy baterii?

Próba pracy baterii polega na sprawdzeniu pracy regulatora, a następnie na załączeniu baterii do sieci na okres 24 godzin. Podczas próbnej pracy należy co godzinę mierzyć temperaturę wewnątrz baterii i w pomieszczeniu. Po około dwunastu godzinach temperatura powinna się ustalić. Temperatura wewnątrz baterii powinna wynosić 45°C, a w pomieszczeniu 35°C. Podczas próbnej pracy obserwuje się kondensatory. Nie powinny występować szумы, trzaski, iskrzenie na rezystorach rozładowczych, znaczne wybrzuszenie ścianek, wycieki syciwa. Po upływie 24 godzin baterię wyłącza się. Po rozładowaniu kondensatorów przez rezystory rozładowawcze oraz po obowiązkowym dodatkowym rozładowaniu każdego kondensatora drążkiem do rozładowania (rys. 7.4), dokonuje się oględzin baterii. Po usunięciu ewentualnych usterek można baterię przekazać do eksploatacji.

462. W jaki sposób powinna być prowadzona eksploatacja baterii kondensatorów?

Eksploatacja baterii kondensatorów powinna być prowadzona zgodnie z instrukcją eksploatacji na podstawie programów pracy (nie dotyczy baterii przyłączonych bezpośrednio do urządzeń).

463. Co powinien uwzględnić program pracy?

Program pracy powinien uwzględniać w szczególności:

- utrzymanie wymaganego stopnia skompensowania mocy biernej we wspólnej sieci elektroenergetycznej, ustalonej

na podstawie przebiegów dobowych i sezonowych obciążeń i poziomu napięć,

- utrzymanie wymaganego współczynnika mocy, ustalonego przez jednostkę zarządzającą wspólną siecią,
- wyeliminowanie lub ograniczenie przekompensowania,
- wnioski i polecenia jednostek upoważnionych do dysponowania mocą, zmierzające do poprawy warunków pracy urządzeń wspólnej sieci.

Programy pracy baterii kondensatorów powinny być opracowywane nie rzadziej niż co 5 lat, a dla baterii wyposażonych w regulację ręczną- nie rzadziej niż raz w roku.

464. Kiedy wolno załączyć ponownie pod napięcie baterię kondensatorów wyłączoną samoczynnie przez zabezpieczenie?

Baterie wyłączone samoczynnie przez zabezpieczenie można załączyć ponownie po usunięciu przyczyn wyłączenia.

Dopuszcza się jednorazowe załączenie bez usunięcia przyczyn wyłączenia baterii, jeżeli załączenie to ułatwi umiejscowienie uszkodzeń.

465. Kiedy baterię należy wyłączyć spod napięcia, niezależnie od wyłączeń programowych?

Baterię kondensatorów należy wyłączyć spod napięcia, niezależnie od wyłączeń programowych w razie:

- wzrostu napięcia na zaciskach baterii powyżej wartości, przy której na zaciskach poszczególnych kondensatorów utrzymywałyby się w sposób trwały napięcie wyższe niż 110% napięcia znamionowego,
- wzrostu ustalonego prądu powyżej 130% prądu znamionowego, wystąpienia różnych prądów fazowych w stosunku do prądu fazy o największym obciążeniu przekraczającym 5% dla baterii łączonych w gwiazdę i 10% dla łączonych w trójkąt,
- wystąpienie temperatury otoczenia przekraczającej dopuszczalną wartość określoną w instrukcji fabrycznej,
- wyraźnego wybrzuszenia kadzi kondensatora,
- przegrzanie kondensatora (zmiany barwy znacznika termokolorowego),

- śladów przegrzania zacisków kondensatorów **lub połączeń** przewodów,
- wyraźnego wycieku syciwa z kondensatora,
- stwierdzenia innych zakłóceń i uszkodzeń.

466. Jakie środki bezpieczeństwa należy zachować przed dotknięciem lub zbliżeniem się do baterii wyłączonej spod napięcia?

Przed dotknięciem się lub zbliżeniem do części wiodących prąd oraz do nieuziemionej części obudowy kondensatorów należy, niezależnie od rozładowania samoczynnego, przeprowadzić rozładowanie poszczególnych grup i całej baterii za pomocą uziemionego drążka (rys. 7.4). Przerwanie obwodu rozładowania może nastąpić po całkowitym rozładowaniu baterii.

467. W jakich terminach powinna być dokonywana ocena stanu technicznego baterii kondensatorów?

Ocena stanu technicznego baterii kondensatorów powinna być przeprowadzona nie rzadziej niż raz na 5 lat.

4.8.4.2. Oględziny i przeglądy baterii kondensatorów

468. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin baterii kondensatorów?

W zakres oględzin kondensatorów wchodzi sprawdzenie:

- stanu kondensatorów (wybrzuszenia wycieki),
- stan nagrzania poszczególnych kondensatorów, jeżeli każde kondensatorów oznakowano termokolorami,
- stan izolatorów, konstrukcji nośnej i przewodów roboczych,
- stan urządzeń rozładowczych,
- stan połączeń i przewodów roboczych,
- stan połączeń i przewodów ochrony przeciwporażeniowej,
- stan aparatury łączeniowej, zabezpieczeń, regulatorów,
- stan wskazań aparatury pomiarowej.

469. W jakich terminach przeprowadza się oględziny baterii kondensatorów?

Oględziny baterii kondensatorów należy przeprowadzać **nie** rzadziej niż raz w roku, oraz:

- po stwierdzeniu nieprawidłowości pracy baterii,
- bezpośrednio przed załączeniem pod napięcie baterii kondensatorów przez obsługę, jeżeli w okresie postoju baterii mogły powstać okoliczności mogące w czasie załączania stanowić zagrożenie dla ludzi lub otoczenia.

Oględziny baterii kondensatorów przyłączonych bezpośrednio (bez łączników) do urządzeń elektroenergetycznych należy przeprowadzić podczas oględzin tych urządzeń.

470. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu baterii kondensatorów?

W zakres przeglądu baterii kondensatorów wchodzi następujące czynności:

- oględziny,
- sprawdzenie stopnia nagrzania poszczególnych kondensatorów,
- stwierdzenie w drodze pomiaru braku zwarcia pomiędzy zaciskami a obudową kondensatora z izolowanymi wszystkimi biegunami,
- pomiar napięcia zasilania,
- pomiar obciążenia prądowego poszczególnych faz baterii,
- kontrola równomierności obciążenia poszczególnych faz baterii,
- sprawdzenie ciągłości obwodu rozładowania,
- sprawdzenie poprawności nastawienia zabezpieczeń,
- sprawdzenie ochrony przeciwporażeniowej,
- próby funkcjonowania łączników i zabezpieczeń,
- czynności konserwacyjne.

Terminy i zakresy przeglądów baterii kondensatorów powinny wynikać z przeprowadzonych oględzin oraz oceny stanu technicznego baterii.

4.8.4.3. Pomiary eksploatacyjne

471. Kiedy dokonuje się pomiarów pojemności kondensatorów?

Pomiarów pojemności kondensatorów oraz kontrolę równomiernego rozkładu pojemności na poszczególne fazy i grupy baterii dokonuje się:

- po wymianie kondensatora lub powiększenia mocy,
- po wystąpieniu nierównomiernego obciążenia poszczególnych faz baterii,
- po wystąpieniu znacznych asymetrii napięć w sieci elektroenergetycznej spowodowanych pracą baterii kondensatorów,
- po wykryciu na kondensatorach śladów prądu zwarcia doziemnego lub śladów przegrzania.

472. Kiedy wyniki pomiarów należy uznać za pozytywne?

Wyniki pomiarów należy uznać za pozytywne jeżeli:

- 1) różnica pojemności kondensatora w stosunku do wartości pojemności pomierzonej przy przyjmowaniu do eksploatacji nie przekracza:
 - 3% - dla kondensatorów o napięciu wyższym niż 1 kV,
 - 15 % - dla kondensatorów o napięciu do 1 kV;
- 2) różnica pojemności poszczególnych faz baterii, w odniesieniu do fazy o największej pojemności, nie przekracza:
 - 5% - dla baterii łączonych w gwiazdę,
 - 15% - dla baterii łączonych w trójkąt;
- 3) różnica pojemności dla grup łączonych szeregowo w fazie baterii nie przekracza 4% w odniesieniu do grupy o największej pojemności.

4.9. Spawarki i zgrzewarki

4.9.1. Rodzaje i budowa spawarek

473. Na czym polega spawanie elektryczne?

Spawanie elektryczne polega na łączeniu metali przez topienie brzegów części łączonych za pomocą łuku elektrycznego, przy użyciu elektrod lub drutu spawalniczego.

474. Jakiego rodzaju spawarki stosuje się do spawania elektrycznego metali?

Do spawania elektrycznego metali stosuje się następujące rodzaje spawarek:

- spawarki wirujące,
- spawarki transformatorowe (transformatory spawalnicze),
- spawarki prostownikowe (prostowniki spawalnicze).

475. Jakie właściwości muszą mieć spawarki?

Spawarki muszą mieć właściwości umożliwiające zapalenie i utrzymanie się łuku elektrycznego przez dłuższy czas. Napięcie zapłonowe (biegu jałowego) potrzebne do zapalenia się łuku elektrycznego wynosi od 55 V do 100 V. Napięcie przy którym łuk się pali wynosi około 25 V.

476. Jak zbudowane spawarki wirujące?

Spawarki wirujące są zespołami dwumaszynowymi składającymi się z silnika napędowego i prądnicy spawalniczej. Silnikiem napędowym jest zazwyczaj trójfazowy silnik indukcyjny (rzadziej spalinowy lub prądu stałego). Najczęściej stosowaną prądnicą spawalniczą jest prądnica z polem poprzecznym (Rosenberga) lub prądnica obcowzbudna z uzwojeniem rozmagnesowującym.

477. Jakie zalety i wady mają spawarki wirujące?

Spawarki wirujące mają następujące zalety:

- brak wpływu wahań napięcia sieci na proces spawania,
- dobre własności spawalnicze,
- wysoki współczynnik mocy,

- symetryczne obciążenie sieci elektrycznej.

Do wad zalicza się:

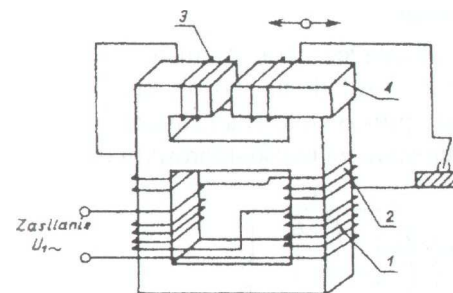
- małą sprawność,
- wysoką cenę,
- duże natężenie hałasu.

Wady te powodują, że wycofane są z produkcji, a stosowanie ich jest ograniczone do niezbędnych przypadków.

478. Jak zbudowane są transformatory spawalnicze?

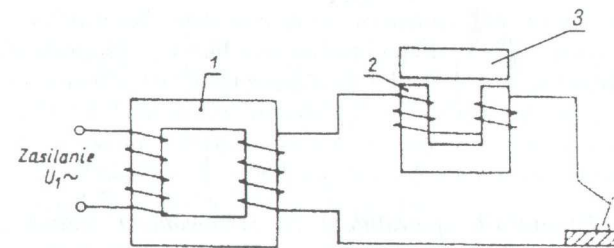
Transformatory spawalnicze budowane są najczęściej jako:

- a) transformatory spawalnicze z dławikiem na wspólnym rdzeniu (rys. 4.57),



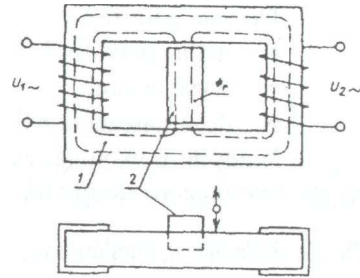
Rys. 4.57. Transformator spawalniczy z dławikiem na wspólnym rdzeniu: 1 — uzwojenie pierwotne, 2 — uzwojenie wtórne, 3 — uzwojenie dławika, 4 — ruchoma część rdzenia.

- b) transformator spawalniczy z oddzielnym dławikiem (rys. 4.58),



Rys. 4.58. Transformator spawalniczy z oddzielnym dławikiem: 1 — transformator, 2 — dławik, 3 — ruchoma część rdzenia dławika.

c) transformator spawalniczy z bocznikiem magnetycznym (rys. 4.59).



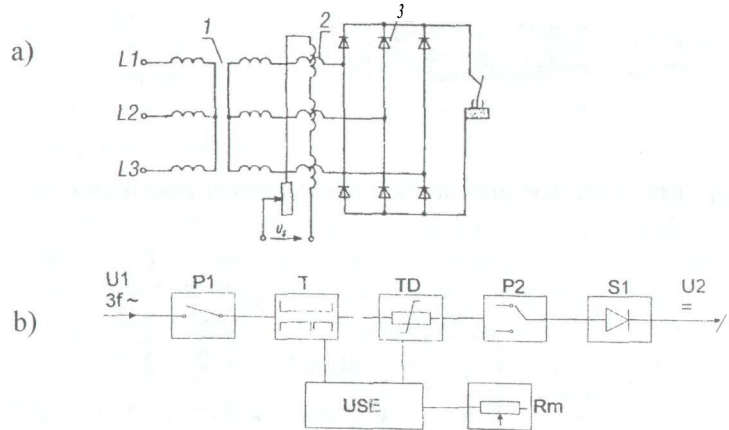
Rys. 4.59. Transformator spawalniczy z bocznikiem magnetycznym:
1 - rdzeń transformatora,
2 - bocznik magnetyczny.

Regulację prądu spawania uzyskuje się przez zmianę reaktancji indukcyjnej w obwodzie za pomocą dławika lub bocznika magnetycznego. Spawarki transformatorowe posiadają dużą sprawność.

479. Jak zbudowane są prostowniki spawalnicze?

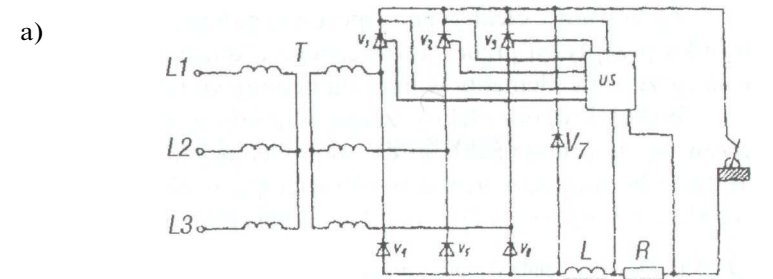
Prostownik spawalniczy składa się z transformatora zasilającego oraz zespołu prostowniczego. Ze względu na sposób regulacji prądu spawania rozróżniamy następujące prostowniki spawalnicze:

a) prostownik spawalniczy ze sterowaniem transduktorowym (rys. 4.60),

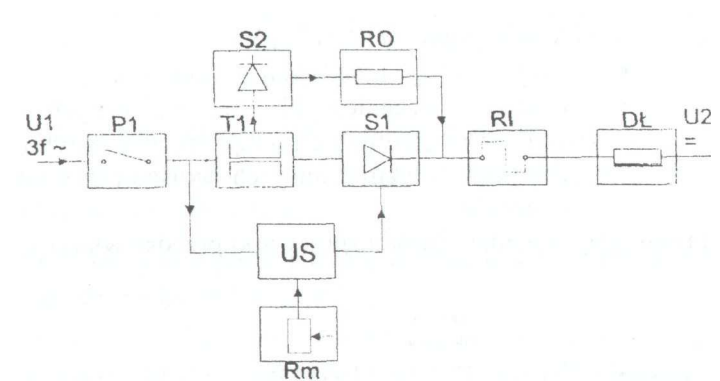


Rys. 4.60. Prostownik spawalniczy ze sterowaniem transduktorowym:
a) schemat ideowy: 1 - transformator zasilający, 2 - inrnsduktor, 3 — zespół prostowniczy, **b) schemat blokowy:** P1 - łącznik sieciowy, T - transformator, TD - transduktor, P2 - przełącznik zakresów, S1 - prostownik, R,, - regulacja prądu spawania.

b) prostownik spawalniczy z układem sterowania tyrystorów (rys. 4.61),



a)



Rys. 4.61. Prostownik spawalniczy z układem sterowania tyrystorów,
a) schemat ideowy: T- transformator zasilający, VI—V2 -prostownik tyrystorowo-diodowy, US - układ sterujący, R - bocznik pomiarowy, L - dławik, V₇ - dioda zerowa, **b) schemat blokowy:** P1 — łącznik sieciowy, T1 - transformator zasilający, S1 — prostownik regulowany, RI — bocznik pomiarowy, DL - dławik, RO — rezystor, S-2 -prostownik, US - elektroniczny układ sterowania tyrystorów, R,, - regulacja prądu spawania.

c) prostownik spawalniczy z regulacją za pomocą zaczepów transformatora.

Sprawność prostowników spawalniczych wynosi (65-72)%

4.9.2. Rodzaje i budowa zgrzewarek

480. Na czym polega zgrzewanie elektryczne oporowe?

Zgrzewanie elektryczne oporowe polega na łączeniu metali w wyniku przepływu prądu elektrycznego o dużej gęstości i działania siły na zgrzewane elementy w miejscu przepływu prądu.

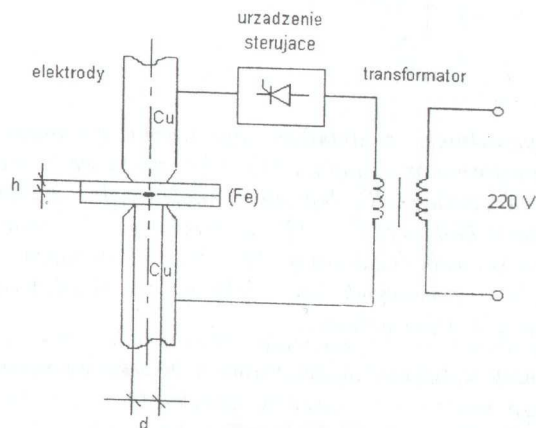
Wskutek oporu elektrycznego w miejscu styczności materiały nagrzewają się (ciepło Joule'a) do odpowiedniej temperatury zależnej od rodzaju łączonych materiałów. Wywierając nacisk na tak rozgrzane materiały uzyskuje się połączenie (bez użycia dodatkowego spoiwa).

481. Z jakich zespołów składa się zgrzewarka?

Zgrzewarka składa się z następujących zespołów:

- transformatora dostarczającego prąd o dużym natężeniu i niskim napięciu (2,5-5-15) V,
- elektronicznego urządzenia sterującego,
- urządzeń mechanicznych, pneumatycznych, hydraulicznych spełniające różne funkcje między innymi służące do uchwycenia elektrod oraz ich dociśnięcie w odpowiednim momencie.

Uproszczony schemat obwodu zgrzewarki przedstawiono na rys. 4.62.



Rys. 4.62. Uproszczony schemat obwodu zgrzewarki.

482. Jaki jest podział zgrzewarek według rodzaju wykonywanych złączy?

Zgrzewarki dzielimy według rodzaju wykonywanych **złączy** na:

- doczołowe,
- punktowe,
- liniowe.

4.9.3. Eksploatacja spawarek i zgrzewarek

4.9.3.1. Zagadnienia ogólne

483. Kiedy urządzenie spawalnicze (spawarka lub zgrzewarka) może być przyjęte do eksploatacji?

Urządzenie spawalnicze nowe lub po remoncie może być przyjęte do eksploatacji po stwierdzeniu pozytywnych badań przeprowadzonych w zakresie ustalonym w pkt. 4.9.4.

484. W jaki sposób powinny być łączone przewody spawalnicze powrotne?

Przewody spawalnicze powrotne powinny być łączone bezpośrednio z przedmiotem spawanym.

485. W jaki sposób należy zabezpieczać przewody zasilające urządzenia oraz przewody spawalnicze przed uszkodzeniem mechanicznym?

Przewody zasilające oraz spawalnicze powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi w następujący sposób:

- prowadzić je trasą wykluczającą możliwość uszkodzeń przez ruch urządzeń transportowych,
- zawiesić je na odpowiednich stojakach przenośnych,
- zabezpieczyć odpowiednimi osłonami.

486. Gdzie nie wolno używać spawarek transformatorowych?

Spawarek transformatorowych nie wolno używać do spawania ręcznego w pomieszczeniach ciasnych oraz na podłożu przewodzącym prąd, w szczególności metalowym lub wilgotnym.

487. Jakie napisy i oznaczenia powinny być umieszczone na urządzeniach spawalniczych?

Na urządzeniach spawalniczych powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące napisy i oznaczenia:

- na wszystkich elementach urządzenia spawalniczego - symbole zgodne z dokumentacją techniczno-ruchową,
- symbole zacisków ochronnych i wyprowadzeń końców uzwojeń oraz dane na tabliczkach znamionowych,
- napisy na podstawach gniazd bezpiecznikowych, określające wymagane prądy wkładek,
- napisy określające funkcje przycisków sterowniczych, przełączników i innych elementów sterowania,
- napisy o stosowanych zabezpieczeniach i wielkość ich nastawienia.

488. W jakich warunkach powinna odbywać się eksploatacja spawarek?

Eksploatacja spawarek powinna odbywać się w warunkach uniemożliwiających przepływ prądu spawania w przewodach neutralnych i ochronnych obwodów elektrycznych zasilających spawarki lub inne urządzenia w miejscu ich zainstalowania.

489. Ile powinno wynosić napięcie urządzeń spawalniczych w stanie jałowym?

Napięcie w stanie jałowym urządzeń spawalniczych nie może przekraczać wartości ustalonych w normach lub warunkach technicznych (podane jest w DTR).

490. Jakie powinny być długości i przekroje przewodów spawalniczych?

Długości i przekroje przewodów spawalniczych powinny być dostosowane do znamionowych prądów spawania i zapewniać możliwie jak najniższe straty energii.

491. Kiedy wolno ponownie uruchomić urządzenie spawalnicze wyłączone samoczynnie przez zabezpieczenie?

Urządzenie spawalnicze wyłączone samoczynnie przez zabezpieczenie można ponownie uruchomić po oględzinach i stwierdzeniu, że nie występują objawy świadczące o uszkodzeniach. W razie po-

wtórnego wyłączenia urządzenia przez zabezpieczenie, uruchomienie może nastąpić po usunięciu przyczyn wyłączenia.

492. Kiedy urządzenia spawalnicze należy wyłączyć spod napięcia?

Urządzenia spawalnicze należy wyłączyć spod napięcia na okres każdej przerwy w pracy trwającej ponad:

- 5 minut - w czasie ręcznego spawania,
- 10 minut - w razie spawania lub zgrzewania automatycznego.

493. Kiedy pracę urządzeń spawalniczych należy wstrzymać?

Pracę urządzeń spawalniczych należy wstrzymać w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia oraz w razie stwierdzenia uszkodzenia, a w szczególności:

- nadmiernego nagrzewania się poszczególnych części urządzenia,
- wzrostu temperatury czynnika chłodzącego,
- pojawieniu się dymu, ognia lub zapachu spalonej izolacji,
- nadmiernych drgań i nadmiernego poziomu hałasu,
- uszkodzenia instalacji wodnej lub pneumatycznej,
- uszkodzenia układów sterowania i automatycznej regulacji napięcia i prądu.

494. Na podstawie czego oceniamy stan techniczny urządzeń spawalniczych i ich zdolność do pracy?

Stan techniczny urządzeń spawalniczych i ich zdolność do pracy określamy na podstawie oględzin i przeglądów przeprowadzanych okresowo.

4.9.3.2. Oględziny i przeglądy

495. W jakich terminach przeprowadza się oględziny urządzeń spawalniczych?

Oględziny, urządzeń spawalniczych należy przeprowadzać w czasie ruchu i w czasie postoju w zakresie i terminach ustalonych w instrukcji eksploatacji, jednak nie rzadziej niż raz na kwartał.

496. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin w czasie ruchu?

Przy przeprowadzaniu oględzin w czasie **ruchu urządzenia** spawalniczego należy sprawdzić w szczególności stan:

- zabezpieczeń, regulatorów i łączników,
- połączeń mechanicznych i elektrycznych,
- ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- przewodów spawalniczych,
- działania przyrządów pomiarowych, urządzeń sterowania i sygnalizacji,
- nagrzania obudowy i łożysk oraz poziomu hałasu i drgań,
- układów chłodzenia,
- pomieszczeń, w których pracują urządzenia spawalnicze,
- czystości urządzeń spawalniczych.

W razie stwierdzenia w czasie oględzin nieprawidłowości należy wykonać zabiegi konserwacyjne lub przekazać urządzenie spawalnicze do remontu.

497. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy urządzeń spawalniczych?

Przeglądy urządzeń spawalniczych należy przeprowadzać po uprzednim wyłączeniu ich spod napięcia, w terminach ustalonych w dokumentacji fabrycznej, lecz nie rzadziej niż raz w roku.

498. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu?

Przeglądy powinny obejmować w szczególności:

- szczegółowe oględziny,
- czynności konserwacyjne w zakresie zgodnym z dokumentacją fabryczną,
- badania stanu technicznego w zakresie ustalonym w pkt. 4.9.4.,
- sprawdzenie stanu technicznego i przeprowadzenie oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie stanu łożysk, napędów i prądnic,
- wymianę zużytych części i usunięcie zauważonych uszkodzeń,
- stwierdzenie zadowalających wyników ruchu próbnego.

499. Co należy sprawdzić w czasie ruchu próbnego urządzenia spawalniczego?

W czasie ruchu próbnego urządzenia spawalniczego należy sprawdzić w szczególności:

- prawidłowość działania zaworów i regulacji układu chłodzenia i układu pneumatycznego,
- prawidłowość działania automatycznego sterowania pracą urządzeń spawalniczych,
- stan i prawidłowość ustawienia elektrod,
- czas poszczególnych faz zgrzewania docisku i przerwy,
- działanie przełącznika dla ustalenia zgrzewania pojedynczego lub ciągłego.

Wyniki przeglądów i zakresy wykonanych czynności konserwacyjno-remontowych należy odnotować w dokumentacji eksploatacyjnej urządzenia spawalniczego.

500. Kiedy wyniki pomiarów wykonane w czasie eksploatacji urządzeń spawalniczych należy uznać za zadowalające?

Wyniki pomiarów wykonane w czasie eksploatacji urządzeń spawalniczych należy uznać za zadowalające, jeżeli:

- odpowiadają wymaganiom ustalonym w pkt. 4.9.4,
- wartości rezystancji izolacji uzwojeń napędów elektrycznych urządzeń spawalniczych odpowiadają wymaganiom ustalonym w szczegółowych zasadach eksploatacji elektrycznych urządzeń napędowych,
- rezystancja izolacji urządzeń spawalniczych w pomieszczeniach o dużej wilgotności wynosi nie mniej niż 0,5 MO.

4.9.4. Zakres badań technicznych dla urządzeń spawalniczych

Zakres badań technicznych dla urządzeń spawalniczych [16]

Zakres badań	Wymagania techniczne			
	spawarki wirujące	spawarki transformatorowe	spawarki prostownikowe	zgrzewarki
1. Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej.	Ochrona przeciwporażeniowa powinna odpowiadać wymaganiom ustalonym w przepisach w sprawie ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach elektroenergetycznych oraz wymaganiom dodatkowym wynikającym z dokumentacji fabrycznej i lokalnych warunków pracy urządzenia.			
2. Pomiar napięcia biegu jałowego po stronie wtórnej.	Wielkość napięcia powinna być zgodna z normami, a w razie ich braku - z dokumentacją fabryczną.			
3. Pomiar rezystancji izolacji napędu elektrycznego.	Rezystancja izolacji powinna odpowiadać wymaganiom ustalonym w szczegółowych zasadach eksploatacji elektrycznych urządzeń napędowych.			
4. Pomiar rezystancji izolacji transformatora pomiędzy uzwojeniem pierwotnym i wtórnym a obudową.	-	Rezystancja izolacji mierzona megomierzem 1000 V nie mniejsza niż 2 MΩ.	Rezystancja izolacji mierzona megomierzem 1000 V powinna być nie mniejsza od wartości podanych w dokumentacji fabrycznej.	-
5. Pomiar rezystancji izolacji transformatora pomiędzy uzwojeniem wtórnym a pierwotnym oraz uzwojeniem pierwotnym a obudową.	-	-	-	Rezystancja izolacji mierzona megomierzem 1000 V powinna być nie mniejsza niż 2 MΩ.

Zakres badań	Wymagania techniczne			
	spawarki wirujące	spawarki transformatorowe	spawarki prostownikowe	zgrzewarki
(i. Pomiar rezystancji izolacji innych elementów urządzeń i instalacji elektrycznych niż wymienione pod lp. 3+5.	Rezystancja izolacji powinna odpowiadać wymaganiom ustalonym w dokumentacji fabrycznej, a w razie ich braku powinna być nie mniejsza niż 0,5 MΩ.			
7. Sprawdzenie stanu instalacji i szczelności układu chłodzenia.	-	-	-	Brak ubytków i stan ciśnienia zgodnie z wymaganiami ustalonymi w dokumentacji i fabrycznej.
X. Sprawdzenie stanu instalacji i szczelności układu sprężonego powietrza	-	-	Działanie urządzeń chłodzenia powietrza.	Brak ubytków sprężonego powietrza i stan ciśnienia zgodnie z wymaganiami ustalonymi w dokumentacji fabrycznej.
Y. Sprawdzenie działania wszystkich urządzeń pomocniczych mechanizmów.	Poprawne działanie zgodne z wymaganiami ustalonymi w dokumentacji fabrycznej oraz z zasadami eksploatacji.			

Zakres badań	Wymagania techniczne			
	spawarki wirujące	spawarki transformatorowe	spawarki prostownikowe	zgrzewarki
Sprawdzenie działania aparatu kontrolno-liniowego restrykcyjnej i elektrycznej układu powłoki.	Sprawność działania zgodnie z wymaganiami ustalonymi w dokumentacji fabrycznej.			
Sprawdzenie czasu regulacji napięcia prądu wysterowania lub wysterowania.	Poprawne działanie zgodnie z wymaganiami ustalonymi w dokumentacji fabrycznej.			
Próba ruchu sterowania spawarki.	Poprawne działanie.			
Sprawdzenie czasu zabezpieczenia sygnalizacyjnego.	Dobór i nastawienie zabezpieczeń, działanie układów sygnalizacyjnych i pomiarów powinny być zgodne z dokumentacją techniczną.			

0. Urządzenia oświetlenia elektrycznego

1.1. Zasady eksploatacji urządzeń oświetleniowych

Co to są urządzenia oświetlenia elektrycznego?

Urządzenia oświetlenia elektrycznego są to urządzenia oświetlenia elektrycznego zewnętrznego i wewnętrznego oraz oświetlenia inacyjnego i reklam świetlnych, stanowiące zespół elementów dających się ze źródeł światła i opraw oświetleniowych, wraz z ob-

wodami zasilającymi i sterującymi **ich pracą** oraz z konstrukcjami wsporczymi.

502. Jakie oznaczenia powinny być umieszczone na urządzeniach oświetlenia elektrycznego?

Na urządzeniach oświetlenia elektrycznego powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym oznaczenia:

- stosowanych zabezpieczeń i wartości ich nastawienia,
- przewodów fazowych, neutralnych i zacisków ochronnych,
- obwodów oświetlenia elektrycznego,
- podstawowych źródeł światła wchodzących w skład urządzeń oświetlenia elektrycznego,
- obwodów sterowania i sygnalizacji oświetlenia elektrycznego.

503. Kiedy urządzenie oświetlenia elektrycznego może być przyjęte do eksploatacji?

Przyjęcie do eksploatacji urządzenia oświetlenia elektrycznego może nastąpić po stwierdzeniu, że:

- odpowiadają wymaganiom określonym w normach i przepisach dotyczących budowy urządzeń oświetlenia elektrycznego,
- zainstalowano je zgodnie z dokumentacją techniczną i warunkami technicznymi,
- odpowiadają warunkom ochrony przeciwporażeniowej i ochrony przeciwpożarowej,
- zostały dostosowane do środowiska i warunków pracy w miejscu ich zainstalowania,
- zapewniają właściwe natężenie i równomierne oświetlenie,
- rozwiązania i podział obwodów oświetlenia elektrycznego zewnętrznego i wewnętrznego umożliwiają racjonalne zużycie energii,
- odpowiadają wymaganiom w zakresie rezystancji izolacji urządzeń oświetlenia elektrycznego,
- protokół odbioru technicznego urządzenia po remoncie potwierdza zgodność parametrów technicznych z dokumentacją i warunkami technicznymi.

504. Jak określa się stan techniczny urządzeń oświetlenia elektrycznego i warunki eksploatacji?

Stan techniczny urządzeń oświetlenia elektrycznego oraz warunki eksploatacji ocenia się i kontroluje na podstawie wyników przeprowadzanych okresowo oględzin i przeglądów.

505. Jak często przeprowadza się kontrolę czynnych źródeł światła?

Kontrolę czynnych źródeł światła elektrycznego w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi należy przeprowadzać na bieżąco a w pozostałych pomieszczeniach - co najmniej raz w miesiącu. Brakujące źródła światła należy uzupełniać na bieżąco.

506. Jaka jest dopuszczalna liczba niesprawnych źródeł światła oświetlenia wnętrza?

Liczba niesprawnych źródeł światła nie powinna przekraczać w odniesieniu do oświetlenia wnętrza - 10%.

4.10.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń oświetlenia elektrycznego

507. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin oświetlenia elektrycznego?

Podczas oględzin urządzeń oświetlenia elektrycznego należy dokonać oceny stanu technicznego urządzeń i sprawdzić w szczególności:

- stan widocznych części przewodów, głównie ich połączeń oraz osprzętu,
- stan czystości oprawy i źródeł światła, okien i świetlików,
- stan ubytku źródeł światła,
- realizacja zasad racjonalnego użytkowania oświetlenia,
- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- poziom hałasu i drgań źródeł światła,
- stan urządzeń zabezpieczających i sterowania,
- stan napisów informacyjnych i ostrzegawczych oraz oznaczeń.

Nieprawidłowości stwierdzone w czasie oględzin należy usunąć i w razie potrzeby wykonać zabiegi konserwacyjne dotyczące źródeł światła i opraw.

508. W jakich terminach przeprowadza się oględziny urządzeń oświetlenia elektrycznego?

Terminy i zakres oględzin urządzeń oświetlenia elektrycznego należy określić w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem warunków i miejsc ich zainstalowania, znaczenia oraz wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy. Oględziny powinny być przeprowadzane nie rzadziej niż raz w roku.

509. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądów urządzeń oświetlenia?

Przeglądy powinny obejmować w szczególności:

- 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 zamocowania urządzeń oświetlenia elektrycznego,
- badania kontrolne natężenia oświetlenia i jego zgodności z normą,
- sprawdzenie stanu powierzchni ścian i sufitów oraz czystości okien i świetlików w pomieszczeniach, gdzie zainstalowano urządzenia oświetlenia elektrycznego,
- czynności konserwacyjne i naprawy zapewniające poprawę pracy urządzeń oświetlenia elektrycznego.

Wyniki przeglądów i zakres wykonanych czynności należy odnotować w dokumentacji eksploatacyjnej urządzeń oświetlenia elektrycznego.

510. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy urządzeń oświetlenia?

Przeglądy urządzeń oświetlenia elektrycznego należy przeprowadzać nie rzadziej niż:

- raz na 2 lata - jeżeli chodzi o oświetlenie zewnętrzne i wewnętrzne w pomieszczeniach wilgotnych, gorących, zapyłonych, w których występują wyziewy żrące oraz zaliczonych do odpowiedniej kategorii zagrożenia pożarowego;
- raz na 5 lat - w innych wypadkach.

511. W jakich terminach powinny być przeprowadzane remonty oświetlenia elektrycznego?

Remonty urządzeń oświetlenia elektrycznego powinny być przeprowadzone w terminach i zakresach ustalonych w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem wyników przeglądów.

512. Kiedy urządzenia powinny być przekazane do remontu?

Urządzenia oświetlenia elektrycznego powinny być przekazane do remontu jeżeli się stwierdzi:

- pogorszenie stanu technicznego opraw, które uniemożliwią uzyskanie wymaganej wartości natężenia oświetlenia,
- uszkodzenie zagrażające bezpieczeństwu obsługi lub otoczenia.

W czasie remontu należy dążyć do modernizacji urządzeń oświetlenia elektrycznego w celu poprawy ich skuteczności i poziomu natężenia oświetlenia.

4.10.3. Użytkowanie urządzeń oświetlenia elektrycznego

513. W jaki sposób ustala się czas użytkowania oświetlenia elektrycznego?

- Czas użytkowania oświetlenia elektrycznego należy określić w instrukcji eksploatacji uwzględniając warunki i rodzaj pomieszczeń lub przestrzeni, w których są zainstalowane.
- Czas pracy urządzeń oświetlenia zewnętrznego powinien być regulowany automatycznie (np. przekaźnikiem zmierzchowym) i być dostosowany do pory roku i warunków lokalnych.
- Czas użytkowania oświetlenia wewnętrznego pomieszczeń nie powinien być dłuższy niż czas trwania pracy w tych pomieszczeniach, z wyjątkiem przypadków określonych w instrukcji eksploatacji.
- Urządzenia reklam świetlnych mogą być włączane po zachodzie słońca.
- Urządzenia oświetlenia iluminacyjnego należy używać w czasie uzgodnionym z jednostką organizacyjną, która wydała zgodę na ich zainstalowanie.

514. Jaki jest zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych instalacji oświetleniowych?

Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych instalacji oświetleniowych jest taki sam jak dla instalacji elektrycznych (pkt 4.7.10).

4.11. Urządzenia prostownikowe i akumulatorowe

4.11.1. Urządzenia prostownikowe

515. Co to jest prostownik diodowy?

Prostownik diodowy jest przekształtnikiem napięcia przemienne na napięcie stałe nieregulowane, stosowanym do zasilania odbiornika rezystancyjnego (R) albo rezystancyjno-indukcyjnego (RL), albo odbiornika z napięciem źródłowym (E) wstecznie skierowanym do kierunku przewodzenia prądu stałego (np. bateria akumulatorów).

516. Co to jest prostownik sterowany?

Prostownik sterowany jest tyrystorowym przekształtnikiem napięcia przemiennego na napięcie stałe, umożliwiającym regulację napięcia stałego od zerowej wartości średniej do wartości maksymalnej, otrzymanym w prostowniku diodowym. Regulacja napięcia stałego jest realizowana przez sterowanie fazowe tyrystorów, które polega na tym, że dokonuje się włączenia tyrystora z opóźnieniem kątowym.

517. Jakie człony występują w obwodzie głównym prostownika?

W obwodzie głównym prostownika występują trzy podstawowe człony:

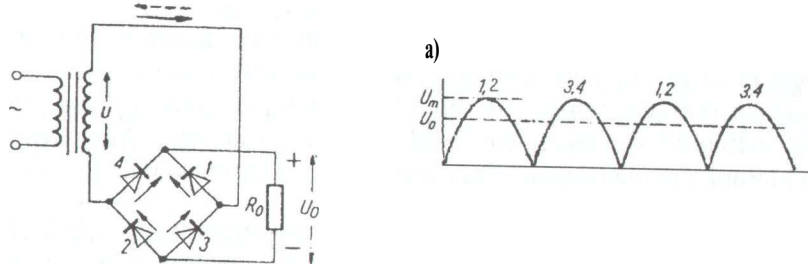
- transformator prostownikowy, którego zadaniem jest transformacja napięcia sieciowego, aby po wyprostowaniu otrzymać napięcie stałe o wartości wymaganej dla zasilania odbiornika,
- zespół przyrządów półprzewodnikowych (diody, tyrystory) niezbędnych do przekształcenia prądu przemiennego na stały,
- urządzenie wygładzające (filtr) służące do wygładzenia prądu wyprostowanego.

518. Jakie rozróżniamy układy prostownicze?

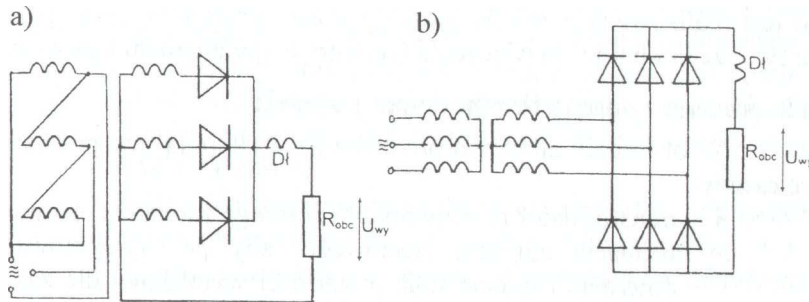
W zależności od sposobu podłączenia przyrządów prostownikowych do uzwojeń wtórnych transformatora rozróżniamy układy prostownicze jednokierunkowe lub dwukierunkowe. W zależności od napięcia zasilania transformatora układy mogą być jednofazowe lub trójfazowe.

519. Jakie układy prostownicze są najpowszechniej stosowane?

Najpowszechniej w prostownikach małej i średniej mocy stosowany jest układ dwukierunkowy mostkowy jednofazowy (rys. 4.63).



Rys. 4.63. Schemat prostownika 1-fazowego mostkowego: a) przebieg napięcia wyprostowanego.



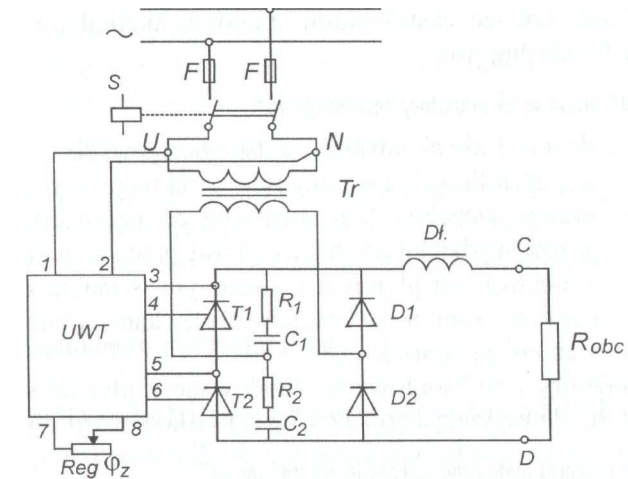
Rys. 4.64. Schemat prostownika 3-fazowego: a) jednokierunkowego, b) dwukierunkowego.

W prostownikach dużej mocy stosowany jest prostownik trójfazowy jednokierunkowy lub dwukierunkowy (rys. 4.64).

520. Z jakich podstawowych członów składa się prostownik sterowany?

Prostownik sterowany składa się z następujących podstawowych członów:

- transformatora,
- układu prostowniczego tyrystorowego,
- urządzenia wygładzającego,
- układu wyzwalania tyrystorów.



Rys. 4.65. Schemat prostownika sterowanego: T_1 , T_2 - tyrystory, D_1 , D_2 - diody, Tr - transformator, R_1C_1 i R_2C_2 - rezystory i kondensatory do złagodzenia narastania napięcia po zapłonie tyrystora, R_{obc} - rezystancja obciążenia, $Dł$ - dławik wygładzający, F - bezpiecznik, S - stycznik, UWT - układ wyzwalania tyrystorów.

Schemat prostownika sterowanego 1-fazowego przedstawiono na rys. 4.65. Prostownik składa się z dwóch tyrystorów T_1 i T_2 i dwóch diod D_1 i D_2 tworząc mostek zasilany poprzez transformator Tr z sieci prądu przemiennego. Równoległe do tyrystorów przyłączone są obwody R_1C_1 i R_2C_2 , których zadaniem jest złagodzenie narastania napięcia po zapłonie tyrystora. Kąt zapłonu tyrystorów φ_z jest regulowany przez przesuwanie w fazie impulsów wytwarzanych w układzie wyzwalania tyrystorów. Dławik $Dł$ zmniejsza amplitudę tętnień prądu wyprostowanego.

4.11.2. Urządzenia akumulatorowe

4.11.2.1. Baterie akumulatorów

521. Jakie akumulatory stosuje się najczęściej w praktyce?

W praktyce najczęściej stosuje się dwa rodzaje akumulatorów: kwasowe i zasadowe, których budowę i zasadę działania opisano wpkt. 1.1.8.

Coraz szersze zastosowanie znajdują akumulatory kwasowe tak zwane bezobsługowe.

522. Jak zbudowane są akumulatory bezobsługowe?

Spotyka się dwa rodzaje akumulatorów bezobsługowych:

- z elektrolitem uwięzionym w strukturze żelu, zamknięte prawie szczelnie (odprowadzają do atmosfery tylko 1% gazów wydzielających się podczas pracy akumulatora);
- z elektrolitem płynnym uwięzionym w macie szklanej separatora, zamknięte specjalnymi korkami, które ponownie wchłaniają opary kwasu.

Akumulatory bezobsługowe są zbudowane z płyt ze specjalnego stopu ołowiu, zmniejszającego znacznie zjawisko korozji płyt.

523. Na jakie napięcia budowane są baterie akumulatorów?

Baterie akumulatorów budowane są na dowolne napięcia przez szeregowo połączenie ogniw akumulatorów. Napięcia znamionowe ogniw i dane charakterystyczne akumulatorów podano w tablicy 4.25.

Tablica 4.25. Dane charakterystyczne akumulatorów

Akumulatory	Kwasowe	Zasadowe	
		kadmowo-niklowe	żelazowo-niklowe
	[V]	[V]	[V]
Napięcie jednego ogniwa znamionowe	2	1,2	1,2
pod koniec ładowania	2,75	1,75+1,85	1,85+1,95
pod koniec wyładowania	1,83+1,74	1,0+1,1	1,0+1,1
Sprawność elektryczna (pojemnościowa)	80+90%	67+70%	70+75%
Sprawność energetyczna	70%	50+52%	47+50%

524. Jak rozróżniamy baterie **akumulatorów** w zależności od przeznaczenia eksploatacyjnego?

W zależności od przeznaczenia eksploatacyjnego rozróżnia się następujące rodzaje baterii akumulatorów:

- Baterie stacyjne - do zasilania oświetlenia awaryjnego zasilania sterowania łączników, zasilania układów zabezpieczeń, zasilania central telefonicznych itp.;
- Baterie trakcyjne - do zasilania silników w wózkach akumulatorowych;
- Baterie rozruchowe - do zasilania odbiorników w pojazdach z silnikami spalinowymi.

525. Jak powinny być zamontowane baterie stacyjne?

Baterie stacyjne powinny być zamontowane na podstawach izolacyjnych zapewniających rezystancję względem ziemi. Dla baterii bezobsługowych dopuszcza się stosowanie podstaw metalowych.

4.11.2.2. Ładowanie akumulatorów

526. Jakie przebiegi prądów ładowania akumulatorów stosuje się w praktyce?

W praktyce stosuje się następujące przebiegi prądów ładowania:

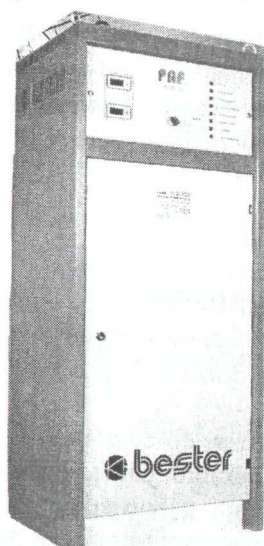
- do ładowania baterii stacyjnych przy dozorze i ręcznej regulacji prądu ładowania stosuje się:
 - ładowanie stałą wartością prądu (czas do 20 godz.),
 - ładowanie dwustopniowe: na początku większą stałą wartością prądu aż do wystąpienia gazowania i następnie mniejszą, również stałą wartością prądu aż do pełnego naładowania (około 11 godzin);
- do ładowania automatycznego pojedynczych baterii wózków akumulatorowych stosuje się:
 - ładowanie jednostopniowe prądem zmniejszającym się (około 11 godzin),
 - ładowanie dwustopniowe prądem zmniejszającym się (około 9 godzin);

- do szybkiego doładowywania baterii wózków akumulatorowych stosuje się ładowanie dwustopniowe: na początku o stałej wartości i następnie prądem zmniejszającym się, ładowanie jest niezupełne (około 7 godzin).

527. Jakie urządzenia służą do ładowania baterii akumulatorów?

Do ładowania baterii akumulatorów służą najczęściej prostowniki. Baterie mogą pracować w cyklu ładowanie - rozładowanie lub we współpracy ze stale włączonym prostownikiem (do zasilania urządzeń wymagających dużej stałości napięcia, np. baterie stacyjne) (rys. 4.66).

a)



Rys. 4.66. Prostowniki: a) typu PAF współpracujący z baterią akumulatorów stacyjnych, b) typu BSK - przeznaczony do zasilania baterii wózków akumulatorowych. [95]

b)



528. W jaki sposób ładuje się baterie stacyjne bezobsługowe?

Ładowanie baterii stacyjnych składających się z akumulatorów bezobsługowych należy wykonywać ściśle według zaleceń wytwórcy. W akumulatorni powinna być zastosowana pełna klimatyzacja. Temperatura winna być stabilna w granicach $(20-25)^{\circ}\text{C}$ i powinna być zachowana czystość.

Do ładowania stosuje się odpowiednie zasilacze wyposażone:

- w automatyczną kompensację termiczną końcowego napięcia ładowania,
- w układ ograniczający prąd ładowania,
- w układ alarmowy sygnalizujący: brak ładowania baterii, przekroczenie temperatury, przekroczenie napięcia, brak ciągłości obwodu baterii, bateria rozładowana i inne.

529. Jakie warunki powinno spełniać pomieszczenie, w którym ładuje się akumulatory?

Pomieszczenie, w którym ładuje się akumulatory powinno być suche, wyposażone w wentylację naturalną (grawitacyjną) za pomocą kanałów nawiewnych i wywiewnych oraz w wentylację sztuczną. Podłoga pomieszczenia powinna być twarda, równa i kwasoodporna, z kanałem ściekowym. W pobliżu pomieszczenia powinien znajdować się zlew i kran z wodą bieżącą.

530. Jakich przyrządów pomiarowych używa się w eksploatacji baterii akumulatorów?

W eksploatacji baterii akumulatorów używa się następujących przyrządów pomiarowych:

- aerometru - do kontroli gęstości elektrolitu,
- termometru - do pomiaru temperatury elektrolitu,
- woltomierza na prąd stały o zakresie pomiarowym $0-3\text{ V}$ do pomiarów napięcia na zaciskach ogniwa oraz o zakresie dostosowanym do napięcia całej baterii.

531. Jaki sprzęt ochronny stosuje się przy obsłudze baterii akumulatorów?

Obsługa baterii akumulatorów, a w szczególności prace związane z przygotowaniem i uzupełnieniem elektrolitu powinny być wykonywane przy użyciu okularów ochronnych oraz rękawic, fartuchów i kaloszy gumowych.

532. W jaki sposób przygotowuje się elektrolit?

Elektrolit przygotowuje się, rozcieńczając kwas siarkowy wodą destylowaną, przy czym należy pamiętać, że dolewamy małym strumieniem kwas do wody, a nigdy odwrotnie. Z chwilą gdy roztwór osiągnie temperaturę 20°C należy dokonać pomiaru gęstości.

533. Jaki powinien być poziom elektrolitu w akumulatorze?

Poziom elektrolitu w akumulatorze powinien być **utrzymany** na wysokości około 15 mm ponad górną krawędzią płyty.

534. Jaka powinna być gęstość elektrolitu w akumulatorach kwasowych?

Gęstość elektrolitu w akumulatorach zależy od stopnia naładowania (wyładowania) ogniwa i wynosi:

- 1,16÷1,15 g/cm³ - w ogniwach wyładowanych,
- 1,2÷1,28 g/cm³ - w ogniwach naładowanych (wielkość zależy od rodzaju i budowy akumulatora).

535. Jaka powinna być temperatura elektrolitu w czasie ładowania akumulatorów?

W czasie ładowania akumulatorów temperatura elektrolitu nie powinna przekroczyć 40°C, z chwilą osiągnięcia 35°C należy zmniejszyć wartość prądu ładowania o ok. 50%.

536. Jak należy postępować w razie ubytku elektrolitu w akumulatorach?

W razie ubytku elektrolitu w akumulatorze należy uzupełnić poziom elektrolitu przez dolanie:

- wody destylowanej -jeżeli gęstość elektrolitu pod koniec ładowania jest większa niż 1,22 g/cm³ (1,3 g/cm³),
- przygotowanego elektrolitu o gęstości 1,2 g/cm³ -jeżeli gęstość po naładowaniu jest mniejsza od 1,22 g/cm³.

Nie wolno uzupełniać poziomu elektrolitu przez dolewanie stężonego kwasu siarkowego.

Uwaga: *Do akumulatorów tak zwanych bezobsługowych nie wolno stosować żadnych elektrolitów płynnych i dolewać wody destylowanej.*

537. Czy wolno napełniać akumulatory zimnym elektrolitem?

Akumulatorów nie wolno napełniać zimnym elektrolitem, gdyż powoduje to uszkodzenie płyt ujemnych. Elektrolit przed napełnieniem powinien mieć temperaturę (10+15) °C.

538. Jakim napięciem należy ładować baterię akumulatorów?

Przy ładowaniu ciągłym przyjmuje się (dla akumulatorów kwasowych) napięcie (2,15+2,2) V na jedno ogniwo, natomiast przy ładowaniu szybkim można podwyższyć do 2,8 V na jedno ogniwo.

Napięcie ładowania musi mieć taką wartość, **aby akumulator można** było w pełni naładować.

539. Jakie są oznaki naładowania akumulatorów?

Podczas ładowania podnosi się napięcie na ogniwach i wzrasta gęstość elektrolitu i pod koniec ładowania następuje wydzielanie się pęcherzyków gazu, najpierw na płytach ujemnych (szarych), a następnie na dodatnich (brunatnych).

Równomierne, silne gazowanie płyt wskazuje na naładowanie akumulatora w tym wypadku, gdy napięcie na każdym ogniwie wynosi (2,65÷2,75) V, a gęstość elektrolitu 1,2 g/cm³. Przy niższym napięciu na ogniwie (poniżej 2,4 V) akumulator nie gazuje, a oznaką naładowania jest gęstość elektrolitu (1,2 g/cm³) oraz liczba amperogodzin ładowania.

540. Na czym polega zewnętrzna konserwacja baterii akumulatorów?

Zewnętrzna konserwacja baterii akumulatorów polega na utrzymywaniu naczyń akumulatorowych w stanie suchym oraz na oczyszczaniu łączy z nalotów (siarczanów) tworzących się w wyniku parowania elektrolitu. Miejsca oczyszczone należy pokrywać wazeliną.

541. Jak należy postępować w wypadku rozlania się kwasu?

Rozlany kwas (elektrolit) należy bezzwłocznie usunąć, zasypując miejsce rozlania kwasu trocinami z piaskiem, a następnie podłogę zmyć obficie wodą.

542. Jak należy postępować w razie obłania kwasem ubrania lub ciała?

W razie obłania kwasem ubrania lub ciała należy miejsce obłania natrzeć rozcieńczonym amoniakiem lub 5% roztworem sody amoniakalnej (zobojętnienie kwasu), natomiast twarz lub oczy należy przemyć 2% roztworem sody oczyszczonej. Zestaw tych środków powinien być umieszczony w akumulatorni.

4.11.3. Zasady eksploatacji urządzeń prostownikowych i akumulatorowych

543. Na podstawie czego powinna być prowadzona eksploatacja urządzeń prostownikowych i akumulatorowych?

Eksploatacja urządzeń prostownikowych i akumulatorowych powinna być prowadzona na podstawie programu pracy tych urządzeń.

544. Kiedy urządzenie prostownikowe lub akumulatorowe można ponownie włączyć do ruchu jeśli zostało samoczynnie wyłączone przez zabezpieczenie?

W razie samoczynnego wyłączenia urządzenia prostownikowego lub akumulatorowego przez zabezpieczenie, ponowne włączenie do ruchu tego urządzenia może nastąpić po ustaleniu i usunięciu przyczyny, która spowodowała wyłączenie.

545. Czy w pomieszczeniach w których odbywa się ładowanie akumulatorów wolno spożywać posiłki oraz używać otwartego ognia?

W akumulatorniach i w pomieszczeniach zamkniętych, w których odbywa się ładowanie akumulatorów, nie wolno spożywać posiłków i napojów oraz używać otwartego ognia. W razie spawania lub lutowania z użyciem otwartego ognia prace te wolno wykonywać po dodatkowym przewietrzeniu.

546. Jak często powinna być prowadzona obserwacja i ocena stanu technicznego urządzeń prostownikowych i akumulatorowych?

Obserwacja stanu technicznego urządzeń prostownikowych powinna być prowadzona na bieżąco, a ocena stanu technicznego - dokonywana nie rzadziej niż raz w roku.

547. W jakich terminach należy przeprowadzać oględziny urządzeń prostownikowych i akumulatorowych?

Oględziny urządzeń prostownikowych i akumulatorowych należy przeprowadzać:

- w obiektach ze stałą obsługą urządzeń - raz na zmianę w ograniczonym zakresie określonym w instrukcji eksploatacji i w pełnym zakresie - nie rzadziej niż raz w miesiącu,

- w obiektach bez stałej obsługi urządzeń - nie rzadziej niż raz w miesiącu.

548. W jakich terminach powinny być przeprowadzane przeglądy urządzeń prostownikowych i akumulatorowych?

Przeglądy urządzeń prostownikowych i akumulatorowych powinny być przeprowadzane nie rzadziej niż raz w roku.

549. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu urządzeń prostownikowych?

Przeglądy urządzeń prostownikowych powinny obejmować w szczególności:

- 1) oględziny,
- 2) pomiary rezystancji izolacji,
- 3) sprawdzenie:
 - stanu technicznego zespołu prostownikowego, rozdzielni i instalacji,
 - działania urządzeń zabezpieczających, sterowniczych i sygnalizacyjnych,
 - działania łączników oraz ich stanu technicznego,
 - ciągłości i stanu połączeń głównych torów prądowych,
 - stanu osłon, blokad i innych urządzeń zapewniających bezpieczeństwo pracy,
- 4) konserwacje i naprawy urządzeń.

550. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu urządzeń akumulatorowych?

Przeglądy urządzeń akumulatorowych powinny obejmować:

- 1) oględziny,
- 2) pomiary:
 - napięć ogniw akumulatorowych,
 - rezystancji łączników wewnątrz baterii akumulatorów,
 - rezystancji izolacji w stosunku do ziemi baterii akumulatorów,
 - pojemności baterii,
- 3) sprawdzenie:
 - stanu technicznego ogniw akumulatorowych i rozdzielni,
 - działania urządzeń zabezpieczających,
 - ciągłości i stanu połączeń głównych torów prądowych,

- stan osłon i innych urządzeń zapewniających bezpieczeństwo pracy,
 - warunków przechowywania i stanu zapasu elektrolitu, wody destylowanej i części zamiennych,
- 4) konserwacje i naprawy urządzeń.

551. Kiedy wyniki pomiarów wykonywanych w ramach przeglądów urządzeń prostowniczych i akumulatorowych należy uznać za prawidłowe?

Wyniki pomiarów wykonywanych w ramach przeglądów urządzeń prostowniczych i akumulatorowych należy uznać za prawidłowe jeżeli spełniają wymogi podane w punkcie 4.11.4.

552. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin urządzeń prostownikowych?

Podczas przeprowadzania oględzin urządzeń prostownikowych należy sprawdzić w szczególności:

- zgodność układu połączeń z programem pracy,
- stan napisów i oznaczeń informacyjno-ostrzegawczych,
- stan zespołów prostownikowych, rozdzielni i instalacji,
- stan urządzeń zabezpieczających, sterowniczych i sygnalizacyjnych,
- działanie przyrządów kontrolno-pomiarowych,
- wartość napięcia przy buforowej pracy z baterią akumulatorów,
- stan łączników,
- działania oświetlenia elektrycznego w miejscu zainstalowania urządzeń prostownikowych,
- stan skuteczności działania urządzeń wentylacyjnych pomieszczeń oraz urządzeń grzewczych w miejscu zainstalowania urządzeń prostownikowych,
- stan pomieszczeń i zamknięć,
- wysokość temperatury w pomieszczeniach i warunki chłodzenia urządzeń,
- stan i warunki przechowywania oraz przydatności do użytku sprzętu ochronnego i przeciwpożarowego,
- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- kompletność dokumentacji eksploatacyjnej.

523. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin urządzeń akumulatorowych?

Podczas przeprowadzania oględzin urządzeń akumulatorowych należy sprawdzić w szczególności:

- zgodność układu połączeń z ustalonym programem pracy,
- stan napisów i oznaczeń informacyjno-ostrzegawczych,
- stan ogniw akumulatorowych i połączeń między nimi a rozdzielnią,
- stan urządzeń zabezpieczających,
- działania przyrządów kontrolno-pomiarowych,
- działania oświetlenia w pomieszczeniu,
- stan i skuteczność działania urządzeń wentylacji pomieszczeń z urządzeniami akumulatorowymi,
- stan pomieszczeń i zamknięć,
- wysokość temperatur w pomieszczeniach i warunki chłodzenia,
- stan zbiorników z elektrolitem i wodą destylowaną, jak również pojemników z zapasowymi częściami ogniw,
- stan czystości pomieszczeń,
- stan wyposażenia w środki do neutralizacji elektrolitu,
- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- stan i warunki przechowywania oraz przydatności do użytku odzieży ochronnej, sprzętu ochronnego i przeciwpożarowego.

4.11.4. Wymagania w zakresie wyników pomiarów urządzeń prostownikowych i akumulatorowych [16]

Nazwa urządzenia	Zakres badań	Wymagania
Urządzenia prostownikowe.	Pomiary rezystancji izolacji w stosunku do ziemi obwodów głównych oraz obwodów i urządzeń pomocniczych.	nie niższa niż: 1000 Ω na 1 V napięcia znamionowego prądu stałego i nie niższa niż 500 k Ω
Urządzenia akumulatorowe.	Pomiary napięć ogniw akumulatorowych.	Napięcie ogniwa akumulatorowego zmierzone przy obciążeniu baterii akumulatorów nie różni się więcej niż o 0,03 V od wartości średniej napięć ogniw akumulatorowych.
	Pomiary rezystancji łączników wewnątrz baterii akumulatorów.	Rezystancja łącznika wewnątrz baterii akumulatorów jest nie wyższa niż 130% wartości średniej rezystancji łączników.
	Pomiary pojemności baterii akumulatorów	Pojemność baterii akumulatorów jest nie mniejsza niż 80% jej pojemności znamionowej.
	Pomiary rezystancji izolacji baterii akumulatorów w stosunku do ziemi.	Rezystancja izolacji baterii akumulatorów w stosunku do ziemi jest nie niższa niż 500 Ω na 1 V napięcia znamionowego baterii akumulatorów i nie niższa niż 10 kD dla całej baterii akumulatorów.

4.12. Zespoły prądotwórcze

4.12.1. Rodzaje zespołów prądotwórczych

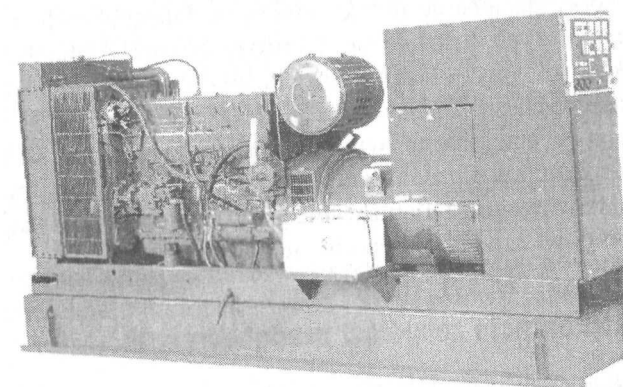
554. Co to jest zespół prądotwórczy?

Zespół prądotwórczy jest to samodzielne źródło prądu składające się z prądnicy synchronicznej i z napędzającego silnika spalinyowego ustawionych na wspólnej ramie. W zależności, od przeznaczenia zespoły prądotwórcze dzielimy na:

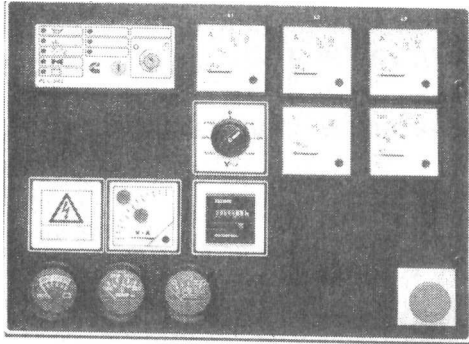
- stacjonarne - stanowiące rezerwowe źródło zasilania,
- przewoźne.

555. Do czego służą zespoły prądotwórcze stacjonarne?

Zespoły prądotwórcze stacjonarne stanowią rezerwowe źródło zasilania w przypadku zaniku napięcia z sieci energetyki zawodowej (rys. 4.67).



ryś.4.67Zespół prądotwórczy stacjonarny. [90]



Rys. 4.68. Tablica kontrolno-pomiarowa zespołu prądowórczego. [90]

556. Do czego służą zespoły prądowórcze przewoźne?

Zespoły prądowórcze przewoźne służą do zasilania odbiorników elektrycznych w miejscach oddalonych od sieci elektroenergetycznej np. na budowach, w wozach technicznych, wozach rentgenowskich, na wiertnicach itp.

557. Jakie są zasady montażu zespołów prądowórczych stacjonarnych?

Zespoły stacjonarne montowane są na fundamentach w pomieszczeniach zamkniętych. Instaluje się je między innymi w szpitalach, centrach telekomunikacyjnych, stacjach uzdatniania wody, ciepłowniach, zakładach produkcyjnych wymagających ciągłości zasilania itp.

Zespoły stacjonarne wyposażone są zwykle w samoczynne urządzenia rozruchowe uruchamiające zespół w chwili zaniku napięcia w sieci podstawowego zasilania z energetyki zawodowej i zatrzymujące zespół po powrotnym pojawieniu się napięcia.

4.12.2. Eksploatacja zespołów prądowórczych

4.12.2.1. Uruchomienie zespołu prądowórczego i programy pracy

558. Kiedy może nastąpić przyjęcie zespołu prądowórczego do eksploatacji?

Przyjęcie zespołu prądowórczego do eksploatacji może nastąpić po przeprowadzeniu z wynikiem pozytywnym prób i pomiarów.

Jeżeli zespół przewidziany jest do rezerwowego zasilania urządzeń zasilanych ze wspólnej sieci energetyki zawodowej w przyjęciu do eksploatacji powinien uczestniczyć jej przedstawiciel.

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

559. Dla jakich zespołów prądowórczych powinien być opracowany program pracy i co powinien zawierać?

Program pracy powinien być opracowany dla zespołu prądowórczego o mocy znamionowej 32 kVA lub większej i powinien zawierać:

- układ połączeń sieci dla ruchu w warunkach normalnych i przy zakłóceniach,
- sposób przyłączenia do wspólnej sieci, synchronizację z siecią i inne warunki zasilania określonych odbiorników,
- charakterystykę zasilanych odbiorników i wymagane przez nie wartości napięć oraz zakres częstotliwości,
- moc przewidywaną do dostarczania z zespołu prądowórczego,
- warunki uruchamiania i przewidywany czas pracy,
- wielkość zapasu paliwa i oleju,
- wymagania w zakresie oszczędności paliw i energii.

Program pracy zespołu prądowórczego należy opracowywać nie rzadziej niż raz na trzy lata.

560. W jaki sposób powinno być udokumentowane prowadzenie ruchu zespołu prądowórczego?

Prowadzenie ruchu zespołu prądowórczego powinno być rejestrowane w dzienniku operacyjnym. Szczegółowy zakres i formy rejestracji określa instrukcja eksploatacyjna.

561. Co należy sprawdzić przed uruchomieniem zespołu prądowórczego przez obsługę?

Przed uruchomieniem zespołu prądowórczego przez obsługę należy sprawdzić, czy uruchomienie tego zespołu nie stworzy zagrożenia bezpieczeństwa obsługi, otoczenia i urządzenia.

562. Co należy sprawdzić przed uruchomieniem na nowym stanowisku pracy ruchomego zespołu prądotwórczego?

Przed uruchomieniem na nowym stanowisku pracy ruchomego zespołu prądotwórczego należy sprawdzić:

- prawidłowość ustawienia zespołu prądotwórczego,
- prawidłowość połączenia sieci elektroenergetycznej,
- stan ochrony przeciwporażeniowej i zabezpieczenia przeciwpożarowego,
- dostosowanie mocy i napięcia znamionowego zespołu prądotwórczego do mocy i napięcia zasilanych odbiorników,
- zgodność obrotów silnika z kierunkiem odpowiadającym kierunkowi napędzanej prądnicy,
- zgodność warunków pracy z dokumentacją fabryczną.

563. Jakiej mocy silniki zwarte można podłączać do zespołu prądotwórczego o napięciu do 1 kV?

Jeżeli dokumentacja techniczna nie stanowi inaczej moc silnika elektrycznego, swartego zasilanego bezpośrednio z zespołu prądotwórczego o napięciu znamionowym do 1 kV, nie może być wyższa niż:

- 70% mocy znamionowej zespołu prądotwórczego, jeżeli moc tego zespołu nie przekracza 60 kW (maksimum 42 kW),
- 50% mocy znamionowej zespołu prądotwórczego, jeżeli moc tego zespołu jest wyższa niż 60 kW (np. dla 100 kW moc silnika może wynosić 50 kW).

Moc silnika zasilanego z zespołu prądotwórczego poprzez przełącznik gwiazda trójkąt, nie może być wyższa od mocy zespołu prądotwórczego wyrażonej w kilowatach.

564. Jakie oznaczenia powinny być umieszczone na zespole prądotwórczym?

Na zespole prądotwórczym powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące oznaczenia:

- strzałki na obudowach silnika i prądnicy wskazujące wymagane kierunki ich wirowania,
- symbole zacisków ochronnych i wyprowadzeń końców uzwojeń prądnicy,
- dane na tabliczkach znamionowych.

565. W jaki sposób powinno odbywać się uruchomienie, praca i zatrzymywanie zespołu prądotwórczego?

Uruchomienie, praca i zatrzymywanie zespołu prądotwórczego powinny odbywać się zgodnie z dokumentacją fabryczną.

4.12.2.2. Obsługa zespołów prądotwórczych

566. Jakie czynności należy wykonać przed każdym uruchomieniem zespołu prądotwórczego?

Przed każdym uruchomieniem zespołu prądotwórczego należy go oczyścić, a następnie:

- dokonać oględzin części zewnętrznych, usunąć nieszczelności i poluzowania,
- sprawdzić stan paliwa,
- sprawdzić szczelność przewodów paliwowych silnika,
- sprawdzić i uzupełnić stan płynu chłodzącego,
- sprawdzić stan uziemień,
- sprawdzić stan zabezpieczeń,
- sprawdzić czy wyłącznik główny znajduje się w **położeniu** wyłączonym,
- sprawdzić stan otworów wentylacyjnych,
- sprawdzić stan szczotek i pierścieni ślizgowych.

567. W jaki sposób uruchamiamy zespół i włączamy obciążenie?

Zespół prądotwórczy uruchamiamy po przygotowaniu go do pracy w następujący sposób:

- sprawdzamy swobodny przepływ paliwa,
- uruchamiamy silnik w sposób podany w instrukcji eksploatacji,
- rozgrzewamy silnik tak, aby uzyskać odpowiednią temperaturę płynu chłodzącego i oleju,
- sprawdzamy ciśnienie oleju,
- sprawdzamy wzbudzenie prądnicy wg wskazań woltomierza,
- ustawiamy regulatorem żądane napięcie,

- wyłącznik ustawiamy w położeniu pracy,
- doregulujemy regulatorem ręcznym napięcie, a częstotliwość regulacją dopływu paliwa tak, żeby przy znamionowym obciążeniu częstotliwość wynosiła 50 ± 1 Hz.

568. Co należy do obowiązków obsługi w czasie pracy?

W czasie pracy osoba obsługująca zespół prądowórczy powinna:

- obserwować wskazania przyrządów pomiarowo-kontrolnych,
- nie dopuszczać do przeciążenia prądnicy,
- kontrolować ciśnienie oleju i jego temperaturę,
- kontrolować wskaźniki temperatury płynu chłodzącego,
- sprawdzić czy wskaźnik ładowania akumulatorów wskazuje „ładowanie”,
- sprawdzić stan szczotek i pierścieni ślizgowych prądnicy,
- uzupełniać paliwo i zwracać uwagę na szczelność układu paliwowego,
- kontrolować grzanie się łożysk prądnicy, by nie dopuścić do przegrzania,
- kontrolować pracę silnika i prądnicy.

569. W jaki sposób powinno odbywać się zatrzymywanie zespołu?

Zatrzymywanie zespołu powinno odbywać się w następującej kolejności:

- 1) wyłączyć obciążenie wyłącznikiem głównym przestawiając go w położenie „0” (w razie potrzeby odłączyć poszczególne odbiory),
- 2) po zdjęciu obciążenia zatrzymać silnik, wyłączyć dopływ paliwa i sprawdzić łatwość obracania wału korbowego.

570. Kiedy zespół prądowórczy należy zatrzymać niezwłocznie podczas pracy?

Zespół prądowórczy należy zatrzymać niezwłocznie podczas stwierdzenia:

- zagrożenia życia ludzkiego,
- uszkodzenia zespołu prądowórczego,
- zakłóceń w pracy silnika spalinowego (spadku ciśnienia oleju, wzrost temperatury płynu chłodzącego, wystąpienia nieprawidłowych stuków i szumów),

- groźby uszkodzenia silnika lub prądnicy,
- uszkodzenia urządzeń pomocniczych.

571. Kto może obsługiwać i prowadzić eksploatację zespołów prądowórczych?

Zespoły prądowórcze mogą obsługiwać osoby posiadające dodatkowe kwalifikacje w zakresie eksploatacji zespołów prądowórczych.

Do obowiązków osób prowadzących eksploatację zespołów prądowórczych należy:

- określenie mocy podłączonych odbiorników,
- przygotowanie zespołu do pracy,
- prowadzenie oględzin i przeglądów,
- prowadzenie dziennika operacyjnego,
- rejestrowanie liczby godzin pracy i ewentualnych zakłóceń w pracy,
- prowadzenie drobnych napraw w zakresie ustalonym instrukcją,
- przestrzeganie postanowień instrukcji eksploatacyjnej.

572. Jakie środki ostrożności należy zachować przy obsłudze zespołu prądowórczego?

Podczas obsługi elektrycznej części zespołu należy zachować następujące środki ostrożności:

- wszystkie metalowe części zespołu powinny być ze sobą elektrycznie połączone, a rama zespołu uziemiona,
- nie wolno eksploatować zespołu nieuziemionego, z wyjątkiem zespołu z izolowanym zerem, wyposażonym w urządzenia do stałej kontroli izolacji,
- części metalowe zespołu prądowórczego i odbiorników nie będące w normalnych warunkach pod napięciem powinny być ze sobą połączone dodatkowym przewodem (połączenie wyrównawcze),
- urządzenia odbiorcze powinny mieć własną ochronę od porażenia zgodną z obowiązującymi przepisami zależną od zastosowanego układu sieciowego,
- nie wolno wykonywać podczas pracy zespołu żadnych napraw części elektrycznych, a także nie zezwala się na pracę

zespołu z otwartą tablicą rozdzielczą lub skrzynką mieszczącą układ stabilizacji napięcia,

- nie należy dopuszczać do pracy zespołu ze zdjętą osłoną tarczy łożyska prądnicy,
- w czasie pracy zespołu nie wolno wymieniać wkładek topikowych,
- przed włączeniem obwodów odbierających energię elektryczną z zespołu należy sprawdzić, czy wyłącznik główny jest załączony,
- obwody odbiorcze powinny być możliwie najkrótsze przy możliwie najmniejszej liczbie styków i połączeń.

4.12.2.3. Oględziny, konserwacja i remonty zespołów prądotwórczych

573. W jaki sposób powinno być zapewnione utrzymanie zespołu prądotwórczego w należytym stanie technicznym?

Utrzymanie zespołu prądotwórczego w należytym stanie technicznym powinno być zapewnione przez poddawanie go oględzinom, konserwacjom i remontowi.

574. Jakie czynności konserwacyjne powinny być przeprowadzane przy zespole prądotwórczym stanowiącym rezerwowe źródło zasilania?

Zespół prądotwórczy stanowiący rezerwowe źródło zasilania, wyłączony z ruchu, powinien być co najmniej raz w miesiącu smarowany, uruchamiany i kontrolowany w zakresie:

- stanu technicznego akumulatora rozruchowego lub instalacji rozruchowej,
- stanu paliwa, oleju i płynu chłodzącego,
- działania pomp dostarczających paliwo,
- stanu czystości filtrów paliwa, oleju i powietrza,
- połączeń elektrycznych i stanu ochrony przeciwporażeniowej,
- odłączenia odbiorników od wspólnej sieci za pomocą wyłącznika głównego,

- wartości rezystancji izolacji uzwojeń prądnicy,
- prawidłowego działania w szczególności ponadnapięciowego samoczynnego wyłączania wyłączników oraz blokad.

575. Co powinny obejmować oględziny zespołu prądotwórczego?

Oględziny zespołu prądotwórczego powinny być przeprowadzane w czasie pracy zespołu co najmniej raz w tygodniu i powinny obejmować:

- sprawdzenie stanu zespołu i jego pomieszczeń,
- sprawdzenie układu zasilania w paliwo, smarowania i chłodzenia,
- sprawdzenie układu rozruchu,
- sprawdzenie poprawności działania wentylacji i urządzeń odprowadzania spalin,
- sprawdzenie wskaźników kontrolno-pomiarowych,
- sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie stanu zabezpieczeń przeciwpożarowych,
- sprawdzenie wyposażenia w sprzęt ochronny,
- osłuchanie i sprawdzenie zespołu prądotwórczego pod względem płynności pracy.

576. Co powinny obejmować przeglądy zespołu prądotwórczego?

Przeglądy zespołu prądotwórczego powinny być przeprowadzane nie rzadziej niż raz na 6 miesięcy podczas postoju i powinny obejmować:

- oględziny,
- wymianę oleju i smarowania całego zespołu,
- oczyszczenie styków elektrycznych,
- pomiary rezystancji izolacji obwodów zespołu,
- pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie:
 - akumulatora lub instalacji rozruchowej i zapłonowej,
 - układów paliwa, smarowania, chłodzenia i rozrządu,
 - stanu technicznego prądnicy i silnika,
 - przyrządów pomiarowych, sygnalizacyjnych i zabezpieczeń,

stanu technicznego tablicy rozdzielczej,
układu regulacji zespołu,
stanu oświetlenia w miejscu pracy zespołu,

- czynności konserwacyjne,
- wymianę zużytych części.

577. W jakich terminach przeprowadza się remonty zespołów prądowców?

Terminy i zakresy przeprowadzania remontów zespołu prądowczego określa kierownik zakładu (pracodawca) na podstawie wyników stanu technicznego zespołu.

Ocena stanu technicznego zespołu prądowczego powinna być dokonywana nie rzadziej niż raz w roku.

4.13. Urządzenia elektrotermiczne

4.13.1. Rodzaje i budowa urządzeń elektrotermicznych

578. Jakie urządzenia zaliczamy do urządzeń elektrotermicznych?

Do urządzeń elektrotermicznych zalicza się:

- piece oporowe i nagrzewnice oporowe oraz suszarki,
- piece i nagrzewnice indukcyjne,
- piece elektrodowe,
- piece łukowe pośrednie i bezpośrednie,
- urządzenia grzejne pojemnościowe,

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

579. Jakie urządzenia grzejne mają duże znaczenie przemysłowe?

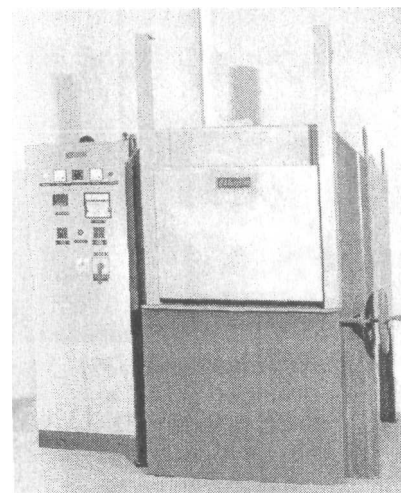
Duże znaczenie przemysłowe mają urządzenia grzejne oporowe, urządzenia grzejne indukcyjne, urządzenia grzejne elektrodowe i urządzenia grzejne łukowe.

580. Jak zbudowane są urządzenia grzejne oporowe?

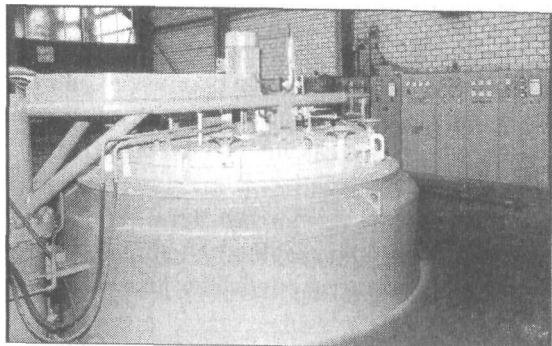
Źródłami ciepła w urządzeniach grzejnych oporowych są elementy grzejne wykonane w postaci spiralnych skrętek z drutu oporowego, ułożone na ceramicznych kształtkach i umieszczone w ścianach bocznych, stropie i na dnie komory grzejnej, lub w inny sposób zależny od typu urządzenia.

W kraju spotyka się następujące urządzenia grzejne oporowe:

- piece elektryczne oporowe komorowe typu POK (rys. 4.69) przeznaczone do obróbki cieplnej w zakresie temperatur do 1000°C, w atmosferze powietrza jak: nagrzanie przed hartowaniem i wyżarzanie,
- uniwersalne piece elektryczne komorowe z atmosferą regulowaną typu PEKAT przeznaczone do obróbki cieplnej w atmosferach regulowanych w zakresie temperatur od 750°C do 950°C, jak: jasnego hartowania, nawęglania, węglazotowania,
- piece elektryczne wgłębne z atmosferą regulowaną typu PEGAT przeznaczone do obróbki cieplnej metali w zakresie temperatur 750°C do 950°C, w szczególności do: nawęglania, węglazotowania, nagrzewania przed hartowaniem, wyżarzania jasnego (rys. 4.70).

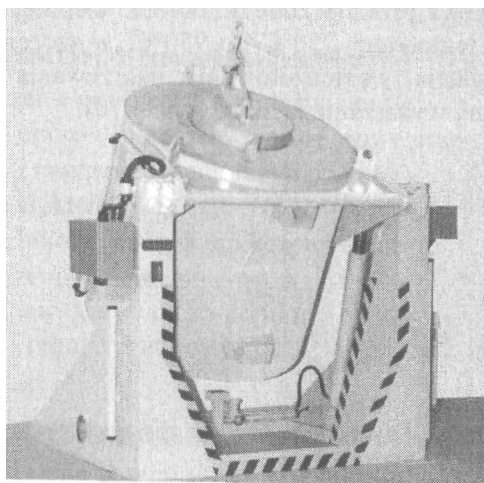


Rys. 4.69. Piec oporowy komorowy typu POK. [87]



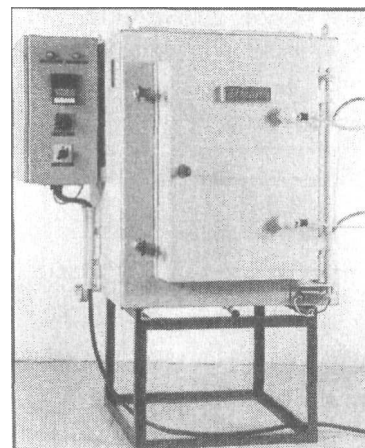
Rys. 4.70. Piec oporowy
wglębny typu PEGAT.
[87]

- piec tyglowy przeznaczone do topienia aluminium (rys 4.71),



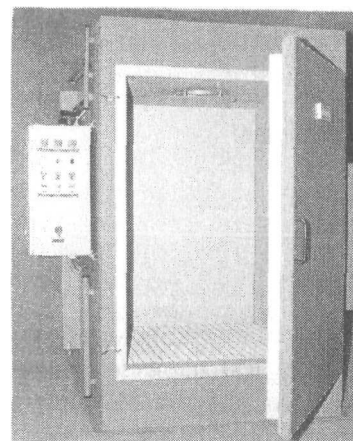
Rys. 4.71. Piec tyglowy przechylny do topienia aluminium. [87]

- piec do wypalania ceramiki - zakres temperatury 1320°C (rys. 4.72),



Rys. 4.72. Piec do wypalania
ceramiki [87]

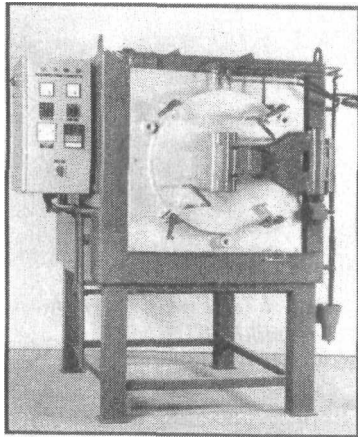
suszarki komorowe typu SEL przeznaczone do podgrzewania i suszenia różnego rodzaju wsadów do temperatury 250°C (rys. 4.73),



Rys. 4.73. Suszarka komorowa
typu SEL [87]

- piec taśmowy do podgrzewania przed hartowaniem,
- piec komorowe do pracy z atmosferą regulowaną typu B-EN przeznaczone do obróbki cieplnej i ciepłno-chemicznej

wsadów metalowych, głównie ze stopów żeliwa w temperaturze do 1000°C (rys. 4.74),



Rys. 4.74. Piec komorowy z atmosferą regulowaną. [87]

- piece próżniowe typu VDN stosowane do hartowania stali szybkoznących, stali nierdzewnej, wyżarzania i odgazowania, maksymalna temperatura pracy 1320°C.

581. Jaki jest podział urządzeń grzejnych indukcyjnych?

Urządzenia grzejne indukcyjne dzielą się na:

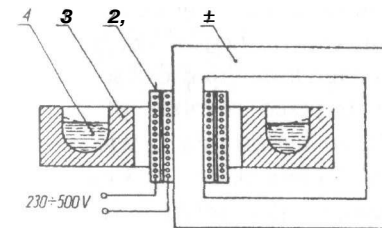
- piece indukcyjne rdzeniowe,
- piece indukcyjne bezrdzeniowe,
- nagrzewnice indukcyjne.

582. Jak zbudowany jest piec indukcyjny rdzeniowy?

Zasadę budowy pieca indukcyjnego rdzeniowego pokazano na rys. 4.75. Piec indukcyjny rdzeniowy zasilany jest napięciem przemiennym, o częstotliwości sieciowej, działa na zasadzie transformatora pracującego w stanie zwarcia. Uzwojenie pierwotne zwane wzbudnikiem zasilane jest napięciem 220, 380 lub 500 V, a uzwojenie wtórne stanowi metal topiony (wsad) znajdujący się w zbiorniku.

W skład urządzenia grzejnego wchodzi transformator służący do regulacji mocy za pomocą zmiany napięcia (autotransformator) oraz

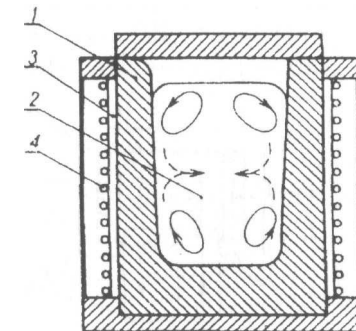
bateria kondensatorów do poprawy współczynnika mocy. Wzbudnik chłodzony jest wodą. Piece te stosuje się do topienia metali kolorowych.



Rys. 4.75. Zasada działania indukcyjnego pieca rdzeniowego: 1 - rdzeń, 2 - wzbudnik (uzwojenie pierwotne), 3 - korytka ogniotrwała, 4 - wsad (uzwojenie wtórne).

583. Jak zbudowany jest piec indukcyjny bezrdzeniowy?

Zasadę budowy pieca indukcyjnego bezrdzeniowego pokazano na rys. 4.76. We wzbudniku umieszczony jest tygiel pieca. Wzbudnik zasilany jest napięciem przemiennym o częstotliwości 50 Hz. Ciepło użyteczne powstaje dzięki indukowaniu we wsadzie prądów wirowych. Piece budowane są jako jednofazowe zasilane napięciem (500 - 3000) V. W skład urządzenia grzejnego wchodzi transformator i bateria kondensatorów do poprawy współczynnika mocy. Wzbudnik chłodzony jest wodą. Piece indukcyjne bezrdzeniowe stosowane są do topienia stali stopowych metali szlachetnych, metali trudno topliwych i żeliwa oraz do topienia metali w próżni.



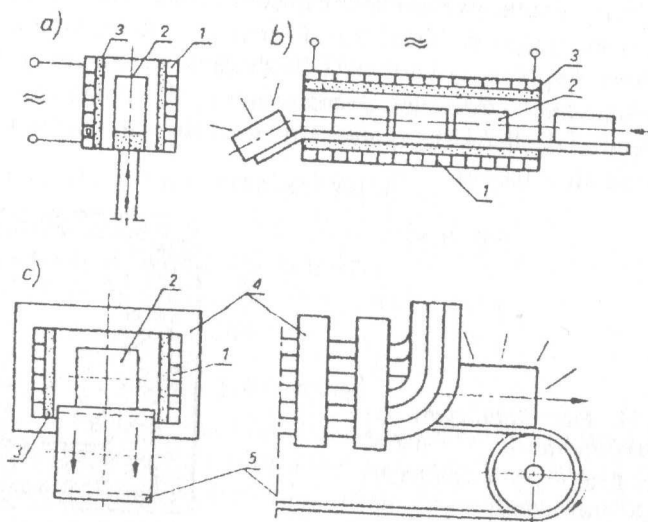
Rys. 4.76. Piec indukcyjny tygłowy bezrdzeniowy: 1 - tygiel, 2 - wsad, 3 - płyta izolacyjna cieplna, 4 - wzbudnik.

584. Jak zbudowane są nagrzewnice indukcyjne?

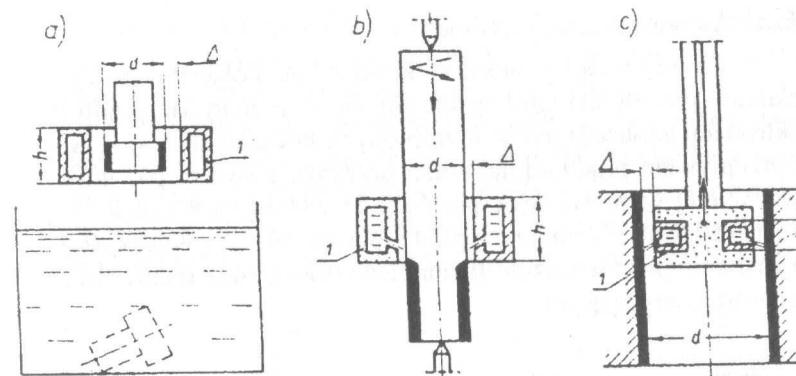
W zależności od przeznaczenia budowane są nagrzewnice indukcyjne do nagrzewania skrośnego, nagrzewnice indukcyjne do na-

grzewania zbiorników stalowych i nagrzewnice jridukcyjne do hartowania powierzchniowego.

Konstrukcje wzbudników do indukcyjnego nagrzewania skrośnego i powierzchniowego pokazano na rys. 4.77 i rys. 4.78. Nagrzewnice indukcyjne skrośne stosuje się do nagrzewania kęsów stalowych, aluminiowych, miedzianych i mosiądzu przed obróbką plastyczną. Nagrzewnice indukcyjne są stosowane do hartowania powierzchniowego części maszyn na głębokość 0,1+0,3 cm niekiedy 1+3 cm. Temperatura powierzchni hartowanych wynosi 800+1000°C. Stosowane częstotliwości 500-10000 Hz i 60+500 kHz. Źródłami prądu podwyższonej i wielkiej częstotliwości są najczęściej stosowane obecnie tyrystorowe przekształtniki częstotliwości.



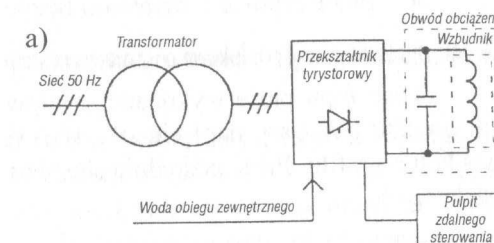
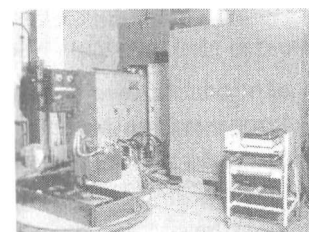
Rys. 4.77. Konstrukcje wzbudników do indukcyjnego nagrzewania skrośnego: a) wzbudnik cylindryczny, b) wzbudnik przelotowy, c) wzbudnik szczelinowy przelotowy z przenośnikiem wsadu. 1 - wzbudnik, 2 - wsad, 3 - izolacja cieplna, 4 - rdzeń magnetyczny, 5 - przenośnik.



Rys. 7.78. Nagrzewnice do hartowania powierzchniowego: a) jednoczesnego, b) posuwowego wałów, c) posuwowego otworów, I - wzbudnik.

Na rys. 4.79 pokazano tyrystorowy przekształtnik częstotliwości produkcji Instytutu Elektrotechniki o następujących parametrach technicznych:

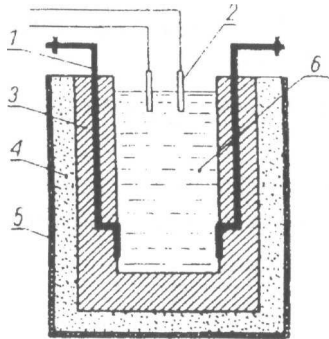
- napięcie wyjściowe 800 V,
- częstotliwość 8-10 kHz,
- prąd wyjściowy 400 A,
- zasilanie transformatora z transformatora, napięciem 3 x 380 V, 50 Hz,
- szafa przekształtnika wyposażona w zamknięty obieg chłodzenia wodnego z wymiennikiem ciepła woda-woda i pompą wodną.



Rys. 4.79. Tyrystorowy przekształtnik częstotliwości, a) schemat zasilania przekształtnika z sieci energetycznej. [106]

585. Jak zbudowane są piece elektrodowe?

Zasadę budowy pieca elektrodowego pokazano na rys. 4.80. Działanie pieców elektrodowych polega na przepływie prądu między elektrodami zanurzonymi w roztopionych mieszaninach soli. Rozgrzana przepływem prądu kapiel solna przekazuje swe ciepło umieszczone w niej wsadowi. Moc pieców elektrodowych z zasady nie przekracza 150 kW, a wymiary tygli - średnica 50 cm i wysokość 60 cm. Do zasilania pieców stosuje się napięcie przemiennie regulowane transformatorem zasilającym.



Rys. 4.80. Piec elektrodowy symetryczny: 1 - elektrody robocze, 2 - elektrody rozgrzewcze, 3 - szamotowa obudowa tygli, 4 - izolacja cieplna, 5 - obudowa zewnętrzna, 6 - kapiel solna.

586. Jaki jest podział urządzeń grzejnych łukowych?

Urządzenia łukowe dzielą się na:

- piece łukowe o działaniu pośrednim,
- piece łukowe o działaniu bezpośrednim.

587. Jak zbudowane są piece łukowe o działaniu pośrednim?

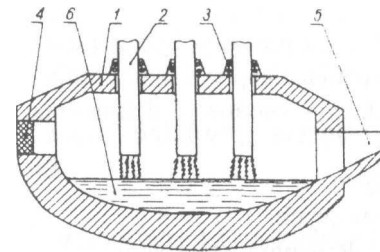
Tego typu piece wykonane są głównie jako jednofazowe o mocach do 500 kW przy napięciu ok. 100 V. Elektrody wykonywane są z węgla lub grafitu. Piece pośrednie stosuje się głównie do wytopu metali nieżelaznych.

588. Jak zbudowane są piece łukowe o działaniu bezpośrednim?

Zasadę budowy pieca łukowego bezpośredniego trójfazowego pokazano na rys. 4.81. Podstawowymi elementami pieca łukowego o działaniu bezpośrednim są: każdy wytopowa wraz z mechanizmami

napędowymi, tor wieloprądowy, transformator piecowy, układ samoczynnej regulacji elektrod, elektrody. Piece są wyposażone w zestaw przyrządów pomiarowych po stronie wn i po stronie nn.

Piece łukowe stosuje się do topienia stali i stopów żelaza. Moce pieców łukowych w odniesieniu do ich pojemności wsadowych zawierają się w granicach 300+600 kVA/tonę. Zasilanie pieców jest trójfazowe. Ze względu na dużą moc transformatory zasilane są z sieci wysokiego napięcia (110 kV). Napięcie strony wtórnej nie przekracza 600 V.



Rys. 4.81. Piec łukowy bezpośredni trójfazowy: 1 - obudowa i izolacja, 2 - elektroda, 3 - uszczelnienie i przepust izolacyjny chłodzony wodą, 4 - otwór wsadowy, 5 - lej spustowy, 6 - wsad będący przeciwną elektrodą.

4.13.2. Eksploatacja urządzeń elektrotermicznych

4.13.2.1. Warunki przyjęcia do eksploatacji i program pracy urządzeń elektrotermicznych

589. Kiedy urządzenia elektrotermiczne nowe lub po remoncie mogą być przyjęte do eksploatacji?

Urządzenia elektrotermiczne nowe lub po remoncie mogą być przyjęte do eksploatacji po stwierdzeniu, że:

- odpowiadają wymaganiom określonym w normach i przepisach dotyczących budowy urządzeń elektrotermicznych oraz określonym przez wytwórcę lub jednostkę organizacyjną, która wykonała remont urządzenia,

- zainstalowano je zgodnie z dokumentacją techniczną i warunkami technicznymi,
- odpowiadają warunkom ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- wyniki przeprowadzonych badań technicznych w zakresie podanym w punkcie 4.13.3 są zadowalające,
- protokół odbioru technicznego urządzenia po remoncie potwierdza zgodność parametrów technicznych z dokumentacją.

590. Jakie napisy i oznaczenia powinny być umieszczone na urządzeniach elektrotermicznych?

Na urządzeniach elektrotermicznych powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące napisy i oznaczenia:

- symbole elementów urządzenia zgodne z dokumentacją techniczną,
- symbole zacisków ochronnych, i
- dane na tabliczkach znamionowych,
- napisy określające funkcje elementów sterowania i sygnalizacji,
- oznaczenia stosowanych zabezpieczeń i wartości ich nastawienia.

591. Co powinny określać programy pracy urządzeń elektrotermicznych?

Programy pracy urządzeń elektrotermicznych powinny uwzględniać zasady racjonalnego użytkowania energii elektrycznej, a w szczególności określić:

- minimalny czas pracy na biegu jałowym,
- możliwość obniżenia poboru mocy elektrycznej w godzinach największego obciążenia krajowego systemu elektroenergetycznego,
- optymalne wypełnienie komory grzejnej (tygla), które nie powinno być mniejsze niż 70% pojemności znamionowej lub dopuszczalnej masy wsadowej, jeśli dokumentacja techniczna nie stanowi inaczej,

- maksymalną dopuszczalną energochłonność, w zależności od rodzaju procesu technologicznego i masy wsadowej,
- wartość prądów łuków na wybranych zaczepekach i czas pracy na danym zaczepekach,
- wartość dopuszczalnego poboru mocy i zużycia energii elektrycznej określonej w jednostce czasu,
- wskaźniki jednostkowego zużycia energii elektrycznej,
- optymalną wydajność, czas nagrzewania, czas wytopu, przelotowość.

Programy pracy powinny być opracowane dla urządzeń przekazanych do eksploatacji. Programy pracy powinny być aktualizowane w razie zmiany warunków eksploatacji urządzeń elektrotermicznych, nie rzadziej niż raz w roku.

4.12.2.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń elektrotermicznych

592. W jakich terminach przeprowadza się oględziny urządzeń elektrotermicznych?

Oględziny urządzeń elektrotermicznych przeprowadza się w terminach ustalonych w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem zaleceń wytwórcy i warunków pracy urządzeń - nie rzadziej niż raz na kwartał.

Oględziny należy przeprowadzać w czasie ruchu oraz w czasie postoju urządzeń.

593. Jakie czynności wchodzi w zakres oględzin w czasie ruchu urządzeń elektrotermicznych?

Przy przeprowadzaniu oględzin urządzeń elektrotermicznych w czasie ruchu należy dokonać oceny stanu urządzeń i sprawdzić w szczególności:

- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej,
- działanie i szczelność układu chłodzenia oraz temperaturę wody chłodzącej,
- temperaturę powierzchni obudowy i stan wymurówki,

- działanie aparatury sygnalizacyjnej, sterowniczej i zabezpieczającej,
- stan napędów, instalacji i torów wieloprądowych wraz z wyposażeniem,
- stan połączeń mechanicznych i elektrycznych,
- działanie urządzeń załadowniczych i wyładowniczych,
- stan układu z atmosferą ochronną i technologiczną,
- poziom hałasu i drgań,
- przestrzeganie programów pracy urządzeń elektrotermicznych,
- czystość urządzeń elektrotermicznych.

W razie stwierdzenia nieprawidłowości podczas oględzin, należy je usunąć lub przekazać urządzenia do remontu.

594. Jakie czynności wchodzi w zakres przeglądu urządzeń elektrotermicznych?

W zakres przeglądu urządzeń elektrotermicznych wchodzi czynności:

- określone dla oględzin,
- sprawdzenie działania wszystkich podzespołów urządzenia elektrotermicznego, ze szczególnym uwzględnieniem elementów pracujących w wysokich temperaturach,
- badania stanu technicznego w zakresie podanym w punkcie 4.13.3,
- wymianę zużytych części i usunięcie stwierdzonych uszkodzeń.

595. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy urządzeń elektrotermicznych?

Terminy przeglądów powinna określać instrukcja eksploatacyjna biorąc pod uwagę wyniki oględzin i potrzeby zakładu.

596. Kiedy ruch urządzeń elektrotermicznych należy wstrzymać?

Ruch urządzeń elektrotermicznych należy wstrzymać w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia oraz stwierdzenia uszkodzeń lub zakłóceń uniemożliwiających eksploatację, a w szczególności w razie:

- wzrostu temperatury czynnika chłodzącego ponad wartość określoną w dokumentacji fabrycznej,
- uszkodzenia układu z atmosferą ochronną i technologiczną,
- uszkodzenia instalacji chłodzenia,
- uszkodzenia instalacji sterowania i automatycznej regulacji,
- nadmiernych drgań i nadmiernego poziomu hałasu.

597. W jakich terminach przeprowadza się remonty urządzeń elektrotermicznych?

Remonty urządzeń elektrotermicznych powinny być przeprowadzane w zakresie i terminach ustalonych w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem wyników przeglądów.

598. Co należy do obowiązków osób prowadzących eksploatację urządzeń elektrotermicznych?

Osoby eksploatujące urządzenia elektrotermiczne powinny przestrzegać instrukcji eksploatacyjnej danego urządzenia oraz warunków bezpiecznej pracy, a w szczególności:

- stosowania ustalonego programu pracy urządzenia,
- utrzymywania zadanych parametrów technologicznych, jak temperatura, czas pracy itp.,
- kontrolowanie prawidłowego działania aparatury sterowania i automatyki,
- przeprowadzania oględzin oraz przeglądów urządzeń elektrotermicznych,
- dokonywania badań i pomiarów kontrolnych,
- przeprowadzania okresowych prac konserwacyjnych i remontowych,
- zapisywać ilość zużytej energii.

4.13.3. Zakres badań technicznych urządzeń elektrotermicznych [16]

Zakres badań	Wymagania techniczne					
	piece oporowe i suszarki elektryczne	na-grzewni-ce opo-rowe	na-grzewni-ce induk-cyjne	piece induk-cyjne	piece elektro-dowe	piece łukowe
Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej i wykonanie pomiarów.	Stan ochrony przeciwporażeniowej powinien być zgodny z wymaganiami ustalonymi w przepisach o ochronie przeciwporażeniowej.					
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 1 kV - nie mniejsza niż 1000 Ω na 1 V napięcia znamionowego, a dla instalacji o napięciu powyżej 1 kV - nie mniejsza niż 1 MΩ/1 kV, jeżeli wartości tych nie określił wytwórca.					
Pomiar rezystancji napędu elektrycznego, stanowiącego wyposażenie urządzeń elektrotermicznych.	Rezystancja izolacji powinna odpowiadać warunkom określonym w przepisach w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji elektrycznych urządzeń napędowych.					
Sprawdzenie działania aparatury kontrolno-pomiarowej, regulacyjnej, sterowniczej i zabezpieczającej.	Działanie powinno być sprawne, zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej lub dostawcy urządzenia.					

Zakres badań	Wymagania techniczne					
	piece oporowe suszarki elektryczne	na-grzewni-ce opo-rowe	na-grzewni-ce induk-cyjne	piece induk-cyjne	piece elektro-dowe	piece łukowe
Sprawdzenie działania wszystkich urządzeń pomocniczych, mechanizmów blokad, urządzeń załadowniczych i wyładowniczych, mechanizmów przechyłu.	Działanie powinno być sprawne, zgodne z warunkami podanymi w dokumentacji fabrycznej lub dostawcy urządzenia.					
Pomiar poboru mocy elektrycznej (bez wsadu) i czasu nagrzewania.	Pobór mocy nie powinien przekraczać 5% wartości podanej przez wytwórcę.	'obór mocy nie powinien przekraczać 5% wartości podanej przez wytwórcę.	-	-	-	-
Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń transformatora i dławika piecowego-	Zgodnie z normą PN-69/E-06040.	-	-	Zgodnie z normą PN-69/E-06040.		
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.	

Zakres badań	Wymagania techniczne					
	piece oporowe i suszarki elektryczne	na-grzewni-ce opo-rowe	na-grzewni-ce induk-cyjne	piece induk-cyjne	piece elektro-dowe	piece łukowe
Badanie stanu toru wielkopiętrowego.	-	-	-	Zgodnie z wymaganiami wytwórcy lub z normą PN-69/E-06204.		
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.

4.14. Urządzenia do elektrolizy

4.14.1. Zasada działania i budowa urządzeń do elektrolizy

599. Co to jest elektroliza?

Elektroliza jest to proces przepływu prądu elektrycznego w elektrolitach wraz z towarzyszącymi mu zmianami chemicznymi. Warunkiem niezbędnym do procesu elektrolizy jest obecność swobodnie poruszających się jonów w elektrolicie.

Masa metalu wydzielona na elektrodzie podczas elektrolizy jest przy prądzie stałym proporcjonalna do iloczynu prądu i czasu przepływu prądu i zależy od rodzaju metalu.

$$m = k \cdot I \cdot t$$

gdzie: m - masa metalu wydzielona na katodzie w gramach,
 I - natężenie prądu elektrycznego w amperach,
 t - czas trwania przepływu prądu w godzinach,
 k - równoważnik elektrochemiczny metalu w g/Ah, będący współczynnikiem zależnym od rodzaju metalu.

600. Jakie zastosowanie przemysłowe ma elektroliza?

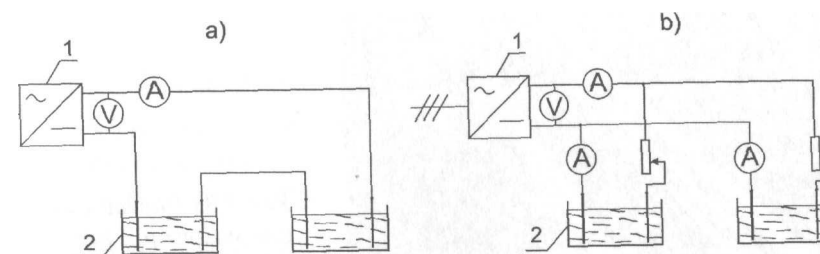
Elektroliza ma wielostronne zastosowanie przemysłowe w elektrolitycznym oczyszczaniu metali, w nakładaniu powłok metalowych ochronnych i ozdobnych, i w wielu gałęziach przemysłu chemicznego.

Jedną z bardzo rozpowszechnionych dziedzin zastosowań elektrolizy jest galwanostegia, tj. elektrolityczne nakładanie metalowych powłok ochronnych lub ozdobnych, jak: chromowanie, kadmowanie, miedziowanie, niklowanie, posrebrzanie, pozłacanie.

601. Z jakich podstawowych elementów składa się urządzenie do elektrolizy?

Urządzenie do elektrolizy (rys. 4.82) składa się z następujących podstawowych elementów:

- źródła prądu stałego,
- elektrolizerów.



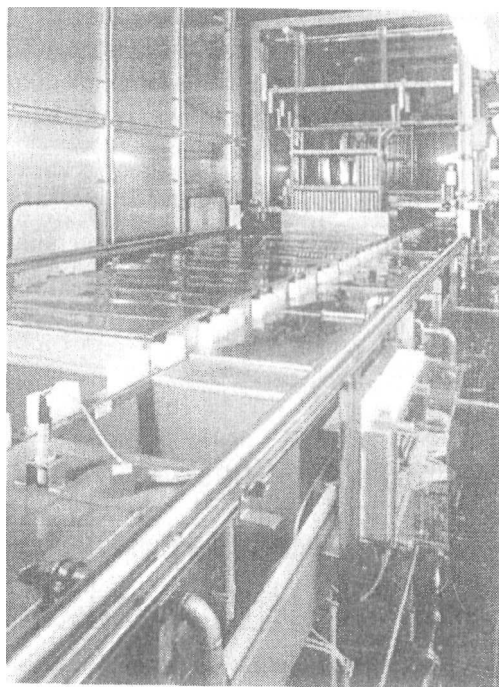
Rys. 4.82. Urządzenie do elektrolizy: a) szeregowe połączenie waniek, b) równoległe połączenie waniek: 1 - prostownik sterowany, 2 - wanny galwaniczne (elektrolizery).

602. Co to są elektrolizery?

Elektrolizery są to aparaty służące do przeprowadzania procesu elektrolizy. Przemysłowe elektrolizery są to otwarte lub zamknięte

zbiorniki (wanny, kotły, bębny) wypełnione elektrolitem, w którym zanurzone są co najmniej dwie elektrody, np. metalowa i grafitowa połączone ze sobą źródłem prądu stałego. Elektrolizery używane w galvanizerni nazywają się wannami galwanicznymi.

W nowoczesnych galvanizerniach proces galwanizerski przebiega w hermetycznie zamkniętych wannach wykonanych ze stali szlachetnej (rys. 4.83). Umożliwia to spełnienie wysokich wymagań stawianych urządzeniom galwanizerskim w związku z ochroną środowiska.



Rys. 4.83. Nowoczesna galvanizernia z hermetycznie zamkniętymi wannami. [105]

603. Jakie źródła prądu stałego stosuje się do zasilania elektrolizerów?

Do zasilania elektrolizerów stosuje się prądnice prądu stałego bocznikowe i obcowzbudne oraz prostowniki budowane na małe napięcia i duże prądy.

604. Jakie parametry są charakterystyczne dla pracy elektrolizerów?

Parametrami charakterystycznymi dla pracy elektrolizerów są: prąd, napięcie i temperatura.

W zależności od przeznaczenia prądy znamionowe elektrolizerów mogą wynosić od kilkudziesięciu amperów do kilku tysięcy amperów, a nawet więcej. Napięcia używane w procesie elektrolizy są rzędu kilku woltów. W praktyce elektrolizery łączy się szeregowo stosując napięcie zasilania do kilkudziesięciu woltów. Temperatura elektrolitu w czasie procesu elektrolizy zależy od procesu technologicznego i powinna być, wyższa od temperatury pokojowej.

605. W jaki sposób łączy się wanny galwaniczne ze źródłem prądu stałego?

Wanny galwaniczne ze źródłem prądu stałego łączy się instalacjami wieloprądowymi wykonanymi przewodami szynowymi miedzianymi lub aluminiowymi prowadzonymi na izolatorach.

Końce szyn miedzianych łączonych na zakładkę, powinny być pokryte cyną, a śruby ściągające stalowe powinny być kadmowane. Trzy stosowaniu przewodów aluminiowych należy pamiętać, że pod wpływem oparów z wanień powierzchnia ich utlenia się i oporność w miejscach styków znacznie wzrasta. Przed skręceniem śrubami powierzchnie stykające się należy oczyścić i posmarować tłuszczem nie /uwierającym kwasów.

606. W jaki sposób wanna galwaniczna powinna być odizolowana od ziemi?

Celem odizolowania wanny od ziemi ustawia się ją na specjalnych izolatorach. Rurociągi wodne, parowe czy wentylację należy i izolować od wanny za pomocą wstawek z materiałów izolacyjnych.

607. Jakie ogrzewanie stosuje się do podgrzewania elektrolitu w wannach?

Do podgrzewania elektrolitu w wannach stosuje się ogrzewanie wodne, parowe lub elektryczne. Ogrzewanie elektryczne może być bezpośrednie lub pośrednie. Ogrzewanie elektryczne bezpośrednie polega na zamontowaniu grzałek w elektrolicie. Przy podgrzewaniu pośrednim grzałki montuje się w płaszczu wodnym otaczającym wannę.

4.14.2. Eksploatacja urządzeń do elektrolizy

4.14.2.1. Podstawowe czynności eksploatacyjno ruchowe

608. Co to są urządzenia do elektrolizy?

Urządzenia do elektrolizy są to zespoły urządzeń, w skład których wchodzi:

- elektrolizer lub bateria elektrolizerów,
- urządzenia zasilające w energię elektryczną,
- układy regulacji sterowania oraz aparatura kontrolno-pomiarowa,
- układ przygotowania, regeneracji i obiegu elektrolitu,
- urządzenia chłodzenia wodnego, wentylacyjne, sieci sprężonego powietrza oraz odbioru produktów.

609. Jakie napisy i oznaczenia powinny być umieszczone na urządzeniach do elektrolizy?

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

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

610. Czy dla urządzeń do elektrolizy przekazanych do eksploatacji powinny być opracowane programy pracy?

Dla urządzeń do elektrolizy przekazanych do eksploatacji powinny być opracowane programy pracy uwzględniające zasady racjonalnego użytkowania energii elektrycznej.

611. Co należy sprawdzić przed każdym uruchomieniem urządzeń do elektrolizy?

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.

612. Jakie czynności należy wykonać przed włączeniem pod napięcie urządzeń do elektrolizy po postoju dłuższym od określonego przez wytwórcę?

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

613. Kiedy urządzenia do elektrolizy, wyłączone samoczynnie przez układy zabezpieczające można ponownie uruchomić?

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

614. Kiedy urządzenia do elektrolizy należy wyłączyć spod napięcia?

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:

- przerwa w obwodzie prądu stałego elektrolizera,
- stały ubytek elektrolitu,
- gwałtowny wzrost prądu w obwodzie elektrolizera,
- nadmierne miejscowe przegrzanie płaszcza elektrolizera,
- nadmierny wzrost temperatury połączeń szynowych lub styków ruchomych,
- nadmierna temperatura elektrolitu.

615. Co należy kontrolować w czasie ruchu urządzeń do elektrolizy?

W czasie ruchu urządzeń do elektrolizy należy nie rzadziej niż raz na zmianę kontrolować:

- wskazania przyrządów poboru mocy, napięcia i prądu zasilającego elektrolizer,

- prawidłowość działania urządzeń do elektrolizy i przebiegu procesu elektrolizy oraz czystość otrzymywanego produktu,
- szczelność elektrolizerów, wanien i układu obiegu elektrolitu,
- temperaturę elektrolitu,
- prawidłowość działania instalacji grzewczej elektrolizera,
- prawidłowość działania układu chłodzenia wodnego,
- stan izolatorów i wkładek izolacyjnych.

4.14.2.2. Oględziny, przeglądy i remonty urządzeń do elektrolizy

616. Jakie czynności wchodzą w zakres oględzin urządzeń do elektrolizy?

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

- stan ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej,
- wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej,
- stan i szczelność elektrolizerów, wanien i układu obiegu elektrolitu,
- temperaturę elektrolizerów,
- stan instalacji grzewczej i układu chłodzenia wodnego,
- stan urządzeń zasilających, regulacji, sygnalizacji i sterowania,
- stan pomieszczeń i działanie urządzeń wentylacji,
- stan zabezpieczeń i prawidłowość ich nastawień,
- przestrzeganie programów pracy urządzeń do elektrolizy,
- stan powierzchni izolatorów i wkładek izolacyjnych.

Jeżeli podczas oględzin urządzeń do elektrolizy stwierdzono nieprawidłowości należy je usunąć lub przekazać urządzenie do remontu.

617. W jakich terminach przeprowadza się oględziny urządzeń do elektrolizy?

Terminy i sposób przeprowadzania oględzin urządzeń do elektrolizy ustalone są w instrukcji eksploatacji, z uwzględnieniem zaleceń wytwórcy i warunków pracy urządzeń.

Oględziny należy przeprowadzać w czasie ruchu i postoju urządzeń, nie rzadziej niż raz na 6 miesięcy.

618. Jakie czynności wchodzą w zakres przeglądów urządzeń do elektrolizy?

Przeglądy urządzeń do elektrolizy powinny obejmować w szczególności:

- szczegółowe oględziny,
- sprawdzenie działania wszystkich urządzeń i elementów stanowiących wyposażenie elektrolizera,
- badania stanu technicznego w zakresie podanym w pkt. 4.14.3,
- sprawdzenie stanu połączeń szyn i przewodów,
- sprawdzenie szczelności elektrolizera,
- kontrolę prawidłowości nastawienia zabezpieczeń i działania urządzeń pomocniczych,
- czynności konserwacyjne zgodne z dokumentacją fabryczną,
- wymianę zużytych części i usunięcie stwierdzonych uszkodzeń.

619. W jakich terminach przeprowadza się przeglądy urządzeń do elektrolizy?

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

620. W jakich terminach przeprowadza się remonty urządzeń do elektrolizy?

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

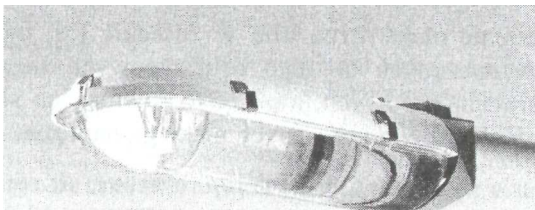
621. Kiedy powinny być przeprowadzane czynności konserwacyjno-remontowe urządzeń do elektrolizy?

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

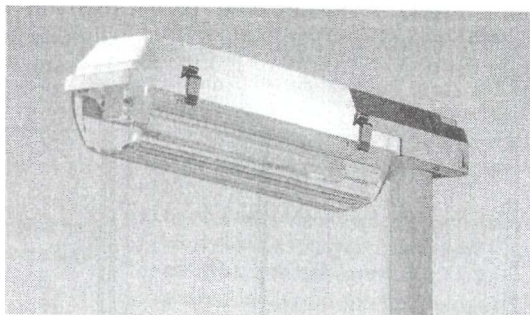
624. Jakie źródła światła stosuje się do oświetlenia ulic?

Do oświetlenia ulic stosuje się wysokoprężne lampy wyładowcze rtęciowe, metalohalogenkowe i sodowe, montowane w różnych oprawach oświetleniowych do oświetlenia dróg (rys. 4.85).

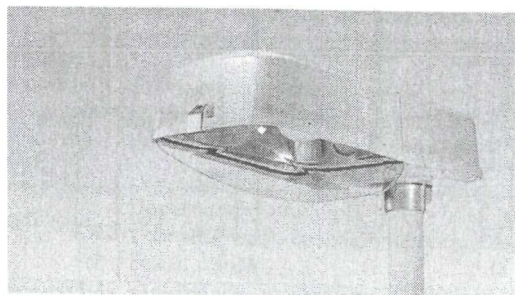
1)



2)



3)



Rys. 4.85. Źródła światła oświetlenia drogowego: 1 - oprawa do lamp sadowych, 2 - oprawa do świetlówek, 3 - oprawa uniwersalna o niskiej mocy. [94]

625. Co obejmuje montaż wyposażenia elektrycznego latarni?

Montaż wyposażenia elektrycznego latarni obejmuje:

- wciągnięcie przewodów w trzony latarni i wsięgniki,
- wprowadzenie kabli do wnętrza słupów,
- zainstalowanie tabliczek zabezpieczających,
- wykonanie połączeń przewodów i kabli w oprawach i na tabliczkach zabezpieczeniowych,
- wykonanie połączeń ochrony przeciwporażeniowej.

626. W jaki sposób należy wykonać ochronę przeciwporażeniową latarni?

Ochronę przeciwporażeniową należy wykonać zgodnie z wymogami normy. [32]

W przypadku samoczynnego wyłączenia zasilania-jako środka ochrony przed dotykiem pośrednim w układzie sieci TN - należy do każdej latarni doprowadzić przewód ochronny PE lub wykorzystać do ochrony przewód ochronno-neutralny PEN, jeżeli przekrój przewodu PEN jest nie mniejszy niż 10 mm² Cu lub 16 mm² Al i podłączyć do zacisku ochronnego latarni i zacisku ochronnego tabliczki. W przypadku samoczynnego wyłączenia zasilania jako środka ochrony przed dotykiem pośrednim w układzie sieci TT należy przez otwór kablowy w fundamencie każdej latarni doprowadzić do jej wnętrza instalację uziemiającą (wg projektu sieci) i połączyć ją z zaciskiem ochronnym latarni. Ponadto zacisk ochronny latarni należy połączyć przewodem z zaciskiem ochronnym tabliczki zabezpieczeniowej.

627. Co wchodzi w zakres sprawdzenia podczas wykonywania sieci oświetlenia ulicznego?

Podczas wykonywania sieci kablowej oświetlenia ulicznego należy sprawdzić prawidłowość:

- wykonania rowów kablowych,
- ustawienia słupów,
- ułożenia kabli przed zasypaniem rowów,
- montażu przewodów ochronnych.

Podczas wykonywania sieci oświetleniowej **napowietrznej** należy sprawdzić prawidłowość:

- ustawienia słupów,
- zamocowania wsięgników,

- montażu przewodów ochronnych.

628. Jakie badania należy wykonać przed przekazaniem sieci oświetlenia ulicznego użytkownikowi?

Przed przekazaniem sieci oświetlenia ulicznego użytkownikowi należy wykonać następujące badania:

- sprawdzenie zgodności kabli, przewodów, osprzętu, słupów, wysięgników i opraw z dokumentacją techniczną,
- sprawdzenie prawidłowości naciągów i zwisów przewodów linii napowietrznej,
- sprawdzenie prawidłowości wykonania ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie ciągłości żył kabli, przewodów instalacji zasilającej i przewodów ochronnych,
- pomiar izolacji kabli i przewodów,
- pomiar skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- pomiar rezystancji uziomów roboczych,
- pomiar natężenia oświetlenia.

4.15.2. Eksploatacja sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego

629. Kiedy sieć elektrycznego oświetlenia może być przyjęta do eksploatacji?

Sieć elektrycznego oświetlenia ulicznego może być przyjęta do eksploatacji po stwierdzeniu, że:

- odpowiada wymogom określonym w normach i przepisach dotyczących budowy sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego,
- wykonana została zgodnie z dokumentacją techniczną i warunkami technicznymi,
- odpowiada warunkom ochrony przeciwporażeniowej,
- zapewnia właściwe natężenie i równomierne oświetlenie,
- podział lamp oświetleniowych na poszczególne fazy zapewnia równomierne obciążenie,
- rezystancja izolacji odpowiada wymogom przepisów,

- protokół odbioru sieci po remoncie potwierdza zgodność parametrów technicznych z dokumentacją i warunkami technicznymi.

630. Kiedy sieć elektrycznego oświetlenia ulicznego wyłączoną przez zabezpieczenie można ponownie włączyć pod napięcie?

Sieć elektrycznego oświetlenia ulicznego wyłączoną przez zabezpieczenie można ponownie włączyć pod napięcie po usunięciu przyczyn wyłączenia, a w razie nie stwierdzenia tych przyczyn - po wykonaniu próbnego włączenia.

631. Ile może wynosić liczba niesprawnych źródeł światła elektrycznego w stosunku do ogólnej liczby źródeł światła?

Liczba niesprawnych źródeł światła elektrycznego w stosunku do ogólnej liczby źródeł światła nie powinna przekraczać w odniesieniu do:

- oświetlenia centralnych i głównych dróg w granicach miast- 5%,
- oświetlenia dróg krajowych - 10%,
- oświetlenia innych dróg- 15%.

Dopuszczalna liczba niesprawnych źródeł światła oświetlenia drogowego dotyczy 100 kolejnych opraw dowolnie wybranego ciągu oświetlenia jednej lub kilku dróg w granicach miast. Dopuszczalna liczba niesprawnych źródeł światła w przypadku dróg w granicach miast, na których zainstalowano kilka lub kilkanaście opraw, nie powinna przekraczać 20% ogólnej ich liczby i dotyczyć kolejnych opraw.

632. W jakich terminach i w jakim zakresie przeprowadza się oględziny sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego?

Terminy i zakres oględzin sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego powinny być ustalone w instrukcji eksploatacji z uwzględnieniem warunków i miejsc zainstalowania i rodzajów dróg. Oględziny powinny być przeprowadzane nie rzadziej niż raz w roku.

Podczas przeprowadzania oględzin sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego należy dokonać oceny stanu urządzeń i sprawdzić w szczególności:

- 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.

Nieprawidłowości stwierdzone w czasie oględzin należy usunąć i w razie potrzeby wykonać zabiegi konserwacyjne dotyczące źródeł światła i opraw.

633. W jakich terminach i w jakim zakresie przeprowadza się przeglądy sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego?

Przeglądy sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego przeprowadza się raz na dwa lata - dla oświetlenia głównych dróg w granicach miast i raz na 3 lata - dla pozostałych dróg.

Przeglądy powinny obejmować w szczególności:

- 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 zamocowania urządzeń oświetlenia elektrycznego,
- badanie kontrolne natężenia oświetlenia i jego zgodności z normą,
- czynności konserwacyjne i naprawy zapewniające poprawę pracy urządzeń oświetlenia elektrycznego.

634. W jaki sposób powinien być regulowany czas pracy sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego?

Czas pracy sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego powinien być regulowany automatycznie (np. przekaźnikiem zmiernym, zegarem przełączającym) i być dostosowany do pory roku oraz warunków lokalnych.

635. Kiedy sieć elektrycznego oświetlenia ulicznego powinna być przekazana do remontu?

Sieć elektrycznego oświetlenia ulicznego powinna być przekazana do remontu, jeżeli stwierdzi się:

- pogorszenie stanu technicznego opraw, które uniemożliwia uzyskanie wymaganej wartości natężenia oświetlenia,
- uszkodzenie zagrażające bezpieczeństwu obsługi lub otoczenia.

4.15.3. Organizacja bezpiecznej pracy przy sieciach elektrycznego oświetlenia ulicznego

636. Jak powinna być wykonywana praca przy sieciach elektrycznego oświetlenia ulicznego?

Praca przy sieciach elektrycznego oświetlenia ulicznego powinna być wykonywana w sposób bezpieczny nie stwarzający zagrożenia tak dla pracowników jak i dla osób postronnych w oparciu o „Szczegółową instrukcję”.

637. Na jakie polecenie mogą być wykonywane prace przy sieciach elektrycznych oświetlenia ulicznego?

Prace przy sieciach elektrycznych oświetlenia ulicznego mogą być wykonywane: na polecenie pisemne, ustne lub bez polecenia. Wykaz prac które mogą być wykonywane bez polecenia oraz wykaz prac które muszą być wykonywane na polecenie pisemne lub ustne musi być wyszczególniony w „Szczegółowej instrukcji organizacji bezpiecznej pracy przy sieci oświetlenia elektrycznego”.

638. Jakie prace mogą być wykonywane bez polecenia?

Bez polecenia mogą być wykonywane prace:

- związane z ratowaniem zdrowia i życia ludzkiego oraz urządzeń przed zniszczeniem,
- wymiana wkładek bezpiecznikowych (o nieuszkodzonych podstawach) na tablicach oświetlenia w stacjach, szafkach oświetleniowych, słupach oświetlenia wydzielonego,
- inne prace wyszczególnione w instrukcji szczegółowej.

639. Jakie powinno być wyposażenie brygady w sprzęt ochronny i narzędzia pracy?

Brygada powinna być wyposażona w następujący sprzęt ochronny i narzędzia pracy:

- wskaźnik napięcia akustyczno-optyczny SN - 1 szt.
- wskaźnik niskiego napięcia - 1 szt.
- drążek izolacyjny SN - 1 szt.
- uchwyt do bezpieczników typu Bm - 1 szt.
- uziemiacze przenośne typu lekkiego wg potrzeb,
- rękawice elektroizolacyjne - 2 pary,
- tablice ostrzegawcze, zakazu, informacyjne - 1 komplet,
- znak drogowy ostrzegawczy „Roboty drogowe” - 1 komplet,
- przyrząd do pomiaru skuteczności ochrony przeciwporażeniowej - 1 szt.
- induktorowy miernik izolacji - 1 szt.
- woltomierz - 1 szt.
- amperomierz cęgowy - 1 szt.
- apteczka pierwszej pomocy - 1 szt.

Ponadto elektromonter powinien posiadać:

- kask ochronny - 1 szt.
- szelki ochronne - 1 szt.
- okulary ochronne - 1 szt.
- kamizelkę odblaskową ostrzegawczą - 1 szt.
- rękawice ochronne - 1 para,
- wskaźnik napięcia do 1 kV - 1 szt.
- torbę monterską - 1 szt.

4.16. Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciw-wybuchowym

4.16.1. Zagrożenia wybuchem

640. W jakich warunkach może powstać niebezpieczeństwo wybuchu?

Niebezpieczeństwo wybuchu może powstać gdy w **powietrzu** znajdują się substancje tworzące z nim mieszaninę wybuchową.

641. Jakie są podstawowe parametry wybuchowe?

Podstawowymi parametrami wybuchowymi są:

- temperatura zapłonu cieczy łatwopalnej,
- granice wybuchowości (dolna i górna),
- gęstość względna gazu lub pary w stosunku do powietrza,
- temperatura samozapłonu palnych gazów, par, cieczy łatwopalnych pyłów i włókien,
- temperatura tlenia pyłów i włókien.

642. Co nazywamy mieszaniną wybuchową?

Mieszaniną wybuchową nazywa się taką mieszaninę gazów palnych, par cieczy łatwopalnych lub pyłów i włókien z powietrzem, w której jest dostateczna ilość czynników palnych (powyżej tzw. dolnej granicy wybuchowości), która pod wpływem energii cieplnej, np. iskry, płomienia, łuku elektrycznego lub nagrzanej powierzchni ulega gwałtownemu spalaniu, połączonemu z gwałtownym wzrostem ciśnienia.

643. Od czego zależy prawidłowe i bezpieczne funkcjonowanie instalacji i urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Prawidłowe i bezpieczne funkcjonowanie instalacji i urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem zależy w znacznym stopniu od oceny zagrożenia wybuchem, zastosowanych urządzeń, kabli, przewodów i osprzętu elektrycznego oraz od środków zapobiegających powstaniu wybuchu.

Strefy zagrożenia wybuchem i ich wymiary powinny być określone w pierwszej kolejności, ponieważ na ich podstawie określa się jakie powinny być zastosowane instalacje i urządzenia elektryczne oraz ochrona odgromowa, ochrona przed elektryzacją statyczną, ochrona przepięciowa, ochrona przeciwporażeniowa, ochrona katodowa itp. decydujące o bezpieczeństwie i funkcjonalności obiektu.

644. Przez kogo powinna być dokonana ocena zagrożenia wybuchem?

Ocena zagrożenia wybuchem powinna być wykonana przez inwestora, jednostkę projektową lub użytkownika decydującego o rodzaju i zakresie technologii.

Przy ocenie zagrożenia wybuchem należy uwzględnić wszystkie czynniki i okoliczności mogące mieć wpływ na powstanie mieszaniny wybuchowej a więc: rodzaj źródła zagrożenia, rodzaj składników palnych, rodzaj wentylacji, czas wydzielania, ciśnienie, temperaturę itp.

645. Co może być inicjatorem wybuchu?

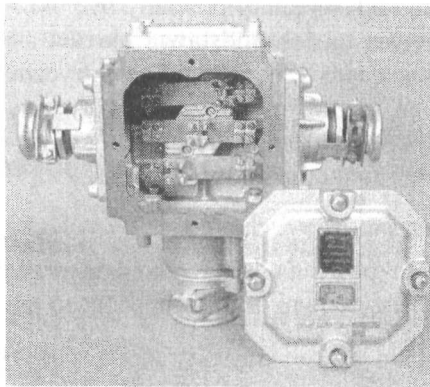
Inicjatorami wybuchu mogą być iskry elektryczne powstałe podczas pracy urządzeń i instalacji, przepięć i zwarć, wyładowań atmosferycznych i elektrostatycznych oraz iskry krzesane.

Wybuch mogą również wywołać części urządzeń i instalacji nagrzane do temperatury zapalenia występującej substancji w mieszaninie wybuchowej.

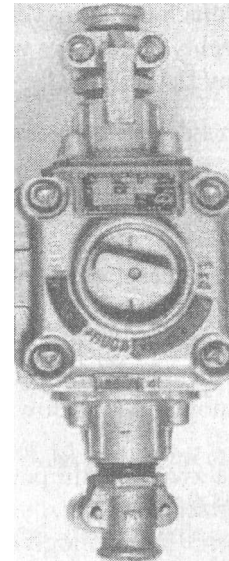
4.16.2. Urządzenia elektryczne przeciwybuchowe Ex i strefy zagrożenia

646. Co to są urządzenia przeciwybuchowe Ex?

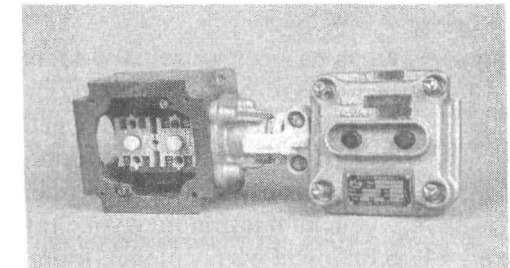
Urządzenia przeciwybuchowe Ex są to urządzenia elektryczne, w których konstrukcji lub sposobie działania zastosowano odpowiednie zabezpieczenia wykluczające lub ograniczające możliwość zapoczątkowania wybuchu przez iskry czy temperaturę powstające w czasie pracy lub awarii urządzenia.



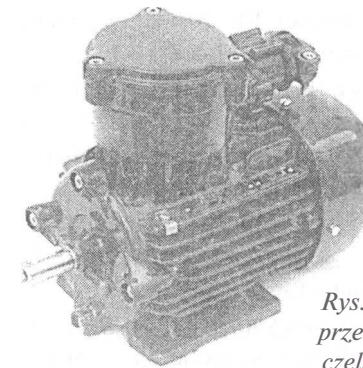
Rys. 4.86. Skrzynka szynowa zaciskowa ognioszczelna typ SSZ-Exd IIBT6. [88]



Rys. 4.87. Rozłącznik ręczny ognioszczelny typ WR-10 Exd IIB T6. [88]



Rys. 4.88. Przycisk sterowniczy ognioszczelny typ PP-62 Exd IIBT6. [88]



Rys. 4.89. Trójfazowy silnik indukcyjny przeciwybuchowy w osłonie ognioszczelnej EExd IP-54. [88]

647. Jak dzielimy urządzenia elektryczne przeciwybuchowe pod względem przeznaczenia?

Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe dzieli się w zależności od przeznaczenia na dwie grupy:

- grupa I - urządzenia elektryczne dla kopalń metanowych;

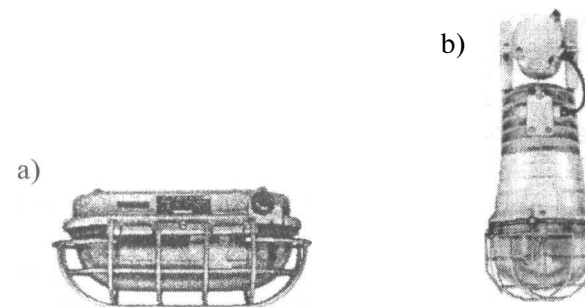
- grupa II - urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, innych niż w kopalniach metanowych.

Urządzenia grupy II w osłonach ognioszczelnych „d” i w wykonaniu iskrobezpiecznym „i” dzieli się na podgrupy HA, IIB, IIC.

648. Jak dzielimy urządzenia elektryczne przeciwwybuchowe ze względu na rodzaj budowy?

Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe ze względu na **rodzaj budowy** dzieli się na urządzenia:

- Exd - z osłoną ognioszczelną w której wszystkie części elektryczne umieszczone są wewnątrz osłony ognioszczelnej,
- Exi - iskrobezpieczne, budowa oparta jest na układach o małej energii elektrycznej z tak dobranymi elementami, aby iskry elektryczne i zjawiska termiczne nie mogły spowodować wybuchu mieszaniny wybuchowej,
- Exe - o budowie wzmocnionej, która polega na zwiększaniu pewności mechanicznej i elektrycznej urządzeń elektrycznych w celu możliwości powstania uszkodzeń, które mogłyby spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej,
- Exo - z osłoną cieczą (olejową), wszystkie części iskrzące są umieszczone w oleju i te części które nie są zanurzone w oleju, muszą mieć osłonę ognioszczelną,
- Exp - z osłoną przewietrzaną lub gazową z nadciśnieniem, w której części elektryczne umieszczone są wewnątrz szczelnej osłony stale przewietrzanej lub wypełnionej niepalnym gazem, znajdującym się stale pod nadciśnieniem,
- Exm - hermetyzowane masą izolacyjną, w której części elektryczne mogą spowodować wybuch umieszczone są wewnątrz obudowy i zalane masą izolacyjną,
- Exq - z osłoną piaskową, w której wszystkie części elektryczne mogące spowodować wybuch umieszczone są w obudowie wypełnionej piaskiem,
- Exs - budowy specjalnej, w której bezpieczeństwo urządzeń elektrycznych wobec mieszanin wybuchowych osiągnięte jest w sposób inny niż w ww. rodzajach.



Rys. 4.90. Przeciwwybuchowe oprawy oświetleniowe: a) oprawa kanałowa do źródeł żarowych EExeTl [100W], b) oprawa zwieszana dla żarówek mieszanych do 500 W (rtęciowych i sodowych) z wbudowanym statecznikiem. Cecha przeciwwybuchowości EExde IIB T3-T6.

649. Jak powinno być oznakowane każde urządzenie elektryczne „Ex”?

Każde urządzenie elektryczne Ex powinno być oznakowane czytelnie i trwale i powinno zawierać:

- nazwę producenta lub jego zarejestrowany znak handlowy,
- określenie typu nadane przez producenta,
- symbol EEx (pierwsza litera E oznacza, że urządzenie spełnia wymagania norm europejskich),
- symbol każdego użytego rodzaju budowy przeciwwybuchowej,
- symbol grupy urządzenia części lub podzespołu Ex,
- nazwę lub znak stacji badawczej,
- oznaczenie certyfikatu, a za nim symbol „U” lub symbol X (U - oznacza, że jedna z części urządzenia jest w wykonaniu Ex; X - określa specjalne warunki bezpieczeństwa wymagane podczas eksploatacji),
- oznaczenie stosowanej normy dla danego rodzaju budowy przeciwwybuchowej,
- oznaczenie wynikające z normy wyrobu.

650. Co to jest strefa zagrożenia wybuchem?

Strefa zagrożenia wybuchem jest to przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa.

651. Jak klasyfikuje się strefy zagrożenia wybuchem?

Strefy zagrożenia wybuchem klasyfikuje się następująco:

- ZO** - strefa w której mieszanina wybuchowa gazowa, par lub mgieł występuje stale lub długotrwanie w normalnych warunkach pracy;
- Z1** - strefa w której mieszanina wybuchowa gazów, par lub mgieł może występować w normalnych warunkach pracy;
- Z2** - strefa w której istnieje niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny wybuchowej gazów, par lub mgieł, przy czym mieszanina wybuchowa może występować jedynie krótkotrwanie;
- Z10** - strefa, w której mieszanina wybuchowa pyłów występuje często w normalnych warunkach pracy;
- Z11** - strefa, w której zalegające pyły mogą krótkotrwanie stworzyć mieszaninę wybuchową wskutek przypadkowego zawirowania powietrza.

652. Jakie są klasy temperaturowe ustalone dla urządzeń przeciwybuchowych grupy II w zależności od maksymalnej temperatury powierzchni mającej styczność z mieszaniną wybuchową?

Dla elektrycznych urządzeń przeciwybuchowych grupy II w zależności od maksymalnej temperatury powierzchni mającej styczność z mieszaniną wybuchową ustalono sześć klas temperaturowych podanych w tablicy 4.26.

Tablica 4.26. Klasyfikacja maksymalnych temperatur powierzchni dla urządzeń elektrycznych grupy II wg [64]

Klasy temperaturowe	Maksymalna temperatura powierzchni w °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
TS	100
T6	85

4.16.3. Dobór urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem

653. Jakie urządzenia elektryczne powinny być stosowane w strefach zagrożonych wybuchem?

W strefach zagrożonych wybuchem powinny być stosowane urządzenia elektryczne zgodnie z przepisami w zakresie parametrów, na które zostały wyprodukowane i uzyskały cechę przeciwybuchową określoną w certyfikacie. Na każdym urządzeniu elektrycznym w wykonaniu przeciwybuchowym powinny być podane parametry: przeciwybuchowe (Ex), elektryczne, stopień ochrony (IP) oraz znak stacji badawczej i numer certyfikatu.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa urządzenia elektryczne powinny być:

- dobrane do stref zagrożenia wybuchem „Z”
- dobrane do parametrów wybuchowych substancji tj. do podgrup wybuchowości IIA, IIB, IIC oraz klas temperaturowych T1 do T6,
- dobrane do temperatury otoczenia, którą należy uwzględnić jeżeli jest wyższa od 40°C,
- zasilane energią elektryczną w układzie TN-S, przewodami lub kablami w izolacji nie przenoszącej płomienia,
- zabezpieczone przed zwarciami i przeciążeniami oraz przed zanikiem fazy,
- chronione przed oddziaływaniem cieplnym, przepięciami i wpływami od wyładowań atmosferycznych, agresywnym środowiskiem, elektrycznością statyczną, uszkodzeniem urządzeń lub ich nieprawidłowym działaniem i innymi czynnikami wpływającymi na powstanie zagrożenia.

654. Jakie urządzenia elektryczne mogą być stosowane w strefach ZO?

W strefach zagrożonych wybuchem ZO mogą być stosowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwybuchowym dla strefy ZO, tj. posiadać w certyfikacie oprócz cechy Ex oznaczenie ZO;

- iskrobezpieczne z cechą Exia. Przewody lub żyły obwodów iskrobezpiecznych nie powinny być prowadzone we wspólnych kablach, rurach lub wiązkach z obwodami nieiskrobezpiecznymi. Obwód iskrobezpieczny powinien być uziemiony poza strefą zagrożoną wybuchem tylko w jednym punkcie;
- zasilane w systemie sieciowym TN-S. Kable i przewody powinny być w płaszczach lub oplotach metalowych z zewnętrzną powłoką z gumy lub tworzywa sztucznego nie przenoszącego płomienia.

W strefach ZO nie wolno stosować gniazd wtyczkowych, sprężników oraz ochrony katodowej. Urządzenia i obwody powinny spełniać również wymagania określone dla stref Z1.

655. Jakie urządzenia elektryczne mogą być stosowane w strefach zagrożonych wybuchem-Z1?

W strefach zagrożonych wybuchem Z1 mogą być stosowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwwybuchowym: Exd, Exe, Exib, Exo, Exq i Exp, o parametrach i cechach określonych w certyfikacie i dostosowanych do warunków zagrożenia wybuchem substancji w środowisku, w którym mają pracować. Silniki w wykonaniu Exe mogą być stosowane jeżeli posiadają stopień ochronny co najmniej IP44 ze skrzynką przyłączową IP54. Urządzenia elektryczne w wykonaniu Exd powinny być wyposażone a atestowane dławiki również budowy Exd. Oprawy oświetleniowe mogą być stosowane, jeżeli są budowy Exd lub Exe z oprawką Exd. Oprawy powinny być instalowane zgodnie z wymaganiami certyfikatu oraz zaleceniami producentów i tylko z ustalonymi źródłami światła,
- iskrobezpieczne z cechą Exib. Powinny one być chronione przed przekroczeniem bezpiecznego poziomu energii w obwodzie w przypadku zwarcia lub doziemienia. Urządzenia, których cecha jest ujęta w nawiasie kwadratowym

[Exib] powinny być instalowane poza strefami zagrożonymi wybuchem. Obwody iskrobezpieczne powinny być: izolowane od ziemi w strefie zagrożenia wybuchem, połączone w jednym punkcie z przewodem ekwipotencjalnym, uziemione tylko w jednym punkcie w strefie zagrożonej wybuchem,

- w wykonaniu Exm i Exs oraz systemy wentylacyjne Exp dopuszczone do pracy w strefie Z1 przez jednostkę wyspecjalizowaną,
- urządzenia w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym mogą być stosowane, jeżeli ich parametry elektryczne, wg danych producenta nie przekraczają żadnych z następujących wartości: 1,2 V; 0,1 A; 20 mJ; 25 mW. Urządzenia spełniające takie warunki nie muszą być certyfikowane lecz tylko oznakowane w sposób umożliwiający ich identyfikację, np. podany numer katalogu.

656. Jakie urządzenia elektryczne mogą być stosowane w strefach zagrożonych wybuchem - Z2?

W strefach zagrożonych wybuchem - Z2 mogą być stosowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwwybuchowym jak dla stref ZO i Z1,
- certyfikowane dla Z2,
- budowy Exp o uproszczonej budowie, tj. bez wstępnego przewietrzania oraz z możliwością odprowadzania gazu ochronnego do atmosfery otoczenia,
- w wykonaniu przeciwwybuchowym, które w normalnych warunkach pracy nie wytwarzają łuków lub iskier, bądź nie nagrzewają się do temperatur mogących wywołać wybuch. Powinny posiadać one następujące środki ochrony:

IP54 dla części nie izolowanych będących pod napięciem,
 - IP44 dla części izolowanych będących pod napięciem.

W pomieszczeniach suchych mogą być stosowane urządzenia odpowiednio o IP40 i o IP20,

- grzewcze, jeżeli są zabezpieczone przed wzrostem temperatury grzejnika do temperatury samozapalenia substancji niebezpiecznej.

657. Jakie urządzenia elektryczne mogą być stosowane w strefach ZI 0?

W strefach zagrożonych wybuchem - Z10 mogą być stosowane urządzenia:

- posiadające dopuszczenie do pracy w strefie ZI 0,
- w wykonaniu Exd dla grupy IIC z uszczelnieniami złącz ognioszczelnych,
- w wykonaniu Exia dla grupy IIB i IIC,
- w wykonaniu Exp z odprowadzeniem gazu ochronnego do strefy niezagrożonej poprzez urządzenia odpylające i chwytające części metalowe,
- w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym o stopniu ochrony IP6X, przy występowaniu pyłów nieprzewodzących dla urządzeń z częściami iskrzącymi z wyjątkiem gniazd wtyczkowych, sprzęgników i opraw oświetleniowych.

658. Jakie urządzenia elektryczne mogą być stosowane w strefach ZI 1?

W strefach zagrożonych wybuchem - Z11 mogą być stosowane urządzenia:

- w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym o stopniu ochrony: IP6X przy występowaniu pyłów przewodzących dla urządzeń z częściami nieiskrzącymi, IP5X przy występowaniu pyłów nieprzewodzących dla urządzeń z częściami iskrzącymi, IP4X przy występowaniu pyłów nieprzewodzących dla urządzeń z częściami nieiskrzącymi.
- w wykonaniu Exib oraz Exic,
- oprawy oświetleniowe z kloszami osłaniającymi źródła światła zabezpieczonymi odpowiednią siatką przed stłuczeniem,
- gniazda wtyczkowe bez wyłącznika o stopniu ochrony IP5X, z wyłącznikiem IP4X instalowane otworami w dół. Należy unikać stosowania sprzęgników,

- w wykonaniu Exp z odprowadzeniem gazu ochronnego do strefy nie zagrożonej poprzez urządzenie odpylające.

4.16.4. Instalowanie urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem

659. Jakie zasady powinny być przestrzegane przy instalowaniu urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Urządzenia elektryczne w strefach zagrożonych wybuchem powinny być instalowane:

- po sprawdzeniu stanu technicznego urządzenia,
- zgodnie z dokumentacją projektową i techniczno-ruchową (DTR),
- według posiadanych parametrów przeciwwybuchowych podanych w certyfikacie,
- przez pracowników przeszkolonych i uprawnionych w zakresie budowy i montażu,
- z zachowaniem bezpiecznych metod pracy,
- według zasad i kolejności wynikających z rodzaju budowy,
- przy uwzględnieniu wymagań innych przepisów i norm np. ochrony przed porażeniem, ochrony przed elektryzacją statyczną, ochrony katodowej, ochrony odgromowej.

660. Na czym polega sprawdzenie stanu technicznego urządzenia przed zainstalowaniem?

Sprawdzenie stanu technicznego urządzenia przed zainstalowaniem go w strefie zagrożonej wybuchem polega na:

- dokładnym sprawdzeniu zgodności danych znamionowych urządzenia z warunkami w jakich ma pracować,
- sprawdzeniu zgodności certyfikatu z wyrobem,
- szczegółowych oględzinach ze zwróceniem uwagi na stan części i podzespołów stanowiących osłonę przeciwwybuchową urządzenia,
- wykonaniu prób działania urządzenia.

661. Jak przeprowadza się próbę działania urządzenia przeciwwybuchowego przed zainstalowaniem?

Próbie działania urządzenia przeciwwybuchowego przed zainstalowaniem przeprowadza się w pomieszczeniu niezagrażonym, zgodnie z warunkami dokumentacji ruchowej, a następnie ponownie sprawdza się zamocowanie wszystkich pokryw i dokręcenie śrub.

662. Jak należy instalować urządzenia przeciwwybuchowe?

Urządzenia przeciwwybuchowe należy tak instalować, aby ich postawienie umożliwiło łatwy dostęp do elementów podlegających kontroli okresowej czy też ciągłej oraz dokonywanie remontów i napraw bieżących.

663. Kiedy urządzenie elektryczne zainstalowanej w strefie zagrożonej wybuchem może być przyjęte do eksploatacji?

Przyjęcie do eksploatacji urządzenia nowego lub po remoncie powinno nastąpić na podstawie przepisów po sprawdzeniu:

- zgodności z dokumentacją i z certyfikatami oraz z danymi na tabliczkach znamionowych i oznaczeniowych,
- zakresu prac i podpisaniu przez wykonawcę i użytkownika protokołu zdawczo-odbiorczego,
- zabezpieczeń wynikających z przepisów p.poż. i bhp.

Odbiór powinien być dokonany przez komisję odbioru lub przez osobę upoważnioną. Powinien objąć urządzenia, przewody i kable, osprzęt, zabezpieczenia mechaniczne i elektryczne oraz antykorozyjne itp. według dokumentacji.

Decyzję o przyjęciu urządzeń do eksploatacji powinien podjąć kierownik jednostki zakładu na wniosek służb odpowiedzialnych za eksploatację lub komisji odbioru powołanej w tym celu.

Urządzenia powinny być dopuszczone do pracy przez jednostkę wyspecjalizowaną tj. Zespół ds. Bezpieczeństwa Przeciwybuchowego w Prochem S.A.

664. Co powinien sprawdzić przyjmujący do eksploatacji urządzenia elektryczne zainstalowane w strefach zagrożonych wybuchem?

Przyjmujący do eksploatacji urządzenia powinien sprawdzić:

- kompletność dokumentacji **projektowej i techniczno ruchowej (DTR)**,
- wyniki prób i pomiarów,
- czy urządzenie jest dopuszczone do pracy zgodnie z ustaleniami wymienionymi w pytaniu 663,
- stan techniczny urządzenia tj. jego obudowę, prawidłowość zainstalowania, rodzaj budowy,
- ustalenia protokołu z dokonanego odbioru urządzenia do eksploatacji.

4.16.5. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem

4.16.5.1. Podstawowe zasady eksploatacji urządzeń przeciwwybuchowych

665. Na czym polega eksploatacja urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Eksploatacja urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem polega na obsłudze oraz przeprowadzaniu oględzin, przeglądów i napraw.

Urządzenia powinny być eksploatowane na podstawie instrukcji eksploatacji opracowanej w oparciu o przepisy i normy, ustalenia certyfikatów i jednostki wyspecjalizowanej oraz Dokumentacji Techniczno Ruchowej (DTR).

666. Jakie czynności należy wykonać przed uruchomieniem urządzeń?

Przed uruchomieniem urządzenia należy:

- przeprowadzić oględziny, oczyścić urządzenie i **usunąć z jego otoczenia zbędne przedmioty**,
- sprawdzić połączenia elektryczne i mechaniczne.

667. Jakie czynności należy wykonywać podczas pracy urządzenia?

Podczas pracy urządzenia elektrycznego w strefie zagrożonej wybuchem **należy kontrolować** prawidłowość jego działania. Przy

wzroście prądu, napięcia, temperatury, drgań lub szumów zagrażających bezpieczeństwu ludzi lub mienia należy urządzenie wyłączyć spod napięcia.

668. Czego nie wolno robić podczas pracy urządzenia w strefie zagrożonej wybuchem?

Podczas pracy urządzenia elektrycznego w strefie zagrożonej wybuchem nie wolno:

- otwierać obudów urządzeń znajdujących się pod napięciem, zwłaszcza urządzeń Exd,
- zakładać lub zdejmować przewodów uziemiających w strefie zagrożonej wybuchem,
- rozłączać sprzęgieł lub innych połączeń ruchomych,
- dokręcać żarówek, śrub itp.,
- dokonywać pomiarów przyrządami nie przystosowanymi do pracy w strefach zagrożonych wybuchem,
- wykonywać czynności, które mogłyby stanowić źródła powstania pożaru lub wybuchu.

669. Jakie usterki w urządzeniach elektrycznych przeciwwybuchowych stwarzają stan zagrożenia?

Stan zagrożenia w czasie pracy urządzeń przeciwwybuchowych stwarzają najczęściej:

- podwyższenie temperatury części urządzeń stykających się z mieszaninami wybuchowymi,
- powstawanie iskier.

670. Czym może być spowodowany niebezpieczny wzrost temperatury urządzeń elektrycznych?

Niebezpieczny wzrost temperatury urządzeń elektrycznych może być spowodowany przeciążeniem lub zwarcieniem, a w urządzeniach oświetleniowych również zastosowaniem żarówek zbyt dużej mocy.

671. Pod jakim warunkiem oprawa oświetleniowa przeciwwybuchowa spełnia wymagania bezpieczeństwa wynikające z klasy temperaturowej?

Oprawa oświetleniowa przeciwwybuchowa spełnia wymagania bezpieczeństwa wynikające z klasy temperaturowej pod warunkiem

zastosowania odpowiedniej żarówki. Jeżeli oprawa jest przeznaczona do pracy klasy temperaturowej T3 przy zastosowaniu żarówki o mocy 25/40 W to nie wolno wkręcać żarówki 100 W bo wówczas klasa temperaturowa dla tej oprawy wyniesie T1.

672. Jak należy wykonywać przyłączenie przewodów do zacisków urządzeń przeciwwybuchowych?

Przyłączenie przewodów do zacisków powinno zapewniać dobry styk, a odległości między gołymi odcinkami przewodów powinny być zgodne z wymaganiami norm dla odpowiednich napięć.

673. Jak należy wykonywać wprowadzenie przewodów i kabli do urządzeń przeciwwybuchowych?

Do wprowadzenia przewodów i kabli należy stosować wpusty i mufy kablowe zgodne z wymaganiami norm. Sposób wprowadzenia kabla zależy od konstrukcji urządzenia i jest określony w dokumentacji techniczno-ruchowej, jednak sam montaż należy wykonać szczególnie starannie.

674. Czy temperatura urządzeń elektrycznych może wzrastać z innych przyczyn niż elektryczne?

Temperatura urządzeń elektrycznych może wzrastać z przyczyn nie tylko elektrycznych, lecz i mechanicznych np. wskutek tarcia powierzchni współpracujących. Należy zatem starannie konserwować i smarować łożyska maszyn elektrycznych.

675. Jakie mogą być przyczyny powstawania iskier w urządzeniach elektrycznych?

Przyczynami powstawania iskier w urządzeniach elektrycznych mogą być:

- napięcie robocze,
- elektryczność statyczna,
- napięcia indukowane,
- zjawiska nieelektryczne.

676. Jak zapobiega się iskrzeniu elektrycznemu?

Aby nie dopuścić do iskrzenia w czasie pracy urządzeń elektrycznych, trzeba przeprowadzać prace konserwacyjne i usuwać

wszelkie możliwe źródła iskrzenia. Trzeba stale sprawdzać i dokręcać nakrętki i zaciski oraz sprawdzać i czyścić powierzchnie izolacyjne.

677. Jakie są podstawowe sposoby zapobiegania wyładowaniom elektryczności statycznej?

Do podstawowych sposobów zapobiegania wyładowaniom elektryczności statycznej należy staranne uziemianie elementów urządzeń technologicznych, wykonanych z materiałów przewodzących i półprzewodzących oraz utrzymanie odpowiedniej wilgotności powietrza.

678. Jakie mogą być przyczyny powstawania isker pochodzenia nieelektrycznego?

Iskry pochodzenia nieelektrycznego mogą powstawać w wyniku uszkodzeń mechanicznych powodujących tarcie lub uderzenie elementów ruchomych np.: zniszczenie łożysk, zniszczenie osłon konstrukcyjnych, skrzywienie elementów konstrukcyjnych, osłon i pokryw, obłuzowanie śrub i nakrętek.

679. Jakimi przyrządami można przeprowadzać pomiary elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem?

Przyrządy, których używa się do pomiarów elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być dopuszczone do ruchu przez upoważnione instytucje jako bezpieczne w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem i mogą być stosowane tylko w takim zakresie dla jakiego zostały zatwierdzone.

680. Kiedy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem można stosować przyrządy w wykonaniu zwykłym?

Przyrządy zwykłe można stosować jeżeli na czas wykonywania pomiarów w przestrzeni zagrożonej wybuchem usunięto mieszaninę wybuchową oraz podjęte są odpowiednie środki zabezpieczające przed powstaniem mieszaniny wybuchowej.

681. Jakie termometry stosuje się do pomiaru temperatur powierzchni zewnętrznych urządzeń przeciwybuchowych?

Do pomiaru temperatury powierzchni zewnętrznych urządzeń przeciwybuchowych stosuje się termometry cieczowe (rtęciowe lub spirytusowe) lub termoelektryczne.

682. W jakich miejscach mierzy się temperaturę powierzchni obudowy silników przeciwybuchowych zwartych?

Temperaturę powierzchni silników przeciwybuchowych zwartych mierzy się:

- pośrodku obudowy w pobliżu skrzynki zaciskowej,
- na końcu obudowy od strony napędowej,
- na tarczy łożyskowej, od strony napędowej w pobliżu pokrywki łożyskowej.

683. W jakich miejscach mierzy się temperaturę powierzchni silników pierścieniowych?

Temperaturę powierzchni silników przeciwybuchowych pierścieniowych, budowy ognioszczelnej i wzmocnionej mierzy się na osłonie urządzenia szczotkowego.

684. Kiedy dokonuje się odczytów temperatury silnika?

Odczytów temperatury poszczególnych części silnika dokonuje się przy pełnym obciążeniu silnika, trwającym co najmniej trzy godziny.

685. W jaki sposób mierzy się prześwity szczelin gaszących urządzeń ognioszczelnych?

Prześwit szczelin gaszących urządzeń ognioszczelnych mierzy się szczelinomierzem. Pomiary wykonuje się na urządzeniach całkowicie zmontowanych wyłączonych spod napięcia. Prześwity szczelin należy mierzyć na całej długości, przesuwając szczelinomierz w odstępach równych jego szerokości.

Prześwity szczelin nie mogą być większe niż przewidziane dla urządzeń nowych.

4.16.5.2. Oględziny urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem

686. Na czym polegają oględziny urządzeń elektrycznych podczas pracy?

Oględziny urządzeń elektrycznych podczas pracy polegają na sprawdzeniu (wzrokiem, słuchem, dotykiem):

- czy urządzenie pracuje zgodnie z programem pracy,

- nastawień zabezpieczeń elektrycznych,
- wskazań aparatury kontrolno-pomiarowej,
- temperatur osłon, obudów, łożysk itp.,
- działania wentylacji, klimatyzacji, chłodnic, nagrzewnic **itp.**,
- prawidłowości przesyłu sygnału i ich rejestracji,
- pracy łożysk, szczotek, układu smarowania,
- stanu zewnętrznych płaszczyzn i powłok ochronnych przewodów i kabli oraz obudowy, dławików i umocowań.

687. Na czym polegają oględziny urządzeń elektrycznych nie pracujących?

Oględziny urządzeń nie pracujących powinny polegać na sprawdzeniu:

- stanu urządzeń (np. silnika), aparatury pomocniczej i regulacyjnej oraz rozruchowej,
- w silnikach: pierścieni ślizgowych, komutatorów, szczotkotrzymaczy, sprzęgła, styków itp.,
- nastawień zabezpieczeń przed zwarciami i przeciążeniami,
- stanu urządzeń smarowniczych,
- ochrony przeciwpożarowej,
- zaślepień otworów niewykorzystanych.

688. Co ponadto należy sprawdzić w czasie oględzin urządzeń w zależności od rodzaju budowy Ex?

W zależności od rodzaju budowy Ex w czasie oględzin należy sprawdzić:

- 1) W urządzeniu budowy Exd:
 - połączenia śrubowe złączy ognioszczelnych (czy się nie obłuzowały),
 - stan osłony ognioszczelnej (czy nie ma pęknięć wybrzuszeń, ubytków),
 - prawidłowość wprowadzenia przewodów i kabli;
 - stan napisów ostrzegawczych, tabliczek znamionowych i oznaczeń iowych;
- 2) W urządzeniach budowy Exe:
 - stan zabezpieczeń (wyzwalaczy, przekaźników),
 - przyłączenia przewodów oraz ich mocowanie,

- połączenia śrubowe, sprzęgłowe oraz przewodów i kabli;
- 3) W urządzeniach Exp:
 - prawidłowość działania systemu nadciśnienia i blokad,
 - stan uszczelnień powietrza, wentylatorów, filtrów itp.,
 - prawidłowość połączenia i zamocowania przewodów;
 - 4) W urządzeniach budowy Exo:
 - poziom oleju oraz szczelność obudowy (kadzi),
 - stan styków głównych i pomocniczych oraz śruby mocujące,
 - czy urządzenie jest zainstalowane w prawidłowej pozycji,
 - czy odpowietrznik nie jest zatkany;
 - 5) W urządzeniach budowy Exi:
 - prawidłowość połączeń przewodów, uzemień itp.,
 - stan styków obudów, zwor, mocowań,
 - prawidłowość lokalizacji urządzeń w obwodzie iskrobezpiecznym,
 - stan przewodów wyrównawczych, boczników, barier i ich mocowanie;
 - 6) W urządzeniach budowy Exm:
 - stan masy zlewowej (czy nie uległa spaceniu, zwichrowaniu lub pęknięciu),
 - czy przewody są prawidłowo wprowadzone;
 - 7) W urządzeniach budowy Exq:
 - poziom piasku,
 - stan wyposażenia dodatkowego.

689. Co należy sprawdzić w czasie oględzin urządzeń nieprzeciwwybuchowych?

W czasie oględzin urządzeń elektrycznych nieprzeciwwybuchowych należy sprawdzić temperaturę pracy urządzenia oraz czy nie poluzowały się śruby mocujące urządzenie, a także poszczególne jego części.

690. W jakich terminach powinny być przeprowadzane oględziny urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Oględziny urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem należy przeprowadzać w zakresie i terminach podanych w instrukcjach eksploatacji, jednak nie rzadziej niż raz w miesiącu.

4.16.5.3. Przeglądy urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem

691. W jakich terminach powinny być przeprowadzane przeglądy urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Przeglądy urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem należy przeprowadzać w zakresie i terminach określonych w instrukcji eksploatacji, jednak nie rzadziej niż raz w roku podczas postoju urządzenia w miejscu jego pracy lub w warsztacie.

692. Kto może przeprowadzać przeglądy urządzeń?

Przeglądy urządzeń mogą być przeprowadzane przez pracowników z uprawnieniami kwalifikacyjnymi w zakresie nadzorowanych urządzeń.

693. Co powinien obejmować przegląd urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem?

Przegląd urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem powinien obejmować:

- oględziny, o których mowa w punkcie 4.16.5.2,
- sprawdzenie stanu zabezpieczeń przed wybuchem,
- kontrolę wskazań aparatów pomiarowych, nastawienia zabezpieczeń, stanu styków i połączeń przewodów,
- sprawdzenie urządzeń i elementów elektrycznych oraz elektronicznych zainstalowanych w skrzynkach, szafach itp.,
- ustalenia stopnia zużytych części i elementów urządzenia,
- sprawdzenie stanu technicznego urządzeń związanych, zainstalowanych poza strefą zagrożoną wybuchem.

694. Co powinien obejmować przegląd w zależności od rodzaju budowy Ex?

W zależności od rodzaju budowy Ex przegląd powinien obejmować:

- 1) W urządzeniu z osłoną ognioszczelną Exd:
 - stan złączy ognioszczelnych tj. płaszczyzn, wielkości prześwitów itp.,

- sprawdzenie stanu elementów, tj. zacisków, przepustów, połączeń nierozłącznych, końcówek przewodów, pierścieni szczotek itp.,
 - sprawdzenie stanu technicznego śrub łączących poszczególne części osłony ognioszczelnej,
 - sprawdzenie stanu osłon, tj. czy nie ma pęknięć, wybrzuszeń, ubytków itp.,
 - pomiar rezystancji uzwojeń: silników, cewek, dławików itp.,
 - sprawdzenie wprowadzenia przewodów oraz ich uszczelnienia i zadławienia, uszczelka powinna być dostosowana do średnicy gniazda w dławiku, do średnicy przewodu oraz mieć odpowiednią długość w zależności od grupy urządzenia,
 - sprawdzenie stanu technicznego wentylatora zewnętrznego,
 - sprawdzenie prawidłowości sprzężenia urządzenia z maszyną napędzaną,
 - sprawdzenie stanu łożysk i skuteczności ich smarowania
- 2) W urządzeniu o budowie wzmocnionej Exe:
- sprawdzenie nastawień zabezpieczeń przeciążeniowych silników,
 - sprawdzenie odstępów izolacyjnych,
 - sprawdzenie stanu połączeń elektrycznych i mechanicznych,
 - sprawdzenie stopnia nagrzewania się części i elementów zewnętrznych i wewnętrznych;
- 3) W urządzeniach i obwodach iskrobezpiecznych Exi:
- sprawdzenie stanu technicznego elementów i podzespołów obwodów, tj. ograniczników wartości prądu i napięcia, boczników, barier ochronnych itp.,
 - sprawdzenie stanu elementów oddzielających obwody Exi od obwodów nieiskrobezpiecznych,
 - sprawdzenie źródeł zasilania oraz elementów zabezpieczających,
 - sprawdzenie stanu połączeń i oprzewodowania,

698. Kto może wykonywać czynności konserwacyjne?

Czynności konserwacyjne mogą wykonywać pracownicy posiadający dodatkowe kwalifikacje w zakresie eksploatacji elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym.

4.16.5.5. Naprawa elektrycznych urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem

699. Jakie naprawy elektrycznych urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem mogą przeprowadzać osoby zajmujące się eksploatacją tych urządzeń?

Osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem mogą przeprowadzać naprawy polegające na: wymianie zużytych części lub elementów oraz drobne naprawy lub regulacje. **Jeżeli naprawa uszkodzonych lub zużytych urządzeń polega na przywróceniu im pierwotnego stanu technicznego w zakresie zapewniającym bezpieczeństwo przeciwwybuchowe, to naprawa tych urządzeń powinna być prowadzona w wyspecjalizowanej jednostce.**

700. Jakie uszkodzone lub zużyte części i elementy urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem należy wymienić na nowe?

Zużyte części lub elementy w urządzeniach elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem należy wymienić na nowe, w szczególności:

- 1) w urządzeniach z osłoną ognioszczelną Exd:
 - izolatory przepustowe, śruby, dławiki, pierścienie uszczelniające,
 - oprawki do żarówek i innych źródeł światła,
 - okienka kontrolne, sworznie, zawory, komory łukowe,
 - tabliczki zaciskowe i części tworzące złącza ognioszczelne;
- 2) w urządzeniach o obudowie wzmocnionej Exe:
 - uszczelki, pierścienie uszczelniające,
 - zaciski mocujące oprawki do źródeł światła,
 - uzwojenia i wirniki z odlewanyymi uzwojeniami;

- 3) w urządzeniach z osłoną przewietrzaną lub gazową z nadciśnieniem Exp:
 - uszczelki, blokady oraz czujniki przepływu i ciśnienia;
- 4) w urządzeniach iskrobezpiecznych Exi:
 - boczniki ochronne, cewki, uszczelki,
 - podzespoły typu panelowego z pękniętą lub złamaną płytą montażową (obwody drukowane),
 - transformatory i dławiki indukcyjne, w których co najmniej jedno z uzwojeń znajduje się w obwodzie zewnętrznym;
- 5) w urządzeniach z osłoną olejową Exo:
 - styki główne i pomocnicze oraz sprężyny;
- 6) w urządzeniach o budowie specjalnej Exs:
 - podzespoły z elementami elektrycznymi lub elektronicznymi zalany żywicami, tworzącymi jednolite bloki, w których uszkodzeniu uległy niedostępne elementy, połączenia między nimi lub zalewa stanowiąca izolację bloku;
- 7) wszystkie elementy izolacyjne wykonane z tworzyw termo- i chemoutwardzalnych, w których stwierdzono:
 - pęknięcia wskrośne,
 - uszkodzenia powodujące zmniejszenie odstępów izolacyjnych,
 - uszkodzenie szklistej naskórki powierzchni,
 - zdeformowanie elementów
 - przegrzanie elementów,
 - uszkodzenie elementów ceramicznych;
 - elementy i podzespoły, których sprawdzenie wymaga przeprowadzenia prób niszczących.

701. Jaki jest czasokres i cel oceny stanu technicznego urządzeń elektrycznych zainstalowanych w strefach zagrożonych wybuchem?

Ocena stanu technicznego urządzeń, układów lub obwodów powinna być dokonywana nie rzadziej niż co 5 lat na podstawie wyników przeglądów oraz rodzaju i zakresu dokonanych napraw.

Celem oceny stanu technicznego jest ustalenie czy urządzenie, układ lub obwód mogą nadal spełniać swoje funkcje w określonych warunkach zagrożenia wybuchem, czy też należy je poddać naprawie i w jakim zakresie, czy ewentualnie wycofać z eksploatacji.

- 6) występowanie na krawędziach powierzchni tworzących złącza ognioszczelne ubytków materiału powodujących skrócenie długości szczelin zastosowanych w urządzeniu do wartości nie mniejszej niż określone w normie jako najmniejsze długości, jeżeli rzeczywisty prześwit szczeliny jest mniejszy od maksymalnego prześwitu określonego w normie:
- w urządzeniach podgrupy II A - skrócenie długości szczeliny może wynosić 1 mm na każde 0,01 mm zmniejszenia prześwitu szczeliny w stosunku do maksymalnej wartości określonej w normie,
 - w urządzeniach podgrupy II B - skrócenie długości szczeliny może wynosić 1 mm na każde 0,02 mm zmniejszenia prześwitu szczeliny w stosunku do maksymalnej wartości określonej w normie;
- 7) zwiększenie prześwitów zastosowanych w urządzeniu na złączach cylindrycznych oraz cylindryczno-kołnierzowych do wartości maksymalnej określonej w normie, a na złączach kołnierzowych do $\frac{2}{3}$ tej wartości, jeżeli rzeczywisty prześwit szczeliny jest mniejszy od tej wartości.

4.17. Urządzenia piorunochronne

4.17.1. Budowa urządzeń piorunochronnych

702. Z jakich części składa się urządzenie piorunochronne?

Urządzenie piorunochronne składa się z następujących części:

- zwodów,
- przewodów odprowadzających,
- przewodów uziemiających,
- uziomów.

703. Jakie materiały mogą być stosowane do budowy urządzenia piorunochronnego?

Do budowy urządzenia piorunochronnego mogą być stosowane różne materiały przewodzące. W przypadku wykorzystania części naturalnych, ich rodzaj jest uzależniony od użytych w budynku mate-

riałów konstrukcyjnych. Podstawowym materiałem sztucznym części urządzenia piorunochronnego jest stal ocynkowana. Najmniejsze dopuszczalne wymiary materiałów użytych na elementy urządzenia piorunochronnego podano w tablicy 4.27.

704. Co to jest zwód i jakie różnią się rodzaje zwodów?

Zwód jest to górna część urządzenia piorunochronnego przeznaczona do przechwycenia uderzeń pioruna. Różnią się zwody naturalne i sztuczne.

Tablica 4.27. Najmniejsze dopuszczalne wymiary elementów stosowanych w ochronie odgromowej wg [71]

Przeznaczenie	Rodzaj wyrobu	Wymiary nominalne [mm]				
		stal bez pokrycia	stal ocynkowana	cynk	aluminium	miedź
Zwody i przewody odprowadzające.	wykorzystane konstrukcje metalowe (zbrojenie, rury stalowe, drabiny, balustrady, maszty flagowe itp.)	bez ograniczenia				
	druły	--	6		10	6
	taśmy	--	20x3		20x4	20x3
	linki	--	7x2,5			7x3
	blachy	--	0,5	0,5	1	0,5
Przewody uziemiające.	druły taśmy	-	6 20x3	-	-	6 20x3
Uziomy.	druły	8	6	-	-	6
	taśmy	20x4	20x3	-	-	20x3
	rury kształtowniki o grubości ścianki	20/2,9	15/2,75	-	-	
		5	4	--	--	
Połączenia ochrony wewnętrznej.	druły taśmy	-	3 25x1,0 16x1,5	-	5	4

czała 20 m przy ochronie podstawowej oraz 15 m dla obiektów zagrożonych pożarem i 10 m dla obiektów zagrożonych wybuchem mieszanin par lub pyłów z powietrzem. We wszystkich omawianych siatkach zwodów dopuszczalne jest zwiększenie jednego wymiaru oka siatki, jednak nie więcej niż o 20% pod warunkiem, że drugi wymiar zostanie o taką samą wartość zmniejszony. Wszystkie metalowe części budynku znajdujące się na powierzchni dachu (kominy, wyciągi, bariery itp.) powinny być połączone z najbliższym zwodem lub przewodem odprowadzającym. Na dachach dwuspadowych zwody poziome powinny być układane na krawędziach dachu oraz najego kalenicy.

709. Co to są kąty ochronne zwodu?

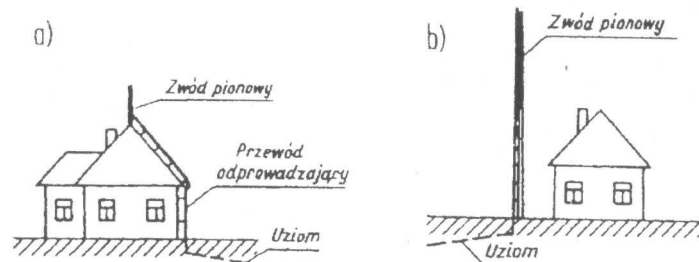
Kąt ochronny zwodu pionowego jest to kąt wyznaczony przez oś zwodu i powierzchnię ograniczającą strefę ochronną.

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

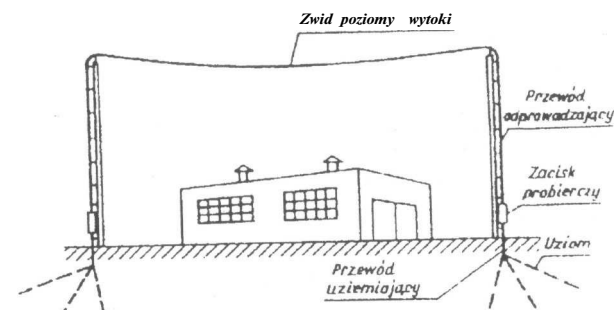
710. Ile powinny wynosić **kąty** ochronne zwodów pionowych i zwodów poziomych wysokich?

Kąty ochronne zwodów pionowych (rys. 4.93) oraz zwodów poziomych wysokich (rys. 4.94) nie mogą być większe niż:

- zewnętrzne 45° i wewnętrzne 60° dla obiektów zakwalifikowanych do ochrony podstawowej i zagrożonych pożarem,
- zewnętrzne 30° i wewnętrzne 45° dla obiektów zagrożonych wybuchem mieszanin par i/lub pyłów z powietrzem.



Rys. 4.93. Zwód pionowy: a) zainstalowany na budynku, b) zainstalowany na maszcie z materiału niepalnego obok budynku. [71]



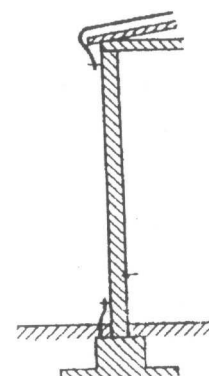
Rys. 4.94. Zwód poziomy wysoki zainstalowany na masztach z materiału niepalnego. [71]

711. Do czego służą przewody odprowadzające i uziemiające?

Przewody odprowadzające i uziemiające służą do połączenia zwodów z uziomami sztucznymi lub naturalnymi.

Przewody odprowadzające mogą być naturalne i sztuczne. Jako przewody odprowadzające naturalne powinny być wykorzystane:

- elementy metalowe oraz zbrojenie żelbetowych elementów konstrukcyjnych,
- metalowe warstwy pokrycia ścian bocznych budynków,
- metalowe i żelbetowe słupy wsporcze (wewnętrzne i zewnętrzne) rozległych hal (rys. 4.95).



Rys. 4.95. Wykorzystanie słupa konstrukcyjnego jako przewodu odprowadzającego, a fundamentu słupa jako uziomu naturalnego. [71]

ne na takiej wysokości, aby były łatwo dostępne z poziomu ziemi. Zacisk probierczy powinien mieć dwie śruby o gwincie co najmniej M6 lub jedną o gwincie M10.

717. Jakie uziomy stosujemy w urządzeniach odgromowych?

W urządzeniach odgromowych stosujemy uziomy naturalne, do których zaliczamy: zbrojone fundamenty budynków, metalowe rury wodociągowe, kanalizacyjne itp. oraz uziomy sztuczne.

718. Kiedy należy wykonywać uziomy sztuczne?

Uziomy sztuczne należy wykonywać jeżeli:

- uziomy naturalne znajdują się w odległości większej niż 10 m od chronionego obiektu,
- uziomy naturalne mają rezystancje większe niż wymagane.

719. W jaki sposób powinny być układane uziomy sztuczne?

Uziomy sztuczne należy układać zgodnie z następującymi zasadami:

- zaleca się przede wszystkim stosowanie uziomów otokowych,
- uziomy poziome należy układać na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m i w odległości nie mniejszej niż 1 m od krawędzi obiektu budowlanego,
- nie należy układać uziomów pod warstwą nieprzewodzącą wody np. pod warstwą asfaltu, betonu itp.,
- uziomy można układać na dnie wykopów fundamentowych bezpośrednio pod fundamentem lub obok fundamentu budynku,
- kąty pomiędzy promieniami uziomu promieniowego nie powinny być mniejsze niż 60°,
- najwyższa część uziomu pionowego powinna znajdować się co najmniej 0,5 m pod ziemią a jego długość powinna wynosić co najmniej 2,5 m,
- uziomy zarówno poziome jak i pionowe powinny być układane w odległości nie mniejszej niż 1,5 m od wejść do budynków, przejść dla pieszych oraz metalowych ogrodzeń,

- odległość kabli od uziomu **piorunochronnego nie powinna** być mniejsza niż 1 m.

4.17.2. Ochrona wewnętrzna

720. Na czym polega ochrona wewnętrzna przed skutkami wyładowań piorunowych?

Ochrona wewnętrzna przed skutkami wyładowań piorunowych polega na zapewnieniu bezpieczeństwa ludziom znajdującym się w budynku.

721. W jaki sposób realizuje się ochronę wewnętrzną?

Ochronę wewnętrzną przed skutkami wyładowań piorunowych realizuje się w sposób następujący:

- wykonanie ekwipotencjalizacji wszystkich urządzeń i elementów metalowych,
- zachowanie odpowiednich odstępów izolacyjnych,
- stosowanie dodatkowych środków ochrony zapewniających prawidłowe działanie urządzeń sterujących, komputerowych itp.

722. Na czym polega ekwipotencjalizacja?

Ekwipotencjalizacja polega na zapewnieniu jednakowych potencjałów we wszystkich elementach metalowych budynku oraz na wszystkich metalowych urządzeniach znajdujących się w budynku. Uzyskujemy ją przez wykonanie połączeń wyrównawczych.

723. W jakim celu wykonuje się połączenia wyrównawcze?

Połączenia wyrównawcze urządzenia piorunochronnego z innymi instalacjami oraz urządzeniami i elementami metalowymi wykonuje się w celu ochrony budynku przed wystąpieniem przeskoków iskrowych. Połączenia można realizować jako bezpośrednie lub ochronnikowe (rys. 4.99).

728. Co należy zastosować jeżeli wykonanie połączeń wyrównawczych jest trudne do zrealizowania?

Jeżeli wykonanie połączeń jest trudne do zrealizowania można zastosować odpowiednie odstępy izolacyjne pomiędzy urządzeniami piorunochronnymi, a innymi instalacjami metalowymi zgodnie z normą. [72]

729. Czy dopuszczalne jest instalowanie przewodów odprowadzających sztucznych, wewnątrz obiektów zagrożonych pożarem?

W obiektach zagrożonych pożarem dopuszczalne jest instalowanie przewodów odprowadzających sztucznych wewnątrz obiektu pod warunkiem umieszczenia zacisków probierczych w osłonach o stopniu ochrony IP44.

730. W jaki sposób łączymy przewody w budynkach zagrożonych wybuchem mieszanin par i/lub pyłu z powietrzem?

W budynkach zagrożonych wybuchem mieszanin par i/lub pyłów z powietrzem połączenia metalowych elementów znajdujących się w obszarach zaliczonych do strefy ZO, Z1, Z10 powinny być wykonane jako spawane lub zgrzewane.

W razie konieczności zastosowania połączeń rozłącznych muszą być one umieszczone w osłonach przewiwybuchowych.

731. Gdzie należy lokalizować zaciski probiercze w budynkach zagrożonych wybuchem?

Zaciski probiercze w budynkach zagrożonych wybuchem należy lokalizować poza strefami ZO, Z1 i Z10. Lokalizacja zacisków w tych obszarach jest dopuszczalna pod warunkiem, że będą umieszczone w osłonach przeciwwybuchowych lub w specjalnie do tego celu wykonanych studzienkach i zasypane warstwą piasku o grubości 20 cm.

4.17.3. Badania urządzeń piorunochronnych

732. Jakie rodzaje badań wykonuje się przy urządzeniach piorunochronnych?

Przy urządzeniach piorunochronnych wykonuje się następujące rodzaje badań:

- badania częściowe (w czasie budowy obiektu),

- badania odbiorcze,
- badania okresowe.

733. Kiedy wykonujemy badania odbiorcze i co obejmują?

Badania odbiorcze należy wykonywać przy przyjęciu budynków do eksploatacji i powinny obejmować:

- oględziny części nadziemnych,
- sprawdzenie ciągłości połączeń części nadziemnych,
- pomiar rezystancji uziemienia.

734. Kiedy wykonujemy badania okresowe?

Badania okresowe należy wykonywać nie rzadziej niż co 5 lat lub w przypadku przebudowy albo zmiany funkcji budynku dla obiektów objętych ochroną podstawową oraz raz do roku przed okresem burzowym, nie później jednak niż do 30 kwietnia - dla obiektów w których zastosowano ochronę obostrzoną.

735. Co wchodzi w zakres badań okresowych urządzeń piorunochronnych?

W zakres badań okresowych urządzeń piorunochronnych wchodzi:

- oględziny części nadziemnej,
- sprawdzenia ciągłości połączeń części nadziemnej,
- pomiar rezystancji uziemienia,
- sprawdzenie stanu uziomów po ich odkopaniu.

736. Na czym polegają oględziny części nadziemnej?

Oględziny części nadziemnej polegają na sprawdzeniu zgodności z wymaganiami normy rozmieszczenia poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego oraz na sprawdzeniu wymiarów i rodzajów połączeń elementów sztucznych.

737. W jaki sposób sprawdzamy ciągłość połączeń części nadziemnej?

Sprawdzenie ciągłości połączeń sprawdzamy omomierzem lub mostkiem do pomiaru rezystancji, przyłączonego z jednej strony do zwodu z drugiej do przewodu uziemiającego na wybranych losowo gałęziach urządzenia.

738. W jaki sposób wykonujemy pomiar rezystancji uziemień i jakie są wymagane wartości rezystancji uziomów?

Pomiar rezystancji uziemienia wykonujemy metodą mostkową lub techniczną dla obiektów w których stosowana jest ochrona podstawowa lub mostkiem udarowym dla obiektów w których stosowana jest ochrona obostrzona.

Wymagane wartości rezystancji uziomów dla obiektów w których zastosowano ochronę podstawową podano w tabelicy 4.29.

Tablica 4.29. Największe dopuszczalne wartości rezystancji wypadkowej uziemienia obiektu w omach wg [72]

Rodzaje uziomów	Rodzaje gruntu		
	podmokłe, bagienne, próchnicze, torfiaste, gliniaste	wszystkie pośrednie rodzaje	kamieniste i skaliste
poziome, pionowe i mieszane oraz stopy fundamentowe	10	20	40
otokowe, ławy fundamentowe	15	30	50

Największe dopuszczalne wartości rezystancji wypadkowej obiektu w którym zastosowano ochronę obostrzoną podano w tabelicy 4.30 dla obiektów zagrożonych pożarem i 4.31 dla obiektów zagrożonych wybuchem.

Tablica 4.30. Największe dopuszczalne wartości rezystancji wypadkowej uziemienia obiektów zagrożonych pożarem, w omach wg [73]

Rodzaj uziomów	Grunt podmokły, bagienny, próchniczy, torfiasty, gliniasty	Wszystkie pośrednie rodzaje gruntów	Grunt kamienisty i skalisty
Uziomy poziome i mieszane oraz stopy fundamentowe.	10	20	40
Uziomy otokowe oraz ławy fundamentowe.	15	30	50

Tablica 4.31. Największe dopuszczalne wartości rezystancji wypadkowej uziemienia obiektu zagrożonego wybuchem, w omach wg [73]

Rodzaje uziomów	Rodzaje gruntu	
	wszystkie rodzaje z wyjątkiem gruntów skalistych i kamienistych	skaliste i kamieniste
poziome, pionowe i mieszane oraz stopy fundamentowe,	7	10
otokowe oraz ławy fundamentowe,	10	15

Największe dopuszczalne wartości rezystancji wypadkowej, w których zastosowano ochronę specjalną podano w tabelicy 4.342; 4.33; 4.34.

Tablica 4.32. Największe dopuszczalne wartości rezystancji uziemienia komina, w omach wg [74]

Rodzaj uziomów	Rodzaje gruntu		
	podmokły, bagienny, próchniczy, torfiasty, gliniasty	pośredni	kamienisty
poziome pionowe i mieszane	10	20	40
otokowe, fundamentowe	15	30	50

Tablica 4.33. Największe dopuszczalne wartości rezystancji uziemienia każdego zwodu w części niezadaszonej obiektu sportowego (niezadaszone trybuny, bieżnie) wg [74]

Największa dopuszczalna rezystancja uziemienia w omach	Rodzaje gruntu		
	podmokły, bagienny, próchniczny, torfiasty, gliniasty	pośredni	kamienisty i skalisty
	10	20	40

Tablica 4.34. Największe dopuszczalne wartości rezystancji uziemienia dźwigów budowlanych wg [74]

Największa dopuszczalna rezystancja uziemienia w omach	Rodzaje gruntu	
	wszystkie rodzaje z wyjątkiem gruntów skalistych i kamienistych	kamienisty i skalisty
	20	50

739. Na czym polega sprawdzenie stanu uziomów?

Sprawdzenie stanu uziomów polega na losowym wybraniu co najmniej 10% połączeń przewodu uziemiającego z uziomem, odkopaniu go i określeniu stopnia skorodowania. Jeżeli stopień skorodowania przekracza 40% przekroju, należy wykonać nowy uziom lub przewód uziemiający.

Sprawdzenie stanu uziomów dla ochrony obostrzonej można wykonywać co 5 lat, jeżeli wyniki pomiaru rezystancji uziemienia są pozytywne.

740. Jaką dokumentację powinny mieć obiekty wyposażone w urządzenia piorunochronne?

Obiekty wyposażone w urządzenia piorunochronne powinny mieć:

- 1) metryki urządzenia piorunochronnego (tablica 4.35),
- 2) protokoły z badań urządzenia piorunochronnego (tablica 4.36).

Tablica 4.35. Metryka urządzenia piorunochronnego

Obiekt budowlany (miejsce położenia, adres i ewentualna nazwa):

Wykonany dnia

Nazwa i adres wykonawcy .

Nazwa i adres jednostki, która sporządziła projekt.

1. Opis obiektu budowlanego

- a) rodzaj obiektu
- b) pokrycie dachu
- c) konstrukcja dachu
- d) ściany

2. Opis urządzenia piorunochronnego

- a) zwody
- b) przewody odprowadzające
- c) zaciski probiercze
- d) przewody uziemiające
- e) uziomy

3. Schemat urządzenia piorunochronnego

Opis i schemat wykonał (imię, nazwisko i adres sporządzającego).

Data.

Podpisy

Tablica 4.36. Protokół badań urządzenia piorunochronnego

Obiekt budowlany (miejsce położenia, adres i ewentualnie nazwa):

Członkowie Komisji (nazwisko, imię, adres):

Wykonali następujące badania.

Oględziny części nadziemnej ...

Sprawdzenie wymiarów.....

Pomiar rezystancji uziemień:

Sprawdzenie stanu uziomów:.....

Kontrola połączeń galwanicznych:

Po zbadaniu urządzenia piorunochronnego postanowiono:

- A. Uznać urządzenie piorunochronne za zgodne z obowiązującymi przepisami
- B. Uznać urządzenie piorunochronne za niezgodne z obowiązującymi przepisami z następujących powodów.....
- C. Zaleca się wykonać następujące prace naprawcze:..

Data.

Podpisy

5. OGÓLNE ZASADY RACJONALNEJ GOSPODARKI ELEKTROENERGETYCZNEJ

741. Na czym polega racjonalne gospodarowanie energią elektryczną?

Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną polega na takim prowadzeniu ruchu urządzeń elektrycznych aby straty energii były możliwie małe.

Każdemu procesowi wytwarzania przesyłania i użytkowania energii towarzyszą straty. Nie ma takich urządzeń energetycznych, których sprawność byłaby równa jedności.

5.1. Straty energii

742. Jakie są przyczyny powstawania strat?

Przyczynami powstawania strat są: marnotrawstwo energii, zła konserwacja urządzeń i nieprawidłowy sposób eksploatacji układu elektroenergetycznego.

743. Podaj przykłady marnotrawstwa energii.

Najbardziej klasycznym przykładem marnotrawstwa energii jest zbędne użytkowanie oświetlenia, grzejników i napędu elektrycznego oraz innych mediów energetycznych otrzymywanych przy użyciu energii elektrycznej jak np. sprężone powietrze.

744. W jaki sposób można zmniejszyć straty wynikające z marnotrawstwa?

Straty wynikające z marnotrawstwa można zmniejszyć przez wyraźne sprecyzowanie obowiązków osób zatrudnionych przy obsłudze i eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych, wyrobienie w nich poczucia odpowiedzialności oraz systematyczną kontrolę przez osoby dozoru.

745. Jakie straty zaliczamy do strat wynikających ze złej konserwacji urządzeń?

- Do strat wynikających ze złej konserwacji urządzeń zaliczamy:
- straty w sieci rozdzielczej wskutek osłabionej izolacji,

- straty wskutek zwiększonego tarcia w ruchomych elementach maszyn wywołane niewłaściwym smarowaniem lub złym montażem po remoncie,
- straty ciepła w urządzeniach ogrzewanych elektrycznie spowodowane uszkodzoną izolacją cieplną.

746. Od czego zależą straty w przewodach?

Straty w przewodach zwane stratami obciążeniowymi zależą od iloczynu kwadratu prądu i rezystancji przewodu:

$$\text{straty mocy} \quad \Delta P = I^2 \cdot R$$

$$\text{straty energii} \quad \Delta W = I^2 \cdot R \cdot t$$

gdzie / - natężenie prądu,
 R - rezystancja przewodu,
 t - czas trwania przepływu prądu.

747. Jakie straty występują w silnikach elektrycznych?

W silnikach elektrycznych występują następujące straty:

- straty w uzwojeniu - zależne od obciążenia,
- straty w żelazie - będące sumą strat na histerezę i prądy wirowe,
- straty mechaniczne - powstałe w wyniku tarcia w łożyskach, tarcia szczotek oraz tarcia części wirujących o powietrze.

748. Jakie straty występują w transformatorach?

W transformatorach występują następujące straty:

- straty w żelazie (będące sumą strat na histerezę i prądy wirowe) zwane stratami w rdzeniu lub stratami jałowymi,
- straty w przewodach uzwojenia, nazywane stratami w miedzi lub obciążeniowymi.

749. Od czego zależą straty jałowe transformatora?

Straty jałowe transformatora są proporcjonalne do kwadratu napięcia i nie zależą od obciążenia, są stratami stałymi. Wartość tych strat przedstawiana jest w katalogach dla poszczególnych typów transformatorów.

750. Od czego zależą straty obciążeniowe transformatora?

Straty obciążeniowe transformatora są wynikiem przepływu prądu przez uzwojenia, a więc wyrażają się taką samą zależnością jak straty w przewodach

$$\Delta P_{cu} = I^2 \cdot R_{cu}$$

5.2. Zasady oszczędzania energii w zakładach przemysłowych

751. Jakie są proste sposoby i zasady prowadzenia oszczędnej gospodarki energią w zakładzie przemysłowym?

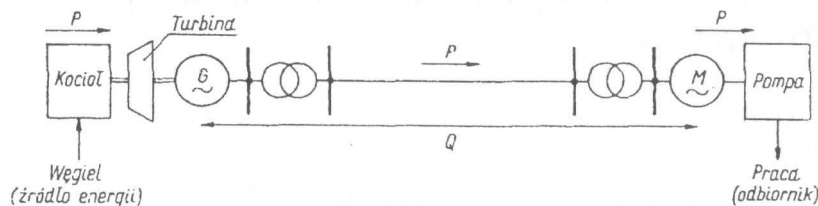
Do prostych sposobów i zasad prowadzenia oszczędnej gospodarki energią zaliczamy:

- właściwy dobór silników elektrycznych do urządzeń napędowych,
- ograniczenie pracy maszyn i urządzeń na biegu jałowym,
- niedopuszczanie do pozostawienia czynnego oświetlenia w godzinach dziennych i w dniach wolnych od pracy,
- prawidłowe prowadzenie konserwacji opraw oświetleniowych,
- ograniczanie czasu pracy urządzeń o niższych sprawnościach, szczególnie urządzeń pracujących równolegle (pompy, sprężarki),
- prowadzenie właściwej gospodarki sprężonym powietrzem przez poprawę szczelności sieci i stanu mechanicznego urządzeń pneumatycznych,
- opracowanie szczegółowych harmonogramów pracy tych urządzeń których praca powinna przebiegać w strefie poza szczytowej, oraz urządzeń o korzystniejszych wskaźnikach energetycznych, które powinny pracować jako urządzenia podstawowe,
- przygotowanie budynków i pomieszczeń do okresu jesienno-zimowego.

5.3. Kompensowanie mocy biernej

752. Jaka jest interpretacja energetyczna mocy czynnej?

Moc czynna i związana z nią energia elektryczna są wynikiem przemian energetycznych określonego surowca energetycznego (np. węgiel, gaz, mazut, spiętrzonej w zbiorniku wody) i mogą być zamienione na pracę, względnie inną postać energii (rys. 5.1).



Rys. 5.1. Schemat przepływu mocy od źródła do odbiornika: P - moc czynna, Q - moc bierna, G - generator, M - silnik.

753. Jaka jest interpretacja energetyczna mocy biernej?

Moc bierna i energia bierna są charakterystyczne wyłącznie dla zjawisk elektrycznych w obwodach prądu zmiennego i nie mogą być zamienione na pracę. Przepływają jedynie między źródłem i odbiornikiem prądu zmiennego. Jest potrzebna do wzbudzenia zmiennych pól magnetycznych silników, magnesowania rdzeni transformatorów energetycznych, ładowania pojemności linii przesyłowych napowietrznych i kablowych.

754. Jakie ujemne skutki powoduje przepływ mocy biernej?

Moc bierna obciąża prądowo elementy układu energetycznego, a więc: ogranicza przepustowość urządzeń, wywołuje spadki napięcia i powoduje straty mocy czynnej.

Te ujemne skutki są tym większe im mniejszy jest współczynnik mocy $\cos\varphi$.

755. Jakie urządzenia są główną przyczyną poboru mocy biernej w zakładzie przemysłowym?

Główną przyczyną poboru mocy biernej w zakładzie przemysłowym są silniki asynchroniczne oraz spawarki i zgrzewarki, szczególnie na biegu jałowym lub niedociążone.

756. W jaki sposób można zmniejszyć pobór mocy biernej?

Pobór mocy biernej można zmniejszyć przez:

- ograniczenie pracy jałowej silników i transformatorów,
- właściwy dobór silników (dążyć do możliwie znamionowego obciążenia silników),
- ograniczenie pracy spawarek i zgrzewarek na biegu jałowym.

757. Na czym polega kompensacja mocy biernej?

Kompensacja mocy biernej polega na jej wytwarzaniu bezpośrednio w miejscu zapotrzebowania. Nie trzeba będzie przesyłać tej mocy biernej od wytwórcy do odbiorcy. Dzięki zastosowaniu kompensacji można tymi samymi liniami elektroenergetycznymi przesłać większą moc czynną.

758. Jakie współczynniki mocy przewidują Zakłady Energetyczne w wydawanych warunkach zasilania dla odbiorców przemysłowych?

W wydawanych warunkach zasilania Zakłady Energetyczne żądają współczynnika mocy równego:

$$\operatorname{tg}\varphi = 0,4 \text{ do } 0,2; \cos\varphi = 0,93 \text{ do } 0,98.$$

759. Jakie urządzenia służą do poprawy współczynnika mocy $\cos\varphi$ w zakładzie?

Do poprawy współczynnika mocy w zakładzie służą:

- baterie kondensatorów statycznych (rys. 4.54),
- silniki synchroniczne, których stosowanie jest ograniczone ze względu na duże koszty.

6. BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY

6.1. Wiadomości ogólne

760. Jaki akt prawny reguluje kompleksowo sprawy bhp?

Zasadniczym aktem prawnym regulującym kompleksowo sprawy bhp jest Kodeks Pracy (D.U. z 1998, Nr 21 poz. 94 z późniejszymi zmianami) oraz Rozporządzenia. [80, 82]

761. Kto ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy?

Za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy ponosi odpowiedzialność pracodawca (kierownik zakładu).

762. Jakie obowiązki ma pracodawca w zakresie bhp?

Pracodawca jest obowiązany chronić zdrowie i życie pracowników poprzez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki. W szczególności pracodawca jest obowiązany:

- organizować pracę w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki pracy,
- zapewnić przestrzeganie w zakładzie pracy przepisów oraz zasad bhp, wydawać polecenia usunięcia uchybień oraz kontrolować wykonanie tych poleceń,
- zapewnić wykonanie nakazów i zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru nad warunkami pracy,
- zapewnić wykonanie zaleceń społecznego inspektora pracy.

763. Co jest podstawowym obowiązkiem pracownika w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy?

Podstawowym obowiązkiem pracownika jest przestrzeganie przepisów i zasad bezpieczeństwa.

W szczególności pracownik jest obowiązany:

- znać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, brać udział w szkoleniu z tego zakresu oraz poddawać się wymaganym egzaminom sprawdzającym,

- wykonywać pracę w sposób zgodny z przepisami bhp oraz stosować się do wydanych w tym zakresie poleceń i wskazań przełożonych,
- dbać o należyty stan maszyn, urządzeń, narzędzi i sprzętu oraz o porządek w miejscu pracy,
- stosować środki ochrony zbiorowej i indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze zgodnie z ich przeznaczeniem,
- poddawać się wstępnym okresowym i kontrolnym badaniom lekarskim i stosować się do wskazań lekarskich,
- niezwłocznie zawiadomić przełożonego o zauważonym w zakładzie pracy wypadku albo zagrożeniu zdrowia ludzkiego oraz ostrzec pracowników o grożącym im niebezpieczeństwie.

764. Kto ponosi koszty związane ze szkoleniem i badaniami lekarskimi pracownika?

Koszty związane ze szkoleniem pracownika i badaniami lekarskimi ponosi pracodawca.

765. Jakie obowiązki w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy mają osoby kierujące pracownikami?

Osoby kierujące pracownikami mają w zakresie bhp obowiązek:

- organizować stanowisko pracy zgodnie z przepisami i zasadami bhp,
- dbać o sprawność środków ochrony indywidualnej oraz ich stosowanie zgodnie z przeznaczeniem,
- organizować, przygotowywać i prowadzić prace uwzględniając zabezpieczenie pracowników przed wypadkami przy pracy i chorobami zawodowymi,
- dbać o bezpieczny i higieniczny stan pomieszczeń pracy i wyposażenia technicznego, a także o sprawność środków ochrony zbiorowej i ich stosowanie zgodnie z przeznaczeniem,
- egzekwować przestrzeganie przez pracowników przepisów i zasad bhp,
- zapewniać wykonanie zaleceń lekarza sprawującego opiekę zdrowotną nad pracownikami.

766. Kiedy pracownik ma prawo powstrzymać się od wykonywania pracy?

Pracownik ma prawo powstrzymać się od wykonywania pracy w razie gdy warunki pracy nie odpowiadają przepisom bhp i stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla życia lub zdrowia pracownika albo gdy wykonywana przez niego praca zagraża innym osobom. O powyższym musi powiadomić przełożonego.

767. Co należy do obowiązków pracownika, który zauważył wypadek?

Pracownik, który zauważył wypadek obowiązany jest udzielić pomocy poszkodowanemu, zawiadomić kierownictwo zakładu i zabezpieczyć miejsce wypadku.

768. Co należy do obowiązków pracownika, który uległ wypadkowi?

Pracownik, który uległ wypadkowi a stan jego zdrowia na to pozwala winien bezzwłocznie zawiadomić kierownika zakładu.

769. W jaki sposób powinno być zabezpieczone miejsce wypadku?

Miejsce wypadku winno być zabezpieczone przez:

- niedopuszczenie do miejsca osób postronnych,
- niedopuszczenie do zmiany położenia tych przedmiotów, które spowodowały wypadek,
- niedopuszczenie do uruchamiania maszyn i urządzeń które w związku z wypadkiem zostały zatrzymane.

6.2. Podstawowe warunki bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych

770. Jakie są podstawowe warunki bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych?

Do podstawowych warunków bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych zalicza się:

- prawidłową budowę urządzeń elektroenergetycznych przystosowaną do warunków występujących w miejscu pracy,
- utrzymanie urządzeń w dobrym stanie technicznym,
- właściwą obsługę urządzeń.

771. Jakie środki organizacyjne służą do zwiększenia stopnia bezpieczeństwa pracy?

Zwiększeniu stopnia bezpieczeństwa pracy służą następujące środki organizacyjne:

- obowiązek posiadania dodatkowych kwalifikacji przez osoby zatrudnione przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych,
- obowiązek szkolenia na stanowisku pracy,
- konieczność stosowania sprzętu ochronnego oraz ubrań roboczych i ochronnych,
- konieczność stosowania tablic informacyjnych i ostrzegawczych,
- obowiązek przeprowadzania badań lekarskich,
- prawidłowa organizacja pracy.

772. Jakie przepisy obowiązują w zakresie prowadzenia bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych?

W zakresie prowadzenia bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych obowiązują przepisy ustalone rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (Dz.U. z 1999 r. Nr 80, poz. 912).

773. Kiedy sprawdza się stan bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych?

Stan bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych sprawdza się przez ocenę stanu technicznego urządzeń podczas przeprowadzania okresowych oględzin i przeglądów urządzeń oraz ich prób i pomiarów.

774. Jakie zalecenia powinny być przestrzegane w przypadku prowadzenia prac w miejscu zagrożonym wybuchem?

W przypadku prowadzenia prac w miejscu zagrożonym wybuchem, powinny być przestrzegane następujące zalecenia:

- 1) zakazać lub zawiesić wszystkie czynności aż do podjęcia środków eliminujących zagrożenie wybuchem, takich jak eliminacja emisji gazów łatwopalnych, zastosowanie wentylacji itp. lub

- 2) podjąć odpowiednie środki, stosowne do rodzaju zagrożenia, umożliwiające kontrolowanie zagrożenia eksplozją takie jak:
- stałe monitorowanie atmosfery oraz zakaz używania jakichkolwiek źródeł energii, które mogłyby spowodować zapłon mieszanki wybuchowej,
 - ciągłą wentylację lub monitorowanie atmosfery,
 - ograniczenie zakresu pracy do niezbędnego, stosując sprzęt o bezpiecznej konstrukcji.

7. ZASADY ORGANIZACJI I WYKONYWANIA PRAC PRZY URZĄDZENIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

7.1. Określenia

775. Co to są urządzenia elektroenergetyczne?

Urządzenia elektroenergetyczne są to urządzenia techniczne służące do wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i użytkowania energii elektrycznej.

776. Co to jest miejsce pracy?

Miejsce pracy jest to odpowiednio przygotowane stanowisko pracy lub określona strefa pracy w zakresie niezbędnym dla bezpiecznego wykonywania pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych.

777. Co to są osoby dozoru i eksploatacji?

Osoby dozoru i eksploatacji są to osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych, spełniające dodatkowe wymagania kwalifikacyjne do wykonywania pracy na stanowisku dozoru lub eksploatacji w ustalonym zakresie: obsługi, konserwacji, napraw, kontrolno-pomiarowym, montażu dla określonych rodzajów urządzeń lub instalacji elektroenergetycznych.

778. Co rozumiemy pod pojęciem zespół pracowników i zespół pracowników kwalifikowanych?

- Zespół pracowników jest to grupa pracowników, w skład której wchodzi co najmniej dwie osoby wykonujące prace.
- Zespół pracowników kwalifikowanych jest to grupa pracowników, w której co najmniej połowa, lecz nie mniej niż dwie osoby posiada ważne świadectwa kwalifikacyjne.

779. Co to są pomieszczenia lub tereny ruchu elektrycznego?

Pomieszczenia lub tereny ruchu elektrycznego są to odpowiednio wydzielone pomieszczenia lub tereny bądź część pomieszczenia lub terenu albo przestrzeni w budynkach lub poza budynkami,

w których zainstalowane są urządzenia elektroenergetyczne dostępne tylko dla upoważnionych osób.

780. Co to są czynne i nieczynne urządzenia elektroenergetyczne?

- Czynne urządzenia elektroenergetyczne są to takie urządzenia, które znajdują się pod napięciem lub mogą znaleźć się pod napięciem przez załączenie istniejącym łącznikiem.
- Nieczynne urządzenia elektroenergetyczne są to te, które do załączenia pod napięcie wymagają wykonania dodatkowych czynności montażowych.

7.2. Rodzaje poleceń na pracę

781. Na jakie polecenia mogą być wykonywane prace przy czynnych urządzeniach elektroenergetycznych?

Prace przy czynnych urządzeniach elektroenergetycznych mogą być wykonywane:

- na polecenie pisemne,
- na polecenie ustne,
- bez polecenia.

782. Jakie prace mogą być wykonywane bez polecenia?

Bez polecenia mogą być wykonywane:

- czynności związane z ratowaniem zdrowia i życia ludzkiego,
- zabezpieczenia urządzeń i instalacji przed zniszczeniem,
- prace eksploatacyjne, określone w instrukcjach eksploatacyjnych i wykonywane przez osoby uprawnione (posiadające właściwe świadectwa kwalifikacyjne) i upoważnione (tj. osoby wykonujące w ramach swoich obowiązków służbowych określone prace) wyznaczone na stałe do tych prac.

783. Jakie prace mogą być wykonywane na polecenie ustne?

Na polecenie ustne mogą być wykonywane prace przy urządzeniach o napięciu znamionowym do 1 kV, w warunkach bezpiecznych (które nie wymagają polecenia pisemnego) i przez pracowników na stałe wyznaczonych do tych prac.

784. Jakie prace należy wykonywać na polecenie pisemne?

Na polecenie pisemne wykonuje się:

- prace w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego, przy zastosowaniu odpowiednich środków zabezpieczających zdrowie i życie ludzkie (wykaz prac podano w pytaniu 785),
- prace wykonywane przez pracowników z innych zakładów pracy niż zakład prowadzący eksploatację danego urządzenia,
- prace szczególnie niebezpieczne w warunkach pracy danego zakładu, jeżeli pracodawca lub poleceniodawca uzna to za niezbędne.

785. Jakie prace przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych zalicza się do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego?

Do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego zalicza się w szczególności prace:

- konserwacyjne, modernizacyjne i remontowe przy urządzeniach elektroenergetycznych, z wyjątkiem prac polegających na wymianie w obwodach o napięciu do 1 kV bezpieczników i żarówek (światłówek) o nieuszkodzonej obudowie i oprawach,
- wykonywane w pobliżu nie osłoniętych urządzeń elektroenergetycznych lub ich części, znajdujących się pod napięciem,
- przy wyłączonych spod napięcia, lecz nie uziemionych urządzeniach elektroenergetycznych lub uziemionych w taki sposób, że żadne z uziemień (uziemiaczy) nie jest widoczne z miejsca pracy,
- przy wyłączonych spod napięcia elektroenergetycznych liniach napowietrznych, które krzyżują się z liniami znajdującymi się pod napięciem,
- przy opuszczaniu i zawieszaniu przewodów na wyłączonych spod napięcia elektroenergetycznych liniach napowietrznych w przęsłach krzyżujących drogi kolejowe, wodne i kołowe,

- związane z identyfikacją i przecinaniem kabli elektroenergetycznych,
- przy spawaniu, lutowaniu, wymianie stojaków oraz pojedynczych ogniw i całej baterii w akumulatorach,
- przy wykonywaniu prób i pomiarów, z wyłączeniem prac wykonywanych stale przez upoważnionych pracowników w ustalonych miejscach (laboratoria, stacje prób),
- 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 i przewodami trakcji elektrycznej.

786. Ile osób powinno wykonywać prace w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego?

Prace wykonywane w warunkach szczególnego zagrożenia powinny być wykonywane co najmniej przez dwie osoby, z wyjątkiem prac eksploatacyjnych z zakresu prób i pomiarów, konserwacji i napraw urządzeń i instalacji elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV, wykonywanych przez osobę wyznaczoną na stałe do tych prac w obecności pracownika asekurującego, przeszkolonego w udzielaniu pierwszej pomocy.

7.3. Polecenia na wykonanie prac oraz kwalifikacje i obowiązki pracowników w zakresie organizacji bezpiecznej pracy

787. Przez kogo może być wydawane polecenie na wykonanie pracy i co powinno określać?

Polecenie na wykonanie pracy wydaje poleceniodawca, którym może być pracownik upoważniony pisemnie przez pracodawcę, posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru - „D”.

Polecenie wykonania pracy powinno w szczególności określać:

- zakres, rodzaj, miejsce i termin wykonania pracy,
- środki i warunki do bezpiecznego wykonania pracy,

- liczbę pracowników skierowanych do pracy,
- pracowników odpowiedzialnych za organizację i bezpieczne wykonanie pracy, pełniących funkcję (w zależności od potrzeb):
 - a) koordynującego - przez podanie stanowiska służbowego lub imiennie,
 - b) dopuszczającego - przez podanie stanowiska służbowego lub imiennie,
 - c) kierownika robót - imiennie,
 - d) nadzorującego - imiennie,
 - e) kierującego zespołem pracowników - imiennie,
- planowane przerwy w czasie pracy.

W każdym zakładzie pracy powinien znajdować się wykaz pracowników upoważnionych do wydawania poleceń na pracę z określeniem zakresu upoważnienia oraz wykaz pracowników upoważnionych do pełnienia funkcji dopuszczającego.

Wzór polecenia wykonania pracy stanowi załącznik nr 1 do rozdz. 7.

788. Kiedy wyznacza się koordynującego i co należy do jego obowiązków?

Koordynującego wyznacza się jeżeli przygotowanie miejsca pracy związane jest z wyłączeniami urządzeń należących do różnych jednostek organizacyjnych.

Koordynującym może być osoba, która posiada ważne świadectwo kwalifikacyjne dozoru - „D”.

- Koordynującym powinien być pracownik komórki organizacyjnej sprawującej dozór nad ruchem urządzeń elektroenergetycznych, przy których będzie wykonywana praca.
- W przypadku gdy dozór nad ruchem urządzeń elektroenergetycznych, przy których będzie wykonywana praca, jest prowadzony przez różne komórki organizacyjne zakładu, koordynującym powinna być osoba z kierownictwa jednej z tych komórek.
- Jeżeli dozór nad ruchem urządzeń elektroenergetycznych, przy których będzie wykonywana praca, jest sprawowany

przez poleceniodawcę, koordynującym powinien być sam poleceniodawca.

Do obowiązków koordynującego należy:

- koordynowanie wykonania prac określonych w poleceniu, z ruchem urządzeń elektroenergetycznych,
- określenie czynności łączeniowych związanych z przygotowaniem miejsca pracy,
- wydanie zezwolenia na przygotowanie miejsca pracy, dopuszczenie do pracy i likwidację miejsca pracy,
- podjęcie decyzji o uruchomieniu urządzeń, przy których była wykonywana praca,
- zapisanie w dokumentacji eksploatacyjnej ustaleń wynikających z w/w punktów.

789. Kiedy wyznacza się dopuszczającego i co należy do jego obowiązków?

Dopuszczającego wyznacza poleceniodawca przy wykonywaniu każdej pracy na polecenie.

Dopuszczającym może być pracownik upoważniony pisemnie przez pracodawcę, posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji (E).

Do obowiązków dopuszczającego należy:

- przygotowanie miejsca pracy,
- dopuszczenie do wykonania pracy,
- sprawdzenie wykonania pracy,
- zlikwidowanie miejsca pracy po jej zakończeniu.

790. Kiedy wyznacza się kierownika robót i co należy do jego obowiązków?

Kierownika robót wyznacza poleceniodawca do koordynacji prac, gdy w jednym obiekcie elektroenergetycznym jednocześnie pracuje więcej niż jeden zespół pracowników a poleceniodawca uzna to za konieczne.

Kierownikiem robót może zostać pracownik, który posiada ważne świadectwo kwalifikacyjne dozoru - „D”.

Do obowiązków kierownika robót należy koordynowanie prac różnych zespołów pracowników, w celu wyeliminowania zagrożeń wynikających z ich jednoczesnej pracy na jednym obiekcie.

791. Kiedy wyznacza się nadzorującego i co należy do jego obowiązków?

Nadzorujący powinien być wyznaczony przez poleceniodawcę, jeżeli:

- pracę będzie wykonywać zespół pracowników nie będących zespołem pracowników kwalifikowanych lub kierujący zespołem nie posiada świadectwa kwalifikacyjnego,
- poleceniodawca uzna to za konieczne ze względu na szczególny charakter i warunki wykonywania pracy.

Nadzorującym może być pracownik mający ważne świadectwo kwalifikacyjne E lub D.

Nadzorujący nie powinien wykonywać innych prac poza czynnościami nadzoru.

Do obowiązków nadzorującego należy:

- sprawdzenie przygotowania miejsca pracy i jego przejęcie od dopuszczającego, jeżeli zostało przygotowane właściwie,
- zaznajomienie nadzorowanych pracowników z warunkami bezpiecznego wykonywania pracy,
- sprawowanie ciągłego nadzoru nad pracownikami, aby nie przekraczali granicy wyznaczonego miejsca pracy,
- powiadomienie dopuszczającego lub koordynującego o zakończeniu pracy.

792. Kiedy wyznacza się kierującego zespołem pracowników i co należy do jego obowiązków?

Kierującego zespołem pracowników wyznacza się do każdej pracy, jeżeli zespół składa się z co najmniej dwóch osób.

Funkcję kierującego zespołem:

- **pracowników kwalifikowanych** powinien pełnić pracownik posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji - „E”, właściwe dla określonego w poleceniu zakresu pracy i rodzaju urządzeń i instalacji elektroenergetycznych, przy których będzie wykonywana praca,
- **w przypadku zespołu nie będącego zespołem pracowników kwalifikowanych** - funkcję kierującego zespołem może pełnić osoba nie posiadająca świadectwa kwalifikacyjnego, a posiadająca umiejętności zawodowe w zakresie

wykonywanej pracy, przeszkolona w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

- Do obowiązków kierującego zespołem pracowników kwalifikowanych w szczególności należy:
 - dobór pracowników o umiejętnościach zawodowych odpowiednich do wykonania polecanej pracy,
 - sprawdzenie przygotowania miejsca pracy i przejęcie go od dopuszczającego, jeżeli zostało przygotowane właściwie,
 - zaznajomienie podległych pracowników ze sposobem przygotowania miejsca pracy, występującymi zagrożeniami w miejscu pracy i w bezpośrednim sąsiedztwie oraz warunkami i metodami bezpiecznego wykonywania pracy,
 - zapewnienie wykonania pracy w sposób bezpieczny,
 - egzekwowanie od członków zespołu stosowania właściwych środków ochrony indywidualnej, odzieży i obuwia roboczego oraz właściwych narzędzi i sprzętu,
 - nadzorowanie przestrzegania przez podległych pracowników przepisów bhp w czasie wykonywania pracy,
 - powiadomienie dopuszczającego lub koordynującego o zakończeniu pracy.
- Do obowiązków kierującego zespołem pracowników nie posiadających kwalifikacji należy:
 - dobór pracowników o umiejętnościach zawodowych odpowiednich do wykonania polecanej pracy,
 - zapewnienie wykonania pracy w sposób bezpieczny,
 - egzekwowanie od członków zespołu stosowania właściwych środków ochrony indywidualnej, odzieży i obuwia roboczego oraz właściwych narzędzi i sprzętu,
 - nadzorowanie przestrzegania przez podległych pracowników przepisów bhp w czasie wykonywania pracy.

793. Kto może być członkiem zespołu pracowników kwalifikowanych i co należy do ich obowiązków?

Członkami zespołu pracowników kwalifikowanych mogą być pracownicy, którzy zostali przeszkoleni z zakresu bhp i posiadają umiejętności zawodowe stosowne do wykonywanej pracy określonej

w poleceniu, powinni posiadać ważne świadectwo kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych danego rodzaju („E”).

Do obowiązków członków zespołu należy:

- wykonywanie pracy zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz poleceniami i wskazówkami kierującego zespołem,
- stosowanie narzędzi, odzieży ochronnej i roboczej oraz środków ochrony indywidualnej, wymaganych przy wykonywaniu danego rodzaju prac,
- przestrzegania podstawowych obowiązków pracowniczych.

7.4. Przygotowanie miejsca pracy, dopuszczenie do pracy, zakończenie pracy

794. Na czym polega przygotowanie miejsca pracy?

Przygotowanie miejsca pracy dokonuje osoba pełniąca funkcję dopuszczającego. Przygotowanie miejsca pracy polega na:

- uzyskaniu zezwolenia na rozpoczęcie przygotowania miejsca pracy od koordynującego, jeżeli został on wyznaczony,
- uzyskaniu od koordynującego potwierdzenia o wykonaniu niezbędnych przełączeń oraz zezwolenia na dokonanie przełączeń i założenia odpowiednich urządzeń zabezpieczających, przewidzianych do wykonania przez dopuszczającego.
- wyłączeniu urządzeń spod napięcia w zakresie określonym w poleceniu i uzgodnionym z koordynującym,
- zabezpieczenie wyłączonych urządzeń przed przypadkowym załączeniem napięcia,
- sprawdzeniu wskaźnikiem braku napięcia w wyłączonych urządzeniach,
- założeniu przenośnych uziemień na wyłączonych urządzeniach,

- założeniu ogrodzeń i osłon w miejscu pracy stosownie do występujących potrzeb,
- oznaczeniu miejsca pracy i wywieszeniu tablic ostrzegawczych - w tym również w miejscach zdalnego sterowania napędami wyłączonych urządzeń.

Przy wykonywaniu czynności związanych z przygotowaniem miejsca pracy może brać udział, pod nadzorem dopuszczającego, członek zespołu, który będzie wykonywał pracę, jeżeli jest pracownikiem uprawnionym (posiada aktualne świadectwo kwalifikacyjne).

795. W jaki sposób powinno być dokonane wyłączenie urządzenia elektroenergetycznego spod napięcia?

Wyłączenie urządzenia elektroenergetycznego spod napięcia powinno być dokonane w taki sposób, aby uzyskać przerwę izolacyjną w obwodzie zasilającym urządzenie.

Za przerwę izolacyjną uważa się:

- otwarte zestyki łącznika w odległości określonej w Polskiej Normie lub w dokumentacji producenta,
- wyjęte wkładki bezpiecznikowe,
- zdemontowane części obwodu zasilającego,
- przerwanie ciągłości połączenia obwodu zasilającego w łącznikach o obudowie zamkniętej, stwierdzone w sposób jednoznaczny na podstawie wskaźnika odwzorującego otwarcie łącznika.

796. Jakie zasady muszą być przestrzegane przy wykonywaniu czynności łączeniowych drążkami izolacyjnymi lub napędami ręcznymi?

Przy wykonywaniu czynności łączeniowych drążkami izolacyjnymi lub napędami ręcznymi należy przestrzegać następujących zasad:

- drążki izolacyjne użyte do manipulacji odłącznikami bez własnych napędów muszą być dostosowane do napięcia znamionowego tego urządzenia i posiadać aktualną datę ważności próby napięciowej,
- drążki izolacyjne należy trzymać poniżej ogranicznika uchwytu, przy czynnościach łączeniowych należy w razie potrzeby stosować okulary ochronne i hełmy ochronne,

- do manipulacji nieizolowanymi dźwigniami napędów łączników należy stosować rękawice elektroizolacyjne,
- w przypadku wykonywania czynności łączeniowych odłącznikami słupowymi zaleca się stosować obuwie elektroizolacyjne,
- styki odłączników powinny być zamykane i otwierane ruchem szybkim i zdecydowanym,
- w czasie burzy nie wolno wykonywać czynności łączeniowych ręcznie przy urządzeniach napowietrznych.

797. Jakie stosuje się zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem napięcia?

Zabezpieczeniem przed przypadkowym załączeniem napięcia jest:

- w urządzeniach o napięciu znamionowym do 1 kV - wyjęcie wkładek bezpiecznikowych w obwodzie zasilającym lub zablokowanie napędu otwartego łącznika,
- w urządzeniach o napięciu znamionowym powyżej 1 kV - unieruchomienie i zablokowanie napędów łączników lub wstawienie przegród izolacyjnych między otwarte styki łączników,
- w instalacjach elektrycznych o napięciu do 1 kV w obiektach budowlanych zabezpieczeniem może być jeden lub więcej spośród następujących środków:
 - zamknięcie na kłódkę dźwigni łącznika,
 - zastosowanie tablic ostrzegawczych,
 - umieszczenie łącznika w przestrzeni zamkniętej lub zamykanej obudowie,
 - zwieranie i uziemianie może być stosowane jako środek dodatkowy.

798. Jakie są zasady sprawdzania braku napięcia wskaźnikiem?

Przy sprawdzaniu braku napięcia wskaźnikiem należy przestrzegać następujących zasad:

- sprawdzamy czy napięcie znamionowe wskaźnika odpowiada napięciu znamionowemu urządzenia,
- sprawdzamy datę ważności próby napięciowej,
- oczyszczamy wskaźnik z kurzu i innych zanieczyszczeń,

- sprawdzamy czy nie ma zewnętrznych uszkodzeń mechanicznych,
- wskaźnik należy trzymać poniżej ogranicznika uchwytu,
- brak napięcia należy sprawdzać we wszystkich fazach przy czym przed, jak i po użyciu należy sprawdzić jego działanie przez dotknięcie do części urządzenia będącej pod napięciem (dotyczy wskaźników bez samokontroli),
- stosowanie wskaźników napięcia przy urządzeniach napowietrznych powyżej 1 kV w niekorzystnych warunkach atmosferycznych (mgła, mżawka) wymaga użycia rękawic elektroizolacyjnych,
- przy urządzeniach powyżej 1 kV zaleca się stosowanie akustycznych lub akustyczno-optycznych wskaźników napięcia z samokontrolą działania.

799. W jaki sposób można ustalić brak napięcia jeżeli sprawdzenie wskaźnikiem jest niemożliwe?

Jeżeli sprawdzenie braku napięcia wskaźnikiem jest niemożliwe to o braku napięcia powinny upewnić się przynajmniej dwie osoby na podstawie dokładnego schematu.

800. Gdzie muszą być założone przenośne uziemienia?

Przenośne uziemienia muszą być założone po obu stronach miejsca pracy, przy czym co najmniej jeden uziemiacz winien być widoczny z miejsca pracy. W razie zasilania urządzenia w miejscu pracy z wielu linii zasilających należy uziemić wszystkie linie zasilające.

801. Kiedy zakładamy uziemienie?

Uziemienie zakładamy bezpośrednio po sprawdzeniu braku napięcia.

802. Czy wolno uziemiać miejsce pracy poprzez bezpieczniki i odłączniki?

Nie wolno uziemiać miejsca pracy poprzez odłączniki i bezpieczniki,

803. W jaki sposób zakładamy uziemiacze przenośne?

Przy zakładaniu uziemiaczy przenośnych należy w pierwszej kolejności dokręcić zacisk uziemiający do uziomu, a następnie przy pomocy drążka izolacyjnego założyć zaciski fazowe na szyny lub

przewody zapewniające pewny styk. Przy zdejmowaniu należy zachować kolejność odwrotną. Przy zakładaniu uziemiaczy w urządzeniach powyżej 1 kV powinno się stosować okulary i hełmy ochronne.

804. Na czym polega dopuszczenie do pracy?

Dopuszczenie do pracy powinno być wykonane przed rozpoczęciem wykonywania pracy, a po przygotowaniu miejsca pracy przez dopuszczającego.

Dopuszczenie do pracy polega na wykonaniu następujących czynności:

- sprawdzeniu przez dopuszczającego tożsamości i świadectw kwalifikacyjnych osób wymienionych w poleceniu,
- sprawdzeniu przygotowania miejsca pracy przez dopuszczającego i kierującego zespołem pracowników lub nadzorującego,
- wskazaniu zespołowi pracowników miejsca pracy,
- pouczeniu pracowników o warunkach pracy oraz wskazaniu zagrożeń występujących w sąsiedztwie miejsca pracy,
- udowodnieniu braku napięcia na wyłączonym i uziemionym urządzeniu przez dotknięcie wierzchem dłoni,
- potwierdzeniu dopuszczenia do pracy podpisami w odpowiednich rubrykach dwóch egzemplarzy polecenia pisemnego lub w wypadku polecenia ustnego — w dzienniku operacyjnym prowadzonym przez dopuszczającego.

Po dopuszczeniu do pracy oryginał polecenia pisemnego powinien być przekazany kierownikowi robót, kierującemu zespołem pracowników lub nadzorującemu, a kopia polecenia powinna pozostać u dopuszczającego.

805. Jakie czynności powinny być wykonane jeżeli wystąpi konieczność opuszczenia miejsca pracy przez kierującego zespołem pracowników lub nadzorującego?

Jeżeli wystąpi konieczność opuszczenia miejsca pracy przez kierującego zespołem pracowników lub nadzorującego, to natychmiast powinny być wykonane następujące czynności:

- dalsze wykonywanie pracy powinno być przerwane,
- zespół pracowników powinien być wyprowadzony z miejsca pracy.

- miejsce pracy powinno się odpowiednio zabezpieczyć przed dostępem osób postronnych.

806. Kiedy może nastąpić wznowienie pracy, jeżeli w czasie wykonywania pracy na polecenie wystąpiła przerwa?

Po przerwaniu pracy wykonywanej na polecenie jej wznowienie może nastąpić po ponownym dopuszczeniu do pracy.

Wznowienie pracy po przerwie nie wymaga ponownego dopuszczenia jeżeli:

- w czasie trwania przerwy zespół pracowników nie opuścił miejsca pracy lub
- miejsce pracy na czas opuszczenia go przez zespół pracowników zostało zabezpieczone przed dostępem osób postronnych.

807. Kiedy następuje zakończenie pracy na polecenie?

Zakończenie pracy na polecenie następuje, jeżeli cały zakres pracy przewidziany poleceniem został wykonany.

808. Co należy do obowiązków kierującego zespołem pracowników lub nadzorującego oraz dopuszczającego po zakończeniu pracy?

Do obowiązków kierującego zespołem pracowników lub nadzorującego po zakończeniu pracy należy:

- zapewnienie usunięcia materiałów, narzędzi oraz sprzętu,
- wyprowadzenie zespołu pracowników z miejsca pracy,
- powiadomienie dopuszczającego lub koordynującego o zakończeniu pracy, a w razie wykonywania pracy na polecenie pisemne przekazanie podpisanego polecenia dopuszczającemu.

Dopuszczający do pracy po zakończeniu pracy obowiązany jest:

- sprawdzić i potwierdzić zakończenie pracy,
- zlikwidować miejsce pracy przez usunięcie technicznych środków zabezpieczających użytych do jego przygotowania,
- podpisać polecenie pisemne,
- przygotować urządzenia do ruchu i powiadomić o tym koordynującego.

W pracach związanych z likwidacją miejsca pracy mogą brać udział:

- kierujący zespołem pracowników,
- członkowie tego zespołu, lecz tylko pod nadzorem dopuszczającego.

Koordynujący zezwala na uruchomienie urządzenia, przy którym była wykonywana praca, po otrzymaniu informacji od dopuszczającego o gotowości urządzenia do ruchu. Jeśli praca była wykonywana przez kilka zespołów, decyzję o uruchomieniu urządzenia koordynujący może podjąć po otrzymaniu informacji o gotowości urządzenia do ruchu od wszystkich dopuszczających.

7.5. Zasady bezpiecznego wykonywania prac

7.5.1. Zasady wykonywania prac na polecenie

809. W jaki sposób muszą być wykonywane prace przy urządzeniach czynnych?

Prace przy urządzeniach i liniach elektroenergetycznych mogą być wykonywane tylko przy zastosowaniu sprawdzonych metod i technologii. Dopuszcza się wykonywanie prac przy zastosowaniu nowych metod i technologii pod warunkiem wykonywania tych prac w oparciu o opracowane specjalnie dla nich instrukcje.

810. Jak mogą być wykonywane prace przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych w zależności od zastosowanych metod i środków zapewniających bezpieczeństwo pracy?

Prace przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych w zależności od zastosowanych metod i środków zapewniających bezpieczeństwo pracy mogą być wykonywane:

- przy całkowitym wyłączeniu napięcia,
- w pobliżu napięcia (prace należy wykonywać przy użyciu środków ochronnych odpowiednich do występujących warunków pracy),
- pod napięciem (prace należy wykonywać w oparciu o właściwą technologię pracy i przy zastosowaniu wymaganych narzędzi i środków ochronnych, określonych w instrukcji wykonywania tych prac).

811. Ile wynoszą bezpieczne odległości wokół nie osłoniętych urządzeń i instalacji elektroenergetycznych?

Odległości wokół nie osłoniętych urządzeń i instalacji elektroenergetycznych lub ich części znajdujących się pod napięciem wyznaczają:

- granice strefy prac w pobliżu napięcia,
- strefy prac pod napięciem.

Odpowiednie wartości podano w tablicy 7.1.

Tablica 7.1. Odległość wokół nie osłoniętych urządzeń i instalacji elektroenergetycznych [82]

Napięcie znamionowe	STREFA	
	prac pod napięciem	prac w pobliżu napięcia
kV	m	m
do 1*	do 0,3	powyżej 0,3 do 0,7
powyżej 1 do 30	do 0,6	powyżej 0,6 do 1,4
110	do 1,1	powyżej 1,1 do 2,1
220	do 2,5	powyżej 2,5 do 4,1
400	do 3,5	powyżej 3,5 do 5,4
750	do 6,4	powyżej 6,4 do 8,4

* odległości dotyczą tylko linii napowietrznych

812. Jakie zasady powinny być przestrzegane przy wykonywaniu prac na polecenie?

Przy wykonywaniu prac na polecenie należy przestrzegać następujących zasad:

- zabrania się rozszerzenia zakresu pracy ponad to, co zostało określone w poleceniu,
- zabrania się dokonywania zmian położenia napędów,
- zabrania się usuwania ogrodzeń, osłon, barier i tablic ostrzegawczych,
- zabrania się zdejmowania uziemiaczy, jeżeli ich zdjęcie nie zostało przewidziane w poleceniu,
- zabrania się wychodzenia poza wyznaczoną strefę robót,
- zabrania się powierzania prac pracownikowi o zmniejszonej sprawności fizycznej i psychicznej,

- miejsce pracy powinno być dobrze oświetlone,
- do prac należy wykorzystywać odpowiedni sprzęt ochronny,
- zabrania się w czasie pracy przy urządzeniach będących pod napięciem używania metalowych miar i niezolowanych narzędzi,
- przez cały czas trwania pracy kierujący zespołem pracowników lub nadzorujący obowiązany jest posiadać przy sobie polecenie pisemne.

813. Jakich zasad należy przestrzegać przy pracach na wysokościach?

Przy pracach na wysokościach należy przestrzegać następujących zasad:

- wchodzenie na słupy dozwolone jest po sprawdzeniu ich stanu,
 - o na wysokości wolno jest pracować po zabezpieczeniu się pasem (szelkami) bezpieczeństwa,
- pracującym na wysokości zabrania się podrzucania jakichkolwiek przedmiotów,
- praca na wysokości winna być wykonana minimum przez dwie osoby, przy czym jedna musi znajdować się na ziemi i posiadać sprzęt umożliwiający szybkie udzielenie pomocy pracującemu na wysokości.

7.5.2. Wykonywanie stałych czynności eksploatacyjno-konserwacyjnych przez wyznaczone osoby przy urządzeniach o napięciu do 1 kV

814. Kto może wykonywać prace polegające na samodzielnej naprawie i konserwacji urządzeń elektroenergetycznych?

Prace polegające na samodzielnej naprawie i konserwacji urządzeń elektroenergetycznych mogą wykonywać tylko pracownicy którzy posiadają wymagane świadectwo kwalifikacyjne oraz są przydzieleni na stałe do tych prac, w obecności pracownika asekurującego, przeszkolonego w udzielaniu pierwszej pomocy.

7.6. Sprzęt ochronny i narzędzia pracy

826. Co nazywamy sprzętem ochronnym do pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych?

Sprzętem ochronnym nazywamy przenośne przyrządy i narzędzia chroniące osoby wykonujące prace przy urządzeniach elektroenergetycznych przed:

- porażeniem prądem,
- szkodliwym działaniem łuku elektrycznego,
- poparzeniem,
- obrażeniami mechanicznymi i innymi obrażeniami.

827. W jaki sposób należy prowadzić gospodarkę sprzętem ochronnym?

- sprzęt ochronny i narzędzia pracy należy przechowywać w miejscach wyznaczonych, w warunkach zapewniających ich utrzymanie w pełnej sprawności,
- bezpośrednio przed użyciem należy sprawdzić ich stan techniczny i datę ważności badania,
- narzędzia pracy i sprzęt ochronny powinny być poddawane okresowym próbom w zakresie ustalonym w Polskiej Normie lub dokumentacji producenta,
- sprzęt i narzędzia niesprawne lub które utraciły ważność próby okresowej powinny być wycofane z użycia,
- sprzęt ochronny powinien być oznakowany w sposób trwały przez podanie numeru ewidencyjnego, daty następnej próby okresowej oraz cechy przeznaczenia (napięcie znamionowe i inne),
- pracodawca powinien ustalić sposób ewidencjonowania i kontroli sprzętu ochronnego,
- osoby dozoru powinny okresowo sprawdzać stan techniczny, sposób przechowywania i ewidencję sprzętu ochronnego oraz środków ochrony indywidualnej.

828. Na jakie grupy dzieli się sprzęt ochronny?

Sprzęt ochronny w zależności od przeznaczenia dzieli się na następujące grupy:

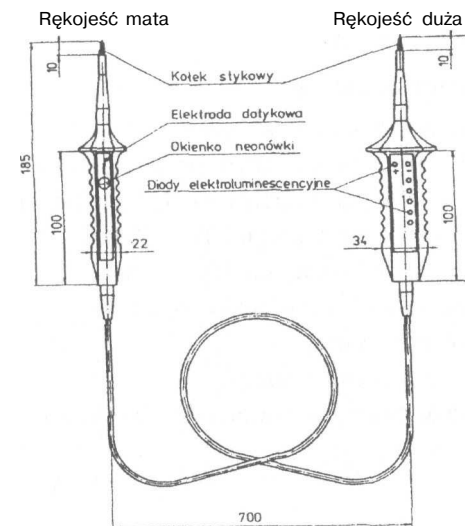
- sprzęt izolacyjny, którego zadaniem jest odizolowanie pracowni-

ków od części urządzeń elektroenergetycznych, które są lub mogą znaleźć się pod napięciem,

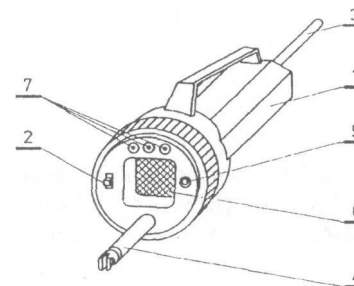
sprzęt wskazujący obecność napięcia jak:

- wskaźniki napięcia do 1 kV (rys. 7.1),
- wskaźniki napięcia powyżej 1 kV (rys. 7.2),
- uzgadniacze faz (rys. 7.3),

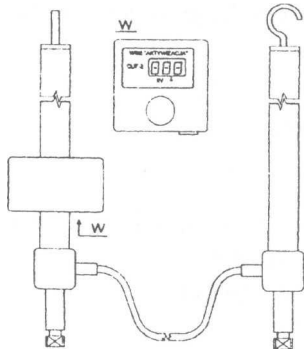
sprzęt zabezpieczający i ostrzegawczy - służy do zabezpieczenia osób pracujących przy urządzeniach elektroenergetycznych przed występującymi lub mogącymi wystąpić zagrożeniami.



Rys. 7.1. Wskaźnik napięcia WNN na napięcie do 750 V. [56]



Rys. 7.2. Akustyczno-optyczny wskaźnik napięcia AOWN-2 na napięcie od 50 V do 400 kV: 1 - obudowa, 2 - wyłącznik, 3 - kotek stykowy, 4 - uchwyt mocujący, 5 - gniazdo ładowania, 6 - głośniki, 7 - lampki sygnalizacyjne. [56]

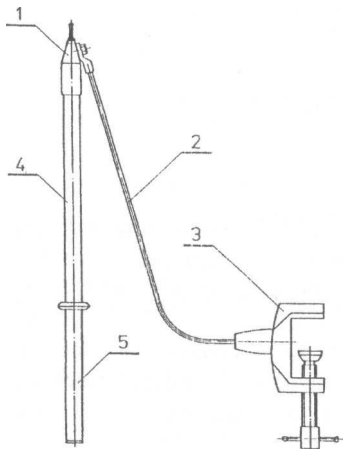


Rys. 7.3. Cyfrowy uzgadniacz faz CUF-2 na napięcie (6+30) kV. [56]

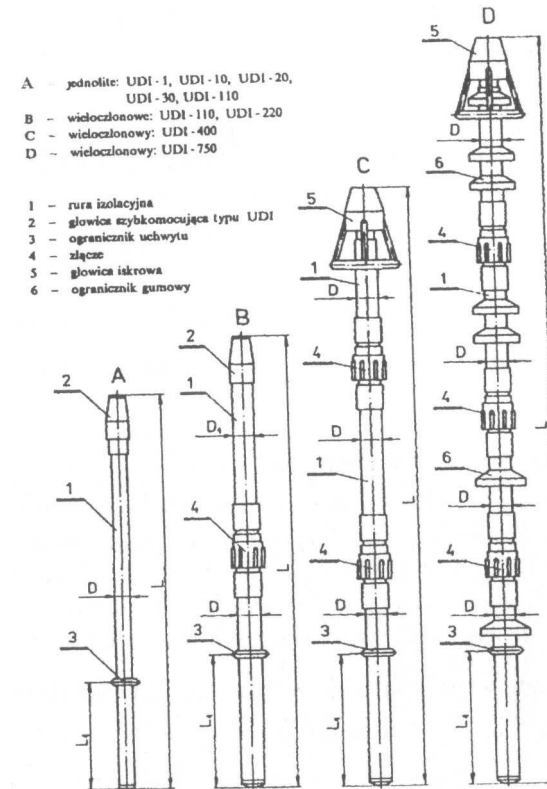
829. Co zaliczamy do sprzętu izolacyjnego?

Do sprzętu izolacyjnego zaliczamy:

- drążki izolacyjne o różnym przeznaczeniu (rys. 7.4 i 7.4a),
- kleszcze, chwytaki i uchwyty do bezpieczników (rys. 7.5),
- rękawice elektroizolacyjne (rys. 7.6),
- obuwie elektroizolacyjne (rys. 7.7),
- chodniki i dywaniki elektroizolacyjne,
- podesty izolacyjne,
- hełmy elektroizolacyjne,
- izolowane narzędzia monterskie (rys. 7.8).



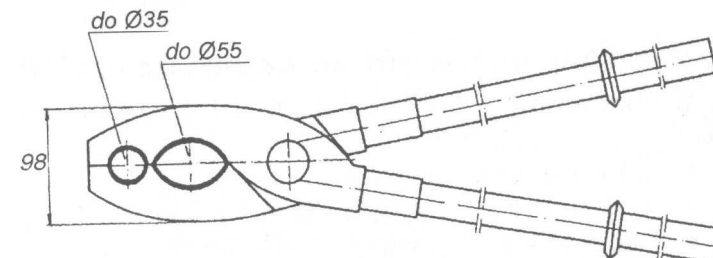
Rys. 7.4. Drążek do rozładowywania kondensatorów DRK: 1 - głowica specjalna, 2 - przewód łączący, 3 - zacisk uziomowy, 4 - część izolacyjna, 5 - część chwytyma. [56]



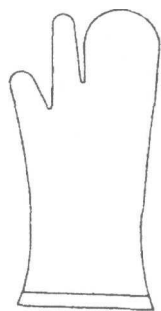
- A - jednolite: UDI-1, UDI-10, UDI-20, UDI-30, UDI-110
 B - wielozłonowe: UDI-110, UDI-220
 C - wielozłonowy: UDI-400
 D - wielozłonowy: UDI-750

- 1 - rura izolacyjna
 2 - głowica szybkoocująca typu UDI
 3 - ogranicznik uchwyty
 4 - złącze
 5 - głowica iskrowa
 6 - ogranicznik gumowy

Rys. 7.4a. Uniwersalne drążki izolacyjne UDI. [56]



Rys. 7.5. Kleszcze izolacyjne KI. [56]



Rys. 7.6. Rękawice elektroizolacyjne.



Rys. 7.7. Obuwie elektroizolacyjne:
1 - półbuty, 2 - kalosze.

830. Jak dzielimy sprzęt izolacyjny w zależności od napięcia?

W zależności od napięcia sprzęt izolacyjny dzielimy na:

- 1) **sprzęt zasadniczy**, którym dotyka się urządzeń znajdujących się pod napięciem w sposób bezpieczny,
- 2) **sprzęt dodatkowy**, który może być użyty tylko ze sprzętem zasadniczym dla zwiększenia bezpieczeństwa pracy.

831. Jaki sprzęt izolacyjny jest sprzętem zasadniczym w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV?

W urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV sprzętem zasadniczym są:

- drążki izolacyjne manipulacyjne, pomiarowe i do nakładania uzemiaczy przenośnych,
- kleszcze i chwytaki do bezpieczników,
- drążkowe wskaźniki wysokiego napięcia.

832. Jaki sprzęt izolacyjny jest sprzętem dodatkowym w urządzeniach powyżej 1 kV?

W urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV sprzętem dodatkowym są:

- rękawice elektroizolacyjne,
- półbuty elektroizolacyjne,
- hełmy elektroizolacyjne,
- podesty elektroizolacyjne,
- chodniki elektroizolacyjne.

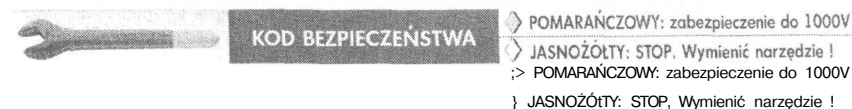
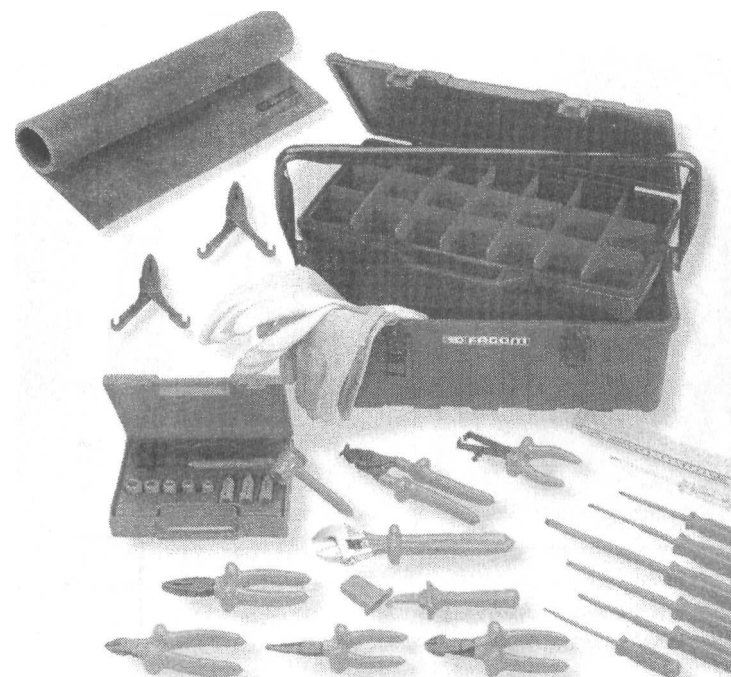
833. Jaki sprzęt izolacyjny jest sprzętem zasadniczym w urządzeniach do 1 kV?

W urządzeniach o napięciu do 1 kV zasadniczym sprzętem izolacyjnym są:

- rękawice elektroizolacyjne,
- izolowane narzędzia monterskie,
- uchwyty izolacyjne do wymiany **bezpieczników**.

Sprzętem dodatkowym są:

- chodniki elektroizolacyjne,
- kalosze elektroizolacyjne,
- pomosty izolacyjne.

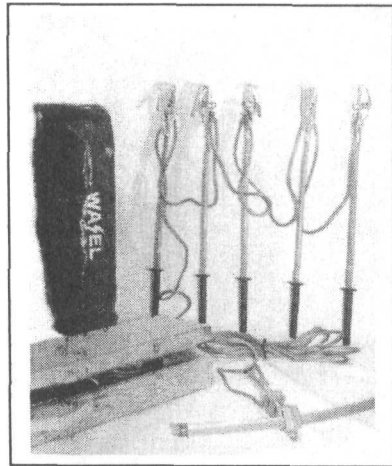


Rys. 7.8. Bezpieczne narzędzia izolowane do prac pod napięciem do 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego. [102]

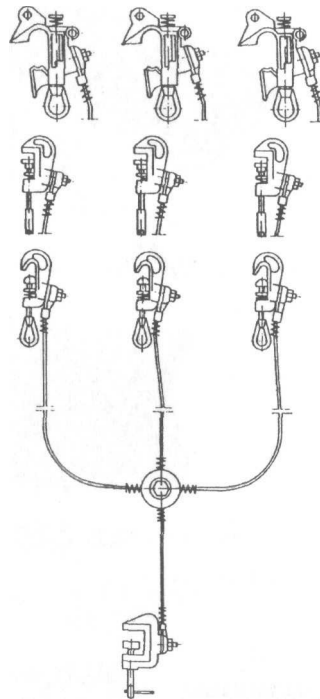
834. Co zaliczamy do sprzętu zabezpieczającego i ostrzegawczego?

Do sprzętu zabezpieczającego i ostrzegawczego zalicza się:

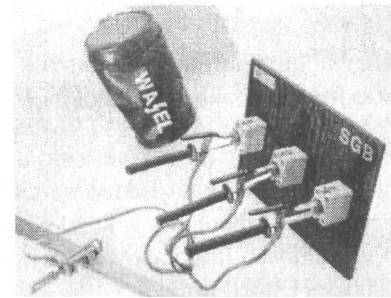
- pasy i szelki bezpieczeństwa,
- uziemiacze przenośne (rys. 7.9, 7.10, 7.11),
- zwieracze (rys. 7.12),
- ubrania trudnopalne (rys. 7.13),
- fartuchy ochronne przeciwłukowe,
- hełmy przeciwuderzeniowe,
- przegrody izolacyjne,
- okulary ochronne (rys. 7.13),
- tablice bezpieczeństwa (rys. 7.14-5-7.17).



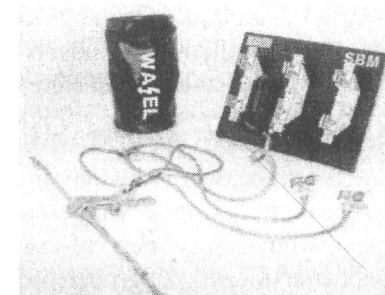
Rys. 7.9. Uziemiacz zatrzaskowy zuchwytem izolacyjnym do 1 kV. [56]



Rys. 7.10. Uziemiacz przenośny typu U3. [56]

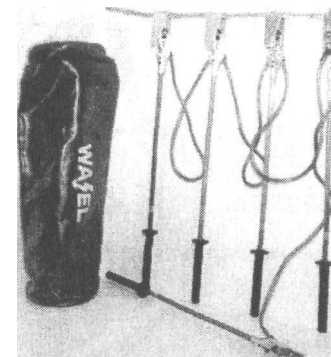


a)



b)

Rys. 7.11. Uziemiacze: a) do gniazd bezpiecznikowych gwintowych, b) do podstaw bezpiecznikowych typ PBD.



Rys. 7.12. Zwieracz zatrzaskowy zuchwytem izolacyjnym do 1 kV.



Rys. 7.13. Wyposażenie elektryka w sprzęt ochronny przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem. [107]

835. Jak dzielimy tablice bezpieczeństwa pod względem ich przeznaczenia?

Pod względem przeznaczenia tablice bezpieczeństwa dzielimy na:

- tablice ostrzegawcze (rys. 7.14),
- tablice nakazu (rys. 7.15),

- tablice zakazu (rys. 7.16),
- tablice informacyjne (rys. 7.17).

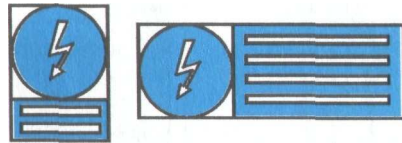
Ze względu na sposób umocowania dzielimy je na stałe - umocowane na stałe i przenośne - umocowane na okres przejściowy.

836. Gdzie powinny być umieszczone tablice ostrzegawcze?

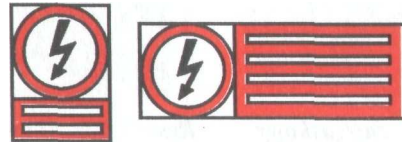
Tablice ostrzegawcze powinny być umieszczone tak, aby podane na nich ostrzeżenia były dobrze widoczne z bezpiecznej odległości, z każdej dostępnej strony zagrożonego obszaru, np.: na słupach linii napowietrznych, oświetlenia ulicznego, ogrodzeniach rozdzielni i stacji itp.



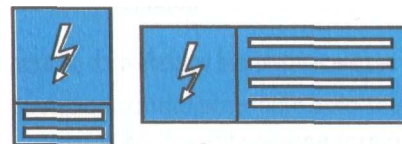
Rys. 7.14. Tablice ostrzegawcze - barwa żółta z czarnym napisem np.: „Nie dotykać! Urządzenie elektryczne!”



Rys. 7.15. Tablice nakazu - barwa niebieska z białym napisem np.: „Wyłącz napięcie przed rozpoczęciem pracy”.



Rys. 7.16. Tablice zakazu - barwa czerwona z białym napisem np.: „Nie załączać - pracują ludzie”.



Rys. 7.17. Tablice informacyjne — barwa niebieska z białym napisem np., „Miejsce pracy”.

837. Gdzie powinny być umieszczone tablice nakazu i zakazu?

Tablice nakazu i zakazu powinny być umieszczone wszędzie tam, gdzie zakaz lub nakaz wykonywania pewnych czynności może uchronić przed powstaniem nieszczęśliwego wypadku lub zagrożenia, np.: na łącznikach, drzwiach celek, pulpitych, silnikach, umieszcza się tablice nakazu, a na drzwiach celek rozdzielczych, stacji transformatorowych znaki zakazu.

838. Gdzie powinny być umieszczone tablice informacyjne?

Tablice informacyjne powinny być umieszczone tak, aby były widoczne z dróg komunikacyjnych i miejsc pracy np.: przy organizowaniu miejsca pracy, oznaczaniu stanu urządzeń itp.

8. OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

8.1. Niebezpieczeństwo pożaru od urządzeń elektrycznych

839. Jakie zjawiska w urządzeniach elektrycznych mogą być przyczyną pożarów?

Przyczyną pożarów w urządzeniach elektrycznych mogą być: przepływ prądów roboczych i zwarciovych, łuk elektryczny, zwiększenie rezystancji styków i złączy, przepięcia łączeniowe, przepięcia atmosferyczne.

840. Czy w każdym przypadku wydzielające się ciepło jest szkodliwe?

Ciepło wydzielające się w urządzeniach do tego celu przeznaczonych np.: piecach, grzejnikach, promiennikach jest pożyteczne. Natomiast ciepło wydzielające się w przewodach, uzwojeniach maszyn, złączach itp. jest szkodliwe i może być przyczyną pożaru.

841. Jakie prądy są najbardziej niebezpieczne ze względów pożarowych?

Najbardziej niebezpieczne ze względów pożarowych są prądy zwarciovowe.

842. Jakie zjawiska mogą spowodować powstawanie zwarc?

Zwarcia mogą być spowodowane przez następujące zjawiska:

- elektryczne: przepięcia atmosferyczne, przepięcia łączeniowe, pomyłki łączeniowe, długotrwałe przeciążenia powodujące osłabienie izolacji,
- nieelektryczne: zawilgocenie izolacji, zabrudzenie izolacji, uszkodzenia mechaniczne słupów, kabli, części izolacyjnych aparatów elektrycznych itp.

843. Jakie są środki ograniczające możliwość powstania zwarcia?

Środkami ograniczającymi możliwość powstania zwarcia są:

- ochrona linii, instalacji i urządzeń od wyładowań atmosferycznych,
- staranna konserwacja urządzeń,

- fachowa obsługa,
- kontrola obciążeń roboczych.

844. Jakie są skutki nadmiernego nagrzewania się przewodów?

Nadmierne nagrzewanie się przewodów może powodować przyspieszenie starzenia się izolacji, spalenie izolacji, stopienie przewodów, w następstwie czego powstaje pożar.

845. Jakie są najczęściej spotykane przyczyny pożarów wywołanych przez instalacje i urządzenia elektryczne?

Najczęściej spotykanymi przyczynami pożarów wywołanych przez urządzenia elektryczne są:

- przeciążenia urządzeń elektrycznych,
- wykonywanie instalacji niezgodnie z normami i przepisami,
- brak prawidłowej konserwacji urządzeń,
- nieprawidłowe zabezpieczenia urządzeń,
- nieprawidłowe usytuowanie urządzeń grzewczych.

8.2. Środki i sprzęt gaśniczy

846. Jakie środki gaśnicze używa się do gaszenia pożarów?

Do gaszenia pożarów używa się następujące środki gaśnicze: wodę, pianę gaśniczą, dwutlenek węgla, proszki gaśnicze, piasek.

847. Jakich materiałów i urządzeń nie wolno gasić wodą?

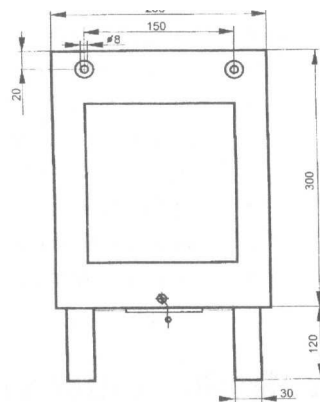
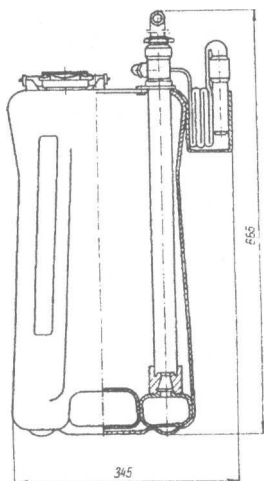
Wody jako środka gaśniczego nie wolno stosować do gaszenia:

- substancji, które pod wpływem wody wytwarzają ciepło i gazy palne jak: karbid, sól, potas,
- płynów łatwopalnych lżejszych od wody jak: benzyna, nafta, olej opałowy,
- materiałów palących się w postaci żarów o wysokiej temperaturze,
- instalacji i urządzeń elektrycznych pod napięciem.

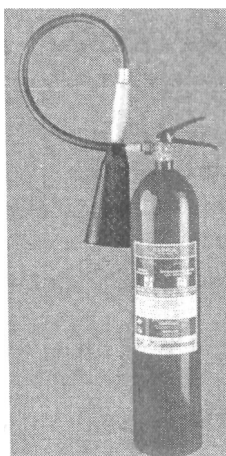
848. Co stanowi sprzęt gaśniczy?

Sprzęt gaśniczy stanowią:

- hydronetki (rys. 8.1),
- gaśnice (rys. 8.3),
- koce gaśnicze (rys. 8.2),
- wewnętrzne hydranty pożarowe.



Rys. 8.2. Koc gaśniczy.



Rys. 8.3. Gaśnice:
a) śniegowa GS~5X,
b) proszkowa GP-6X-ABC.

849. Jak należy posługiwać się hydronetką wodno-pianową?

Hydronetka wodno-pianowa służy do gaszenia pożarów w zakresie za pomocą strumienia wody lub piany. Pianę - uzyskuje się przez zmieszanie wody ze środkiem pianotwórczym znajdującym się w specjalnym szklanym naczyniu. W razie stosowania piany należy na koniec węża założyć prądownicę. Strumień wody lub piany uzyskuje się przez wprowadzenie w ruch ręcznej pompy, wbudowanej w hydronetkę. **Hydronetki nie wolno używać do gaszenia urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem.**

850. Jak należy posługiwać się gaśnicą pianową?

Gaśnica pianowa zawiera środki chemiczne i wodę, które po zmieszaniu wytwarzają ciśnienie powodujące wyrzucenie środka gaśniczego na zewnątrz.

W celu uruchomienia gaśnicy należy:

- 1) zdjąć z wieszaka, chwytając lewą ręką za górny, a prawą za dolny uchwyt i zerwać plombę,
- 2) nie odwracając gaśnicy podbiec z nią do miejsca pożaru,
- 3) przy ogniu odwrócić ją dnem do góry i wbić zbijak uderzając o twardy przedmiot,
- 4) strumień skierować na ogień, trzymając gaśnicę w czasie gaszenia dnem do góry.

Gaśnicy pianowej nie wolno używać do gaszenia urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem.

851. Jak należy się posługiwać gaśnicą śniegową? (rys. 8.4.)

Wewnątrz zbiornika gaśnicy znajduje się dwutlenek węgla CO₂ skropiony pod dużym ciśnieniem.

W celu użycia gaśnicy należy:

- uchwycić gaśnicę,
- podbiec do ognia,
- wyciągnąć zabezpieczenie,
- skierować prądownicę na źródło ognia i odkręcić zawór.

Gaśnice śniegowe można stosować do gaszenia urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem.



Rys. 8.4. Postępowanie się gaśnicą śniegową.



Rys. 8.5. Postępowanie się gaśnicą proszkową.

852. Jak należy się postępować gaśnicą proszkową? (rys. 8.5.)

Wewnątrz zbiornika gaśnicy znajduje się specjalnie spreparowany proszek wyrzucany z gaśnicy za pomocą sprężonego gazu obojętnego.

W celu użycia gaśnicy należy:

- zbliżyć się do źródła ognia,
- zerwać plombę,
- wyciągnąć blokadę,
- zbić dźwignię i zwolnić,
- skierować gaśnicę na źródło ognia i nacisnąć dźwignię.

Gaśnice proszkowe można stosować do gaszenia urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem.

853. Jak należy postępować się kocem gaśniczym?

Koce wykonane są z tkaniny całkowicie niepalnej. Przecho-
wuje się je w specjalnych futerałach plastikowych i zawiesza na ścia-
nach budynku wewnątrz pomieszczeń.

W celu użycia koca należy:

- chwycić koc oburącz za uchwyty zwisające u dołu futerału,
- rozwinąć koc przez strzepnięcie,
- podbiec do ognia,
- narzucić koc na palący się przedmiot i przez przyduszenie obrzeży starać się dokładnie odizolować miejsce pożaru od dostępu powietrza.

854. Jak należy postępować się hydrantem?

W celu użycia hydrantu należy:

- otworzyć drzwi szafki,
- rozwinąć odcinek węża,
- otworzyć zawór hydrantu,
- skierować strumień wody w miejsce ognia, zlewając palącą się powierzchnię od strony zewnętrznej w kierunku środka; przy pożarze przedmiotów ustawionych pionowo gasić od góry do dołu.

855. Do gaszenia jakich pożarów należy używać różnego rodzaju gaśnic?

Możliwości zastosowania gaśnic zależnie od rodzaju palących się materiałów przedstawiono w tabelicy 8.1.

Tablica 8.1. Zastosowanie gaśnic zależnie od rodzaju palących się materiałów

Grupa pożaru (oznaczenia gaśnic)	Rodzaj palącego się materiału i sposób jego gaszenia
A ¹⁾	Požary ciał stałych pochodzenia organicznego, przy których powstaje zjawisko żarzenia, np. drewno, papier, węgiel, tworzywa sztuczne, tkaniny, dzieła sztuki, księgozbiory — stosuje się gaśnice płynowe lub pianowe.
B ¹⁾	Požary cieczy palnych i substancji stałych topiących się wskutek ciepła powstającego przy pożarze, np. alkohole, aceton, benzyna, eter, oleje, lakiery, tłuszcze, naftalen, smoła - stosuje się gaśnice płynowe, pianowe, proszkowe lub śniegowe.
C ¹⁾	Požary gazów palnych, np. acetyleny, propanu, butanu, wodoru, gazu ziemnego, w tym urządzenia elektryczne pod napięciem do 1000 V oraz pojazdy samochodowe - stosuje się gaśnice proszkowe i śniegowe.
D ¹⁾	Požary metali lekkich, np. magnezu, sodu, potasu, litu - stosuje się gaśnice proszkowe.

¹⁾ Oznaczenia literowe podawane są na korpusie gaśnicy (dwu i trójliterowe np. A.B.C.)- Gaśnice z indeksem E zostały wycofane.

8.3. Postępowanie w razie pożaru

856. Jak powinna postępować osoba która pierwsza zauważyła pożar?

Zasady postępowania pracowników w razie pożaru określa instrukcja przeciwpożarowa.

Osoba, która pierwsza zauważyła pożar, powinna zachowując spokój, zaalarmować pozostałe osoby głośnym wołaniem „pożar - pali się”. Następnie zaalarmować straż pożarną, kierownictwo zakładu oraz osoby dozoru nad urządzeniami energetycznymi. Do czasu przybycia straży pożarnej wszyscy pracownicy powinni starać się zlikwidować pożar za pomocą sprzętu gaśniczego.

857. Jacy pracownicy mogą być zwolnieni z akcji gaszenia pożaru?

Od udziału w akcji ratowniczej mogą być zwolnieni pracownicy, których nieobecność na stanowiskach pracy mogłaby zwiększyć stan zagrożenia lub doprowadzić do awarii np. palacze kotłów.

858. Jak powinni zachowywać się pracownicy po przybyciu straży pożarnej?

Po przybyciu straży pożarnej wszyscy pracownicy powinni zachować spokój i bezwzględnie podporządkować się osobie dowodzącej akcją gaśniczą.

8.4. Gaszenie urządzeń elektroenergetycznych

859. W jaki sposób należy gasić palące się silniki elektryczne?

Palące się silniki elektryczne należy natychmiast wyłączyć spod napięcia i gasić za pomocą gaśnic śniegowych. Jeżeli brak jest gaśnic śniegowych to można gasić dowolnym środkiem gaśniczym pod warunkiem, że jesteśmy pewni, że silnik został wyłączony spod napięcia. Jeśli nie ma pewności że silnik został wyłączony spod napięcia nie wolno stosować wody i gaśnic pianowych.

860. W jaki sposób należy gasić rozdzielnice?

Rozdzielnice należy gasić gaśnicami śniegowymi po wyłączeniu napięcia. W przypadku niemożliwości wyłączenia napięcia należy zachować odległość dyszy gaśnicy od źródła ognia nie mniejszą niż 1 m.

861. W jaki sposób należy gasić palące się transformatory?

Palące się transformatory należy jak najszybciej wyłączyć spod napięcia o ile nie wystąpiło samoczynne wyłączenie. Następnie należy powiadomić najbliższą straż pożarną i przystąpić do gaszenia za pomocą gaśnic lub agregatów śniegowych, a po ich wyczerpaniu gasić piaskiem.

862. Jak należy postępować w przypadku wystąpienia pożaru w stacji elektroenergetycznej?

W przypadku wystąpienia pożaru w stacji należy stację wyłączyć spod napięcia i zawiadomić straż pożarną, a następnie - po wyłączeniu spod napięcia urządzeń objętych lub zagrożonych pożarem - przystąpić do

gaszenia ognia. Do gaszenia należy używać przede wszystkim gaśnic śniegowych i piasku oraz kocy gaśniczych.

W przypadku niemożliwości wyłączenia urządzeń spod napięcia dopuszcza się gaszenie urządzeń będących pod napięciem: należy w tym celu używać gaśnic śniegowych z zachowaniem odpowiedniej - odległości wylotu dyszy gaśnicy od źródła ognia.

Odległość ta nie powinna być mniejsza niż:

- 1m - dla urządzeń o napięciu do 30 kV,
- 1,5 m - dla urządzeń o napięciu do 110 kV,
- 2,5 m - dla urządzeń o napięciu do 220 kV.

Pałacy się olej w urządzeniach pozostających pod napięciem należy gasić gaśnicami śniegowymi.

Po wyłączeniu napięcia pałacy się olej można gasić pianą lub piaskiem.

Szczegółowe zasady likwidacji pożaru w stacji określone są w instrukcji eksploatacji stacji.

8.5. Wymagania w zakresie ochrony przeciwpożarowej dotyczące instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych w zależności od wpływów zewnętrznych

863. Jakie warunki zewnętrzne mają wpływ na sposób wykonania instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych dla zapewnienia bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej?

Dla zapewnienia bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej w obiektach budowlanych przy wykonaniu instalacji elektrycznych należy uwzględnić następujące wpływy zewnętrzne:

- warunki dotyczące wyjść awaryjnych:
 - BD2 - małe zagęszczenie ludźmi, trudne warunki ewakuacji,
 - BD3 - duże zagęszczenie ludźmi, łatwe warunki ewakuacji,
 - BD4 - duże zagęszczenie ludźmi, trudne warunki ewakuacji.
- właściwości materiałów obrabianych lub magazynowanych:
 - BE2 - materiały palne (w tym występowanie pyłu) stwarzające zagrożenie pożarowe.

- konstrukcję budynku:
 - CB2 - budynki, których kształt i rozmiary ułatwiają rozprzestrzenianie się ognia (np. efekt kominowy).
- materiały konstrukcyjne budynku:
 - CA2 - budynki zbudowane z materiałów palnych.

864. Jakie wymagania stawia się instalacjom elektrycznym dla zapewnienia bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej w obrębie wyjść awaryjnych?

W obrębie wyjść awaryjnych instalacjom stawia się następujące wymagania:

- nie zaleca się lokalizowania oprzewodowania w obrębie dróg awaryjnych zakwalifikowanych do warunków BD2, BD3, BD4. Jeżeli nie można tego uniknąć, oprzewodowanie powinno być instalowane w osłonach lub obudowach, które nie podtrzymują lub nie rozprzestrzeniają ognia lub nie osiągną temperatury wystarczającej do zapalenia otaczających materiałów w czasie określonym przepisami dla elementów budowlanych dróg ewakuacyjnych, a jeżeli brak tych przepisów - w ciągu 2 godzin.
- oprzewodowanie znajdujące się w obrębie dróg ewakuacyjnych nie powinno być zlokalizowane w zasięgu ręki lub powinno być zabezpieczone przed mechanicznym uszkodzeniem mogącym wystąpić w czasie ewakuacji. Trasa ułożenia przewodów w obrębie dróg ewakuacyjnych powinna być jak najkrótsza.
- w warunkach BD3 i BD4 urządzenia rozdzielcze i sterownicze, z wyjątkiem niektórych urządzeń ułatwiających ewakuację, powinny być dostępne tylko dla osób upoważnionych. Jeżeli urządzenia te znajdują się w przejściach, powinny być umieszczone w zamykanych wnękach lub skrzynkach wykonanych z niepalnych lub trudno zapalnych materiałów.
- w warunkach BD3 i BD4 oraz w obrębie dróg ewakuacyjnych jest zabronione stosowanie wyposażenia elektrycznego zawierającego płyny łatwo zapalne. Wymaganie to nie dotyczy pojedynczych kondensatorów wbudowanych w urządzenia (lampy wyładowcze, kondensatory rozruchowe silników).

865. Jakie wymagania stawia się instalacjom elektrycznym dla zapewnienia bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej w pomieszczeniach BE2, w których są obrabiane lub magazynowane materiały palne?

Instalacjom w pomieszczeniach BE2 stawia się następujące wymagania:

- Wyposażenie elektryczne powinno być ograniczone do niezbędnego w tych pomieszczeniach, z wyjątkiem przewodowania.
- Przewodowanie przechodzące przez pomieszczenia, lecz nie przeznaczone do wykorzystania w nich, powinno spełniać następujące warunki:
 - jeżeli przewodowanie jest umieszczone w materiale palnym, należy zapewnić takie środki aby nie rozprzestrzeniło ono płomienia,
 - nie powinno być łączone w tych pomieszczeniach, jeżeli nie jest umieszczone w obudowach odpornych na ogień,
 - powinno być zabezpieczone przed przeciążeniem i zwarcim za pomocą urządzeń zabezpieczających umieszczonych przed tymi pomieszczeniami.
- Jeżeli ze względu na niebezpieczeństwo pożaru jest konieczne ograniczenie prądów zwarcia w przewodowaniu, obwód powinien być:
 - zabezpieczony urządzeniem różnicowoprądowym o znamionowym prądzie zadziałania nie przekraczającym 0,5 A lub kontrolowany w sposób ciągły przez urządzenie do pomiaru stanu izolacji, sygnalizujące stan jej uszkodzenia.
- Części czynne w obwodach bardzo niskiego napięcia bezpiecznego powinny być:
 - osłonięte obudową zapewniającą stopień ochrony IP2X lub
 - zaopatrzone w izolację wytrzymującą napięcie probiercze o wartości 500 V w ciągu 1 minuty, niezależnie od napięcia znamionowego w danym obwodzie.

- Nie należy stosować przewodów PEN w pomieszczeniach BE2, z wyjątkiem obwodów przechodzących przez te pomieszczenia.
- Usytuowanie i obudowy opraw oświetleniowych powinny zapewniać stopień ochrony nie mniejszy niż IP4X. Źródła światła i elementy wyposażenia opraw powinny być chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi, np. przez wystarczająco wytrzymałe klosze z tworzyw sztucznych, osłony siatkowe lub klosze szklane.

866. Jakie środki należy zastosować w zakresie ochrony przeciwpożarowej w budynkach, w których łatwo rozprzestrzenia się ogień oraz w budynkach wykonanych z materiałów palnych?

W budynkach o konstrukcjach, których kształt i rozmiary ułatwiają rozprzestrzenianie się ognia, należy zastosować środki zapobiegające nie rozprzestrzenianie się ognia przez instalację elektryczną np. można zastosować wykrywacze ognia, które zapewnią uruchomienie urządzeń zapobiegających rozprzestrzenianiu się ognia (zamykanie ognioodpornych przegród w kanałach, korytkach lub szybach instalacyjnych).

W budynkach zbudowanych z materiałów łatwopalnych należy stosować takie środki zabezpieczające, aby wyposażenie elektryczne nie mogło spowodować zapalenia się ścian, podłóg i sufitów.

9. ZASADY POSTĘPOWANIA PRZY RATOWANIU OSÓB PORAŻONYCH PRĄDEM ELEKTRYCZNYM I POPARZONYCH

9.1. Skutki przepływu prądu przez ciało ludzkie

867. Jakie są skutki przepływu prądu przez ciało ludzkie?

Najważniejszymi skutkami przepływu prądu przez ciało ludzkie są:

- skurcz mięśni i utrata kontroli porażonego nad działalnością mięśni,
- utrata świadomości,
- zatrzymanie oddychania,
- zakłócenie pracy serca,
- oparzenia zewnętrzne i wewnętrzne,
- pośrednie działanie prądu elektrycznego (przebywanie w polu działania łuku elektrycznego).

868. Jakim obrażeniom może ulec człowiek przebywający w promieniu działania łuku elektrycznego?

Przebywanie w promieniu działania łuku elektrycznego może spowodować:

- mechaniczne uszkodzenie ciała w postaci ran ciętych, potłuczeń,
- oparzenia do trzeciego stopnia włącznie,
- zapalenie odzieży,
- niebolesne obrzęki o barwie żółtej, brązowej lub czarnej spowodowane osadzaniem się na skórze par metali,
- światłowstręt, łzawienie, zapalenie spojówek.

9.2. Uwalnianie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV

869. Od czego zależą możliwości uratowania życia osobie porażonej?

W przypadku porażenia prądem elektrycznym możliwości uratowania życia zależą od szybkości, sprawności i spokojnego działania osób z otoczenia poszkodowanego.

Czynnością najważniejszą jest uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego.

Szansę ratunku szybko spadają w miarę upływu czasu. W pierwszej minucie po porażeniu istnieje 98% szansy uratowania życia, po 3 minutach - 40%, po 5 minutach - 25% a po 8 minutach - 5%.

Jeżeli w pobliżu są inne osoby, powinny one wezwać lekarza (pogotowie ratunkowe).

Jeżeli w pobliżu nie ma innej osoby to nie wolno odstępować porażonego - pomoc wzywać krzykiem.

870. Jakie są sposoby uwalniania porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV?

Przy napięciu do 1 kV porażonego można uwolnić spod działania prądu elektrycznego jedną z następujących metod:

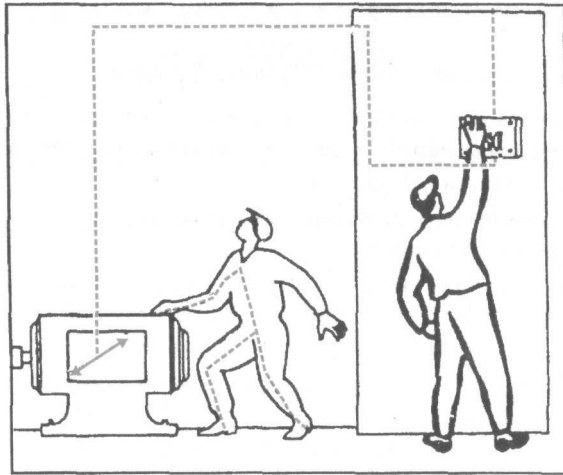
- przez wyłączenie napięcia właściwego obwodu elektrycznego,
- przez odciągnięcie porażonego od urządzeń będących pod napięciem,
- przez odizolowanie porażonego uniemożliwiające przepływ prądu przez jego ciało.

871. W jaki sposób można wyłączyć napięcie w celu uwolnienia porażonego?

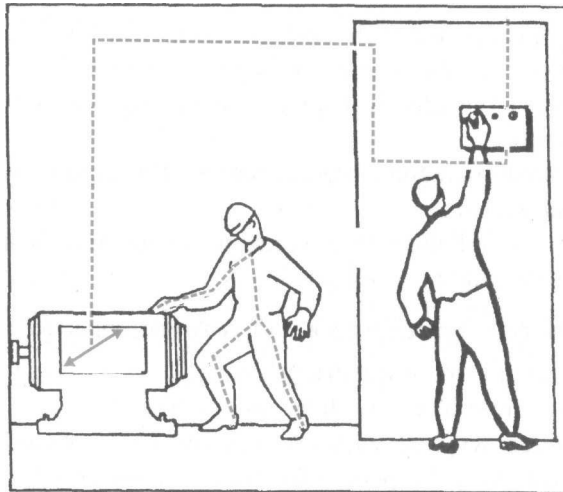
Napięcie można wyłączyć przez:

- otwarcie właściwych łączników (rys. 9.1),
- przez wyjęcie wkładek topikowych z obwodu zasilania (rys. 9.2). W przypadku uszkodzonej główki bezpiecznikowej, podczas wyjmowania wkładki topikowej należy zachować odpowiednie środki ostrożności; bezpieczniki mo-

cy należy wyjmować za pomocą uchwytów przeznaczonych do tego celu,



Rys. 9.1. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez otwarcie łącznika.

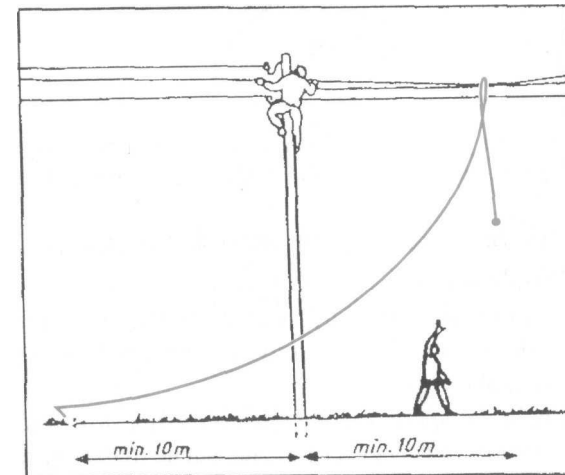


Rys. 9.2. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez usunięcie wkładek topikowych.

- przez przecięcie przewodów od strony zasilania narzędziem z izolowaną rękojeścią i równoczesnym zastosowaniu środków chroniących przed skutkami łuku elektrycznego.

Tego sposobu nie wolno stosować w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

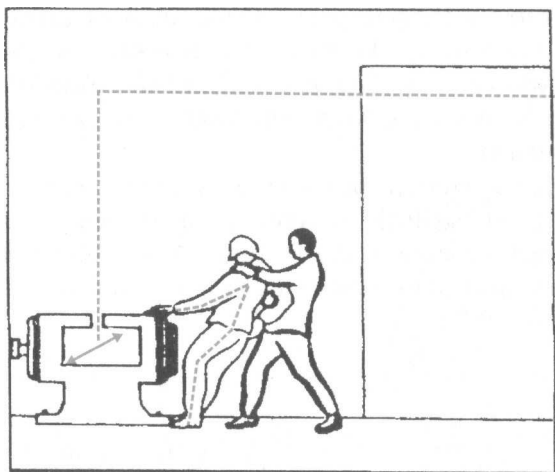
- przez zwarcie przewodów w liniach napowietrznych od strony zasilania za pomocą odpowiedniej zarzutki metalowej, zwarcie trzeba wykonać w sposób trwały; odległość ratującego od uziemienia winna wynosić minimum 20 m (rys. 9.3.).



Rys. 9.3. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez zwarcie przewodów zarzutką metalową.

872. W jakim przypadku i w jaki sposób odciąga się porażonego od urządzeń znajdujących się pod napięciem do 1 kV?

Odciągnięcie porażonego od urządzeń znajdujących się pod napięciem do 1 kV, należy dokonywać w przypadku gdy wyłączenie napięcia trwałoby zbyt długo lub było trudniejsze i niebezpieczne do wykonania. Sposób odciągania przedstawia rys. 9.4.



Rys. 9.4. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez odciągnięcie od urządzeń będących pod napięciem.

873. Jaki materiał izolacyjny stosuje się przy uwalnianiu porażonych spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV?

Przy uwalnianiu porażonych spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV jako podstawowy materiał izolacyjny należy stosować sprzęt izolacyjny.

W razie braku sprzętu izolacyjnego można stosować materiał zastępczy: suche drewno, tworzywa sztuczne, suche materiały tekstylne.

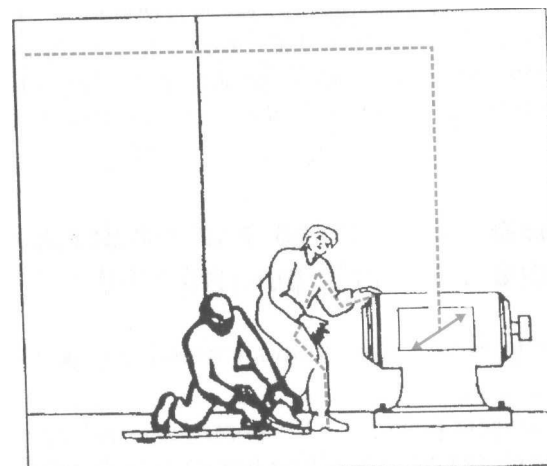
874. W jaki sposób uwalnia się porażonego prądem elektrycznym o napięciu do 1 kV przez „odizolowanie”?

Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego przez „odizolowanie” wykonuje się w następujący sposób:

- przy przepływie prądu przez ciało porażonego od ręki do nóg, przy jednoczesnym zaciśnięciu dłoni na urządzeniu będącym pod napięciem - odizolowania należy dokonać przez podsuniecie pod nogi porażonego materiału izolacyjnego (rys. 9.5),

- przy przepływie prądu od jednej ręki do drugiej (podłoże izolowane) należy przerwać obwód prądu za pomocą podkładania materiału izolacyjnego pod kolejno odginane palce jednej dłoni (rys. 9.6).

W obu przypadkach należy posługiwać się sprzętem izolowanym. Sposób ten stosuje się tylko wtedy, gdy nie można wyłączyć napięcia lub odciągnąć porażonego.



Rys. 9.5. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez odizolowanie nóg porażonego.



Rys. 9.6. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez odizolowanie dłoni porażonego.

875. Od czego zależy wybór metody i sposobu uwolnienia porażonego spod działania prądu elektrycznego?

Wybór metody i sposobu uwalniania porażonego spod działania prądu elektrycznego dokonuje osoba ratująca, w zależności od warunków w jakich nastąpiło porażenie mając na uwadze własne bezpieczeństwo oraz potrzebę natychmiastowego uwolnienia porażonego.

876. Jak należy postępować gdy porażenie nastąpiło na wysokości?

Gdy porażenie nastąpiło na wysokości, a wyłączenie napięcia może spowodować groźny upadek porażonego, należy przed wyłączeniem napięcia zabezpieczyć porażonego przed skutkami upadku.

9.3. Uwalnianie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1 kV

877. Jakie są sposoby uwalniania spod działania prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1kV?

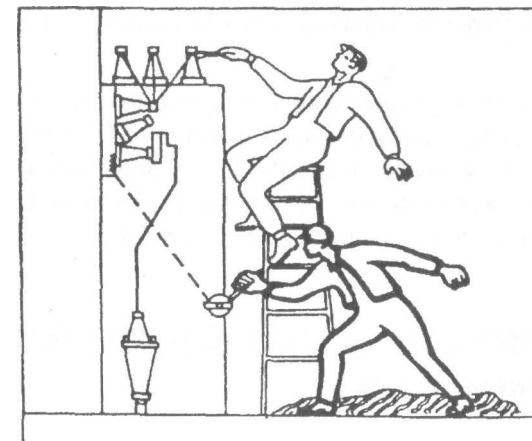
Przy napięciu powyżej 1 kV porażonego należy uwolnić spod działania prądu elektrycznego jedną z następujących metod:

- przez wyłączenie napięcia właściwego obwodu elektrycznego,
- przez odciążenie porażonego od urządzeń będących pod napięciem przy pomocy sprzętu izolacyjnego.

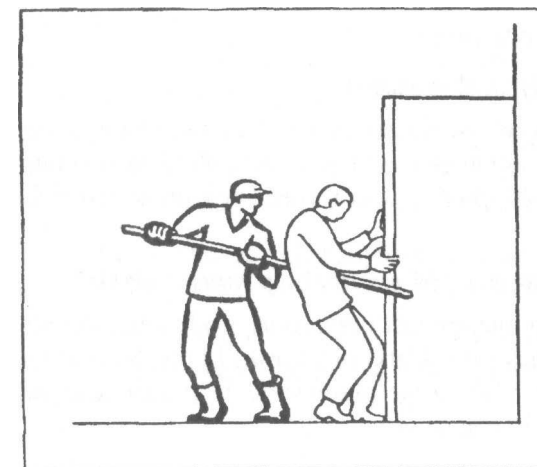
878. W jaki sposób wyłącza się napięcie powyżej 1 kV?

Wyłączenia należy dokonać przez otwarcie właściwych łączników (rys. 9.7).

Przed zdjęciem porażonego z urządzenia, które zostało wyłączone, należy upewnić się o braku napięcia za pomocą wskaźnika napięcia a następnie rozładować urządzenie zachowując wymagane dla tych czynności środki ostrożności. Można też dla zyskania na czasie, odciągnąć porażonego sprzętem izolacyjnym.



Rys. 9.7. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1 kV przez wyłączenie prądu wyłącznikiem.



Rys. 9.8. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1 kV przez odciążenie od urządzeń będących pod napięciem-

879. W jaki sposób odciąga się porażonego od urządzeń powyżej 1 kV będących w stanie załączenia?

Odciągnięcie porażonego od urządzeń będących w stanie załączenia należy wykonać w przypadku braku możliwości wyłączenia napięcia posługując się sprzętem izolacyjnym zasadniczym i dodatkowym z wykluczeniem możliwości bezpośredniego dotknięcia porażonego oraz dotknięcia urządzeń znajdujących się pod napięciem (rys. 9.8.).

9.4. Udzielanie pomocy przedlekarskiej osobom porażonym prądem elektrycznym

880. Jakie czynności należy podjąć po uwolnieniu porażonego spod działania prądu elektrycznego?

Bezpośrednio po uwolnieniu porażonego spod napięcia należy wykonać następujące czynności:

- jeżeli porażony krwawi - zatrzymać krwawienie,
- zdecydować jaki ma być zakres doraźnej pomocy i sposób jej udzielenia.

881. Od czego zależy sposób ratowania?

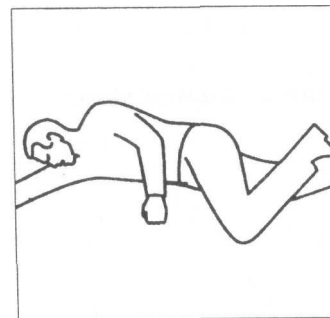
Sposób ratowania zależy od stanu porażonego. Porażony może być przytomny lub nieprzytomny. Człowiek nieprzytomny może oddychać lub nie oddychać, zaś krążenie krwi może trwać lub może być wstrzymane.

882. Jak należy postępować jeżeli porażony jest przytomny i oddycha?

Jeżeli porażony jest przytomny i oddycha, to należy rozluźnić ubranie w okolicy szyi, klatki piersiowej i brzucha oraz ułożyć wygodnie porażonego. Zaleca się przewiezienie porażonego na noszach do lekarza w celu przebadania.

883. Jak należy postępować jeżeli porażony jest nieprzytomny i oddycha?

Jeżeli porażony jest nieprzytomny, lecz oddycha, to należy ułożyć porażonego na boku (rys. 9.9), rozluźnić ubranie i stosować ratowanie jak zemdlonego, a więc: podać mu pod nos substancje cuca-



ce, położyć na czoło zimny kompres. Nie wolno odstępować od porażonego. Należy go stale obserwować albowiem oddech może się zatrzymać. Transport do lekarza w tej samej pozycji.

Rys. 9.9. Ułożenie porażonego w pozycji bocznej.

884. Jak należy postępować jeżeli porażony jest nieprzytomny i nie oddycha lecz krążenie krwi trwa?

Jeżeli porażony jest nieprzytomny i nie oddycha, lecz krążenie krwi trwa to należy go położyć na wznak, porozpinać uciskające części garderoby, oczyścić jamę ustną, zapewnić dopływ świeżego powietrza i rozpocząć sztuczne oddychanie oraz wezwać pomoc lekarską.

885. Jakie są objawy bezdechu?

Objawami bezdechu są:

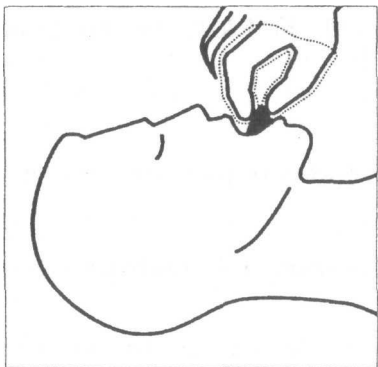
- papierek (nitka, włos) położony wzdłuż nosa nie porusza się,
- klatka piersiowa nie porusza się,
- lśniący przedmiot zbliżony do ust nie pokrywa się parą,
- nie słychać szmeru wydechu przy zbliżeniu ucha do ust i nosa,
- stopniowo narasta sinica twarzy i paznokci.

886. Jak należy postępować jeżeli porażony jest nieprzytomny, nie oddycha i krążenie krwi jest zatrzymane?

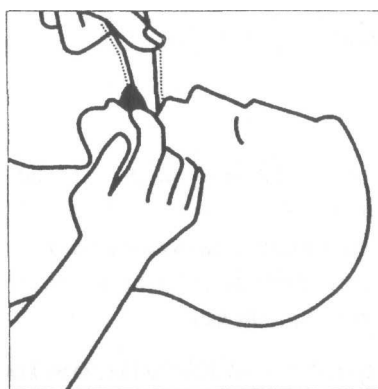
Jeżeli porażony jest nieprzytomny, nie oddycha i krążenie krwi jest zatrzymane należy bezzwłocznie rozpocząć sztuczne oddychanie i pośredni masaż serca.

9.5. Sztuczne oddychanie

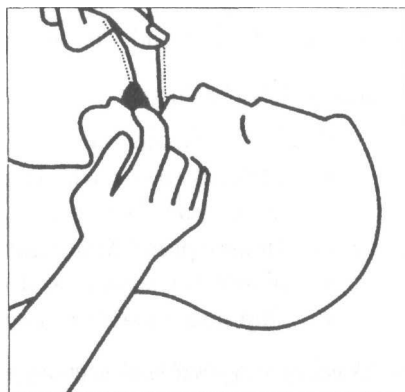
887. Jakie czynności należy wykonać przed wykonywaniem sztucznego oddychania?



Rys. 9.10. Udrożnienie drogi oddechowej przez wyciągnięcie zapadniętego języka.



Rys. 9.11. Wyjęcie ciał obcych z jamy ustnej.

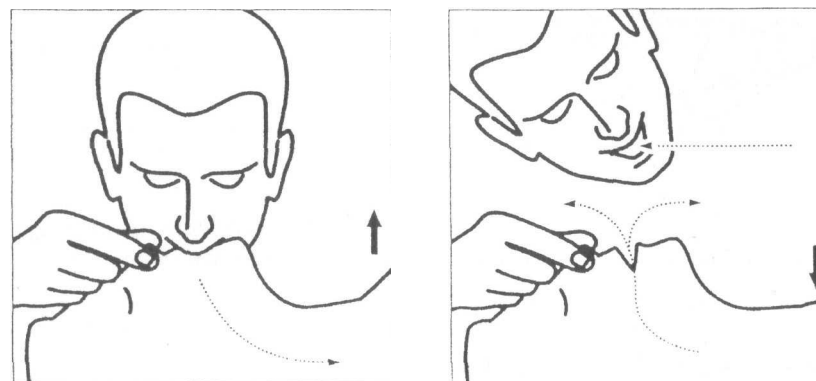


Rys. 9.12. Wykonywanie sztucznego oddychania metodą „usta - usta”

Przed wykonywaniem sztucznego oddychania należy udrożnić drogi oddechowe porażonego przez wyciągnięcie zapadniętego języka (rys. 9.10) lub wyjęcie ciał obcych z jamy ustnej po uprzednim rozwarciu szczęk (rys. 9.11).

888. Na czym polega metoda sztucznego oddychania „usta - usta”?

Metoda „usta - usta” polega na wdmuchiwanym przez ratującego swojego powietrza bezpośrednio do ust porażonego. Przed przystąpieniem do sztucznego oddychania należy głowę porażonego odchylić do tyłu, zatkać palcami jego nos i po wykonaniu głębokiego wdechu własnymi ustami (rys. 9.12) wdmuchiwać powietrze do ust porażonego (rys. 9.13a). Po odjęciu ust od ratowanego następuje bierny wydech (rys. 9.13b).



Rys. 9.13. Wykonywanie sztucznego oddychania metodą „usta-usta”; a) wdmuchiwanie powietrza do ust porażonego, b) bierny wydech.

889. Z jaką częstotliwością i jak długo wykonujemy czynność wdmuchiwania powietrza do płuc porażonego?

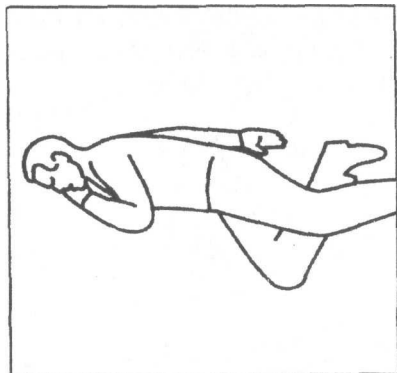
Czynność wdmuchiwania powietrza do płuc porażonego wykonujemy z częstotliwością od 16 do 20 razy na minutę, do czasu powrotu samoistnego wydolnego oddechu lub przejęcia porażonego przez personel lekarski.

890. Jaka metodę należy stosować jeżeli występują trudności w przeprowadzeniu oddychania metodą „usta - usta” (spowodowanych np. szczękociściskiem)?

W przypadku wystąpienia trudności w przeprowadzeniu sztucznego oddychania metodą „usta - usta” można stosować metodą „usta - nos”. Przy tej metodzie ratownik ręką zatyka szczelnie usta a powietrze wdmuchuje przez nos. Podczas wydechu usta ratowanego odsłania się.

891. Co należy zrobić z porażonym gdy odzyska własny oddech?

Gdy porażony odzyska własny oddech, należy ułożyć go w pozycji bocznej ustalonej (rys. 9. 14).



Rys. 9. 14. Ułożenie porażonego w pozycji bocznej ustalonej.

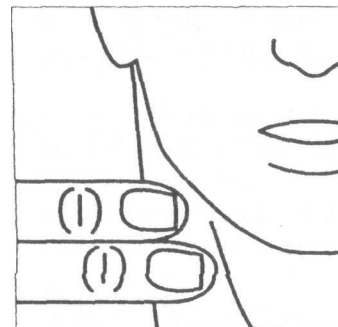
9.6. Przywrócenie krążenia

892. Jakie są objawy zatrzymania prac serca?

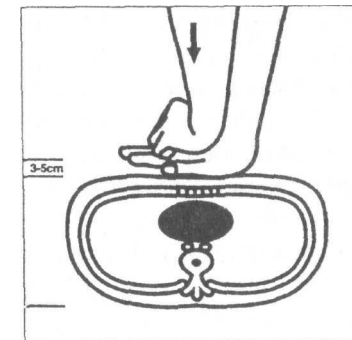
Podstawowymi objawami świadczącymi o zatrzymaniu pracy serca są:

- brak tętna na dużych tętnicach w okolicach szyi (rys. 9. 15),
- brak oddechu,
- utrata przytomności,
- poszerzone źrenice nie reagują na światło,
- bladosty wygląd chorego.

Zatrzymanie krążenia krwi wymaga natychmiastowego przystąpienia do masażu pośredniego serca i równocześnie sztucznego oddychania.



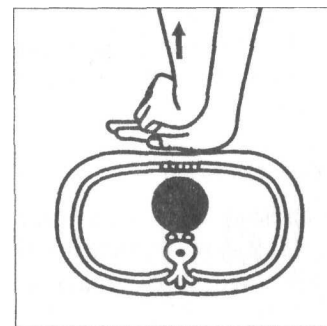
Rys. 9. 15. Sprawdzanie braku tętna na dużej tętnicy w okolicy szyi



Rys. 9. 16. Pośredni masaż serca - uciskanie mostka w kierunku kręgosłupa.

893. Na czym polega pośredni masaż serca?

Pośredni masaż serca polega na rytmicznym uciskaniu mostka w kierunku kręgosłupa tak aby wymiar „mostek-kręgosłup” ulegał zmniejszeniu o (3-5) cm (rys. 9. 16) serce leżące między mostkiem a kręgosłupem zostaje uciśnięte, co powoduje wyciśnięcie krwi z komór do małego i dużego krążenia.



Rys. 9. 17. Pośredni masaż serca - zaprzestanie ucisku.

Po zaprzestaniu ucisku na mostek następuje powtórne odkształcenie ściany klatki piersiowej co pozwala na napełnienie się krwią komór serca (rys. 9. 17).

894. W jaki sposób wykonujemy pośredni masaż serca?

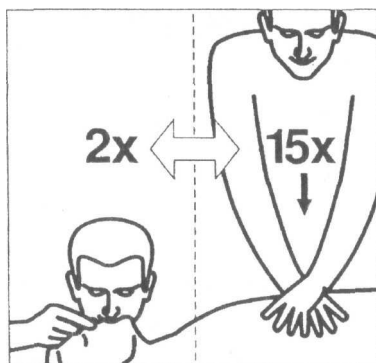
Pośredni masaż serca wykonujemy w sposób następujący:

Porażonego układamy na plecach na twardym podłożu. Ucisk na mostek dokonujemy nadgarstkami ułożonymi jeden na drugim. Ucisk powinien być silny, szybki i krótki. Jeżeli akcję prowadzi jeden

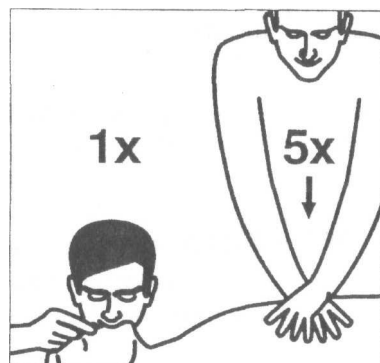
człowiek musi wykonać zarówno sztuczne oddychanie jak i masaż serca (rys. 9.18). Po każdym dwóch wdmuchnięciach powietrza do płuc dokonuje się 15 uciśnień na mostek.

Jeżeli reanimację wykonuje dwóch pracowników (rys. 9.19), wówczas jeden wykonuje sztuczne oddychanie, a drugi zewnętrzny masaż serca.

Ratujące osoby powinny współdziałać tak aby liczba wdmuchnięć powietrza do płuc w stosunku do uciśnień mostka wynosiła 1:5.



Rys. 9.18. Wykonanie sztucznego oddychania i masażu serca przez jedną osobę.



Rys. 9.18. Wykonanie sztucznego oddychania i masażu serca przez dwie osoby.

895. Co świadczy o powrocie czynności serca i skutecznej akcji ratowniczej?

O powrocie czynności serca i skutecznej akcji ratowniczej świadczy pojawienie się samoistnego tętna na dużych tętnicach szyjnych (rys. 9.15), reakcja źrenic na światło w postaci ich zwężenia oraz ustępowanie sinicy.

896. Jak długo wykonujemy masaż serca?

Pośredni masaż serca, podobnie jak sztuczne oddychanie należy prowadzić do chwili przybycia lekarza bądź do momentu przywrócenia w pełni wydolnego oddechu i krążenia.

9.7. Udzielanie pomocy przedlekarskiej przy oparzeniach termicznych i chemicznych

897. Jak dzieli się oparzenia i czym się charakteryzują?

Oparzenia dzieli się na oparzenia powierzchniowe i głębokie. Oparzenia powierzchniowe charakteryzują się zaczerwienieniem skóry, obrzękiem i bólem (1° oparzenia) oraz powstawaniem pęcherzy (2° oparzenia).

Oparzenia głębokie (3° oparzenia) dotyczą uszkodzenia naskórka i całej grubości skóry właściwej.



Rys. 9.20. Środki zobojętniające przy oparzeniach chemicznych: a) oparzenia kwasem; b) oparzenia ługiem.

898. Jak należy postępować gdy na osobie porażonej wskutek działania łuku elektrycznego zapaliła się odzież?

Gdy na osobie porażonej wskutek działania łuku elektrycznego zapaliła się odzież należy go uwolnić spod napięcia, przenieść w bezpieczne miejsce, ugasić płonąca odzież stosując polewanie wodą, narzucając względnie zawijając poszkodowanego w koc lub prześciera-dło lub też w inny sposób. Nie wolno używać płynów gaśniczych.

899. Jak należy postępować gdy poszkodowany uległ oparzeniom termicznym?

W przypadku oparzeń termicznych należy:

- miejsca oparzone polewać zimną wodą o temperaturze 20°C przez 20 do 30 minut - do chwili zniesienia bólu,
- usunąć ubranie i bieliznę z oparzonych miejsc, jeśli nie są one stopione lub przyklejone do rany skóry,
- na ranę oparzeniową założyć jałowy opatrunek,
- chronić oparzonego przed utratą ciepła owijając go w koc; wszystkie rany powinny być zaopatrzone w taki sposób aby koc nie stykał się z oparzoną powierzchnią ciała,
- w zależności od stanu poparzonego wezwać pogotowie lub własnym transportem dostarczyć go do szpitala.

900. Jak należy postępować przy oparzeniach chemicznych?

W przypadku oparzeń chemicznych należy:

- w całości zdjąć z ciała poparzonego ubranie bieliznę buty i skarpety,
- zmyć jak najszybciej środek chemiczny z ciała poparzone używając do tego dużej ilości wody,
- przy oparzeniach kwasem, po zmyciu jego resztek z powierzchni ciała, na uszkodzoną powierzchnię skóry należy w miarę możliwości zastosować okład z 3% roztworu sody oczyszczonej (rys. 9.20a),
- przy oparzeniach płynami zasadowymi po zmyciu jego resztek z powierzchni ciała należy zastosować okład z 1% kwasu octowego (rys. 9.20b).

Literatura

1. Boczkowski A.: Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Wymagania dla instalacji modernizowanych lub nowo budowanych. Wiadomości Elektrotechniczne 1999 nr 9.
2. Boczkowski A., Siemek S., Wiaderek B.: Nowoczesne elementy zabezpieczeń i środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV. Wskazówki do projektowania i montażu. COBR "Elektromontaż" Warszawa 1992.
3. Barlik R., Nowak H.: Technika tyrystorowa W.N.T. Warszawa 1996.
4. Danielski L. Osiński S.: Budowa, stosowanie i badania wyłączników różnicowoprądowych. Podstawowe informacje techniczne. Wrocław 1998.
5. Gosztowt W.: Gospodarka elektroenergetyczna w przemyśle WNT Warszawa 1971.
6. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne WSiP Warszawa 1995.
7. Jabłoński W.: Znaczenie uziemień przewodów PEN (PE) w sieciach TN. Elektroinstalator 3/2000.
8. Kotlarski W., Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne WSiP Warszawa 1995.
9. Kurdziel R.: Elektrotechnika dla ZSZ. WSiP Warszawa cz. 1. 1986; cz. 2. 1985.
10. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego COSiW S.A. Warszawa 1996.
11. Markiewicz H.: Instalacje elektryczne WNT Warszawa 1997.
12. Orlik Wł.: Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach. "KaBe" Krosno 1999.
13. Poradnik montera elektryka. WNT Warszawa 1997.
14. Poradnik. Sieci elektroenergetyczne w zakładach przemysłowych cz. 2. Elektroenergetyczne stacje i linie - WNT Warszawa 1990 r.
15. Przepisy budowy urządzeń elektroenergetycznych. WEMA Warszawa 1997.
16. Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. COSiW Warszawa 1994.
17. Skibiński A.: Problemy projektowania, montażu i eksploatacji urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem. Mate-