

1. ZARYS WIADOMOŚCI Z PODSTAW ELEKTROTECHNIKI

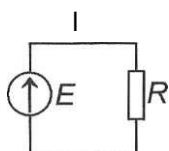
1.1. Obwód elektryczny oraz podstawowe prawa

1.1.1. Obwód elektryczny

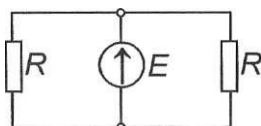
Obwód elektryczny jest to zespół elementów tworzących przynajmniej jedną zamkniętą drogę dla przepływu prądu elektrycznego. Podstawowymi elementami obwodu elektrycznego są:

- 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:

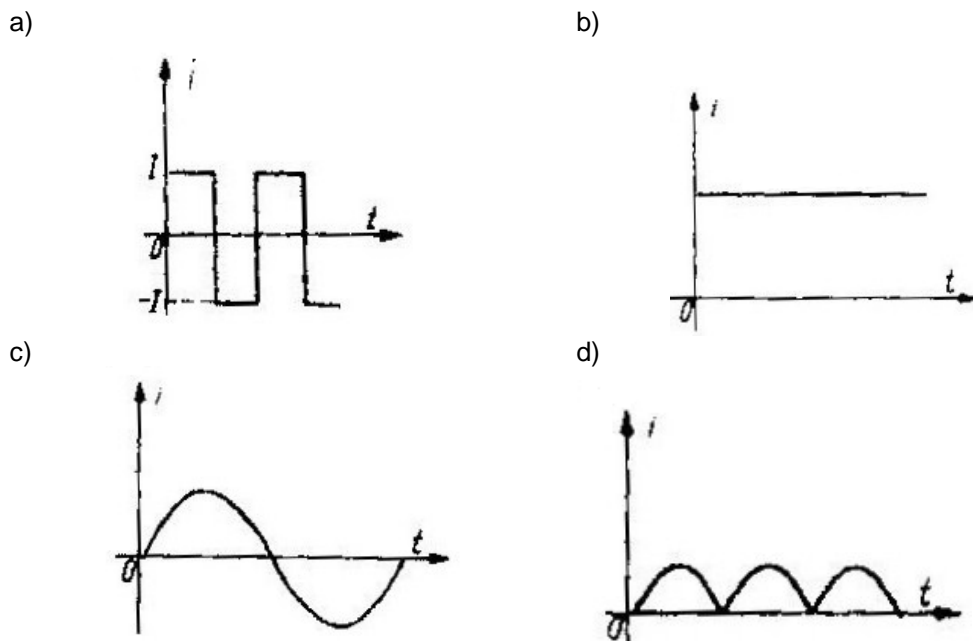
$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

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). Prąd okresowo zmienny, przybierający na przemian wartości ujemne i dodatnie, tak że ich wartość średnia jest równa zero, nazywa się **przemiennym**.

W potocznym rozumieniu prąd sinusoidalnie zmienny nazywa się przemiennym.

Jednostką prądu elektrycznego I jest amper [A].



Rys. 1.3 Przebiegi prądów w czasie:

- a) stałego, b) zmiennego dwukierunkowego, c) sinusoidalnego zmiennego, d) pulsującego jednokierunkowego

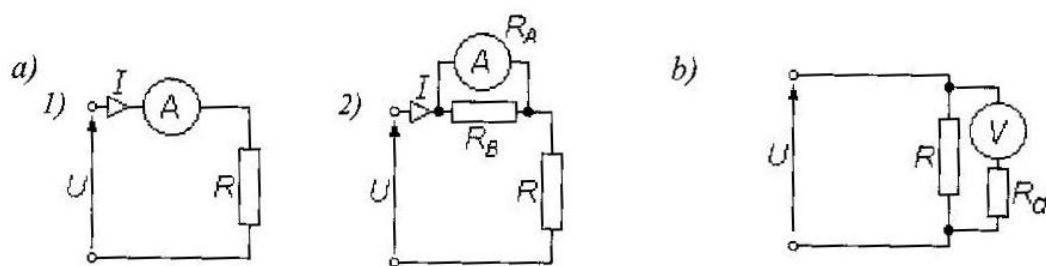
Napięcie U_{AB} między punktami A i B jest to różnica potencjałów między tymi punktami:

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

gdzie V_A i V_B - potencjały punktów A i B. **Jednostką napięcia U jest volt [V].**

Prąd mierzy się amperomierzem, który należy włączyć szeregowo w obwodzie elektrycznym (rys. 1.4a).

Napięcie mierzy się woltomierzem, który należy włączyć równolegle w obwodzie elektrycznym (rys. 1.4b).



Rys. 1.4. Pomiary: a) prądu 1) 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 om [Q].

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

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 – pole przekroju poprzecznego przewodnika w mm^2 ,
 G – konduktancja w simensach $1S = \frac{1}{\Omega}$,
 ρ – rezystywność w $\Omega \cdot \text{m}$,
 γ – konduktywność w $\frac{S}{\text{m}} = \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$

Rezystancję przewodu w zależności od temperatury wyraża wzór:

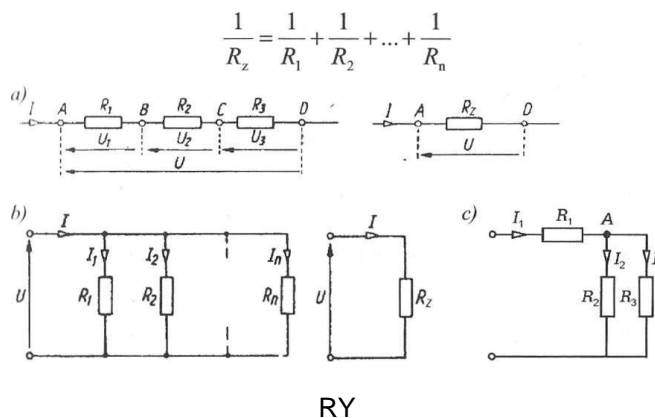
$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20^\circ)]$$

gdzie: R_t – rezystancja przewodu w temperaturze t ,
 R_{20} – rezystancja przewodu w temperaturze 20°C ,
 α – współczynnik temperaturowy rezystancji w $\frac{1}{^\circ\text{C}}$.

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

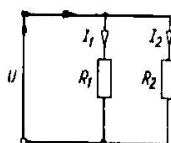
$$R_z = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n.$$

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



Rys. 1.5. Połączenie rezystorów: a) szeregowe, b) równoległe, c) mieszane

Dla dwóch rezystorów połączonych równoległe (rys. 1.6) rezystancję wypadkową oblicza się z wzoru:



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

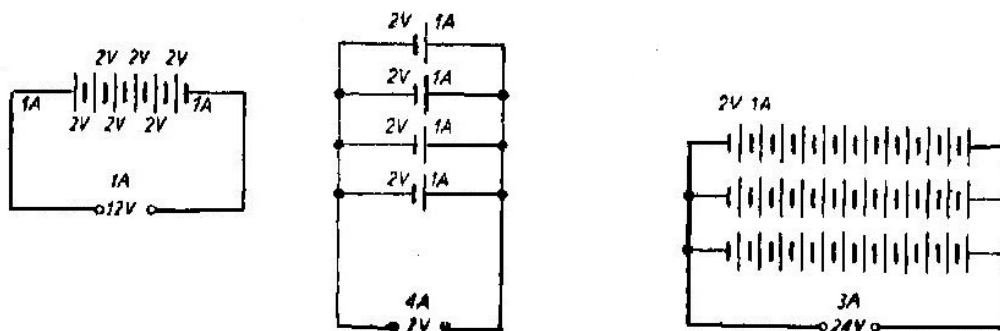
Rys. 1.6. Układ równoległy dwóch oporników

Stosuje się też połączenia mieszane szeregowo-równoległe.

1.1.5. Źródła prądu elektrycznego

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

a) b) c)



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 węzła jest równa sumie prądów wypływających z tego węzła.

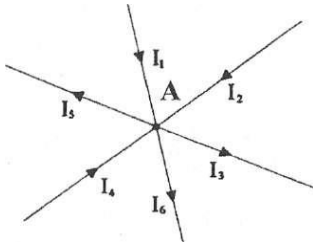
Pierwsze prawo Kirchhoffa można zapisać w postaci:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_6 + I_4 - I_5 = 0$$

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

Na rys. 1.5c i 1.8 węzeł oznaczono literą A

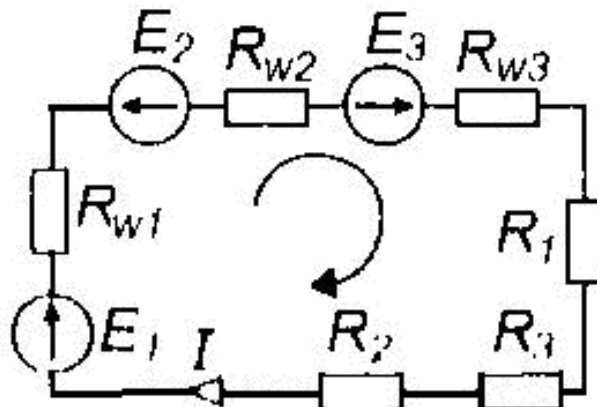
Drugie prawo Kirchhoffa

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

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

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

$$E_1 - E_2 + E_3 = IR_{W1} + I^*R_1 + I^*R_2 + I^*R_3 + I^*R_{W2} + I^*R_{W3}$$



Rys. 1.9. Obwód elektryczny nierozgałęziony

1.7. Moc i energia prądu stałego. Prawo Joule'a- Lenza

- Moc prądu stałego wyraża zależność:

$$P = U \cdot I;$$

$$P = I^2 \cdot R;$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

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

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

Jednostką energii W jest watosekunda [Ws]. W praktyce stosuje się jednostkę większą: 1 kilowatogodzinę [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 dżul [J].

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

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

1.8. Budowa i działanie akumulatorów

Akumulator przeznaczony jest do magazynowania energii elektrycznej. 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- nikłowe i kadmowo-nikłowe).

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 ($H_2SO_4 + H_2O$).

Stan naładowania: $PbO_2 - 2H_2SO_4 - Pb$

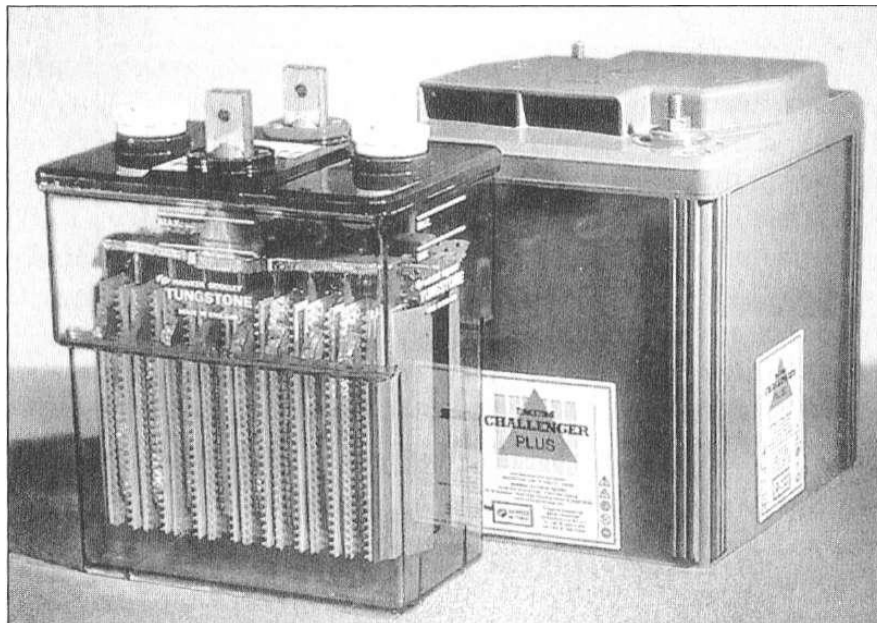
Podczas wyładowania obie elektrody pokrywają się siarczanem ołowiu.

Stan wyładowania: $PbSO_4 - 2H_2O - PbSO_4$

W równaniu nie podano kwasu siarkowego, który również pozostaje, ale w dużo mniejszym stężeniu niż w akumulatorze w pełni naładowanym.

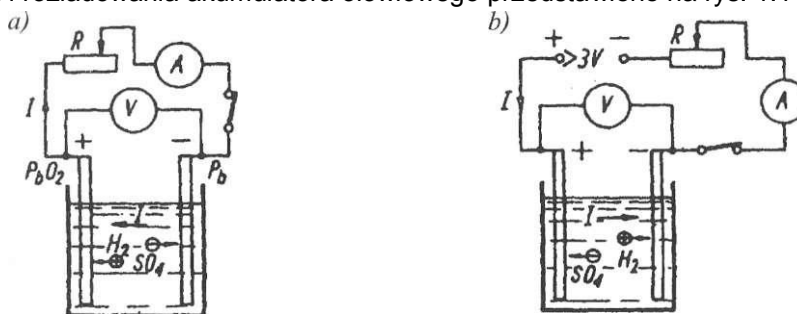
Przy ładowaniu gęstość elektrolitu zwiększa się ($1,28 \text{ g/cm}^3$). Przy wyładowaniu gęstość elektrolitu zmniejsza się ($1,14 \text{ g/cm}^3$).

Napięcie znamionowe jednego ogniwa akumulatora ołowiowego ma wartość 2 V.

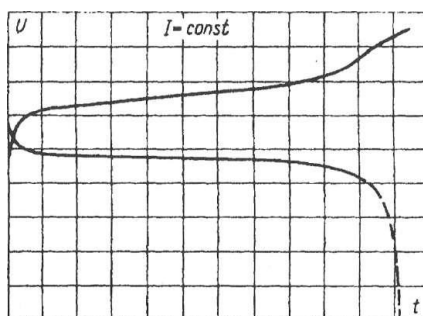


Rys. 1.10. Akumulator kwasowo-ołowiowy do baterii stacjonarnych

Przez pojemność akumulatora rozumiemy ładunek Q , jaki można z niego otrzymać przy jednokrotnym wyładowaniu. Pojemność wyrażamy w amperogodzinach. Przebieg ładowania i rozładowania akumulatora ołowiowego przedstawiono na rys. 1.11.



c)



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 $Q_{wył}$ wydane podczas wyładowania do ładunku $Q_{ład}$ pobranego przez akumulator podczas ładowania:

$$\eta_{poj} = \frac{Q_{wył}}{Q_{ład}} \approx 0,85 \div 0,92$$

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:

$$\eta_{en} = \frac{W_{wył}}{W_{ład}} \approx 0,7 \div 0,75$$

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

Akumulatory łączy się w szereg tworząc baterie. Siła elektromotoryczna baterii szeregowo złożonej z n jednakowych akumulatorów jest równa:

$$E = n \cdot E_1,$$

a pojemność jest równa pojemności jednego akumulatora $Q = Q_1$.

Wadą akumulatorów ołowiowych jest ich samowyładowywanie się, wobec czego należy je nawet przy nieużytkowaniu ładować co 4 do 6 tygodni.

Samowyładowywanie baterii akumulatorów jest spowodowane kilkoma przyczynami, z których najważniejsze to:

- reagowanie elektrolitu z masą czynną płyt, zwłaszcza ujemną, i samorzutne tworzenie się na ich powierzchni cząsteczek $PbSO_4$,
- zanieczyszczenie elektrolitu lub masy czynnej płyt, przede wszystkim związkami żelaza,
- niejednorodność materiału płyt,
- wyładowanie baterii przez zewnętrzne zanieczyszczenia i wilgoć. Jest to oczywista przyczyna samowyładowania.

W celu zabezpieczenia się przed tym obudowy ogniwo/bloków baterii powinny być czyste, suche i izolowane elektrycznie od podłoża.

Akumulatory zasadowe

W akumulatorze zasadowym elektrolitem jest roztwór wodny ługu potasowego KOH o gęstości $1,19 \div 1,20 \text{ g/cm}^3$. W akumulatorze żelazo-niklowym jako elektrodę ujemną stosuje się żelazo Fe. Elektrodę dodatnią tworzy mieszanina niklu i uwodnionego tlenku niklu $NiO(OH)$. 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 $\eta_{po} = 0,7 \div 0,52$ i sprawność energetyczną $\eta_{en} = 0,5 \div 0,52$ oraz wysoką cenę.

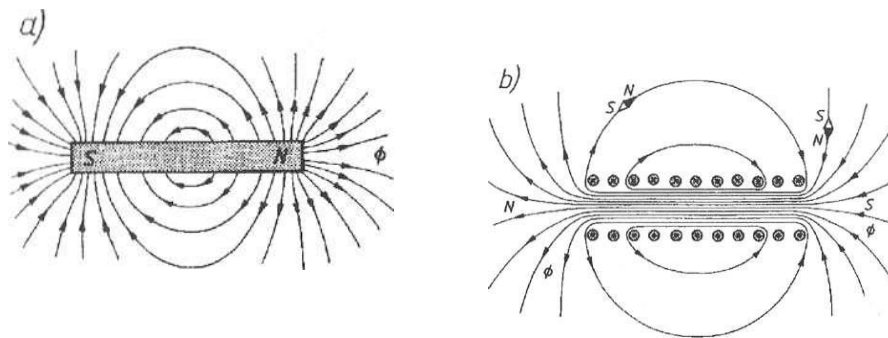
1.2. Zjawiska magnetyczne i elektromagnetyczne

1.2.1. Pole magnetyczne

Pole magnetyczne może być wytworzone przez:

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

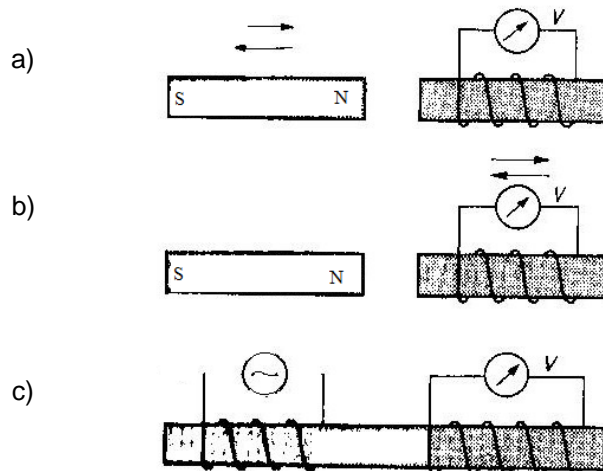
Zespół elementów tworzących drogę zamkniętą dla strumienia magnetycznego nazywamy obwodem magnetycznym.



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 siły elektromotorycznej SEM w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym lub w przewodzie objętym przez zmienny w czasie strumień magnetyczny (rys. 1.13).



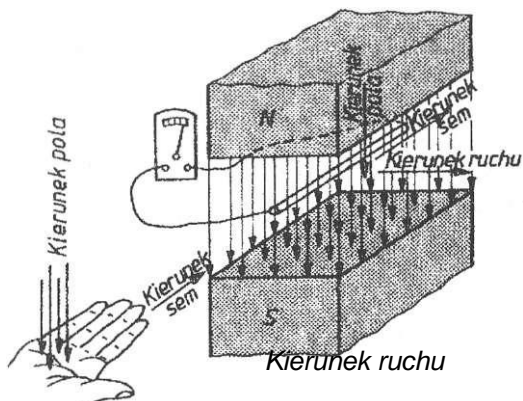
Rys. 1.13. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej: a) zbliżenie magnesu do cewki, b) zbliżenie cewki do magnesu, c) zmiana wartości prądu w jednej z cewek

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 tesla [T].

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

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



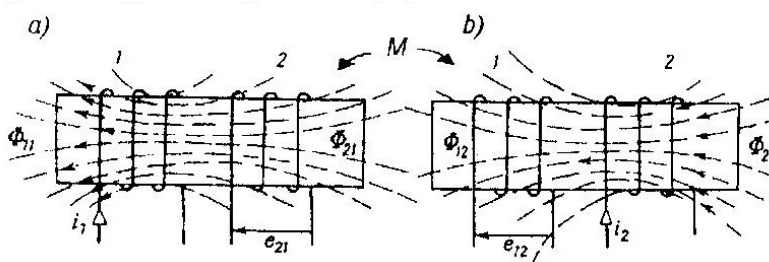
Rys. 1.14. Stosowanie reguły prawej dłoni [L5]

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

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

Wielkość L oznacza indukcyjność własną cewki.

Jednostką indukcji własnej L jest 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 sprzężonej. Siła elektromotoryczna indukcji wzajemnej wyraża się wzorem:

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

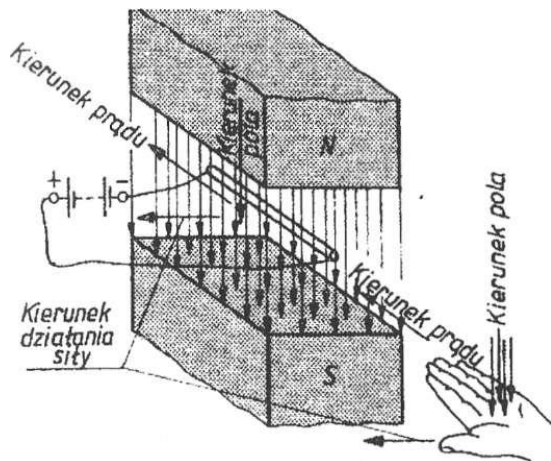
Wielkość M oznacza **indukcyjność wzajemną**, np. cewki pierwszej z drugą (rys. 1.15). Jednostką indukcyjności wzajemnej M jest henr [H].

1.2.3. Zjawisko elektrodynamiczne

Jeżeli w polu magnetycznym znajdują się przewodniki z prądem, to na przewodnik działa siła F , która stara się wyrzucić przewód z pola magnetycznego:

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

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 [L5]

1.2.4. Zasada działania prądnicy i silnika elektrycznego prądu stałego

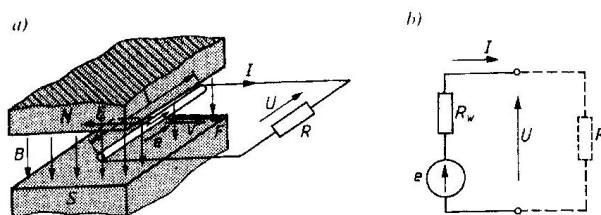
Zjawisko indukowania się siły elektromotorycznej w przewodniku w poruszającym się polu magnetycznym oraz oddziaływania pola magnetycznego na prąd elektryczny są podstawą przemiany pracy mechanicznej w energię elektryczną i odwrotnie.

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) [L5]

Na pręt działamy pewną siłą F powodując ruch prostoliniowy pręta w kierunku prostopadłym do linii pola magnetycznego z prędkością v . W pręcie indukuje się siła elektromotoryczna $E = B \cdot l \cdot v$. 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:

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

$$P_e = P_m$$

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 prądnic.

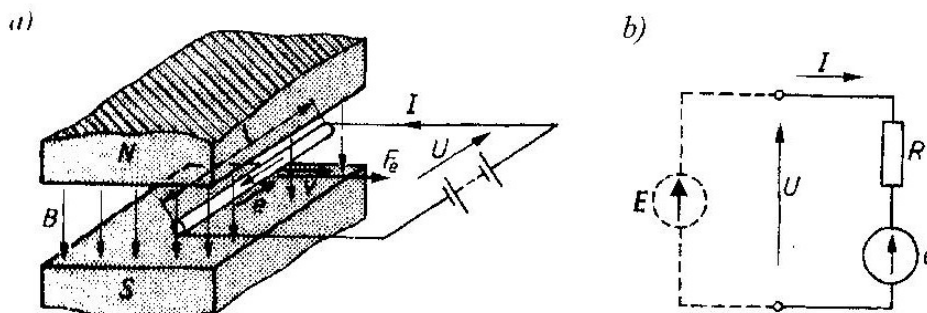
• Zasada działania silnika prądu stałego

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 indukuje 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 I_n 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) [L5]

1.3. Prąd przemienny jednofazowy

1.3.1. Wielkości charakterystyczne prądu sinusoidalnego

Wartość chwilowa

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \text{ (rys. 1.19)}$$

gdzie:

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

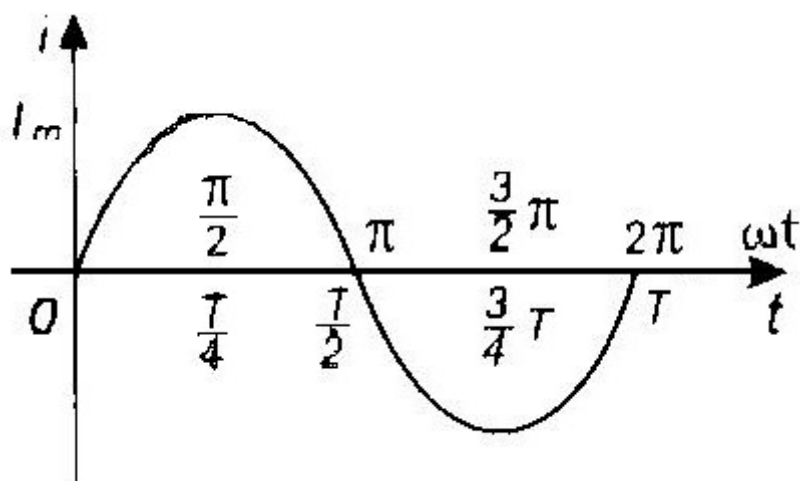
Okres prądu sinusoidalnego $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Jednostką okresu T jest sekunda.

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

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

Wartość skuteczna prądu sinusoidalnego I .

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



Rys. 1.19. Wykres prądu sinusoidalnego

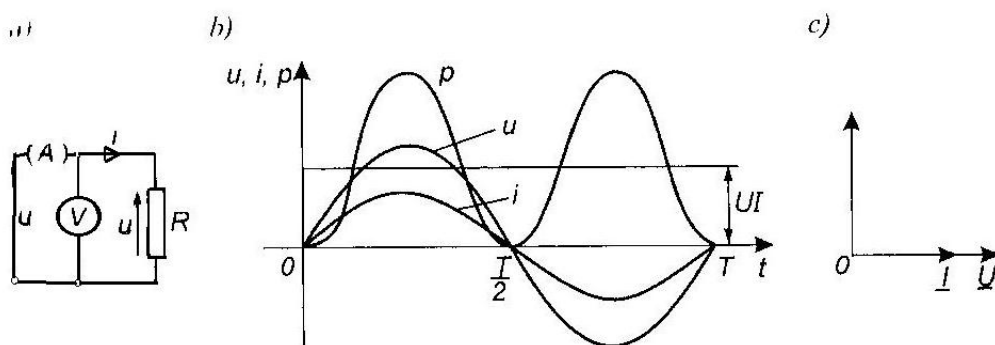
W praktyce posługujemy się wartościami skutecznymi napięć i prądów. Mierzymy je za pomocą mierników elektromagnetycznych i elektrodynamicznych. Wartości skuteczne określa się dużymi literami bez wskaźników.

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 (kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem ($p = 0$)).



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

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

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

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

L - indukcyjność cewki w henrach [H].
Jednostką reaktancji indukcyjnej X_L , jest om [Ω].

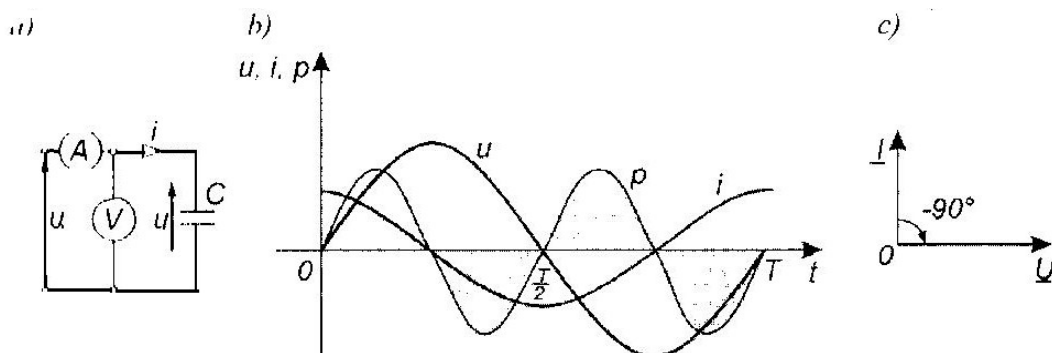
Opór (rezystancja) mierzona jest **omomierzem**.

- A – przewody
 B – tarcza pomiarowa
 C – obudowa
 D – bolce pomiarowe
 E – pokrętło zakresów
 F – pokrętło dostrajające
 G – gniazda na bolce pomiarowe



Napięcie na cewce wyprzedza prąd o kąt 90° 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 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 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

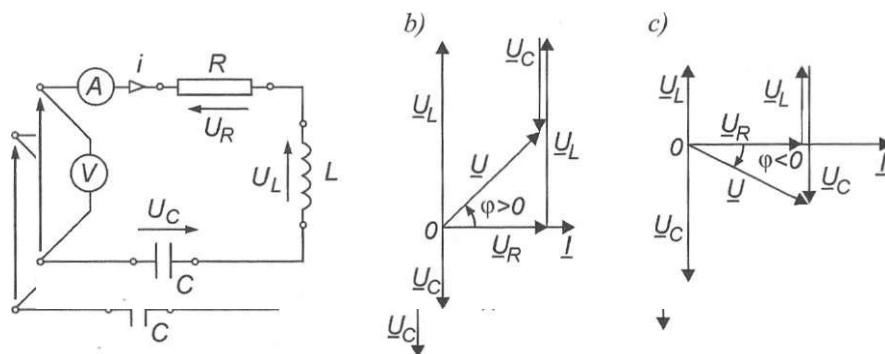
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

C – pojemność kondensatora w faradach [F].

Jednostką reaktancji pojemnościowej X_c jest om [Q].

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)



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

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:

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

$\frac{1}{Z} = Y$ admitancja

Jednostką admitancji Y jest simens [S].

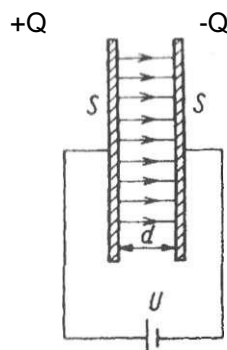
Reaktancja dwójnika szeregowego R, L, C w zależności od wartości L, C , co może być:

- dodatnia $X_L > X_C$, czyli $X > 0$, kąt fazowy φ jest dodatni, obwód ma charakter indukcyjny,
- ujemna $X_L < X_C$, czyli $X < 0$, kąt fazowy φ jest 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

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



Rys. 1.24. Kondensator płaski (przekrój poprzeczny)

Pojemność kondensatora płaskiego (rys. 1.24) można obliczyć ze wzoru:

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

Gdzie:

- C - pojemność kondensatora w F,
- S - powierzchnia okładziny w m^2 ,
- d - odstęp między okładzinami w m,
- ε - współczynnik przenikalności elektrycznej równy iloczynowi:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_w \left[\frac{F}{m} \right]$$

Gdzie: ε_0 – współczynnik przenikalności elektrycznej bezwzględnej (próżni) równy w przybliżeniu $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$,

ε_w – współczynnik przenikalności względnej danego dielektryka (materiału izolacyjnego).

Jednostką pojemności C jest 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 $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$.

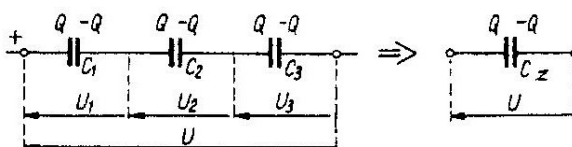
• Łączenie kondensatorów

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

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

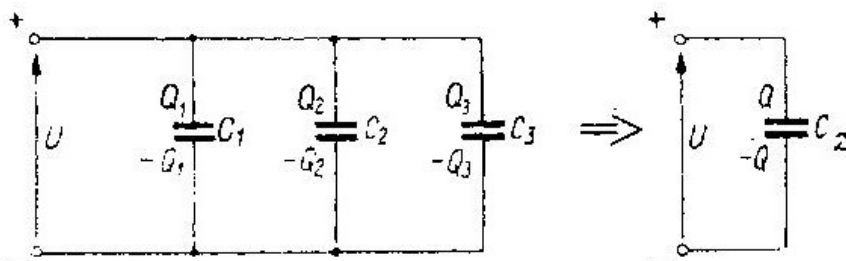
Pojemność wypadkową (zastępczą) **równolegle** połączonych kondensatorów (rys. 1.26) oblicza się z wzoru:

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



Rys. 1.25. Połączenie szeregowe kondensatorów

$$C_z = C_1 + C_2 + C_3$$



Rys. 1.26. Połączenie równoległe kondensatorów

• Kondensatory w obwodach prądu stałego i przemiennego

Dla prądu stałego kondensator stanowi przerwę w obwodzie. W obwodach prądu przemiennego prąd płynący przez kondensator jest wprost proporcjonalny nie do napięcia, lecz do szybkości jego zmian. Przy nieskończenie wielkiej częstotliwości prądu kondensator stanowi zwarcie w obwodzie. Prąd płynący przez kondensator składa się z prądu ładowania kondensatora (prąd pojemnościowy) i prądu upływowego spowodowanego stratami w dielektryku.

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 wat [W].

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

Jednostką mocy biernej Q jest var [VAR],

Moc pozorna $S = U \cdot I$

Jednostką mocy pozornej S jest woltamper [VA] gdzie:
 U - wartość skuteczna napięcia,
 I - wartość skuteczna prądu,
 Φ - kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem,
 $\cos\Phi$ - współczynnik mocy.

1.4.2. Moc prądu trójfazowego

Moc prądu trójfazowego oblicza się z wzorów:

$$\text{moc czynna } P = 3 \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$\text{moc bierna } Q = 3 \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

$$\text{moc pozorna } S = 3 \cdot U_F \cdot I_F = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

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 z wzoru:

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

1.5. Prądy niesinusoidalne

Chwilowy przebieg napięcia przemiennego powinien być sinusoidalny. W praktyce mamy jednak do czynienia przeważnie nie z sinusoidami, lecz z krzywymi mniej lub bardziej odkształconymi. I tak prądnicą prądu przemiennego może wytwarzać napięcia niesinusoidalne na skutek niesinusoidalnego rozkładu indukcji magnetycznej pod biegunami elektromagnesów. Następnie nawet przy sinusoidalnych napięciach kształt krzywej prądu może odbiegać znacznie od sinusoidy. Spowodowane to jest głównie pracą odbiorników o nieliniowych charakterystykach prądowo-napięciowych, takich jak: komputery, elektroniczny sprzęt biurowy i gospodarstwa domowego, przekształtniki, silniki elektryczne, spawarki, piece łukowe i inne.

1.5.1. Wyższe harmoniczne

Przebiegi odkształcone okresowe można rozłożyć na szereg funkcji sinusoidalnych o różnej amplitudzie i częstotliwości będącej wielokrotnością częstotliwości funkcji odkształconej. Te składowe sinusoidalne nazywamy **harmonicznymi**. Częstotliwość pierwszej harmonicznej f_1 jest taka sama jak częstotliwość funkcji odkształconej i nazywamy ją **składową podstawową**. (Częstotliwość pozostałych harmonicznych jest wielokrotnością częstotliwości podstawowej, np.: częstotliwość drugiej harmonicznej $f_2 = 2f_1$, trzeciej $f_3 = 3f_1$, czwartej $f_4 = 4f_1$ itd. do $f_n = n \cdot f_1$).

Na rys. 1.29 przedstawiono przebieg prądu w obwodzie z tyrystorem i jego harmoniczne: pierwszą, trzecią i piątą.

Układ kodu IP

	IP	2	3	C	H
Litery kodu (International Protection)					
Pierwsza charakterystyczna cyfra (cyfry 0 do 6 lub litera X) określa stopień ochrony przed dostaniem się obcych ciał stałych i dostępem do części niebezpiecznych (części będących pod napięciem lub części będących w ruchu)					
Druga charakterystyczna cyfra (cyfry 0 do 8 lub litera X) określa stopień ochrony przed wnikaniem wody i szkodliwymi jej skutkami					
Dodatkowa litera (nieobowiązuje) (litery A, B, C, D) określa stopień ochrony przed dostępem do części niebezpiecznych					
Uzupełniająca litera (nieobowiązuje) (litery H, M, S, W) oznacza dodatkowe uzupełniające informacje					

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.

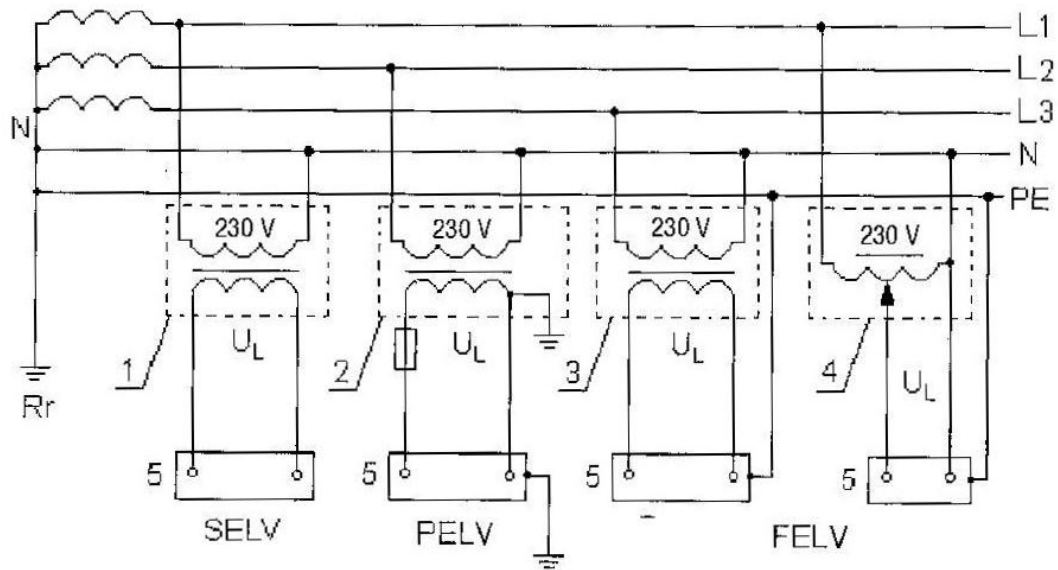
Przykłady oznaczenia:

IP 23CS – Obudowa z takim oznaczeniem:

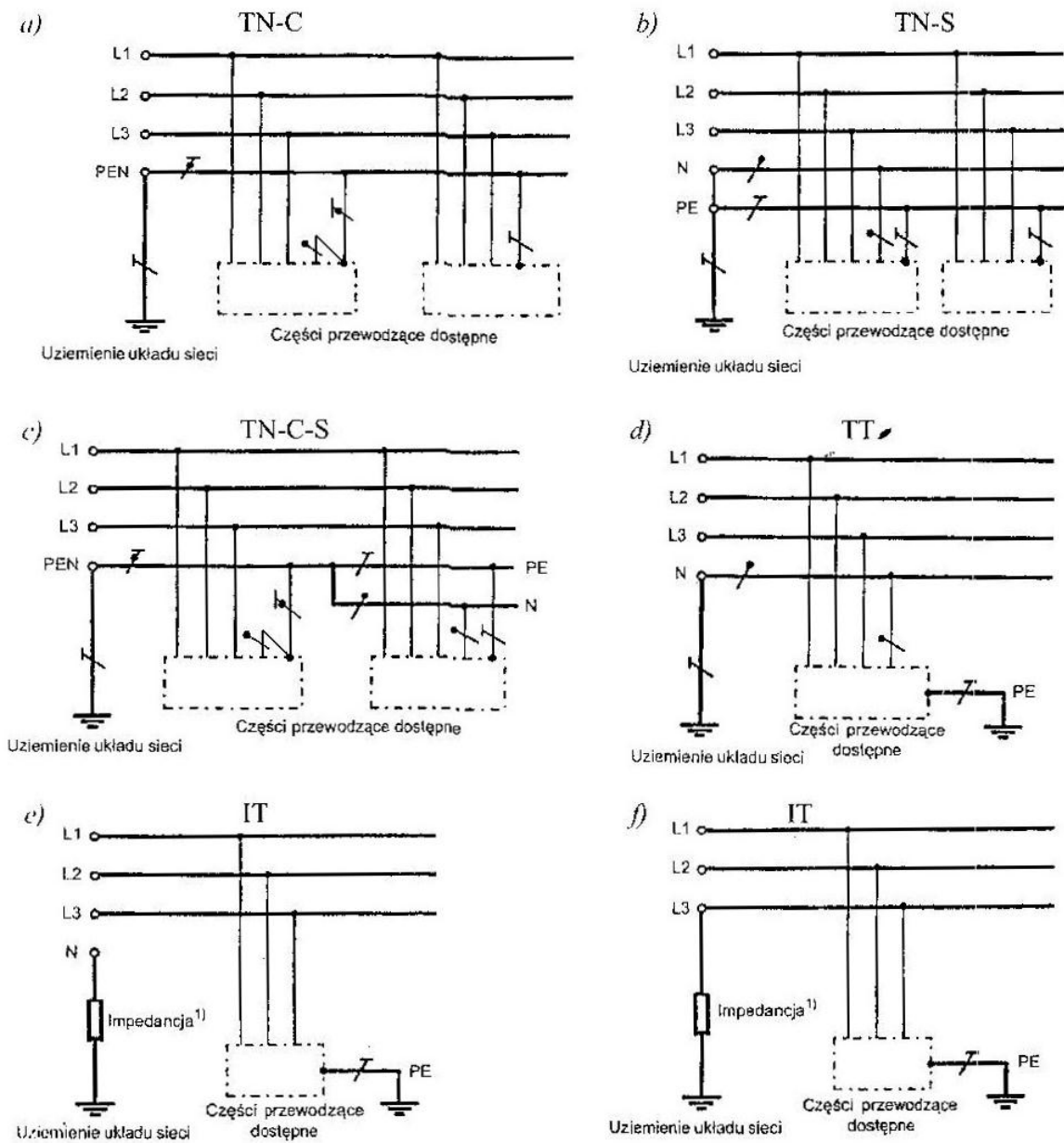
- (2) – chroni osoby przed dostępem palcem do części niebezpiecznych;
 - chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed wchodzeniem obcych ciał stałych o średnicy 12,5 mm i większej,
- (3) – chroni urządzenie wewnątrz obudowy przed szkodliwymi skutkami wody natryskowej na obudowę,
- (C) – chroni przed dostępem 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.

Tablica 2.1. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektronicznych [N58]

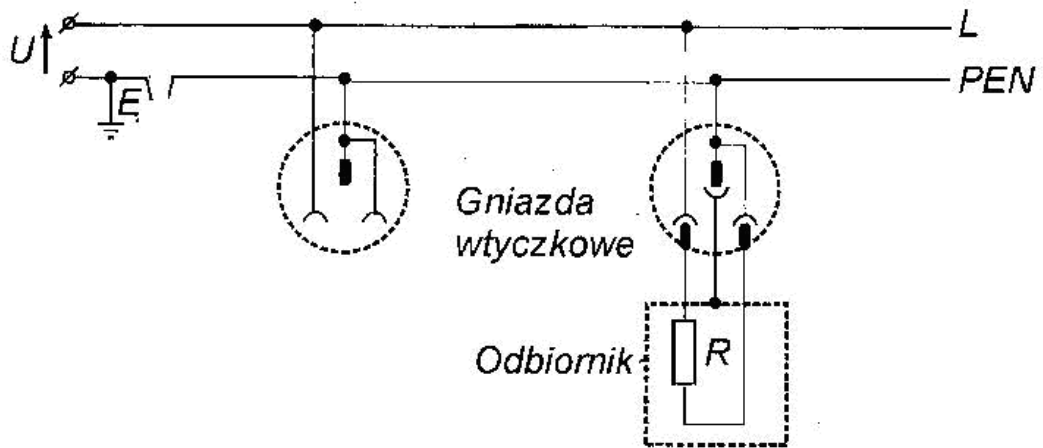
Klasa ochronności	Symbol	Cecha charakterystyczna	Warunki stosowania
Klasa 0	nie ma	Izolacja jedynie podstawowa. Brak zacisku ochronnego.	Środowisko nieprzewodzące lub dla urządzenia przewidziana indywidualna separacja elektryczna.
Klasa I		Izolacja jedynie podstawowa. Zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN. Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) z żyłą ochronną, a wtyczka ze stykiem ochronnym.	Przyłączenie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego. Zastosowanie w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych.
Klasa II		Izolacja podwójna lub wzmocniona. Brak zacisku ochronnego. Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) bez żyły ochronnej, wtyczka bez styku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych pomieszczeń i miejsc nie stanowią inaczej. Żadnych połączeń ze środkami ochrony instalacji.
Klasa III		Zasilanie napięciem bardzo niskim w układzie SELV lub PELV (≤ 50 VAC). Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) bez żyły ochronnej, wtyczka bez styku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach.



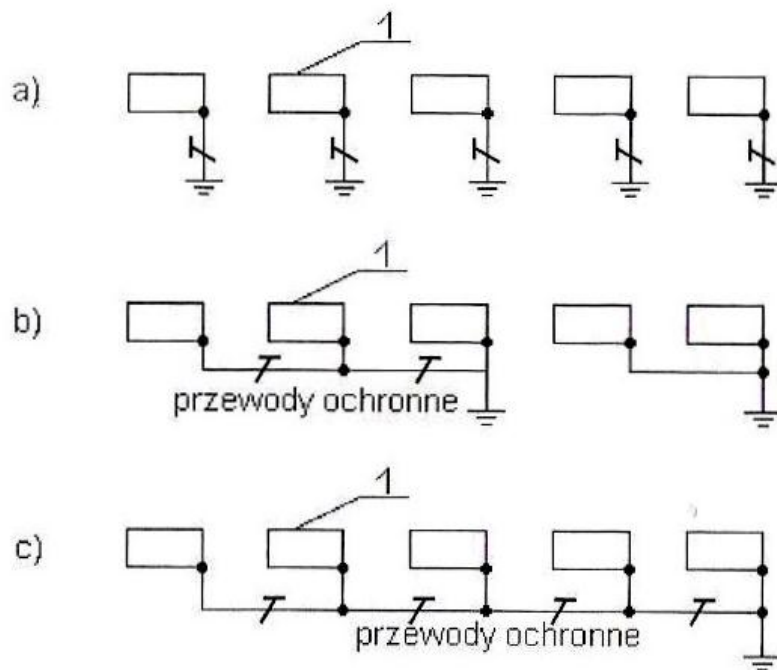
Rys. 2.1. Rodzaje obwodów zasilanych bardzo niskim napięciem SELV, PELV, FELV: 1, 2 – transformatory ochronne, 3 – transformator obniżający, 4 – auto-transformator, 5 – odbiorniki III klasy ochrony



Rys. 2.2. Schemat układów sieciowych: a) TN-C, b) TN-S, c) TN-C-S, d) TT, e) IT, f) IT
¹⁾ układ może być odizolowany od ziemi, przewód neutralny może być wyprowadzony lub nie









Rys. 2.3 Przerwa w przewodzie ochronno- neutralnym PEN


















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

Tablica 2.4. Oznaczenia przewodów oraz zacisków odbiorników

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

Tablica 2.5. Znakowanie urządzeń elektrycznych danymi znamionowymi związanymi z zasilaniem elektrycznym wg [N57]

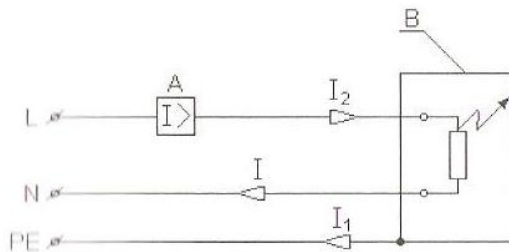
Pełny opis	Symbol graficzny	Skrót
Prąd stały 10 A	 10 A	DC 10 A
Prąd przemienny sinusoidalny 1 kA	 1 kA	AC 1 kA
Napięcie stałe 230 V	 230 V	DC 230 V
Napięcie przemienne 400 V	 400 V	AC 400 V
Napięcie przemienne lub stałe 250 V	 250 V	AC/DC 250 V
Zakres napięcia stałego od 0 do 400 V	 0...400 V	DC 0...400V
Układ jednofazowy, dwuprzewodowy 230 V	2  230 V	2 AC 230 V
Układ jednofazowy, trójprzewodowy z jednym przewodem fazowym, neutralnym i ochronnym 230 V, 50 Hz	1/N/PE  230 V 50 Hz (patrz uwaga 1)	1/N/PE AC 230 V 50 Hz (patrz uwaga 1)
Układ jednofazowy, trójprzewodowy z dwoma przewodami fazowymi i przewodem neutralnym 220/110 V, 60 Hz	2/N  220/110 V 60 Hz	2/N AC 220/110 V 60 Hz

Pełny opis	Symbol graficzny	Skrót
Trójprzewodowy układ prądu stałego 220 V	2/M  220 V	2/M DC 220 V
Układ trójfazowy, trójprzewodowy 400 V	3  400 V	3 AC 400 V
Układ trójfazowy, czteroprzewodowy z przewodem neutralnym 480/277 V	3N  480/277 V	3/N AC 480/277 V
Układ trójfazowy pięcioprzewodowy z oddzielnym przewodem neutralnym i przewodem ochronnym 400/230 V	3/N/PE  400/230 V (patrz uwaga 1)	3/N/PE AC 400/230 V (patrz uwaga 1)
Drobny osprzęt na napięcie przemienne 250 V i prąd 16 A	 $\frac{16 \text{ A}}{250 \text{ V}}$ (patrz uwaga 2) lub  250 V 16A	AC $\frac{16 \text{ A}}{250 \text{ V}}$ (patrz uwaga 2) lub AC 250 V 16 A

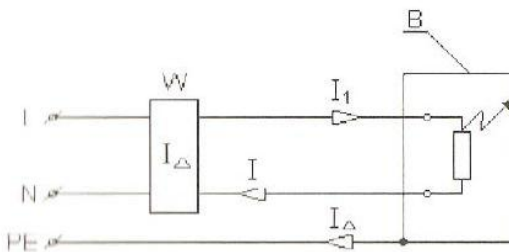
UWAGI:

1) USA i Kanada nie stosują symbolu PE.

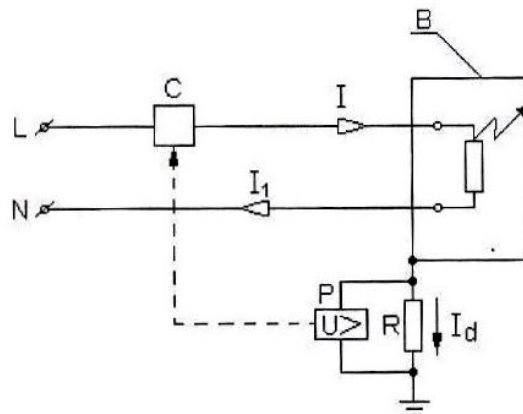
2) Symbole jednostek mogą być pominięte, pod warunkiem że nie powoduje to niejasności.



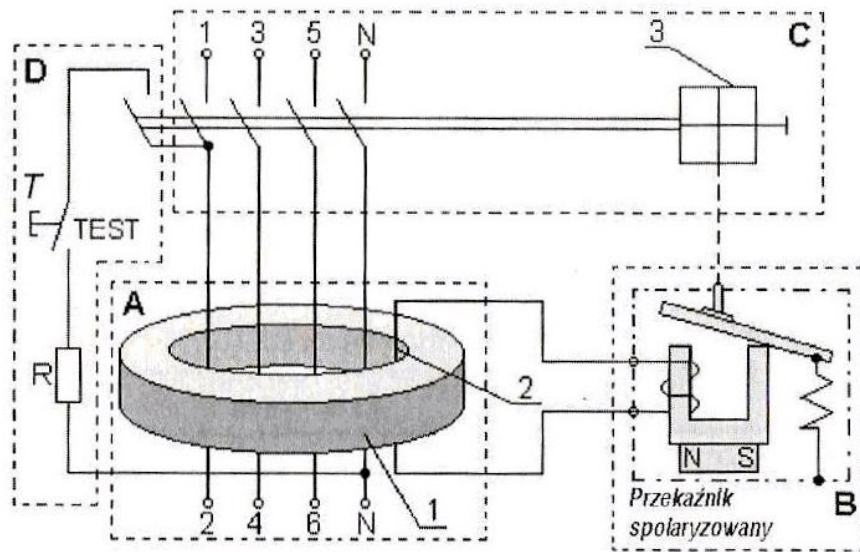
Rys. 2.7. Obwód z urządzeniem ochronnym przetężeniowym: *A* – urządzenie ochronne przetężeniowe, *B* – odbiornik, I_2 – prąd zadziałania urządzenia



Rys. 2.8. Obwód z wyłącznikiem różnicowoprądowym: *W* – wyłącznik różnicowoprądowy, *B* – odbiornik, I_{Δ} – różnica prądów $I_1 - I$ powodująca zadziałanie wyłącznika *W*




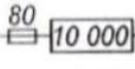






Rys. 2.9. Obwód z urządzeniem ochronnym napięciowym: *C* – wyłącznik, *B* – odbiornik, *P* – przekaźnik nadnapięciowy, *R* – rezystancja uziemienia, I_d – prąd powodujący powstanie na rezystancji *R* napięcia o wartości większej niż dopuszczalna w danych warunkach środowiskowych

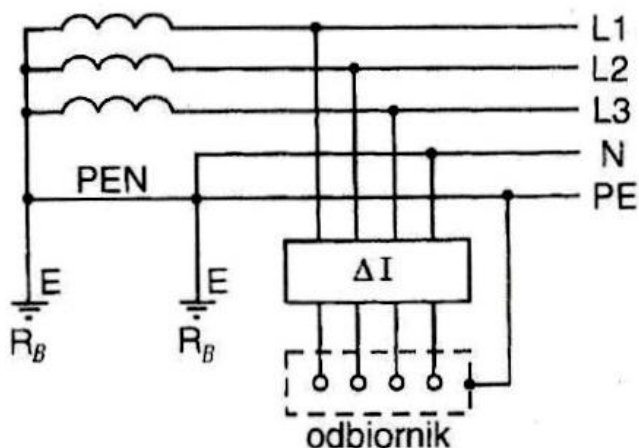


Rys. 2.12. Schemat blokowy wyłącznika różnicowoprądowego: A- człon pomiarowy, B- człon wzmacniający, C- człon wyłączający, D- człon kontrolny, R- rezystor kontrolny, T- przycisk testujący; 1- rdzeń przekładnika Ferrantiego, 2- uzwojenie wtórne przekładnika Ferrantiego, 3- zamek

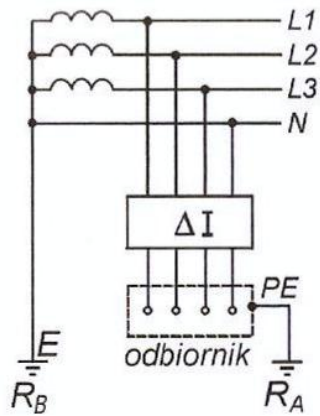
Tablica 2.6. Typy wyłączników różnicowoprądowych

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.

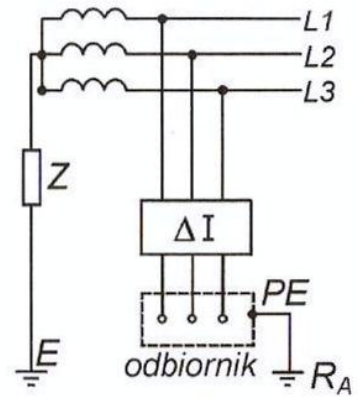
Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
S		Selektywny, działający z opóźnieniem, przeznaczony do współpracy przy połączeniu szeregowym z wyłącznikiem bezzwłocznym.
		Wyłącznik wytrzymuje prąd zwarcia 10 000 A, pod warunkiem zabezpieczenia go bezpiecznikiem topikowym gG 80 A.
-25C		Przeznaczony do pracy w temperaturze do minus 25°C.
		Wyłącznik o podwyższonej odporności na udary prądowe (8/20 μ s) do 750 A.
		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 μ s do 250 A.
kV		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 μ s do 3 kA (do 300 mA) i do 6 kV (≥ 300 mA). Minimalna zwłoka czasowa 10 ms (80 ms przy $I_{\Delta n}$).
F	120 Hz	Wyłącznik przeznaczony do pracy przy częstotliwości 120 Hz.



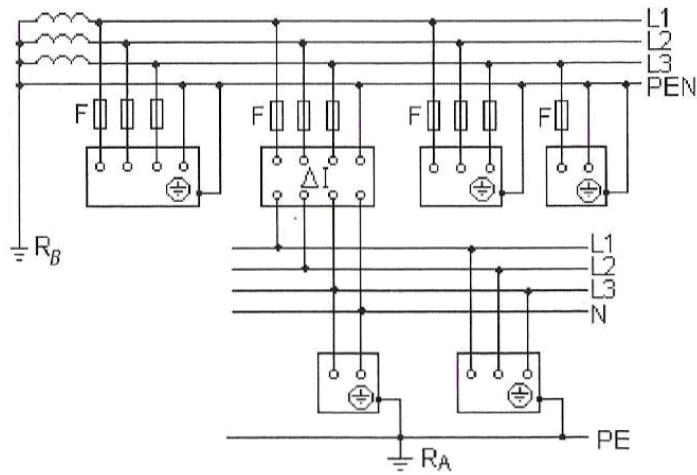
Rys. 2.13 Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym TN



Rys. 2.14. Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym TT



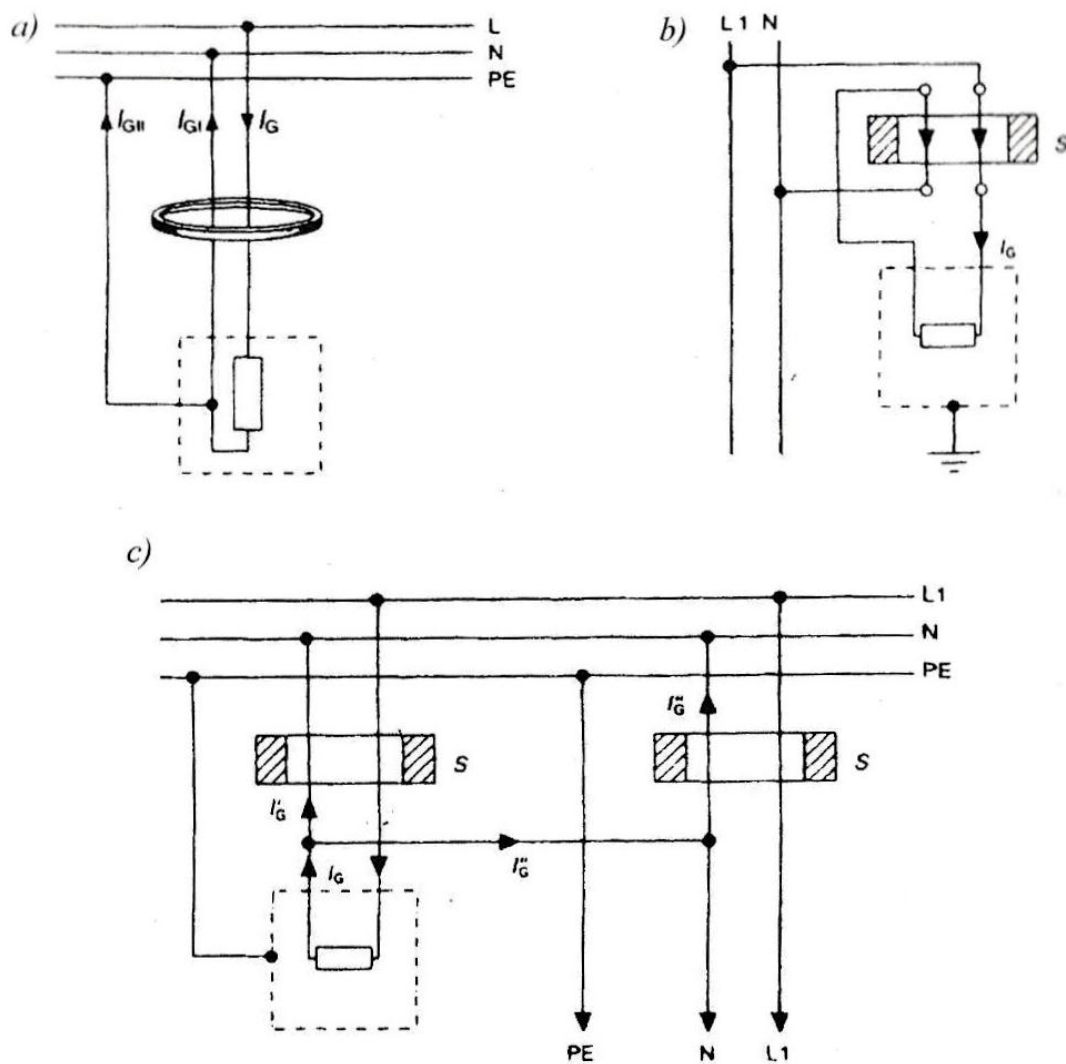
Rys. 2.15. Stosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w układzie sieciowym IT



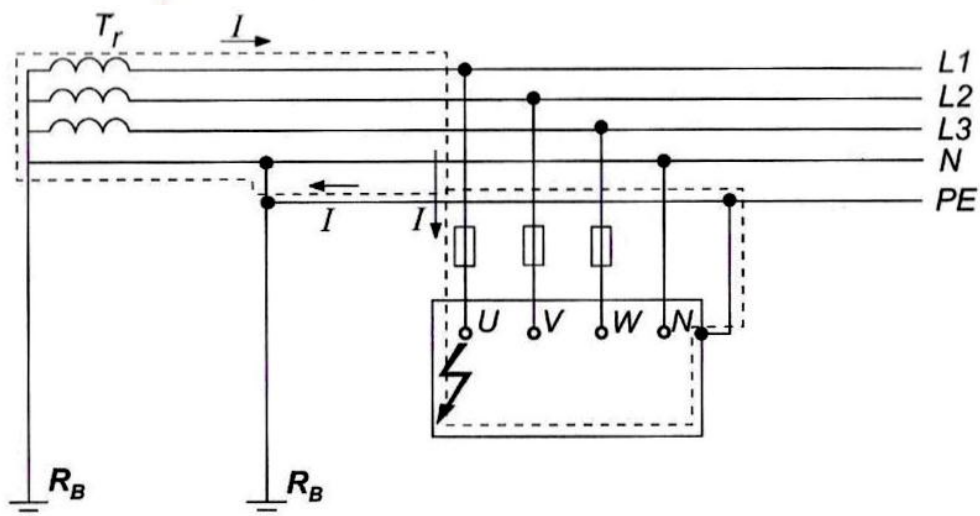
Rys. 2.16. Układ sieci TN-C z wyłącznikiem różnicowoprądowym chroniącym dwa odbiorniki w układzie TT ze wspólnym uziemieniem ochronnym RA.

Tablica 2.7. Wymagane miejsca stosowania wyłączników różnicowoprądowych

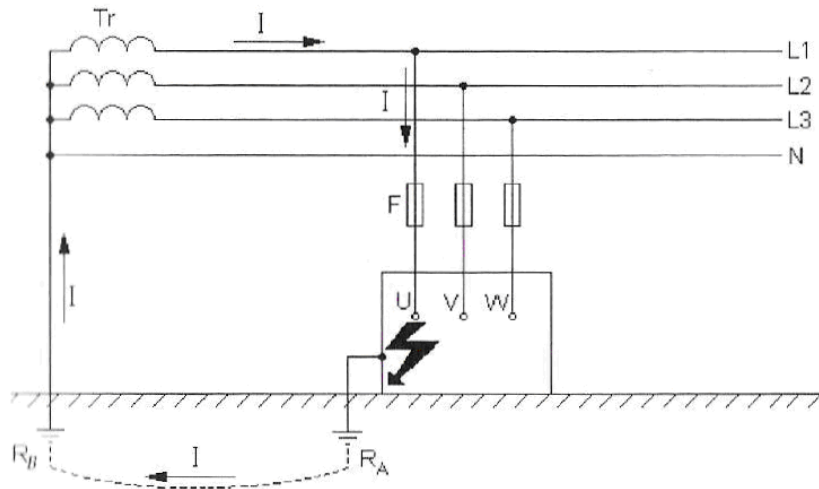
Lp.	Miejsce zainstalowania	Wymagany prąd $I_{\Delta n}$
1.	Obwody gniazd wtyczkowych w pomieszczeniach wyposażonych w wannę i basen natryskowy	$\leq 30 \text{ mA}$
2.	Obwody gniazd wtyczkowych na placach budowy i robót rozbiórkowych	$\leq 30 \text{ mA}$
3.	Obwody gniazd wtyczkowych zasilających urządzenia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



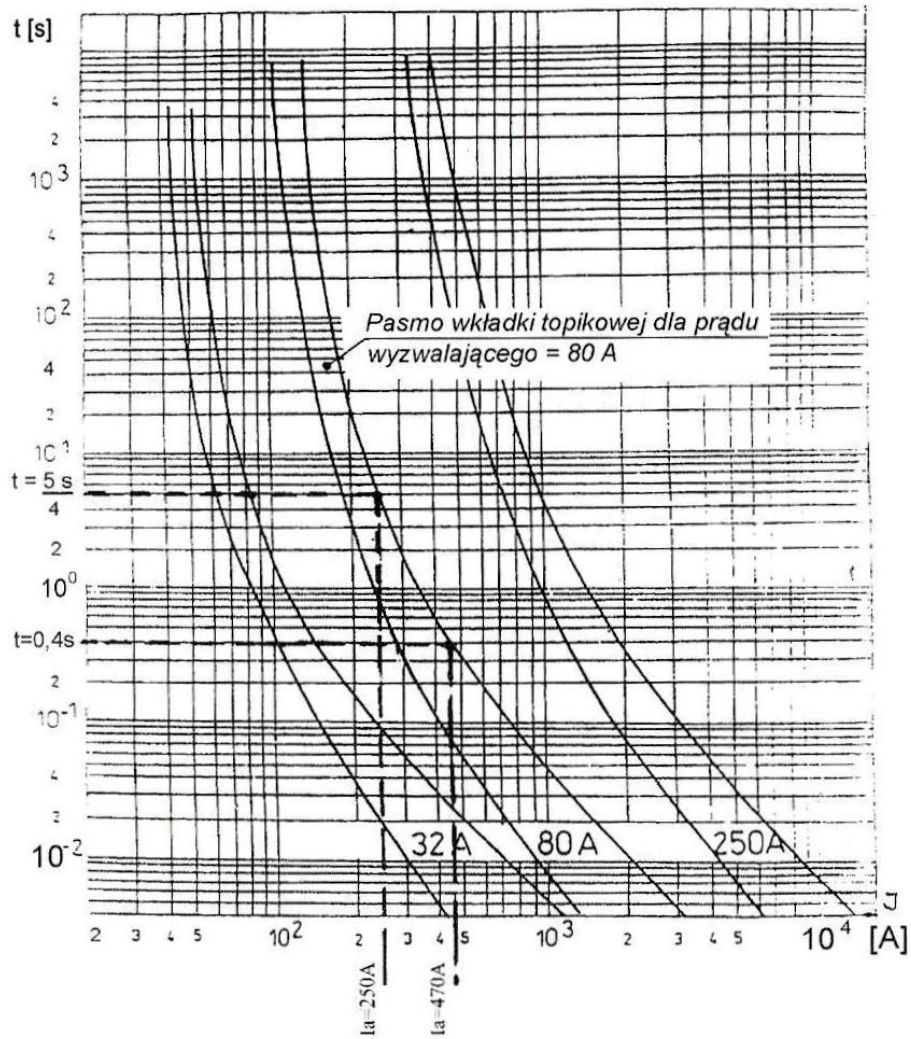
Rys. 2.17. Błędne połączenia wyłącznika różnicowoprądowego



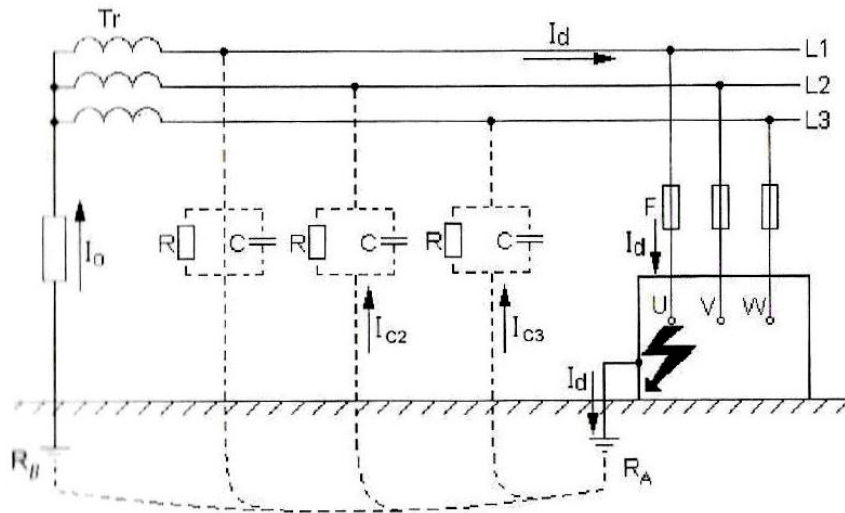
Rys. 2.18. Zasada samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieciowym TN-C-S



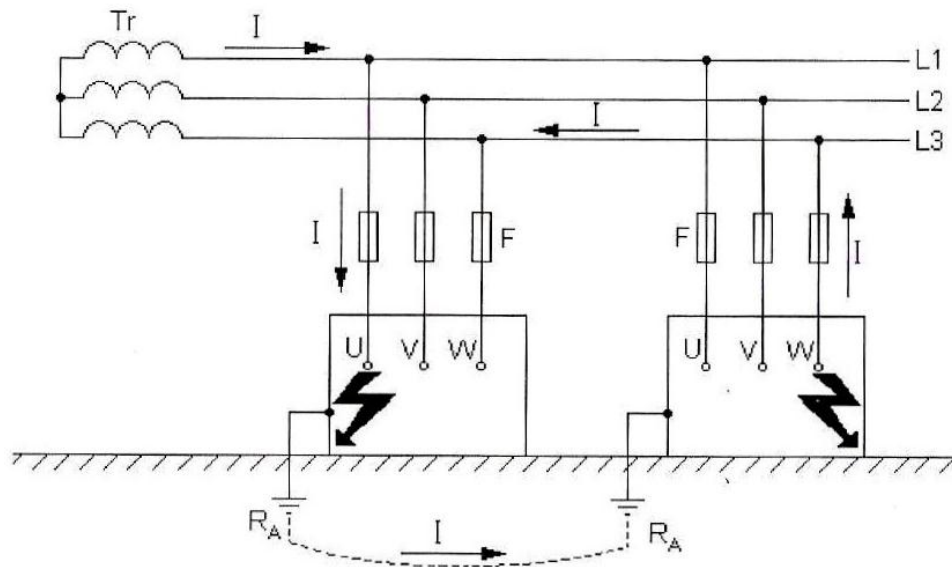
Rys. 2.19 Zasada samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie sieciowym TT



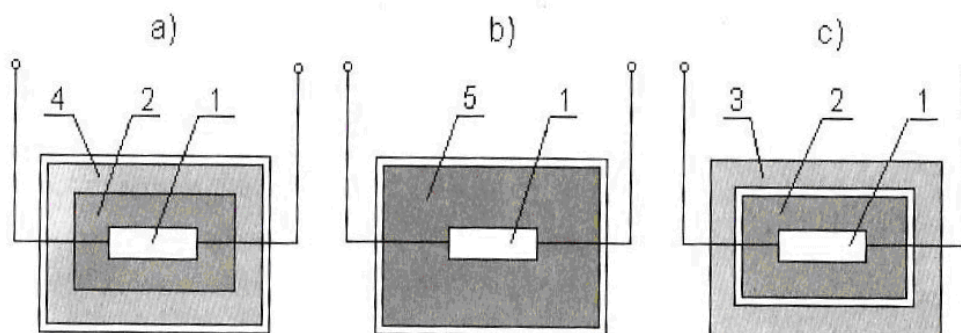
Rys. 2.20. Charakterystyka pasmowa $t = f(I)$ wkładek topikowych WT-1F. Odczytywanie prądu wyłączającego I_a dla różnych czasów (linia przerywana)



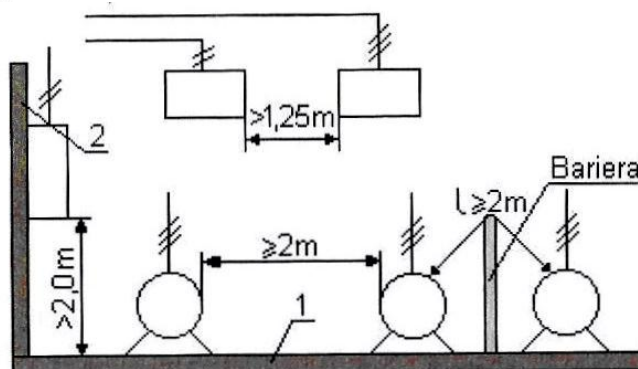
Rys. 2.21. Zwarcie pojedyncze w układzie IT



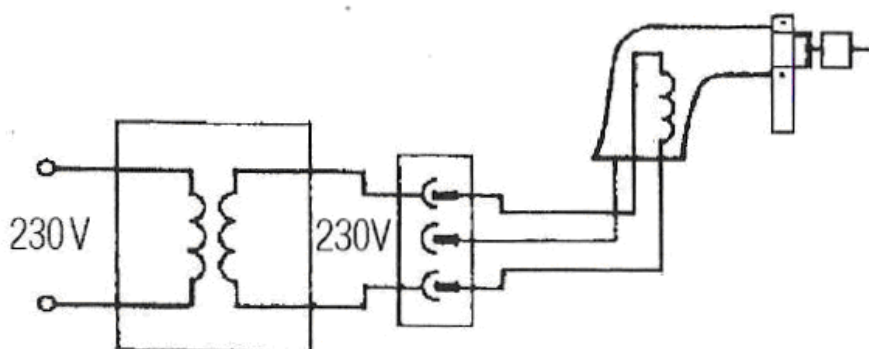
Rys. 2.22. Zwarcie podwójne w układzie IT



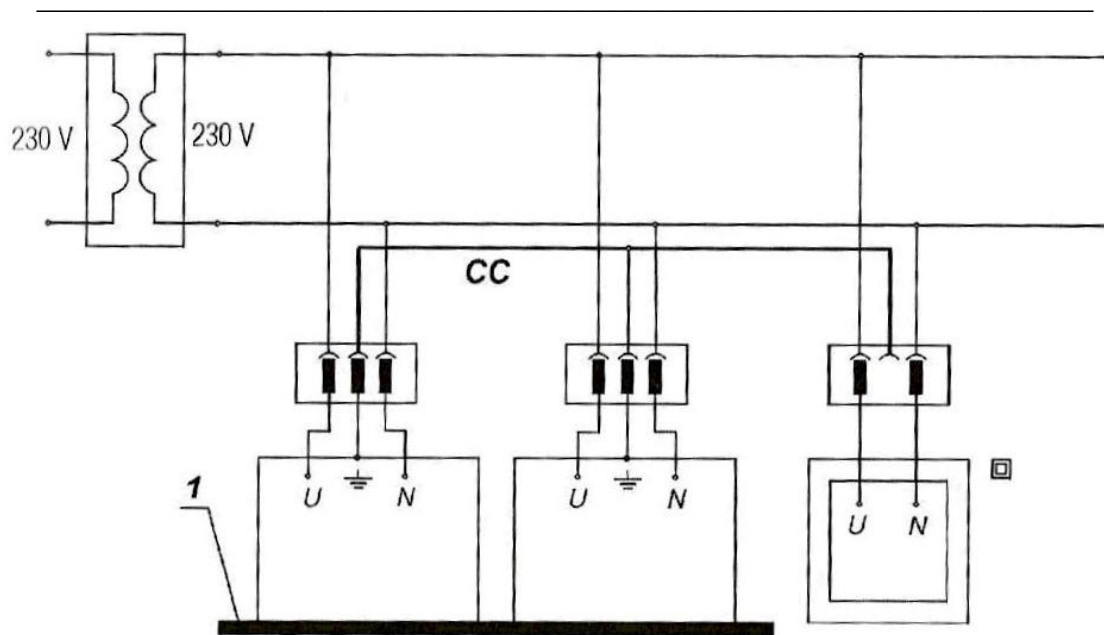
Rys. 2.23. Przykłady wykonania izolacji urządzeń II klasy ochronności: a) z izolacją podwójną, b) z izolacją wzmocnioną, c) z obudową izolacyjną; 1 – część czynna, 2 – izolacja podstawowa, 3 – obudowa izolacyjna, 4 – izolacja dodatkowa, 5 – izolacja wzmocniona



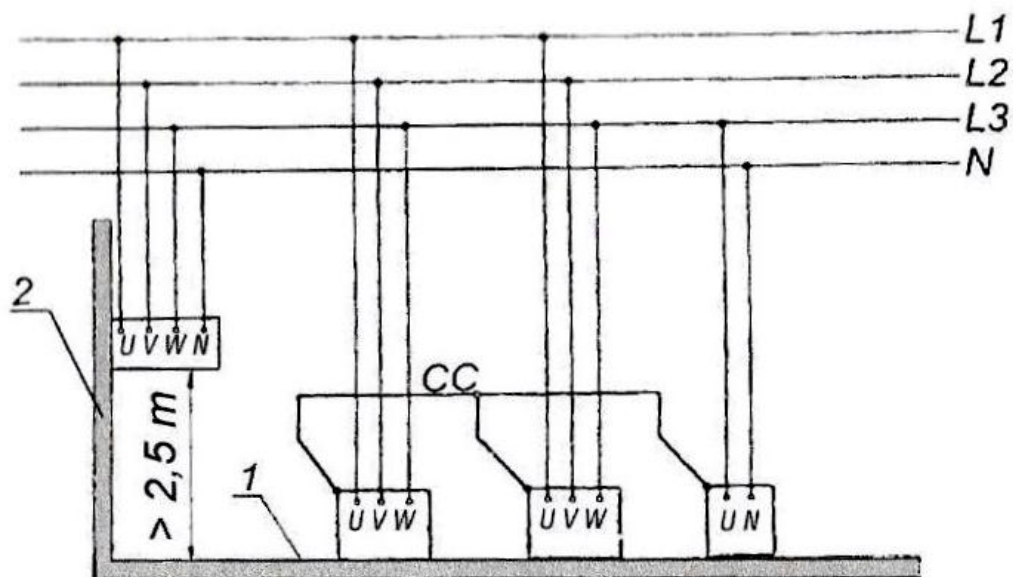
Rys. 2.24. Ochrona przez zastosowanie środowiska nieprzewodzącego: 1 – podłoga izolowana, 2 – ściany izolowane



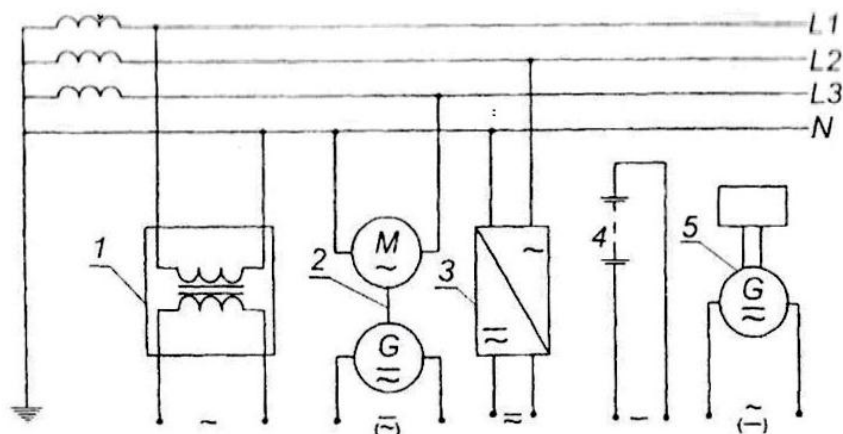
Rys. 2.25 Ochrona przeciwporażeniowa przez zastosowanie separacji elektrycznej- zasilanie jednego odbiornika I klasy ochronności



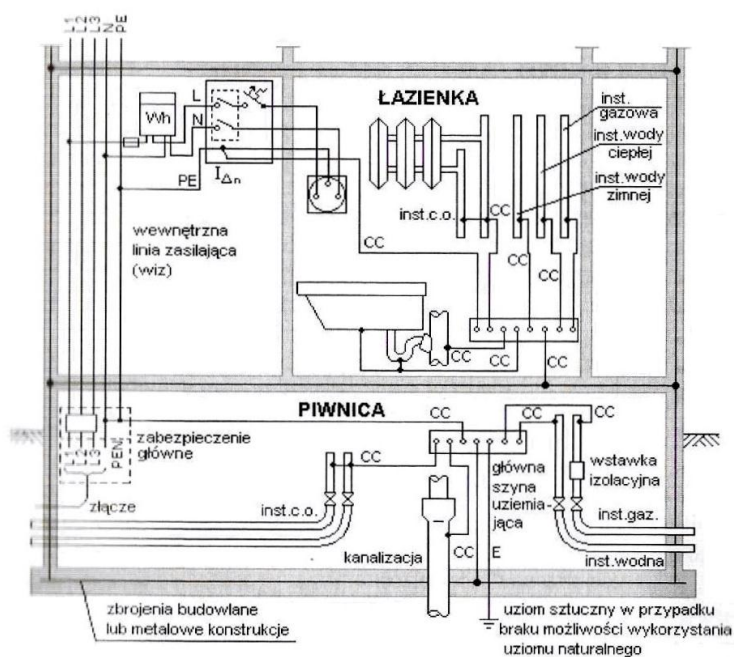
Rys. 2.26. Ochrona przeciwporażeniowa przez zastosowanie separacji elektrycznej więcej niż jednego odbiornika zasilanych z obwodu separowanego: CC – przewód wyrównawczy izolowany niezziemiony; 1 – podłoga izolowana



Rys. 2.26. Ochrona przez zastosowanie niezziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych: CC- przewód wyrównawczy miejscowy niezziemiony, 1- podłoga i 2- ściany izolacyjne



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



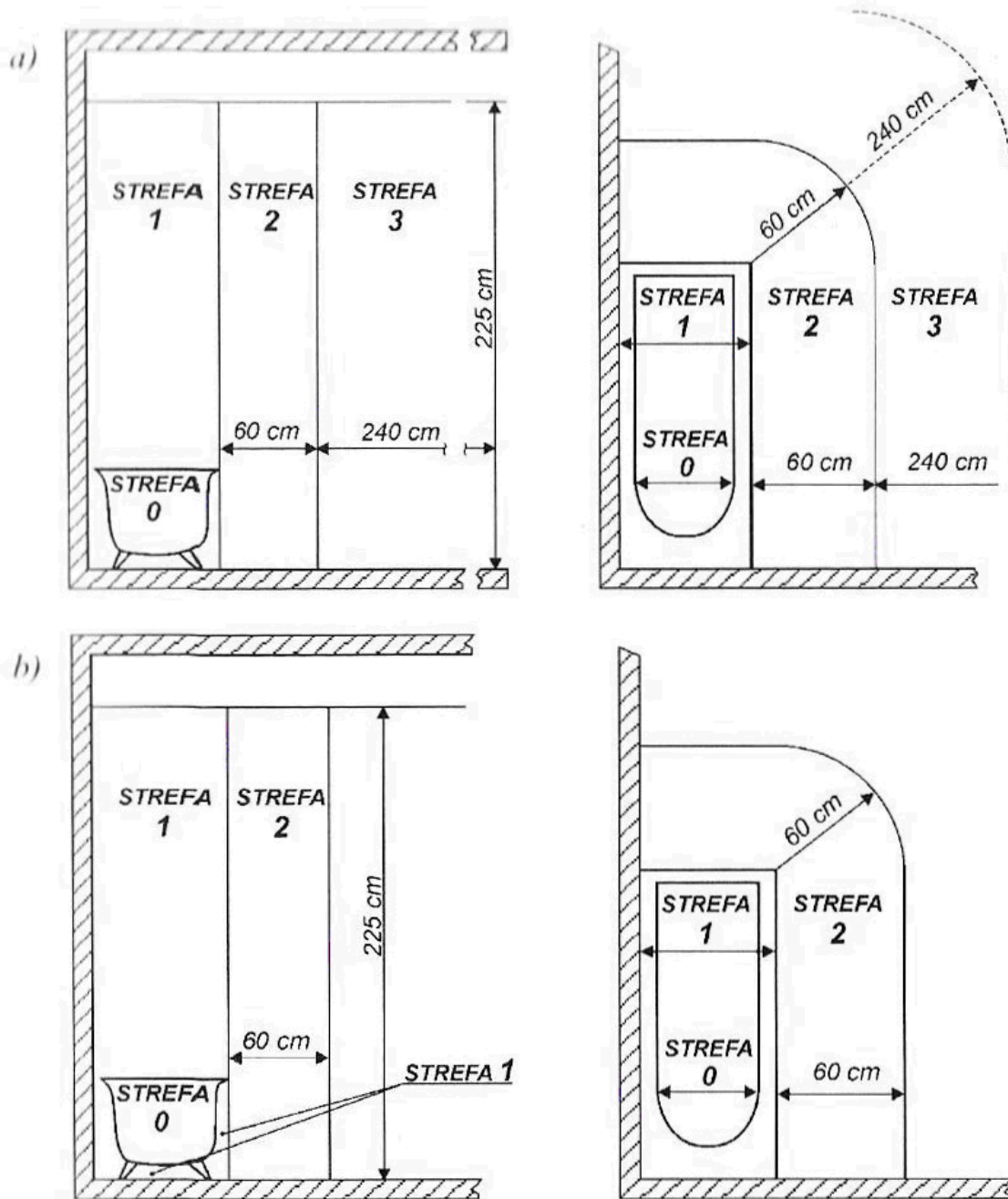
Rys. 2.29. Połączenia ochronne w budynku mieszkalnym: połączenie miejscowe w łazience; połączenie główne w piwnicy

Tablica 2.10. Przekroje przewodów ochronnych PE[N22]

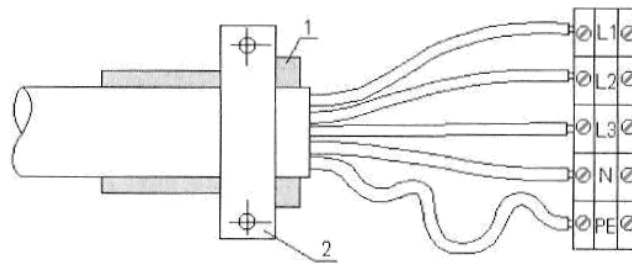
Przekrój przewodów fazowych S_L (mm ²)	Przekrój przewodów ochronnych S_{PE} (mm ²)
$S_L \leq 16$	$S_{PE} \geq S_L$
$16 < S_L \leq 35$	$S_{PE} \geq 16$
$S_L > 35$	$S_{PE} \geq 0,5 S_L$

Tablica 2.12. Najmniejsze wymiary poprzeczne uziomów sztucznych zagłębionych bezpośrednio w gruncie

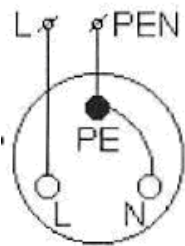
Lp.	Rodzaj uziomu	Materiał wyrobu	Wyrób	Najmniejsze dopuszczalne wymiary		
				średnica mm	przekrój mm ²	grubość mm
1	poziomy	stal ocynkowana na gorąco	taśma	–	100	3
2			pręt okrągły	10	–	–
3		miedź goła	taśma	–	50	2
4			pręt okrągły	–	35	–
5			miedź ocynkowana	taśma	–	50
6	pionowy	stal ocynkowana na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



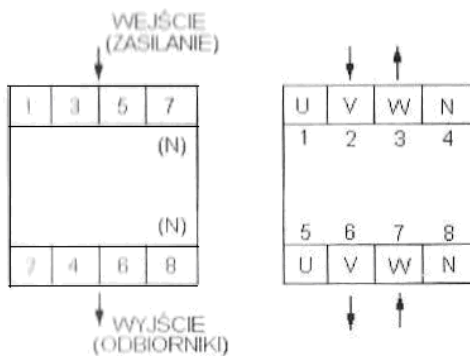
Rys. 2.30. Wymiary stref ochronnych w pomieszczeniach wyposażonych w wannę: a) wg PN-IEC 60364-7-701:1999, b) wg IEC 60364-7-701:2006



Rys. 2.32. Sposób przyłączenia do odbiorników przewodów zasilających ruchomych:
1 – odgiętka, 2 – odciążka



Rys. 2.33. Przyłączenie gniazda wtyczkowego ze stykiem ochronnym do sieci o układzie TN-C



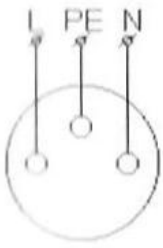
Rys. 2.34. Zasada instalowania wyłączników z uwzględnieniem kierunku przepływu energii



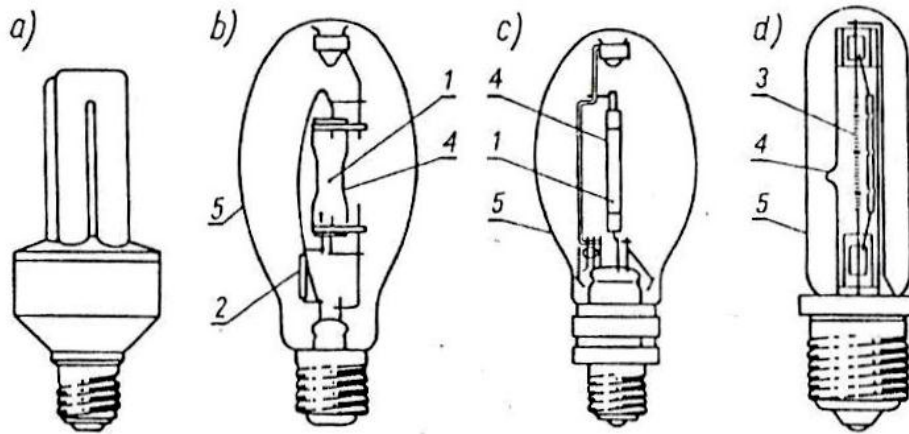
Rys. 2.35. Przyłączenie oprawki oświetleniowej



Rys. 2.36. Przyłączenie gniazda wtyczkowego bez styku ochronnego

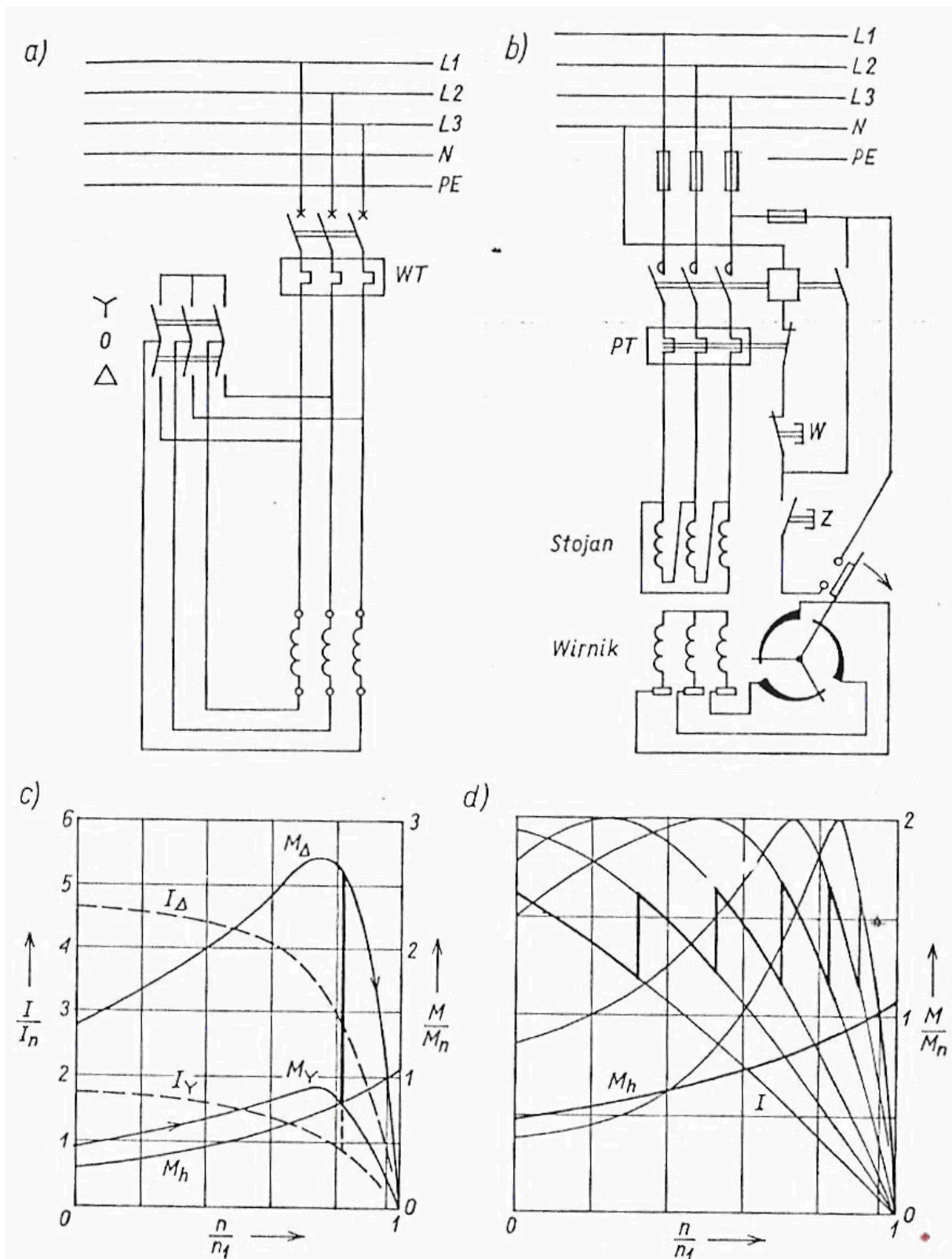


Rys. 2.37. Przyłączenie gniazda wtyczkowego ze stykiem ochronnym w układzie sieciowym TN-S lub TT



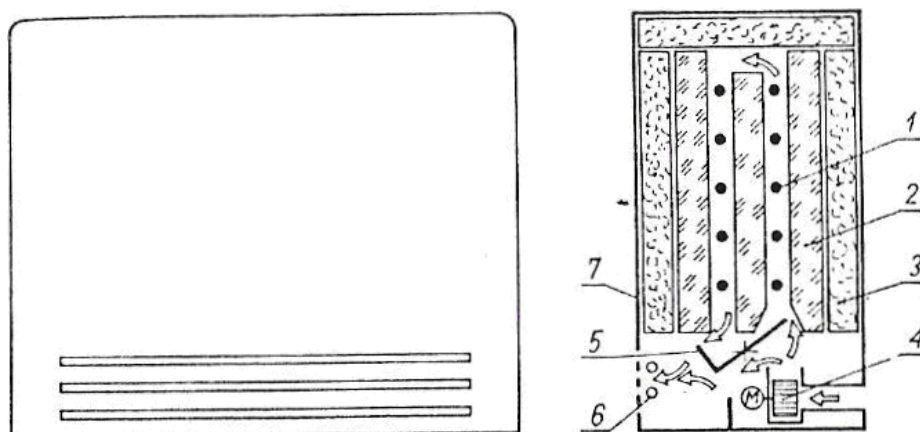
Rys. 5.1. Różne konstrukcje lamp oświetleniowych: a) świetlówka typu kompakt; b) rtęciowa wysokoprężna; c) sodowa wysokoprężna; d) halogenowa

1 — żarnik, 2 — opornik ograniczający elektrody pomocniczej, 3 — żarnik wolframowy, 4 — bańka wewnętrzna ze szkła kwarcowego, 5 — bańka zewnętrzna szklana



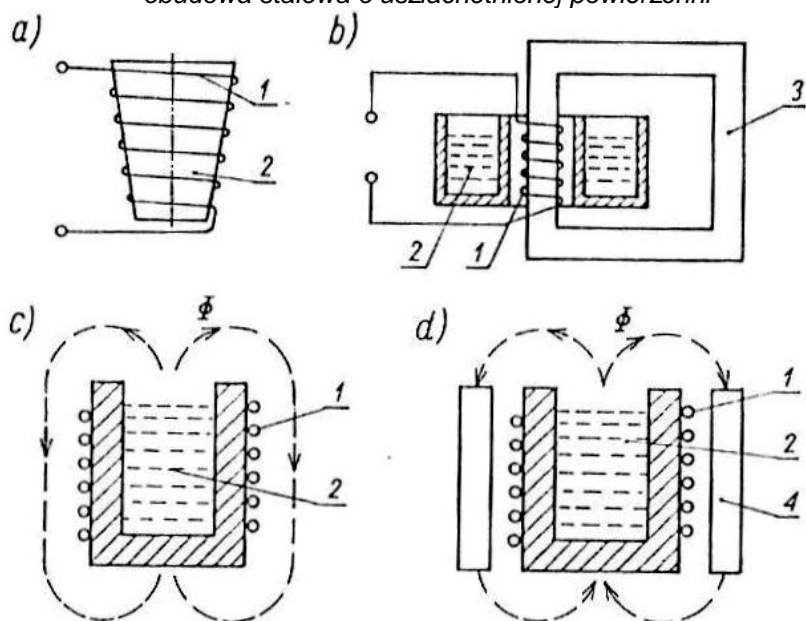
Rys. 5.4 Układy rozruchu silników indukcyjnych: a) zwartego za pomocą ręcznego przełącznika gwiazka – trójkąt; b) pierścieniowego; c, d) odpowiadające im przebiegi momentów i prądów rozruchowych

M_h - moment hamujący, M_n - moment znamionowy, n - prędkość obrotowa wirnika, n_1 - obroty synchroniczne



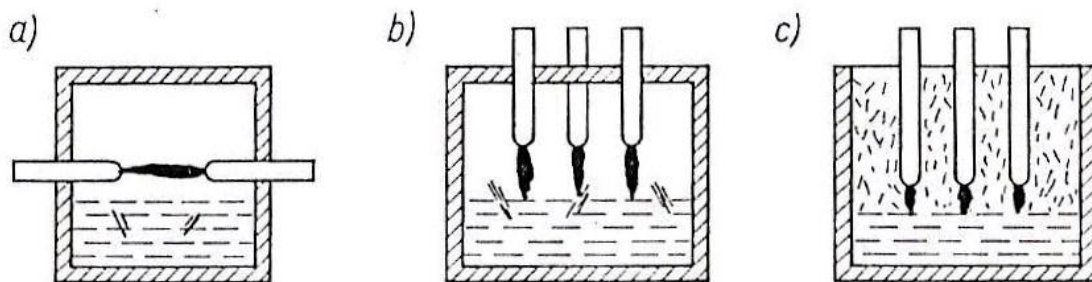
Rys.5.5 Piec elektryczny akumulacyjny

1- elementy grzewcze, 2- płyty ceramiczne akumulujące ciepło, 3- izolacja cieplna, 4- wentylator, 5- kłapa sterowana automatycznie, 6- elementy grzejne ogrzewania bezpośredniego, 7- obudowa stalowa o uszlachetnionej powierzchni

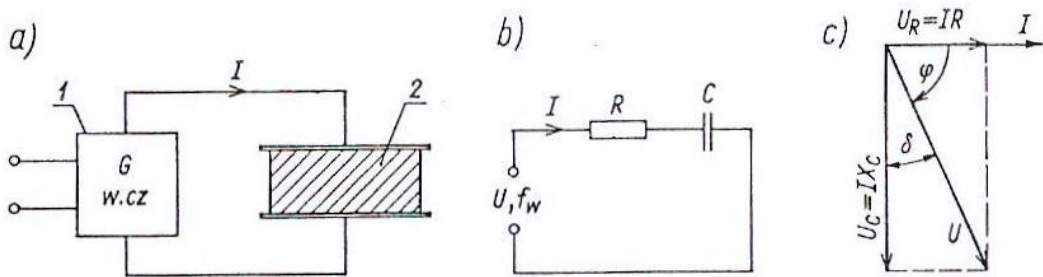


Rys. 5.10 Szkice urządzeń grzewczych indukcyjnych: a) nagrzewnica, b) piec komorowy rdzeniowy, c, d) piece bezrdzeniowe

1- wzbudnik, 2- wsad, 3- rdzeń magnetyczny, 4- bocznik magnetyczny

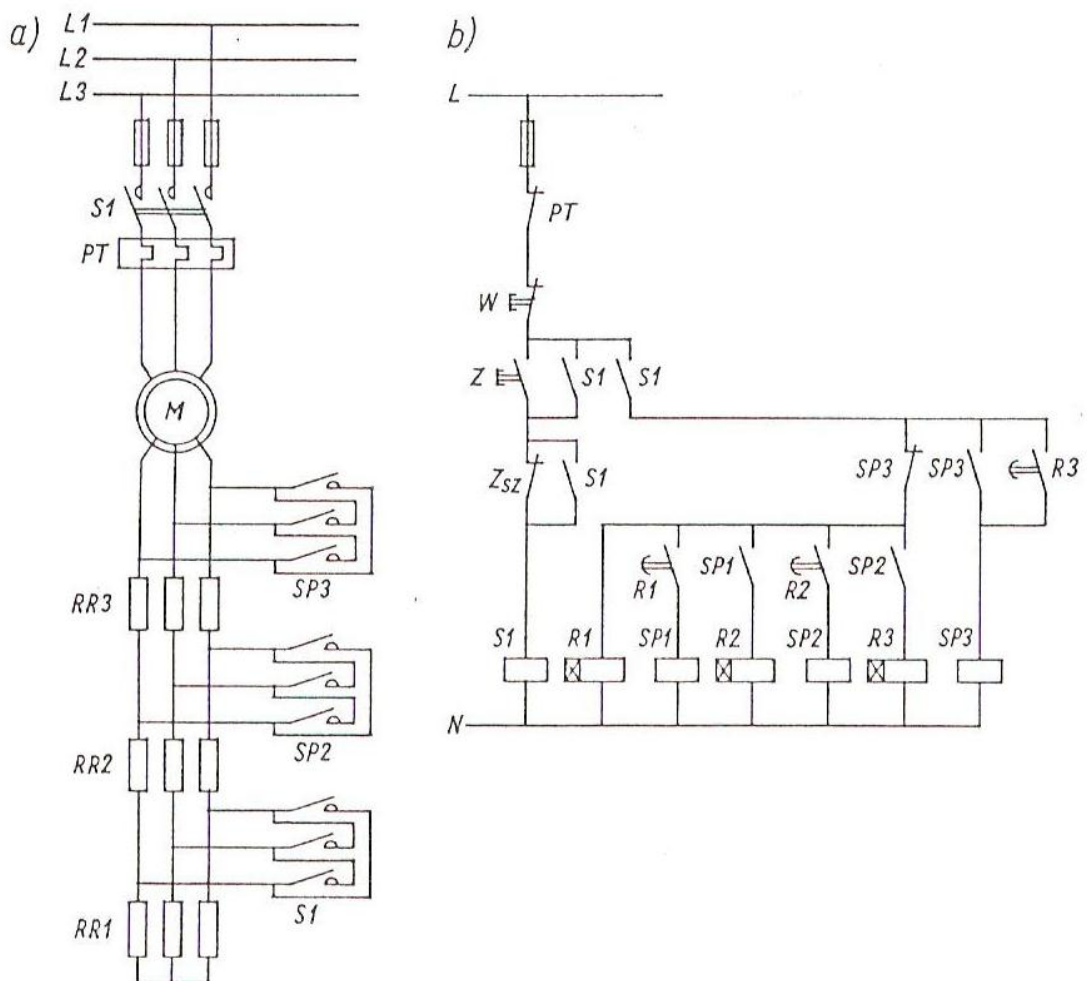


Rys. 5.12. Szkice pieców łukowych stosowanych przy wytapieniu żelaza z rudy, produkcji karbidu, korundu, fosforu: a) o nagrzewaniu pośrednim; b) bezpośrednim; c) mieszanym rezystancyjno-łukowym



Rys. 5.15. Urządzenie grzejne pojemnościowe: a) szkic układu; b) schemat zastępczy; c) wykres wektorowy prądów i napięć

I — generator wielkiej częstotliwości; 2 — wsad; R, C — zastępcza rezystancja i pojemność



Rys. 6.15. Układ połączeń samoczynnego rozruchu silnika pierścieniowego: a) schemat ideowy; b) schemat rozwinięty

R — przekaźniki czasowe

3. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W INSTALACJACH ELEKTROENERGETYCZNYCH WYSOKIEGO NAPIĘCIA (POWYŻEJ 1 kV)

3.1. Wiadomości podstawowe

1. Co to jest zamknięty obszar ruchu elektrycznego?

Zamknięty obszar ruchu elektrycznego jest to pomieszczenie lub miejsce eksploatacji instalacji elektrycznych, zamykane kluczem lub odpowiednim narzędziem (dotyczy przegród) i oznaczone znakami ostrzegawczymi. Dostęp do tych pomieszczeń i miejsc jest zastrzeżony dla osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych i posiadających upoważnienie. Osoby niewykwalifikowane mają dostęp do obszarów zamkniętych, jeśli są pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych.

2. Jakie elementy obejmuje termin "instalacja elektryczna wysokiego napięcia"?

Termin „instalacja elektryczna wysokiego napięcia” obejmuje następujące elementy: stacje, elektrownie, układy elektroenergetyczne fabryk, zakładów przemysłowych, rolniczych, handlowych lub publicznych.

Do instalacji elektroenergetycznych zalicza się następujące urządzenia:

- generatory, silniki oraz inne maszyny wirujące;
- aparaturę łączeniową;
- transformatory;
- przekształtniki;
- kable wewnątrz instalacji;
- linie wewnątrz instalacji;
- baterie;
- kondensatory;
- instalacje uziemiające;
- budynki i ogrodzenia, które stanowią część zamkniętych obszarów ruchu elektrycznego;
- przynależne wyposażenie sterowania.

3. Kiedy człowiek może być porażony prądem elektrycznym?

Człowiek może być porażony prądem elektrycznym, gdy jednocześnie dotknie dwóch punktów/miejsc o różnych potencjałach w dwóch przypadkach:

- gdy dotknie części czynnej urządzenia elektrycznego, która znajduje się pod napięciem roboczym (przyczyna rażenia zwana dotykem bezpośrednim),
- gdy dotknie części przewodzącej dostępnej (części urządzenia elektrycznego nie będącej częścią czynną), która znalazła się pod napięciem zwanym dotykowym (spodziewanym), czyli najczęściej napięciem, które pojawia się między częścią przewodzącą dostępną a częścią obcą (np. stanowiskiem) w wyniku uszkodzenia izolacji urządzenia (przyczyna rażenia zwana dotykem pośrednim).

4. Jakie środki ochrony przeciwporażeniowej stosuje się w instalacjach elektroenergetycznych wysokiego napięcia?

W instalacjach elektroenergetycznych wysokiego napięcia stosuje się następujące środki ochrony przeciwporażeniowej:

- środki organizacyjne - są to zawarte w odpowiednich przepisach wymagania dotyczące kwalifikacji pracowników dozoru i eksploatacji, wymagania dotyczące organizacji i wykonywania prac związanych z eksploatacją, konserwacją i naprawą urządzeń elektroenergetycznych oraz szkolenie pracowników (patrz rozdz. 7),
- środki techniczne.

Do środków technicznych zaliczamy:

- środki ochrony osobistej - mają zastosowanie przede wszystkim przy pracach konserwacyjno-remontowych urządzeń elektrycznych oraz operacjach łączeniowych i czynnościach pomiarowych. Zadaniem środków ochrony osobistej jest ochrona człowieka przed porażeniem elektrycznym, obrażeniami mechanicznymi, działaniem łuku elektrycznego, ostrzeżenie człowieka o istnieniu napięcia i zbliżaniu się do miejsc niebezpiecznych. Do środków ochrony osobistej zaliczamy sprzęt ochronny i narzędzia pracy (patrz rozdz. 7.6),
- ochronę podstawową (przed dotykiem bezpośrednim),
- ochronę przy uszkodzeniu.

3.2 Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)

5. Jakie środki ochrony podstawowej stosuje się przed dotykiem bezpośrednim?

(Ochrona podstawowa uniemożliwia niezamierzone dotknięcie części czynnych lub niezamierzone dostanie się do niebezpiecznej strefy w pobliżu napięcia.

W instalacjach elektroenergetycznych wysokiego napięcia stosowane są następujące środki ochrony podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim):

- ochrona przez zastosowanie obudów,
- ochrona przez zastosowanie przegród (ogrodzeń) - dopuszcza się stosować tylko w zamkniętych strefach ruchu elektrycznego,
- ochrona przez zastosowanie przeszkód - jw.,
- ochrona przez umieszczenie poza zasięgiem.

Ochroną należy objąć części czynne, części mające tylko izolację roboczą oraz części, które mogą przenosić niebezpieczny potencjał.

Przykładami takich części są:

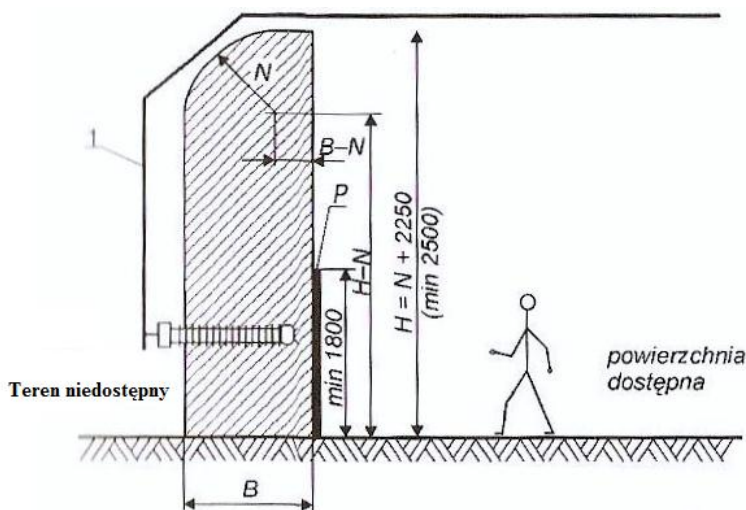
- części czynne dostępne;
- części instalacji, w których zostały zdjęte uziemione metalowe powłoki lub przewodzące ekrany kabli;
- kable i akcesoria bez uziemionych metalowych powłok lub uziemionych przewodzących ekranów elastomerowych, a także giętkich przewodów izolowanych bez przewodzących ekranów elastomerowych;
- zakończenia i przewodzące powłoki kabli, jeżeli mogą przenosić niebezpieczne napięcia;
- izolujące korpusy izolatorów i inne podobne części, np. aparaty elektryczne z izolacją z lanych żywic, jeżeli może na nich wystąpić niebezpieczne napięcie dotyku;
- podstawy lub obudowy kondensatorów, przekształtników i transformatorów przekształtnikowych, które mogą przenosić napięcie podczas normalnej pracy;
- uzwojenia maszyn elektrycznych, transformatorów i dławików.

6. Na czym polega ochrona za pomocą obudowy?

Ochrona za pomocą obudowy polega na stosowaniu elementu zapewniającego ochronę urządzenia przed określonymi wpływami zewnętrznymi oraz ochroni; przed dotykiem bezpośrednim z dowolnej strony. Wykonuje je producent urządzeń zgodnie z normą wyrobu.

7. Na czym polega ochrona za pomocą przegrody?

$B=N$ ścianki pełne bez otworów
 $B= N+80$ siatka druciana/osłona
 IP2X ($U_m \leq 52$ kV)
 $B=N+100$ siatka druciana/osłona
 IP1XB ($U_m > 52$ kV)



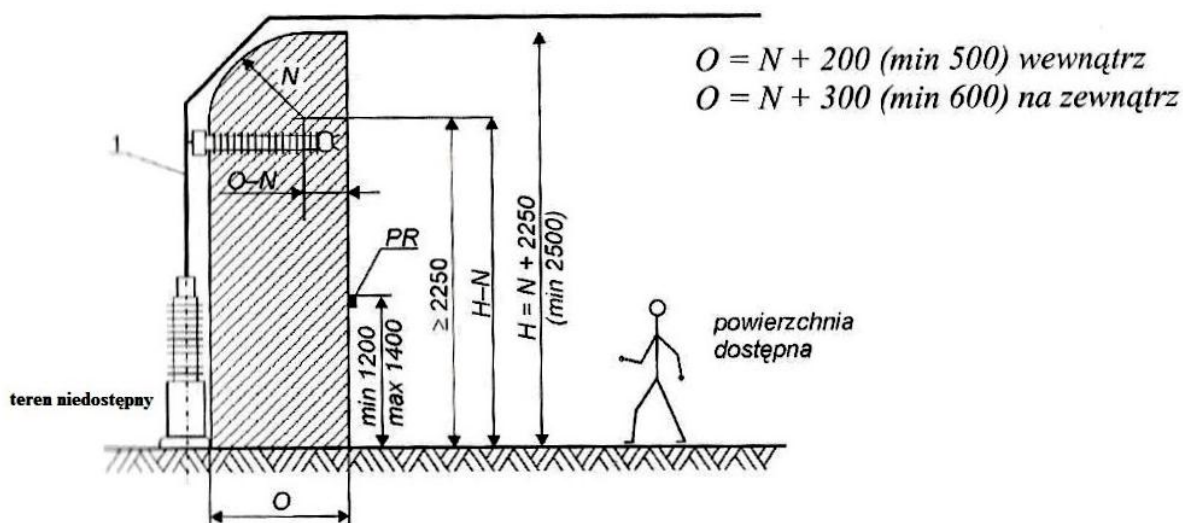
Rys. 3.1. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim za pomocą przegród wewnątrz zamkniętych obszarów ruchu elektrycznego: P- przegroda, N- odstęp minimalny zależny od zakresu napięcia, B- odstęp przegrody, 1- część czynna

Ochrona za pomocą przegrody polega na stosowaniu elementów zapewniających, że żadna część ciała ludzkiego nie może osiągnąć niebezpiecznej strefy w pobliżu części czynnej (rys. 3.1).

Przegrodami mogą być pełne ściany, drzwi lub osłony (siatki z drutu) o minimalnej wysokości 1800 mm.

8. Na czym polega ochrona za pomocą przeszkody?

Ochrona za pomocą przeszkody polega na stosowaniu elementów chroniących przed niezamierzonym dotykiem bezpośrednim, lecz nie chroniących przed dotykiem bezpośrednim spowodowanym działaniem rozmyślnym (rys. 3.2). Przeszkodami mogą być przykrycia, poręcze, łańcuchy i liny, jak i też ściany i drzwi oraz ekrany o wysokości mniejszej niż 1800 mm.

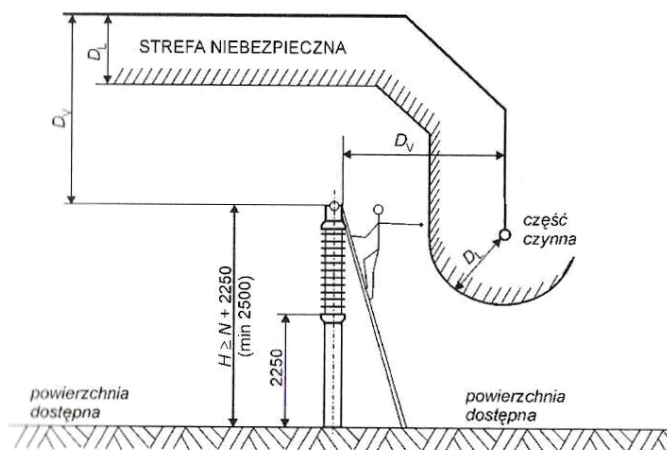


Rys. 3.2. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim za pomocą przeszkód wewnątrz zamkniętych obszarów ruchu elektrycznego: PR- przeszkoda, N- odstęp minimalny zależny od zakresu napięciowego, 1- część czynna

9. Na czym polega ochrona za pomocą umieszczenia poza zasięgiem?

Ochrona za pomocą umieszczenia poza zasięgiem polega na umieszczeniu części czynnych na zewnątrz strefy rozciągającej się od powierzchni, na której osoby zwykle mogą stać lub poruszać się, do granicy, do której można dosięgnąć rękami w dowolnym kierunku.

Na rys. 3.3 przedstawiono wysokości minimalne i minimalne odległości zbliżenia wewnątrz zamkniętych obszarów ruchu elektrycznego.



Rys. 3.3. Wysokości minimalne i minimalna odległość zbliżenia wewnątrz zamkniętych obszarów ruchu elektrycznego (odstęp podano w mm): N- minimalny odstęp zależy od zakresu napięciowego, D_L - odstęp w powietrzu wyznaczający zewnętrzną granicę strefy prac pod napięciem, D_V - odstęp w powietrzu wyznaczający zewnętrzną granicę strefy w pobliżu napięcia

3.3. Środki ochrony ludzi przy uszkodzeniu

10. Jakie środki stosuje się do ochrony ludzi przy uszkodzeniu?

Do ochrony ludzi przed porażeniem elektrycznym przy uszkodzeniu stosuje się uziemienie ochronne. Uziemieniu ochronnemu podlegają części przewodzące, które nie są częściami czynnymi.

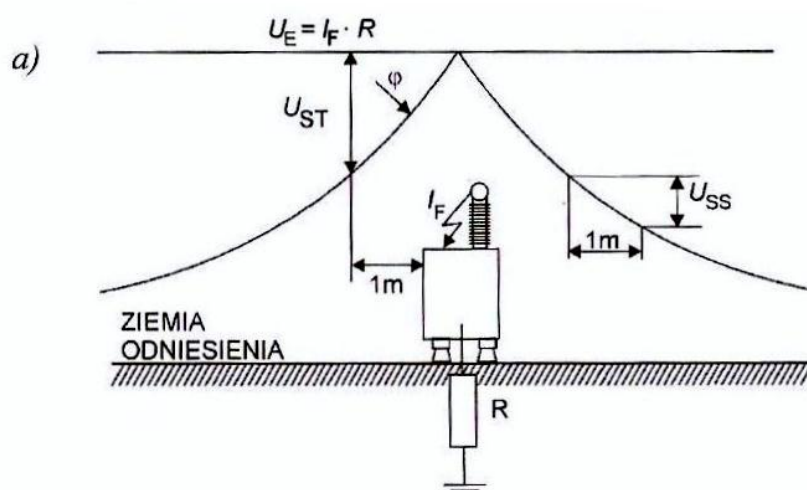
Dla zmniejszenia zagrożenia porażeniowego łącznie z uziemieniem ochronnym można stosować uzupełniające środki ochrony w postaci:

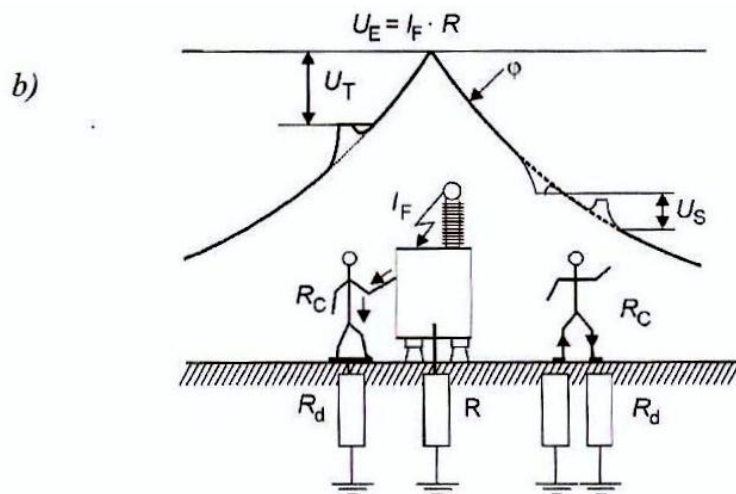
- izolacji stanowisk obsługi (pokrycie izolacyjne, warstwa tłucznia, warstwa asfaltu),
- wykonania zewnętrznych ścian z materiałów nieprzewodzących (np. ścian murowanych) i unikania metalowych uziemionych części, które można dotknąć z zewnątrz,
- wyrównania potencjałów przez zastosowanie uziomu poziomego ułożonego na głębokości najwyżej 0,5 m, na zewnątrz ściany, w odległości 1 m od niej i połączonego z układem uziomowym,
- zastosowania ogrodzenia z materiału nieprzewodzącego lub siatki drucianej pokrytej tworzywem sztucznym, w przypadku ogrodzenia wykonanego z materiału przewodzącego zastosowania sterowania potencjału za pomocą uziomu poziomego ułożonego na zewnątrz ogrodzenia i połączonego z uziomem poziomego ułożonego na zewnątrz ogrodzenia w odległości około 1 m i na głębokości najwyżej 0,5 m.

11. Jakie napięcia (z zakresu ochrony od porażen) związane są z instalacją uziemiającą?

Z instalacją uziemiającą związane są następujące napięcia (patrz rys. 3.4):

- **Napięcie uziomowe (U_E):** napięcie występujące podczas doziemienia między uziomem (układem uziomowym) a ziemią odniesienia
- **Potencjał na powierzchni gruntu (ϕ):** potencjał punktu na powierzchni gruntu względem potencjału ziemi odniesienia.
- **Napięcie dotykowe rażeniowe (U_T):** część napięcia uziomowego, która może pojawić się na ciele człowieka, gdy prąd rażenia płynie na drodze ręka-stop. Przyjmuje się, że odległość pozioma od części dotykanej ręką wynosi 1 m.





Rys. 3.4. Napięcia związane z instalacją uziemiającą: ϕ – krzywa rozkładu potencjału ziemi, I_F – prąd zwarcia doziemnego, U_E – napięcie uziomowe, R_C – rezystancja ciała ludzkiego, R_d – rezystancja stanowiska; a) spodziewane napięcie dotykowe U_{ST} i spodziewane napięcie krokowe U_{SS} , b) napięcie rażeniowe dotykowe U_T i napięcie rażeniowe krokowe U_S

- **Napięcie dotykowe spodziewane (U_{ST})**- napięcie, które może pojawić się podczas doziemienia między częścią przewodzącą i ziemią (punktem na powierzchni ziemi w odległości 1 m), gdy wymienione elementy nie są dotykane przez człowieka.
- **Napięcie krokowe rażeniowe (U_S)**: część napięcia uziomowego, która może pojawić się na ciele człowieka między stopami rozstawionymi na odległość 1 m, gdy prąd przepływa na drodze stopa stopa.
- Napięcie krokowe spodziewane (U_{SS})

12. Jaka jest największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego rażeniowego?

Największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego rażeniowego zależy od czasu przepływu prądu rażeniowego, np.:

- dla $t = 10 \text{ s}$ $UTP = 80 \text{ V}$
- dla $t \gg 10 \text{ s}$ $UTP = 75 \text{ V}$

13. 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 obuwie 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”.

Tablica 4.3. Wartości współczynników rozruchu α

Rodzaj rozruchu	Kilka rozruchów na dobę		Więcej niż kilka rozruchów na dobę	
	Wkładka topikowa o działaniu			
	szybkim	opóźnionym	szybkim	opóźnionym
Lekki $M_h = (0,3 \div 0,6)M_n$	2,5	3,0	2,0	2,5
Średni $M_h = (0,6 \div 1,0)M_n$	2,0	2,5	1,8	2,0
Ciężki $M_h = (1,0 \div 1,5)M_n$	1,6	1,6	1,5	1,5
Bardzo częsty	–	–	1,4	1,4
M_n – moment znamionowy silnika		M_h – moment hamujący urządzenia napędzanego		

4.2.2.3. Zakres badań technicznych odbiorczych dla elektrycznych urządzeń napędowych [L18]

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 1000 V – w przypadku uzwojeń o napięciu wyższym niż 500 V do 1000 V, megaomierzem o napięciu 2500 V – w przypadku uzwojeń o napięciu wyższym niż 1000 V.

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 [N31]
Rozruch i ruch próbny.	Brak niewłaściwych objawów podczas: 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.	
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

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).
	Przerwa w rozruszniku lub zły styk między szczotką a pierścieniem (w silniku pierścieniowym).	Sprawdzić obwody induktorem lub lampką kontrolną. Usunąć przerwę w rozruszniku. Oczyścić pierścienie.
	Przerwa w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić induktorem 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.
	Zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić uzwojenia fazowe za pomocą pomiaru ich rezystancji lub sprawdzić cały stojan i wirnik elektromagnesem do wykrywania zwarc. Zaizolować miejsce zwarcia lub przezwoić wirnik lub stojan.
	Wadliwe połączenie uzwojenia: - na tabliczce zaciskowej, - przy przełączniku gwiazda – trójkąt, - wewnątrz uzwojenia.	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. Sprawdzić schemat połączeń oraz jakość styków przełącznika. Sprawdzić łączenie wewnątrz uzwojenia na podstawie schematu uzwojenia.
	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.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Po włączeniu bezpieczniki przepalają się lub następuje zadziałanie wyłącznika samoczynnego.	Pomyłkowe załączenie silnika pierścieniowego przy zwartym rozruszniku lub zwartych pierścieniach (podniesionych szczotkach).	Zmienić położenie rozrusznika. Opuścić szczotki na pierścienie.
	Zwarcie w linii zasilającej (między zabezpieczeniem a silnikiem) lub na tabliczce zaciskowej.	Wyjąć bezpieczniki. Sprawdzić linię induktozem i usunąć zwarcie.
	Zwarcie dwóch faz z kadłubem lub zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego.	Sprawdzić induktozem. Zaizolować uzwojenie w miejscu zwarcia lub przezwoić silnik.
	Błąd w połączeniu uzwojeń.	Sprawdzić układ połączeń uzwojeń.
	Nieodpowiednie zabezpieczenie (zbyt słabe) silnika.	Zmienić bezpieczniki lub nastawienie wyłącznika samoczynnego.
Zbyt mała prędkość obrotowa silnika przy obciążeniu.	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 induktozem uzwojenia faz silnika. Usunąć przerwę w fazie.
	Przeciążenie silnika.	Zmniejszyć obciążenie.
	Zbyt duża rezystancja uzwojenia wirnika: – w silnikach klatkowych - wylutowanie się pręta wirnika, wady odlewu w postaci dziur i pęcherzy w prętach odlewanych z aluminium lub pęknięcia prętów lub pierścieni, – w silnikach pierścieniowych - zły styk na pierścieniach lub w przyrządzie zwierającym, przerwa w uzwojeniu lub na zaciskach wirnika.	Sprawdzić klatkę wirnika za pomocą oględzin oraz usunąć uszkodzenie lub wykonać nową klatkę wirnika. Sprawdzić połączenia oraz zbadać lampką kontrolną obwód wirnika. Usunąć przerwę.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
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 niedostosowane do napięcia sieci.	Na przykład silnik przeznaczony do rozruchu za pomocą przełącznika gwiazda-trójkąt o napięciu 220/380 V zasilany z sieci 3×380 V. Napięcie silnika powinno być 660/380 V.
Nadmierne grzanie się silnika podczas pracy (z silnika wylatuje dym).	Niewłaściwe warunki pracy: - przeciążenie, - zbyt niskie napięcie zasilające, asymetria napięć lub praca jednofazowa, - utrudnione chłodzenie, - zbyt duża temperatura otoczenia.	Zmierzyć prąd pobierany przez silnik przy obciążeniu i porównać go z wartością prądu wg tabliczki znamionowej. Zmniejszyć obciążenie lub zastosować silnik o większej mocy. Sprawdzić napięcie na zaciskach podczas pracy silnika. Zdemontować silnik, zbadać wentylatory i osłony. Oczyszczyć i przedmuchać sprężonym powietrzem uzwojenie oraz kanały wentylacyjne. 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. Przewoźić 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. Wylączyć 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 zwarć.
	Jednofazowa praca wirnika silnika pierścieniowego wskutek przerwy lub złego styku w obwodzie jednej fazy.	Sprawdzić obwód wirnika induktorem 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 zwarć. Przewoic 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.
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 iskrzenie) 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.

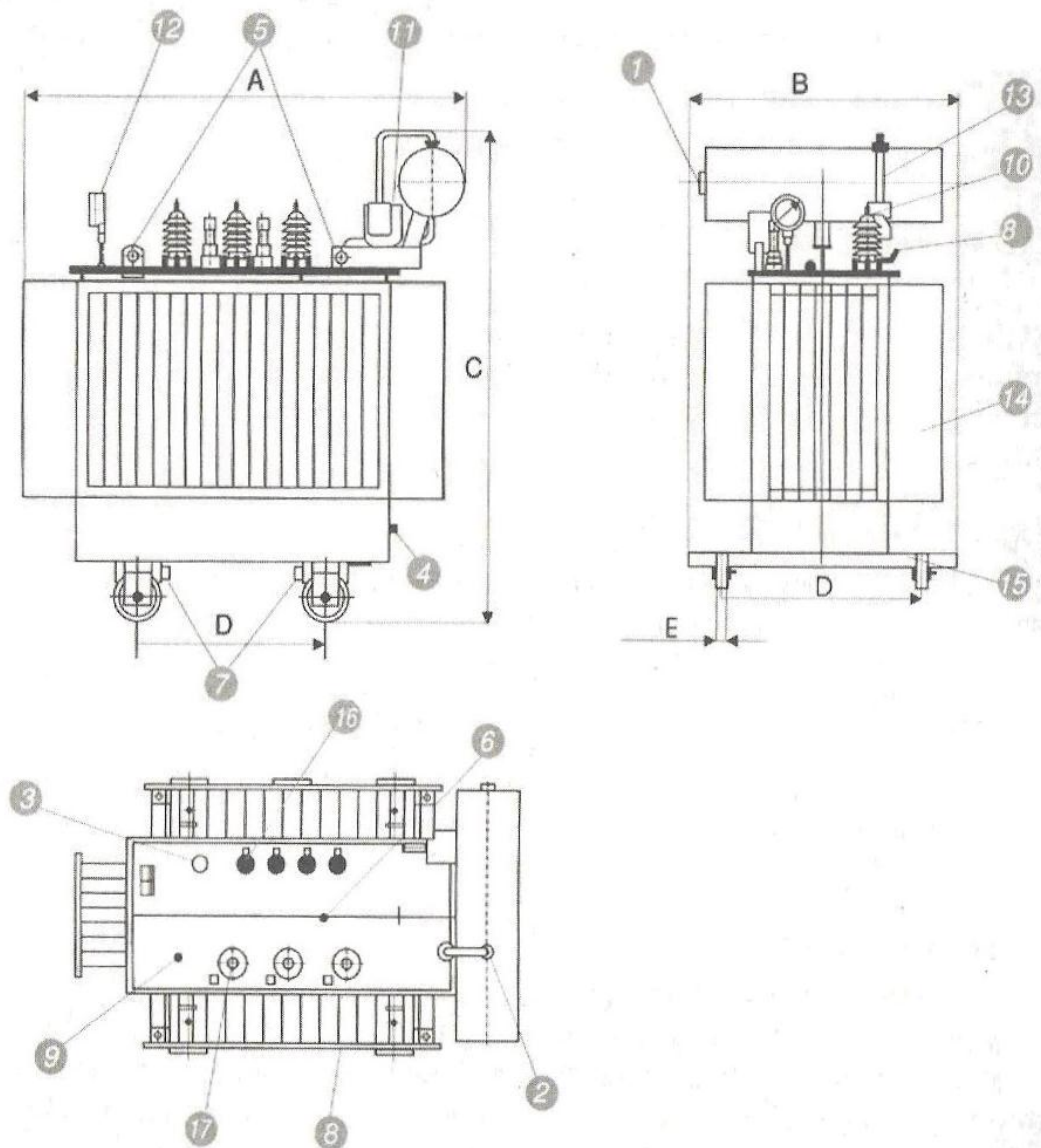
Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne hałasy silnika	Zwarcie zwojowe w jednej fazie stojana podczas pracy.	Sprawdzić, czy występuje lokalne przegrzanie się na połączeniach czołowych. Sprawdzić elektromagnesem, czy nie ma zwarcia. Przejrzeć.
	Praca silnika na dwóch 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.
	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 łożyskowych w tarczach, sprawdzić łożyska.
	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.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne nagrzewanie się łożysk tocznych.	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.
	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 wibracja maszyny podczas biegu.	Wadliwe sprzęgnięcie maszyny napędzanej z silnikiem napędzającym.	Ustawić dokładnie współosiowo wały obu maszyn. Po przykręceniu do podstawy ponownie sprawdzić współosiowość na połówkach 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. Wyrównać lub wymienić wał.
	Nadmierny luz w łożyskach ślizgowych.	Sprawdzić luzy 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 zwarcie w uzwojeniu.

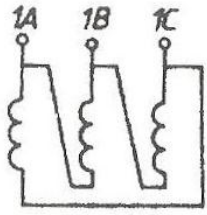

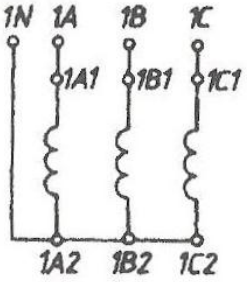

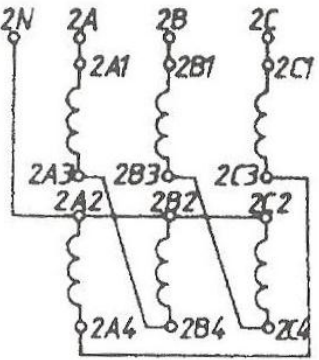
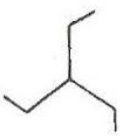
4.2.2.5. Podstawowe uszkodzenia silników prądu stałego, ich objawy i sposoby usuwania

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
1. Iskrzenie szczotek	1.1. Nieprawidłowo ustawione szczotki 1.2. Szczotki w złym stanie i nieprawidłowo umieszczone 1.3. Szczotkotrzymacze są ustawione nieprawidłowo lub zbyt słabo umocowane 1.4. Za mały lub zbyt duży docisk szczotek 1.5. Nieodpowiedni gatunek szczotek 1.6. Zanieczyszczony komutator, brak izolacji między wycinkami komutatora 1.7. Zwarcia między chora-giewkami komutatora 1.8. Zwarcia międzyzwojowe w cewce lub cewkach wirnika 1.9. Niedostateczny styk lub brak połączeń wyrównawczych 1.10. Przerwa w połączeniu uzwojenia z wycinkiem 1.11. Nierównomierna szczeli-na powietrzna 1.12. Zwarcie w obwodzie zewnętrznym	Sprawdzić: stan szczotek, ich wymiary w stosunku do szczotkotrzymacza, luzy szczotkotrzymacza, kierunek wirowania (jeżeli szczotki ustawione są pod kątem). Gatunek szczotek porównać z zalecanym przez wytwórcę. Ujednotlić nacisk szczotek Silnik trudno rusza lub pracuje z nienormalną prędkością. Sprawdzić stan gładkości komutatora, lutowania cewek do wycinków – ewentualne uszkodzenia naprawić, oczyścić izolację międzywycinkową. Zaczernieniu ulegają niektóre wycinki komutatora. Obtoczyć komutator, sprawdzić łączenia i przerwy. Sprawdzić luzy łożyskowe, sprawdzić szczelinę
	1.13. Szczotki ustawione poza strefą neutralną 1.14. Wystająca izolacja międzywycinkowa	Iskrzenie przy wirowaniu w jedną stronę jest intensywniejsze niż przy obracaniu się w stronę przeciwną, prędkość wirowania silnika przy obu kierunkach jest niejednakowa
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.

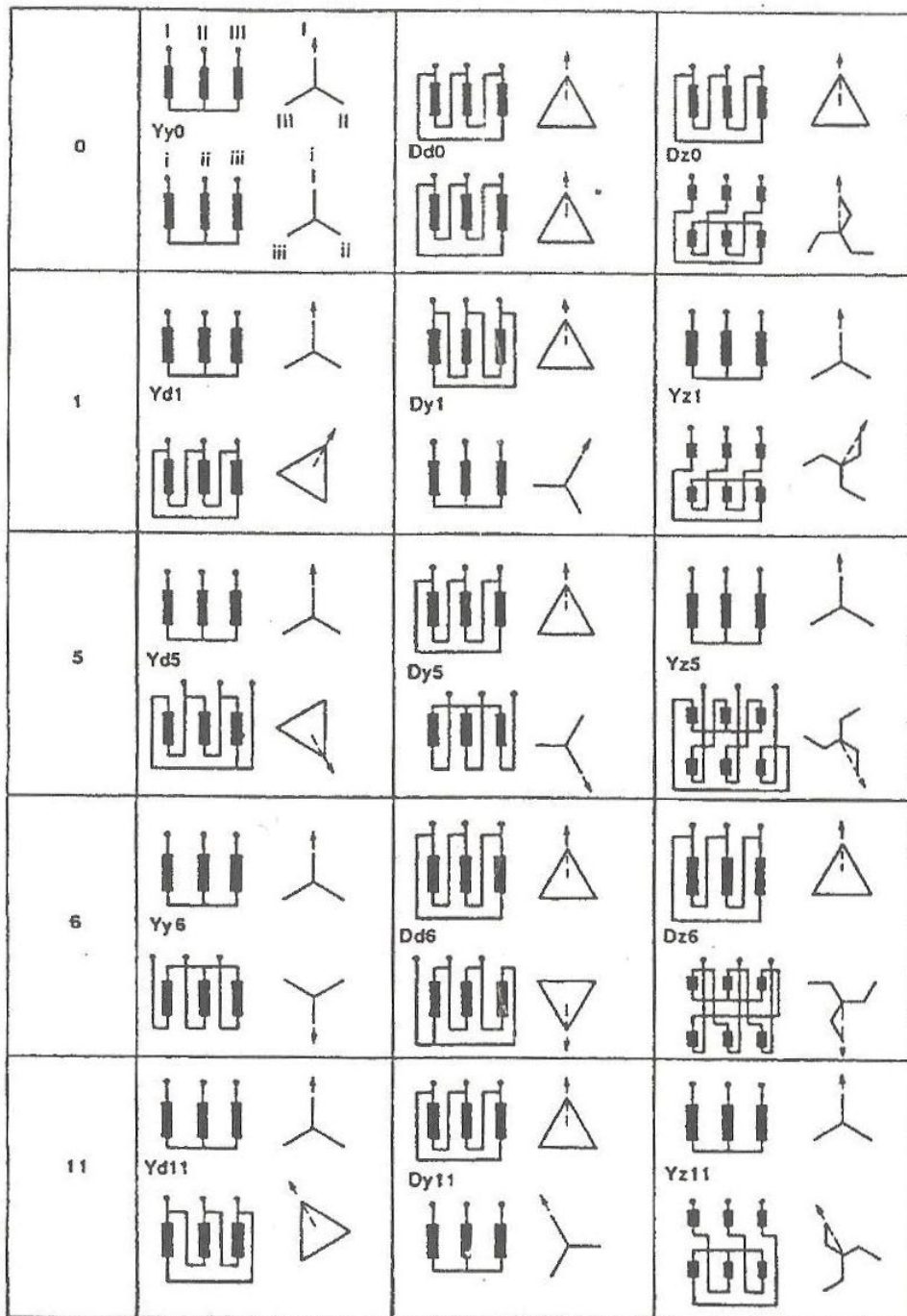
Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
3. Nadmierny przyrost temperatury.	3.1. Nadmierne obciążenie. 3.2. Silnik przystosowany do pracy krótkotrwałej lub dorywczej pracuje za długo.	Sprawdzić wskazania przyrządów, zmienić warunki pracy.
4. Nadmierny przyrost temperatury 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 międzywycinkowe.	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.
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 międzyzwojeniowe i izolację. Silnik może się rozbiegać.



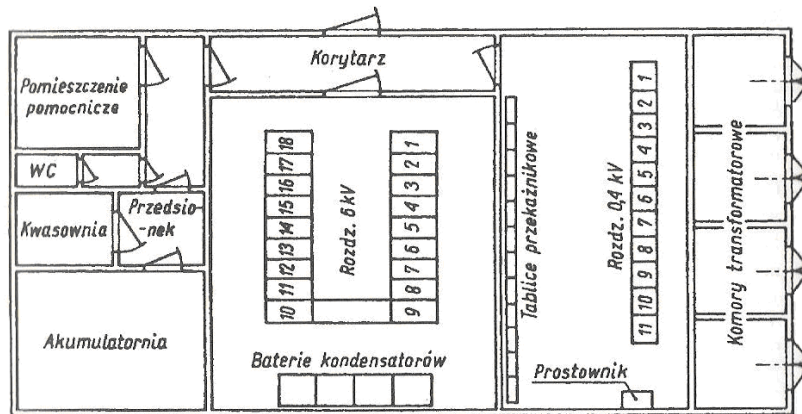
Rys. 4.31. Wyposażenie transformatora rozdzielczego serii TNOSCT o mocy od 1000 do 2000 kVA z konserwatorem oleju: 1 – magnetyczny wskaźnik poziomu oleju, 2 – wlew oleju w konserwatorze, 3 – wlew oleju na pokrywie, 4 – zawór spustowy, 5 – uszy na pokrywie do podnoszenia części wymowlalnej, 6 – głowica przełącznika zaczeów, 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 przepustowy DN, 17 – izolator przepustowy GN

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

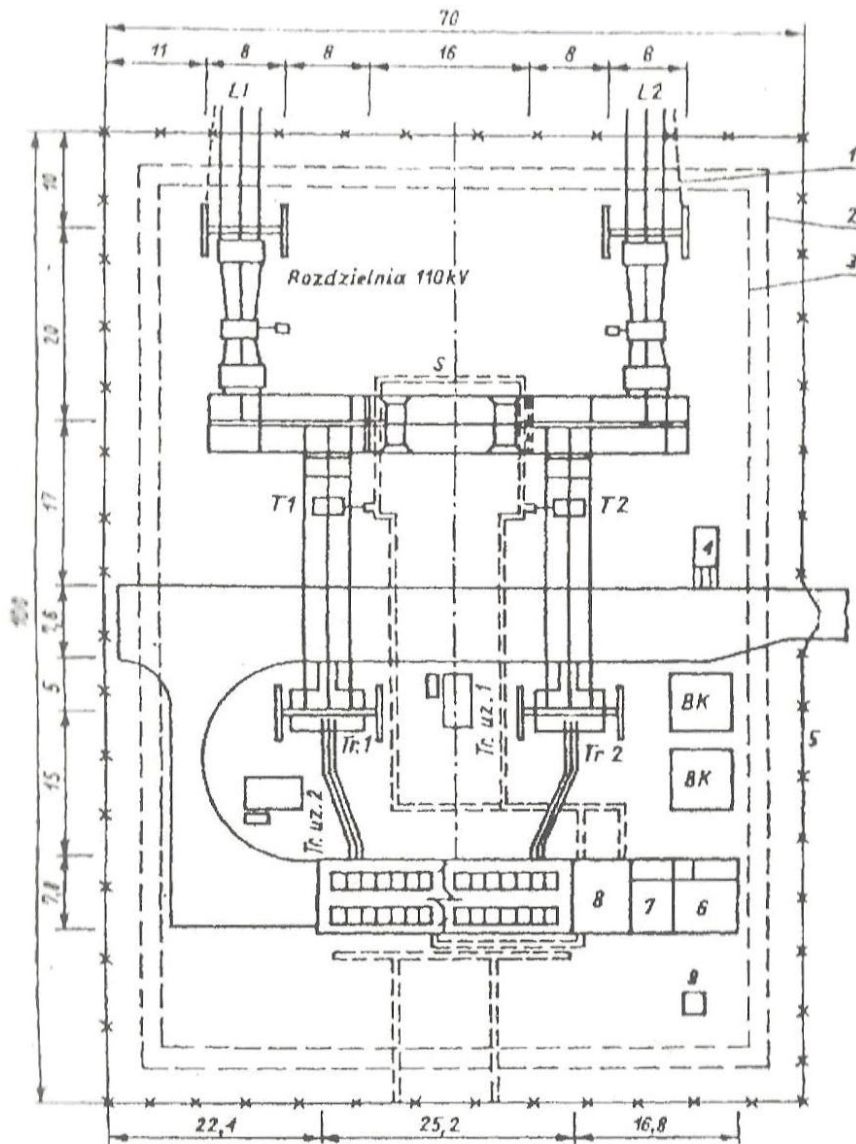
Rys. 4.33. Połączenia uzwojeń transformatora: a) w trójkąt, b) w gwiazdę, c) w zygzak



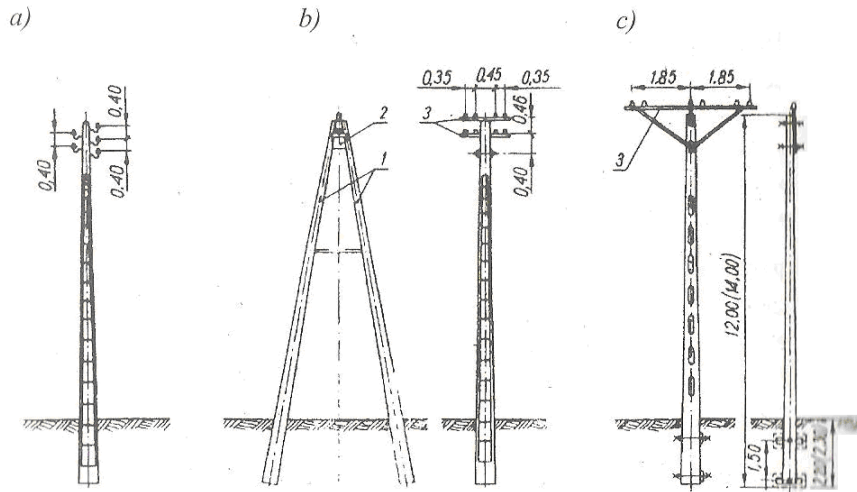
Rys. 4.34. Układy połączeń transformatorów trójfazowych powszechnie stosowanych wg [N71]



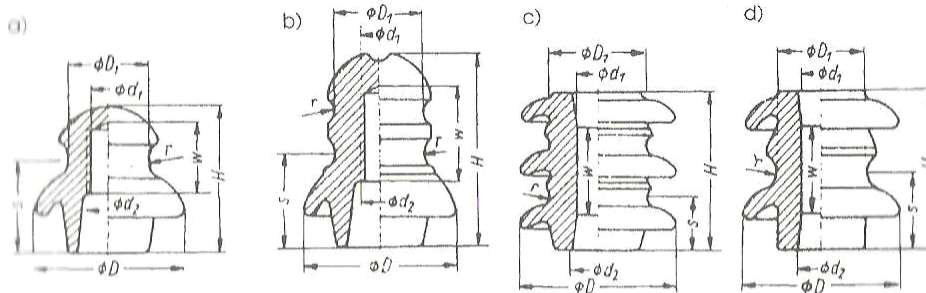
Rys. 4.39. Plan stacji wewnętrznej 6/0,4 kV



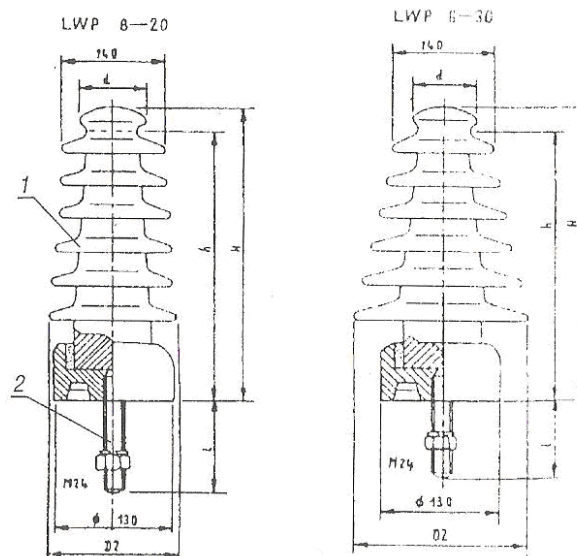
Rys. 4.40. Plan stacji napowietrznej 110/15 kV; Tr1, Tr2 – transformatory 110/15 kV, L1, L2 – pola liniowe 110 kV, S – pole łącznika 110 kV, T1, T2 – pola transformatorowe 110 kV, Tr. uz. – transformator potrzeb własnych; 1 – przewód odgromowy, 2 – uziom wyrównawczy, 3 – uziom otokowy, 4 – wiata na sprzęt przeciwpożarowy, 5 – ogrodzenie stacji, 6 – akumulatornia, 7 – pomieszczenie telekomunikacyjne, 8 – nastawnia, 9 – WC



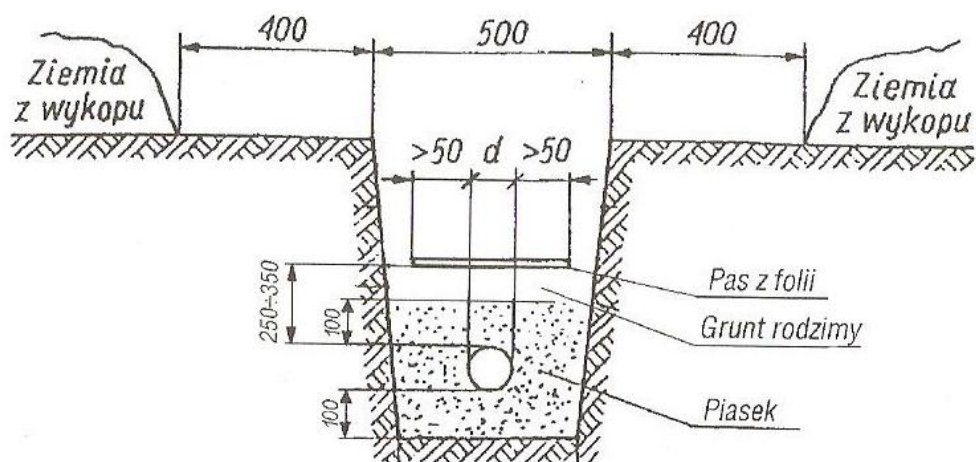
Rys. 4.42a. Słupy żelbetowe: a) przelotowy linii nn, b) odporowy linii nn, c) przelotowy linii średniego napięcia



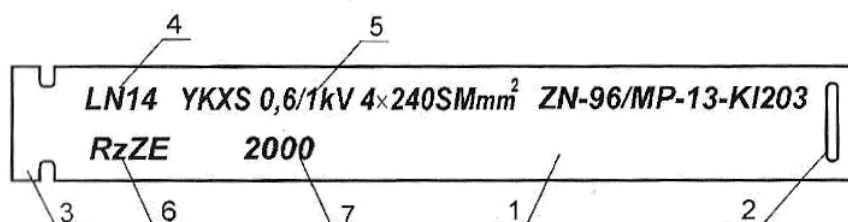
Rys. 4.43. Izolatory liniowe niskiego napięcia: a) izolator jednorodkowy, b) izolator dwurodkowy, c, d) – izolatory szpulowe



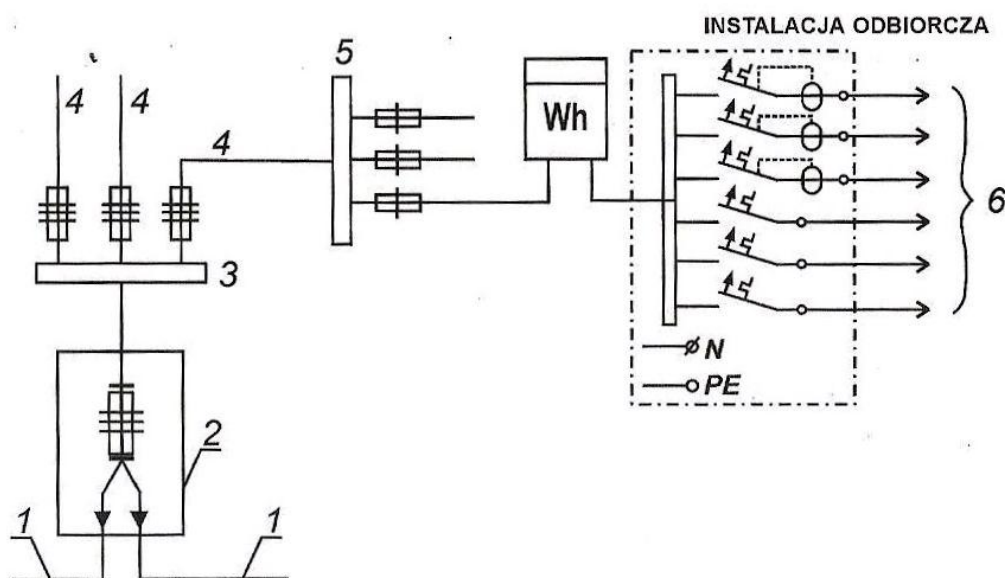
Rys. 4.44. Izolatory liniowe stojące na napięciu powyżej 1 kV do 30 kV: 1 – część izolacyjna, 2 – trzon



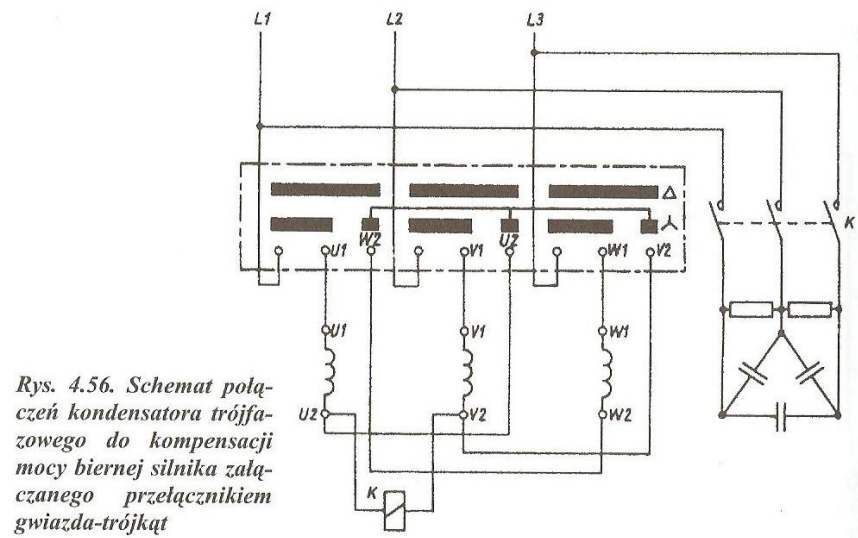
Rys. 4.47. Sposób układania kabli w ziemi: d – zewnętrzna średnica kabla



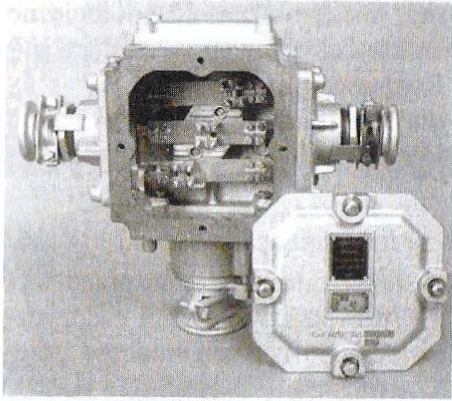
Rys. 4.48. Opaska informacyjna kabla: 1 – folia PCV, 2 – „uszko”, 3 – „języczek”, 4 – numer ewidencyjny linii kablowej, 5 – typ kabla, 6 – znak użytkownika kabla, 7 – rok ułożenia kabla



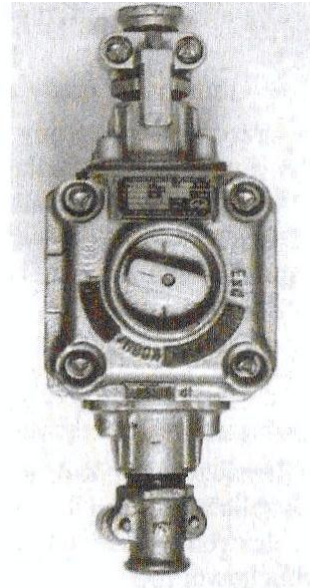
Rys. 4.49. Części funkcjonalne instalacji elektrycznej: 1 – sieć rozdzielcza nn, 2 – złącze, 3 – rozdzielnica główna, 4 – wewnętrzna linia zasilająca, 5 – rozdzielnica piętrowa, 6 – obwody odbiorcze



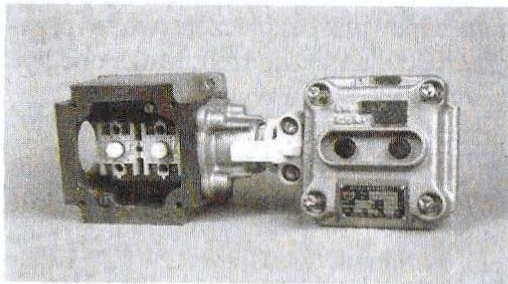
Rys. 4.56. Schemat połączeń kondensatora trójfazowego do kompensacji mocy biernej silnika załączanego przełącznikiem gwiazda-trójkąt



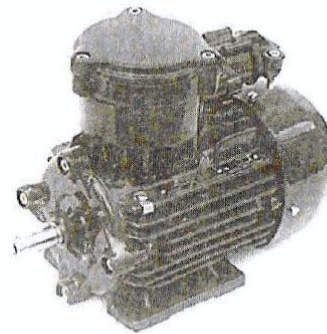
Rys. 4.86. Skrzynka szynowa zaciskowa ognioszczelna typ SSZ-Exd IIBT6



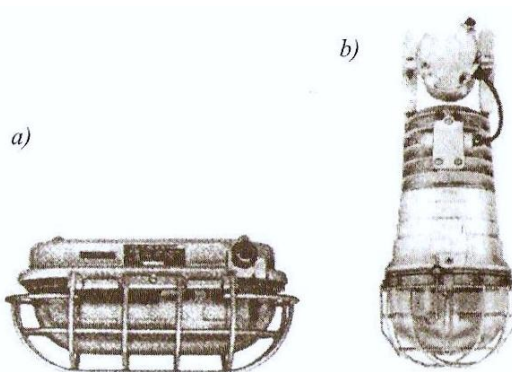
Rys. 4.87. Rozłącznik ręczny ognioszczelny typ WR-10 Exd IIBT6



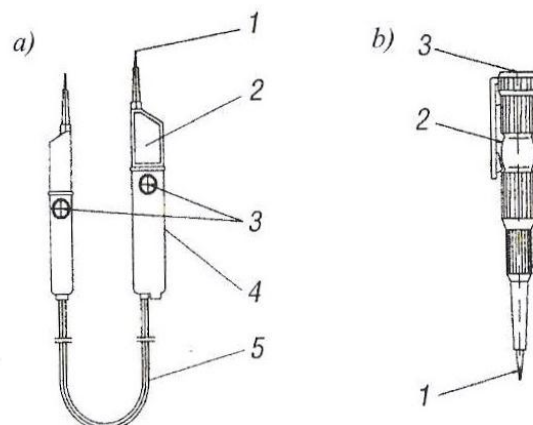
Rys. 4.88. Przycisk sterowniczy ognioszczelny typ PP-62 Exd IIBT6



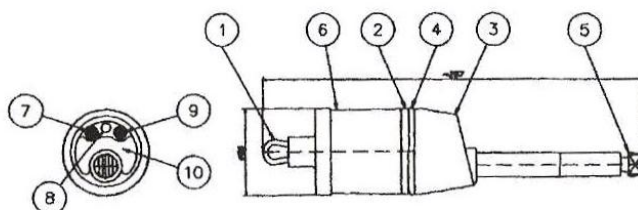
Rys. 4.89. Trójfazowy silnik indukcyjny przeciwwybuchowy w osłonie ognioszczelnej EExd IP-54



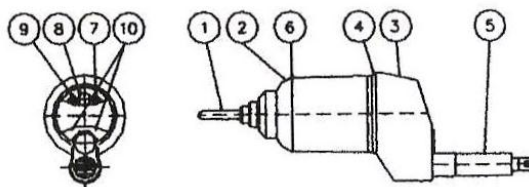
Rys. 4.90. Przeciwwybuchowe oprawy oświetleniowe: a) oprawa kanałowa do źródeł żarowych EExeT1 [100 W], b) oprawa zwieszana dla żarówek mieszanych do 500 W (rtęciowych i sodowych) z wbudowanym statecznikiem. Cecha przeciwwybuchowości EExde IIB T3÷T6



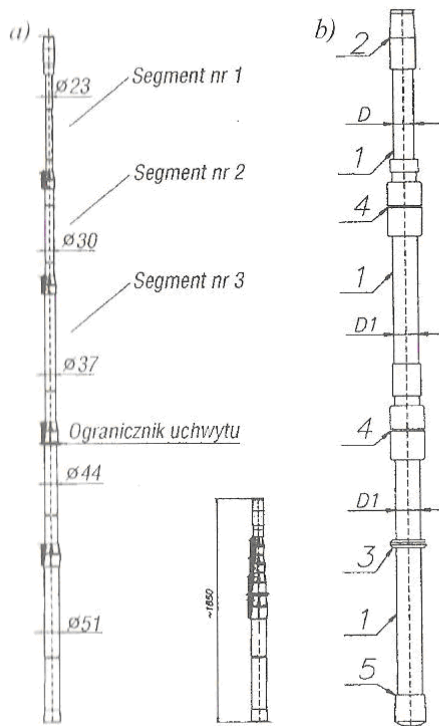
Rys. 7.5. Wskaźniki niskiego napięcia: a) wskaźnik **DUSPOL**: 1 – elektroda dotykowa, 2 – panel wskazania diodowego lub cyfrowego, 3 – przyciski włącznika i wibracji, 4 – korpus, 5 – przewód łączący; b) **jednobiegunowy wskaźnik napięcia stałego i przemiennego VT 20**: 1 – kołek stykowy, 2 – dioda sygnalizacyjna, 3 – końcówka dotykowa oraz wymiany baterii



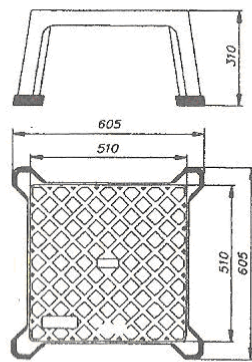
Rys. 7.6. Akustyczno-optyczny wskaźnik napięcia AOWN-4: 1 – kołek stykowy, 2 – obudowa cylindryczna, 3 – korpus, 4 – uszczelka gumowa, 5 – uchwyt mocujący, 6 – tabliczka znamionowa, 7 – dioda czerwona, 8 – wyłącznik, 9 – dioda czerwona, 10 – sygnalizator dźwięku



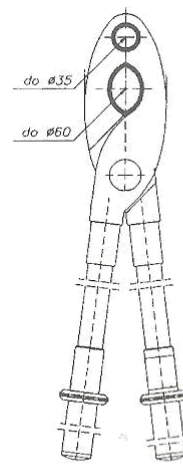
Rys. 7.7. Akustyczno-optyczny uzgadniacz faz AOUF: 1 – kołek stykowy, 2 – obudowa cylindryczna, 3 – korpus, 4 – uszczelka gumowa, 5 – uchwyt mocujący, 6 – tabliczka znamionowa, 7 – dioda czerwona, 8 – wyłącznik, 9 – dioda zielona, 10 – sygnalizator dźwięku



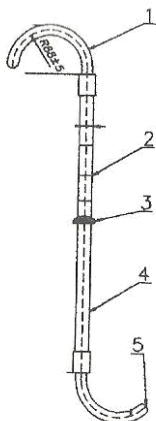
Rys. 7.8. Drażki izolacyjne: a) teleskopowy TDI, b) uniwersalny UDI; 1 – rura izolacyjna, 2 – głowica drążka, 3 – ogranicznik uchwytu, 4 – złącze, 5 – korek gumowy



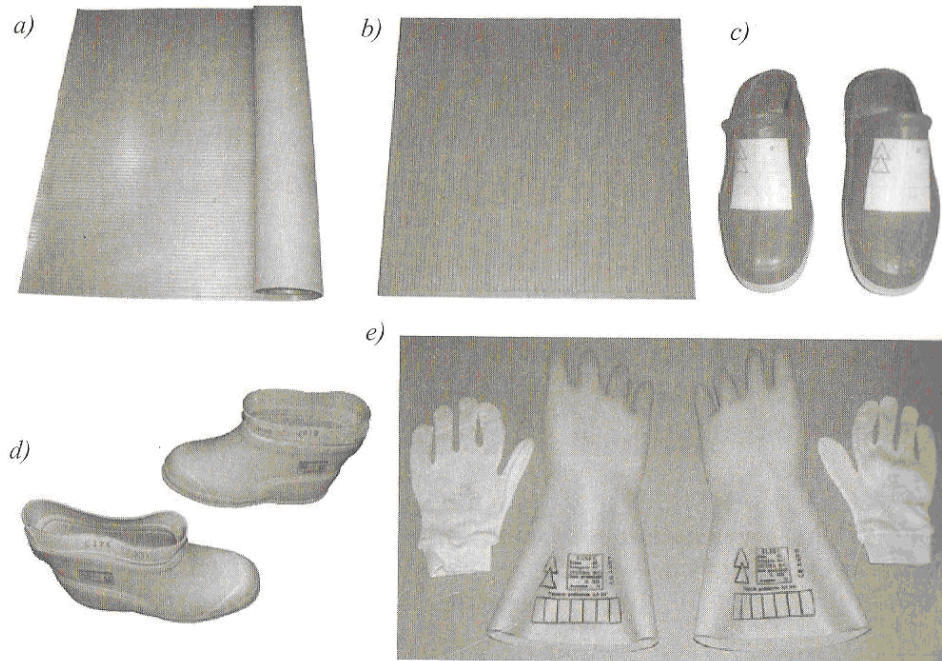
Rys. 7.9. Pomost izolacyjny PI-45



Rys. 7.10. Kleszcze izolacyjne KI-30



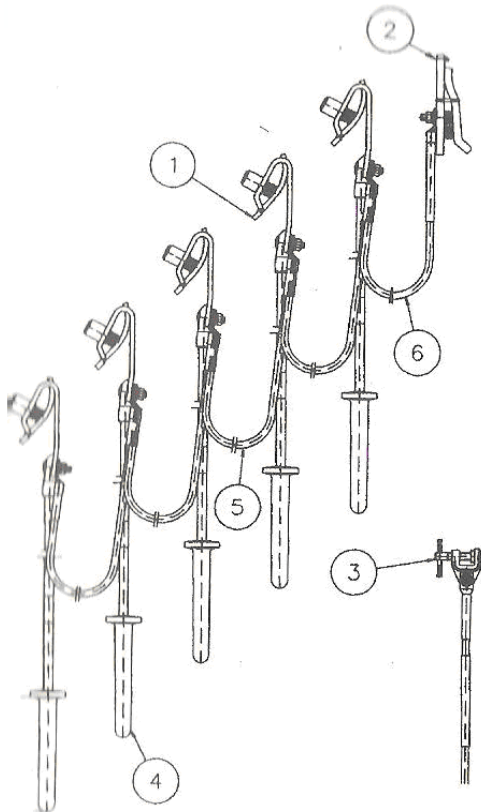
Rys. 7.11. Hak ewakuacyjny HE: 1 – hak izolowany, 2 – część izolacyjna, 3 – ogranicznik uchwytu, 4 – część chwytowa, 5 – rękojeść



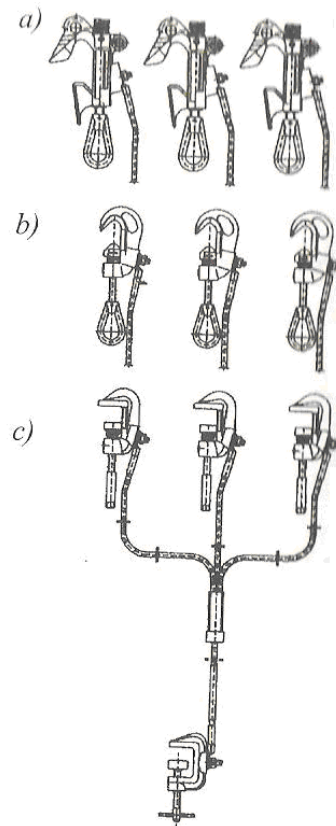
Rys. 7.12. Sprzęt izolacyjny gumowy: a) chodnik elektroizolacyjny, b) dywanik elektroizolacyjny, c) kalosze elektroizolacyjne, d) półbuty elektroizolacyjne, e) rękawice elektroizolacyjne



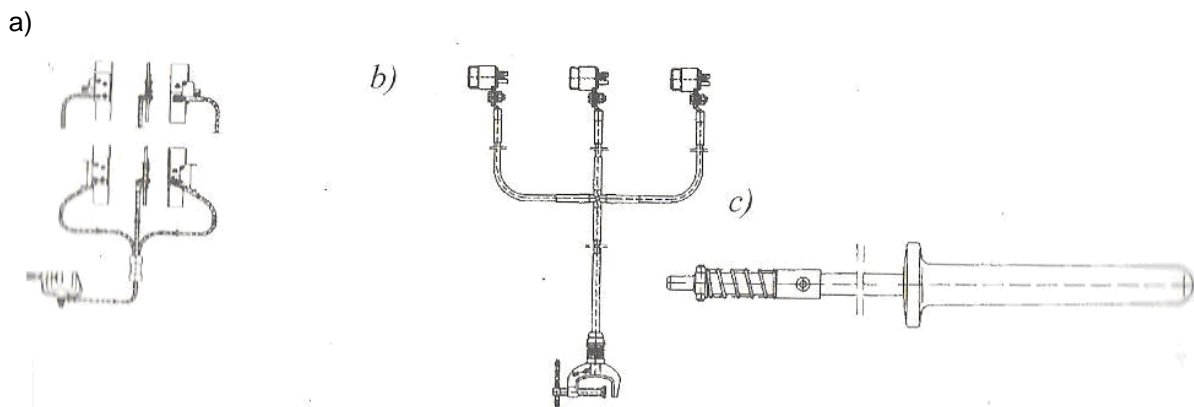
Rys. 7.13. Bezpieczne narzędzia izolowane do prac pod napięciem do 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego



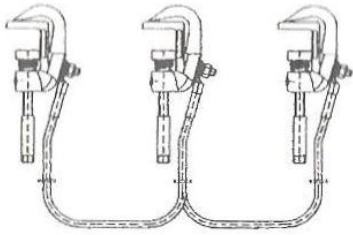
Rys. 7.14. Uziemiacz przenośny niskiego napięcia U-NN: 1- zacisk fazowy zatraskowy, 2- zacisk uziomowy KL, 3- zacisk uziomowy WR-4, 4- przewód izolacyjny, 5- przewód zawierający, 6- przewód uziemiający.



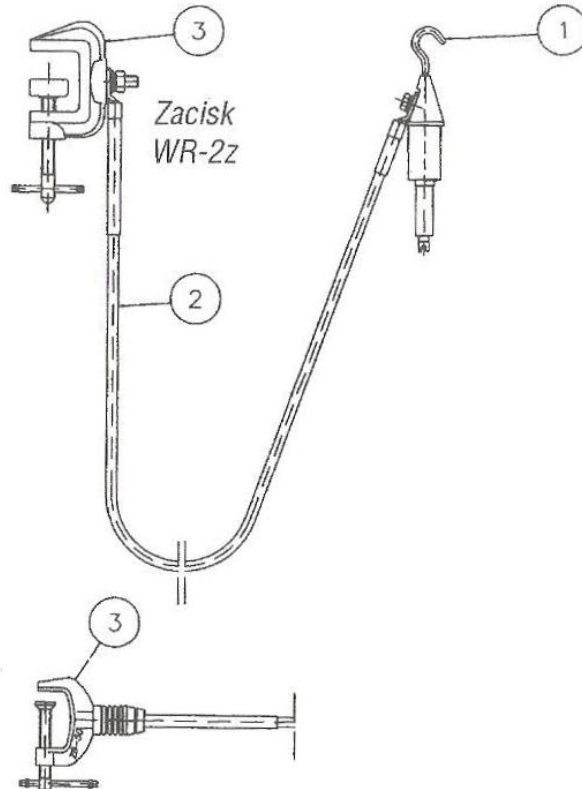
Rys. 7.15. Uziemiacz przenośny U ze złączem izolowanym: a) zacisk WT-3, b) zacisk WT-2, c) zacisk WT-P



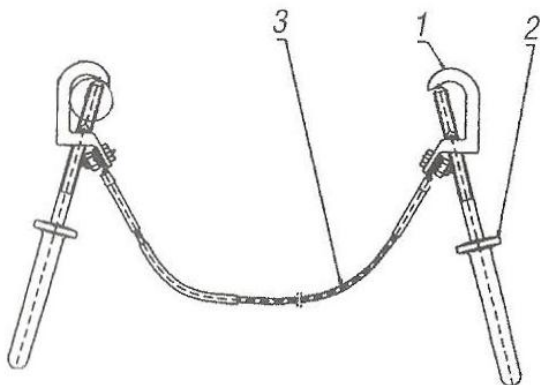
Rys. 7.16. Uziemiacze: a) U-BM do podstaw bezpieczników mocy, b) U-BG do gniazd bezpiecznikowych, c) uchwyt izolacyjny



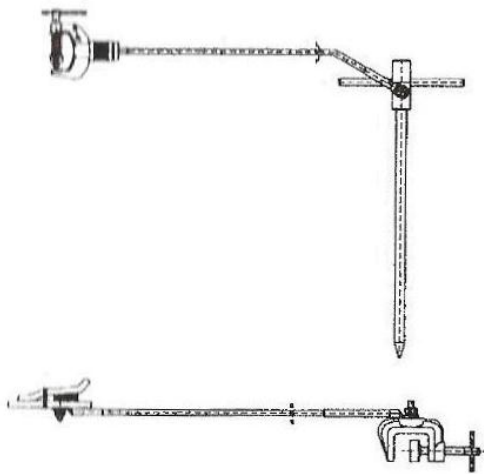
Rys. 7.17. Zwieracz przenośny



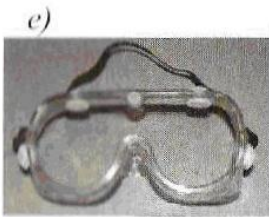
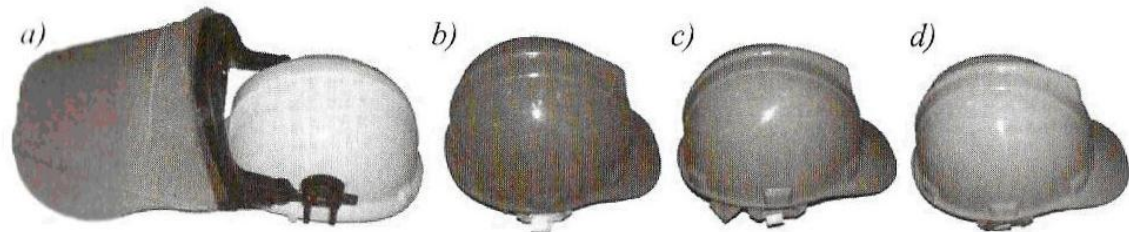
Rys. 7.18. Przyrząd do rozładowywania kondensatorów: 1 – głowica PRK, 2 – przewód rozładowczy, 3 – zacisk WR-2z



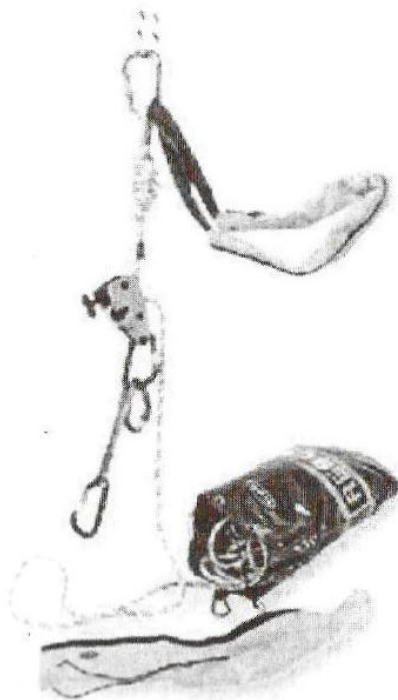
Rys. 7.19. Przyrząd do wyrównywania potencjałów: 1 – zacisk, 2 – uchwyt, 3 – przewód wyrównujący potencjały



Rys. 7.20. Przyrząd do odprowadzania ładunków elektryczności statycznej



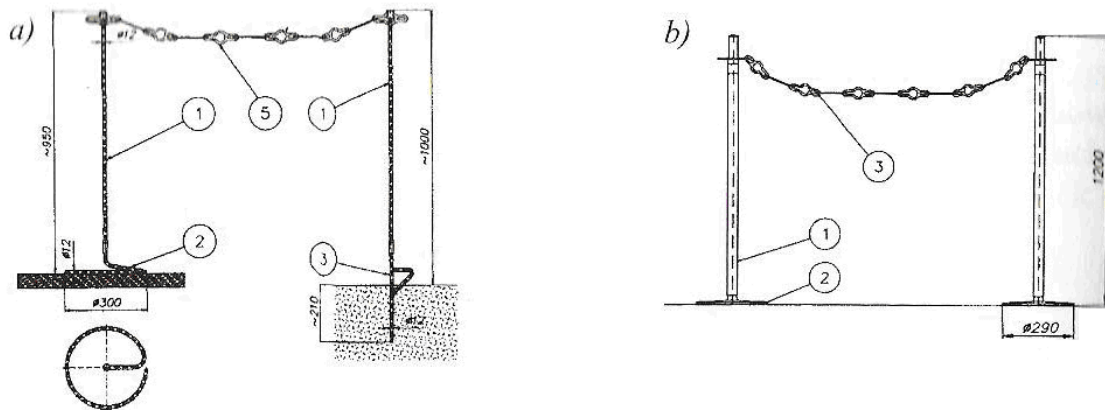
Rys. 7.21. Sprzęt zabezpieczający: a) hełm z osłoną centurion, b) hełm w kolorze czerwonym, c) hełm w kolorze niebieskim, d) hełm w kolorze żółtym, e) okulary



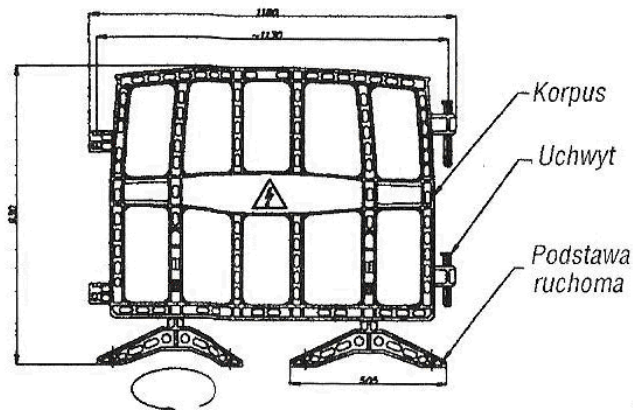
Rys. 7.22. Zestaw ewakuacyjny



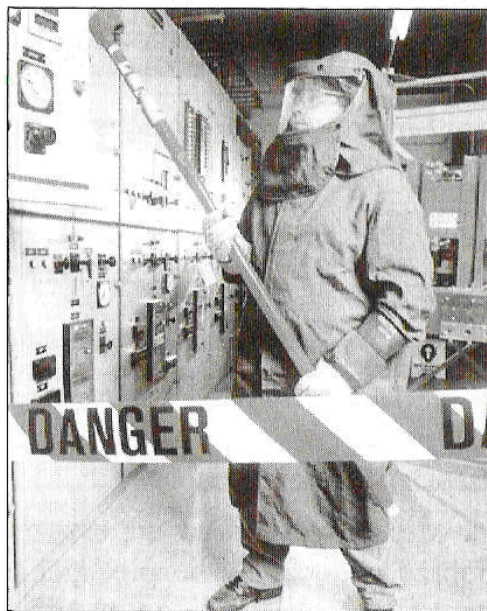
Rys. 7.23. Szelki bezpieczeństwa



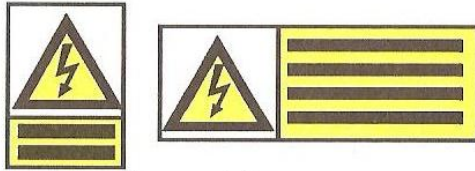
Rys. 7.24. Ogradzenia przenośne: a) typ OPL: 1 – słupek ogrodzenia, 2 – podstawa stawiana, 3 – podstawa wbijana, 5 – ogniwo łańcucha; b) typ OP: 1 – stojak, 2 – podstawa stojaka, 3 – ogniwo łańcucha



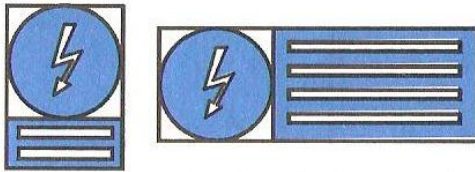
Rys. 7.25. Barierka OPB



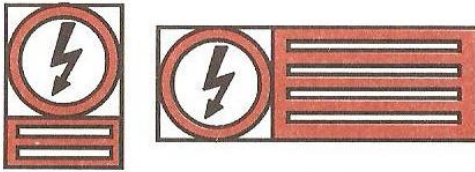
Rys. 7.26. Wyposażenie elektryka w sprzęt ochronny przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem



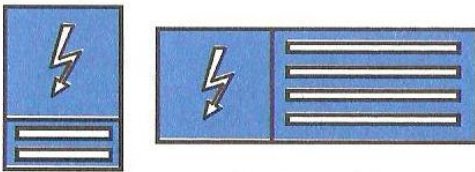
Rys. 7.27. Tablice ostrzegawcze – barwa żółta z czarnym napisem, np.: „Nie dotykać! Urządzenie elektryczne!”



Rys. 7.28. Tablice nakazu – barwa niebieska z białym napisem, np.: „Wyłącz napięcie przed rozpoczęciem pracy”



Rys. 7.29. Tablice zakazu – barwa czerwona z białym napisem, np.: „Nie załączać – pracują ludzie”



Rys. 7.30. Tablice informacyjne – barwa niebieska z białym napisem, np.: „Miejsce pracy”

Załącznik nr 1 do rozdz. 7

.....
(nazwa zakładu pracy)

Załącznik nr 1

.....
(nazwisko i imię poleceniodawcy)Wypełnić czytelnie. Poprawki
w tekście są zabronione.

Polecenie wykonania pracy

nr z dnia 19 r.

1. Kierującemu zespołem – nadzorującemu* wraz z zespołem

.....
(nazwisko i imię kier. zespołem – nadzorującego* łączna ilość osób w zespole)

Polecam wykonać następujące prace:

w obiekcie przy urządzeniach: 1)

2)

3)

2. Planowany termin rozpoczęcia pracy:

3. Planowany termin zakończenia pracy:

1) 20 r. godz. 1) 20 r. godz.

2) 20 r. godz. 2) 20 r. godz.

3) 20 r. godz. 3) 20 r. godz.

(dzień, miesiąc)

(dzień, miesiąc)

4. a) Koordynujący

(nazwisko i imię lub stanowisko)

4. b) Kierownik robót

(nazwisko i imię lub stanowisko)

5. Dopuszczający (osoba przygotowująca miejsce pracy i dopuszczająca do pracy)

1)

2)

(nazwisko i imię lub stanowisko)

6. Warunki i środki bezpiecznego wykonania pracy

7. Numery lub oznaczenia załączników

8. Planowane przerwy w czasie pracy

(Planow. czas przerwy, warunki do spełn. w czasie przerwy)

(podpis poleceniodawcy**)

9. Zmiany w poleceniu

.....
(data).....
(podpis poleceniodawcy**)

*) niepotrzebne skreślić

**) podpis poleceniodawcy albo nazwisko i imię oraz podpis osoby przyjmującej treść polecenia telefonicznie lub drogą radiową.

10. Dopuszczenie do pracy - przerwy w pracy.

Numer kolejny miejsca pracy	Data (dzień miesiąc)	Dopuszczenie do pracy						Przerwy w pracy wymagające ponownego dopuszczenia						
		Na przygotowanie m-ca pracy uzyskano zgodę		Do pracy dopuszczono, miejsce pracy przyjęto				Rodzaj przerwy	godz.	Podpis kierującego zespołem nadzorującym ¹⁾	Podpis dopuszczającego	O przewie pracy z likwidacją miejsca pracy poinformowano		
		godz.	nazwisko koordynującego	godz.	Podpis kierującego zespołem nadzorującym ¹⁾	Podpis dopuszczającego	godz.					nazwisko koordynującego		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		

11. Prace zakończono, narzędzia i materiały usunięto, ludzi z miejsca pracy wyprowadzono w dniu o godz.

.....
 podpis kierującego zespołem nadzorującym¹⁾

12. Likwidowano miejsce(a) pracy, urządzenia przygotowano do ruchu, powiadomiono koordynującego w dniu o godz.

.....
 podpis dopuszczającego

**WYKAZ CZASOOKRESÓW ZALECANYCH W ENERGETYCE ZAWODOWEJ BADAŃ
OKRESOWYCH ORAZ UDZIELANYCH GWARANCJI (W LATACH) DLA WYROBÓW
AKTUALNIE PRODUKOWANYCH I DYSTRYBUOWANYCH
W WYTWÓRNI SPRZĘTU ELEKTROENERGETYCZNEGO AKTYWIZACJA KRAKÓW
Spółdzielnia Pracy**

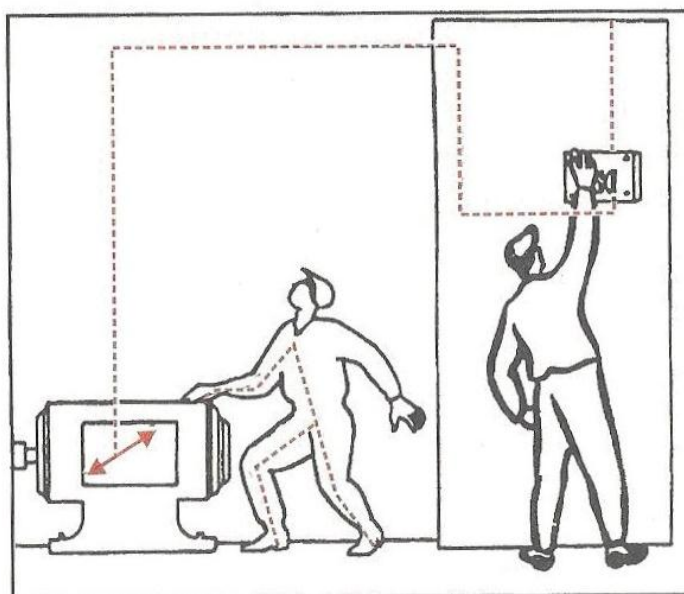
Nazwa wyrobów	Typ	Badania okresowe	Gwarancja
Akustyczno-optyczny wskaźnik napięcia	AOWN-4	1	1***
Wskaźnik niskiego napięcia	C.A. 704	1	2
Wskaźnik niskiego napięcia	C.A. 760	1	2
Wskaźnik niskiego napięcia (wszystkie typy)	DUSPOL	1	2
Jednobiegunowy wskaźnik niskiego napięcia	VT 20	1	2
Akustyczno-optyczny uzgadniacz faz	AOUF-1/2	1	1***
Wskaźnik diodowy szynowy	WDS	–	1
Pasywny wskaźnik napięcia VisiVolt™	VV-A, VV-B	–	1
Wskaźnik trakcyjny napięcia stałego	WTNS-1	1	1***
Miernik wysokości	CHM	–	1
Cęgi do pomiaru rezystancji uziemień C.A.6415	C.A.6415	1	2
Pirometr	PT 350	–	1
Uniwersalny drążek izolacyjny	UDI	3(1**)	3
Drążek do przenoszenia przewodów oponowych	DPPO-B	3(1**)	3
Drążek izolacyjny	DIPS-B,	3(1**)	3
Teleskopowy drążek izolacyjny	TDI	3(1**)	3
Trakcyjny drążek uziemiająco-odłącznikowy	TDO-4-B	3(1**)	3
Przyrząd do rozładowywania kondensatorów	PRK	5(3*)	2
Przyrząd do odprowadzania ładunków elektrostatycznych	POES	5(3*)	2
Przyrząd do pomiaru wysokości	PPW-B	3(1**)	3
Przyrząd do wyrównywania potencjałów	PWP	5(3*)	2
Hak ewakuacyjny	HEM-B, HED-B	3(1**)	3
Chwytnik manewrowy	ChM	3(1**)	3
Kleszcze izolacyjne	KI-10-B, KI-30-B	3(1**)	3
Pomost izolacyjny	PI-45	3(1**)	3
Ogniwo łańcucha	–	–	3
Ogrodzenie przenośne	OP i OPL	–	3
Barierka	–	–	1
Przedłużacz	P	5(3*)	2
Uszyciacz trakcyjny kopalniany	UTK	3(1**)	2
Uziemiacz dla pola rozdzielczego typu Rok 6	U-ROK	5(3*)	2
Uziemiacz podstaw bezpieczników mocy typu (dla gniazd z gwintem)	U-BG	5(3*)	2
Uziemiacz podstaw bezpieczników mocy (wszystkie typy)	U-BM	5(3*)	2
Uziemiacz do linii izolowanych	U-LI10	5(3*)	2
Uziemiacz do linii izolowanych	U-LI11	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny do przyłącza typu „Sworzeń”	U-S	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny lekki średniego napięcia	U-SN/A	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny niskiego napięcia	U-NN/A	5(3*)	2

Uziemiacz przenośny wysokiego napięcia	U-WN, U-WN/A	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny	U	5(3*)	2
Uziemiacz do przyłącza typu kula	U-K	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny zatrzaskowy (do dużych średnic)	U-SD	5(3*)	2
Uziemiacz przenośny zatrzaskowy (do małych średnic)	U-SM	5(3*)	2
Uziemiacz specjalny kolejowy (wszystkie typy)	U-SK	5(3*)	2
Uziemiacz specjalny do pól rozdzielczych	U-PR	5(3*)	2
Uziemiacz specjalny tramwajowy	U-ST	5(3*)	2
Zwieracz przenośny	Z	5(3*)	2
Zwieracz do przyłącza typu kula	Z-K	5(3*)	2
Zwieracz przenośny niskiego napięcia	Z-NN/A	5(3*)	2
Zwieracz przenośny średniego napięcia	Z-SN/A	5(3*)	2
Zespół probierczy	ZP-1	–	2
Zaczep manewrowy	ZO, ZU, ZL	–	1
Rozpórka izolacyjna	RPK	–	1
Zaciski do uziemiaczy (wszystkie wersje)	–	–	1
Odczepy do zakładania uziemiaczy i zwieraczy	–	–	1
Rękawice elektroizolacyjne klasa 0, 00	–	6 miesięcy	1
Rękawice elektroizolacyjne klasy 1, 2, 3	–	6 miesięcy	2
Półbuty elektroizolacyjne	–	6 miesięcy	1
Kaloszki elektroizolacyjne	–	1	1
Dywaniki i chodniki	–	2	2

* Uwaga: w nawiasie podane są czasookresy kolejnych badań okresowych wyrobów po 5-letnim okresie użytkowania.

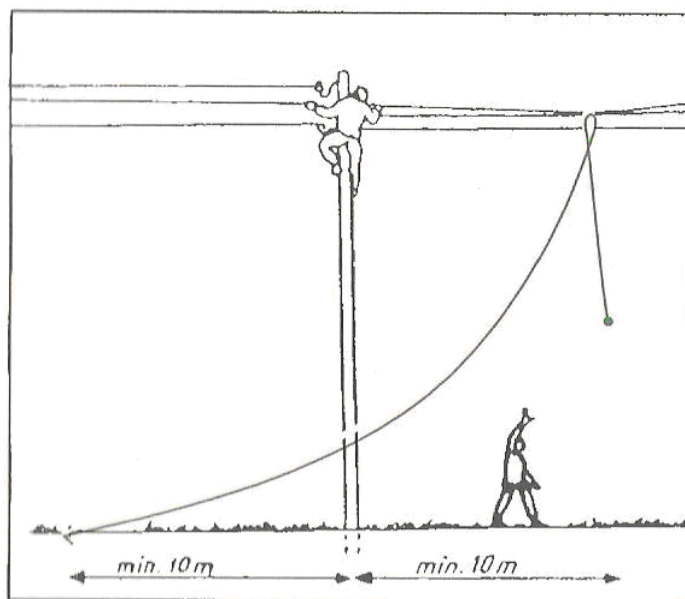
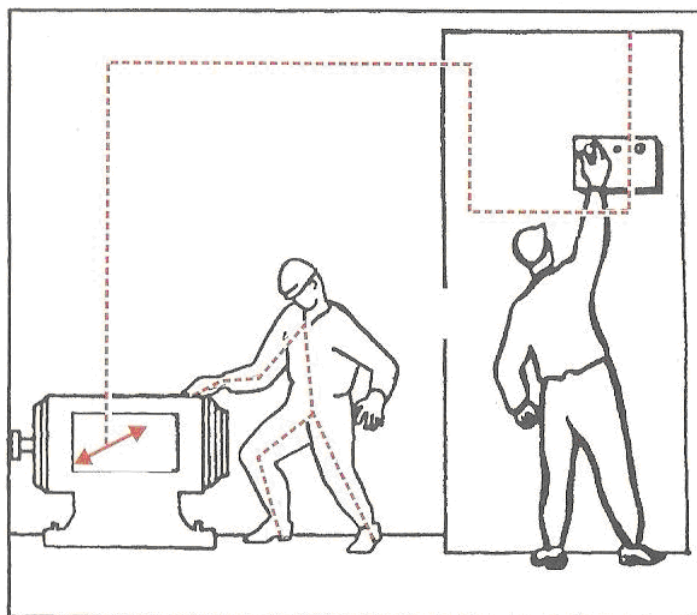
** Uwaga: w nawiasie podane są czasookresy kolejnych badań okresowych wyrobów po 3-letnim okresie użytkowania.

*** Gwarancja jest przedłużana o rok w przypadku przesłania wyrobu po roku użytkowania do nieodpłatnych badań okresowych w laboratorium producenta.

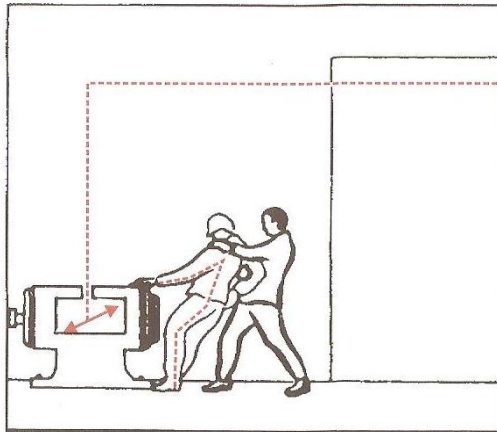


Rys. 9.1. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez otwarcie łącznika

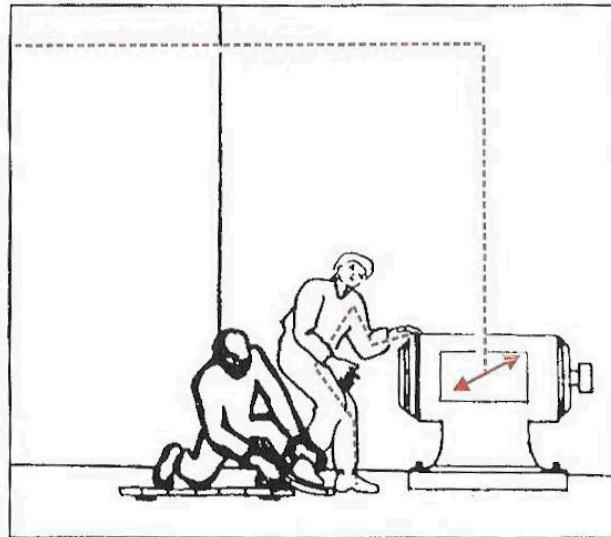
Rys. 9.2. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1kV przez usunięcie wkładek topikowych.



Rys. 9.3. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez zwarcie przewodów zarzutką metalową.



Rys. 9.4. Uwolnienie porażonego spod działania prądu elektrycznego o napięciu do 1 kV przez odciągnięcie od urządzeń będących pod napięciem



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