

## **1. PRAWO, PRZEPISY, LITERATURA .....**

### USTAWA, ROZPORZĄDZENIA, NORMY, LITERATURA

1. Ustawa z 10.04.1997r. **PRAWO ENERGETYCZNE**
2. Rozporządzenie MGPIPS z dn. 28.04.2003 w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń instalacji i sieci. Dz.U.2003.89.828 z zm.  
(Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną.  
Punkt 2. urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007r., w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Dz. U. 2007.93.623.
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych. Dz. U.1999.80.912
5. PN-EN 61140:2005. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
6. PN-HD 60364-4-41:2009. Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41:Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.
7. PN-HD 60364-6: 2008. Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzenie
8. PN-EN 62305-1 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.  
PN-EN 62305-2 Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem.  
PN-EN 62305-3 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektu i zagrożenia życia.  
PN-EN 62305-4 Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 sierpnia 2007r., w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego. Dz.U.2007.155.1089.
10. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. **PRAWO BUDOWLANE**
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U.2002.75.
12. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999r., w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych. Dz. U.1999.74.836.
13. Henryk Markiewicz. **INSTALACJE ELEKTRYCZNE**. WNT 2010r.
14. Edward Musiał. **INSTALACJE I URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE**. WSiP 2008r.
15. Alojzy Rogoń. **OCHRONA OD PORAŻEŃ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH OBIEKTÓW BUDOWLANYCH**. COSiW SEP 2003r.
16. Krystyn Kupras i inni. **POMIARY W ELEKTROENERGETYCE**. COSiW SEP 2007r.

## PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI

PRAWO OHMA – wielkość prądu ( $I$ ) przepływającego przez przewodnik jest proporcjonalna do przyłożonego napięcia ( $U$ ), a odwrotnie proporcjonalna do jego oporu ( $R$ ) lub impedancji ( $Z$ ) [ $\Omega$ ]

$$I = U / R \quad (I = U / Z)$$

### RODZAJE I WARTOŚCI NAPIĘĆ:

- napięcie fazowe (pomiędzy przewodem fazowym a ziemią)  $U_o = 230 \text{ V}$
- napięcie międzyfazowe (pomiędzy przewodami fazowymi)  $U_p = 400 \text{ V}$ 
  - $U_p = \sqrt{3} * U_o = 1,73 * 230 = 400 \text{ V}$

### REZYSTANCJA

$R = L / \gamma * S$ , gdzie  $L$  – długość przewodu w m,  $S$  – przekrój przewodu w  $\text{mm}^2$ ,  $\gamma$  – przewodność materiału w  $\text{m} / \Omega * \text{mm}^2$  (56 dla miedzi oraz 33 dla aluminium)

- Jaka jest rezystancja przewodu 1-żyłowego z miedzi o przekroju  $1,5 \text{ mm}^2$  i długości 100 m?  
 $R = 100 / 56 * 1,5 = 1,2 \Omega$  !!!
- Jaki popłynie prąd w tym przewodzie pod wpływem napięcia 230 V?  
 $I = 230 / 1,2 = 191,6 \text{ A}$
- Jaka jest rezystancja świecącej żarówki 25W?  
 $25 \text{ W} = 230 \text{ V} * 0,109 \text{ A}$   
 $R = 230 \text{ V} / 0,109 \text{ A} = 2116 \Omega$  !!!

OBWÓD RAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM - jest to zamknięta droga przepływu prądu, która zawiera w sobie rezystancję ciała człowieka i źródło napięcia.

- Jaki popłynie prąd rażenia przez ciało człowieka pod wpływem napięcia 230V?  
 $I = 230 / 1000 = 230 \text{ mA}$

### JEDNOSTKI MOCY ELEKTRYCZNEJ [kW, MW]

Wzór na moc:

$$P = U * I \quad \text{prąd jednofazowy (odbiornik - opór czynny, np. żarówka)}$$

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \quad \text{prąd trójfazowy}$$

- Jaki prąd pobiera odbiornik  $P = 250 \text{ W}$  ( $U = 230 \text{ V}$ )?  
 $P = U * I$ , stąd  $I = P / U = 250 / 230 = 1,09 \text{ A}$
- Jaki prąd pobiera grzejnik trójfazowy ( $\cos \varphi = 1$ ) o mocy 5 kW?  
 $P = 3 * U_f * I_f = 1,73 * U * I$   
 $5000 \text{ W} = 1,73 * 400 \text{ V} * I$ , stąd  $I = 5000 / 1,73 * 400 = 7,2 \text{ A}$

JEDNOSTKI ENERGII ELEKTRYCZNEJ czynnej [Ws; 1 kWh =  $3,6 \cdot 10^6$  Ws; 1 MWh]

Jakie zjawiska towarzyszą przepływowi prądu przez przewodnik? Przepływający prąd powoduje grzanie się przewodnika

moc grzania:  $P = U * I = I^2 * R = U^2 * R$

energia = ciepło grzania:  $A = P * t = I^2 * R * t$  gdzie  $t$  – czas

## EKSPLOATACJĄ URZĄDZEŃ, INSTALACJI I SIECI MOGĄ ZAJMOWAĆ SIĘ OSOBY, KTÓRE SPEŁNIAJĄ WYMAGANIA KWALIFIKACYJNE

dla następujących rodzajów prac i stanowisk pracy:

**EKSPLLOATACJI** - do których zalicza się stanowiska osób wykonujących prace w zakresie obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym;

**DOZORU** - do których zalicza się **stanowiska osób kierujących czynnościami osób** wykonujących prace w zakresie \*\* oraz **stanowiska pracowników technicznych sprawujących nadzór** nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

**\*\* Prace dotyczą wykonywania czynności:**  
mających wpływ na zmiany parametrów pracy obsługiwanych urządzeń, instalacji i sieci z zachowaniem zasad bezpieczeństwa i wymagań ochrony środowiska - w zakresie obsługi;  
związanych z zabezpieczeniem i utrzymaniem należytego stanu technicznego urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie konserwacji;  
związanych z usuwaniem usterek, uszkodzeń oraz remontami urządzeń, instalacji i sieci w celu doprowadzenia ich do wymaganego stanu technicznego - w zakresie remontów;  
niezbędnych do instalowania i przyłączania urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie montażu;  
niezbędnych do dokonania oceny stanu technicznego, parametrów eksploatacyjnych, jakości regulacji i sprawności energetycznej urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie kontrolno-pomiarowym.

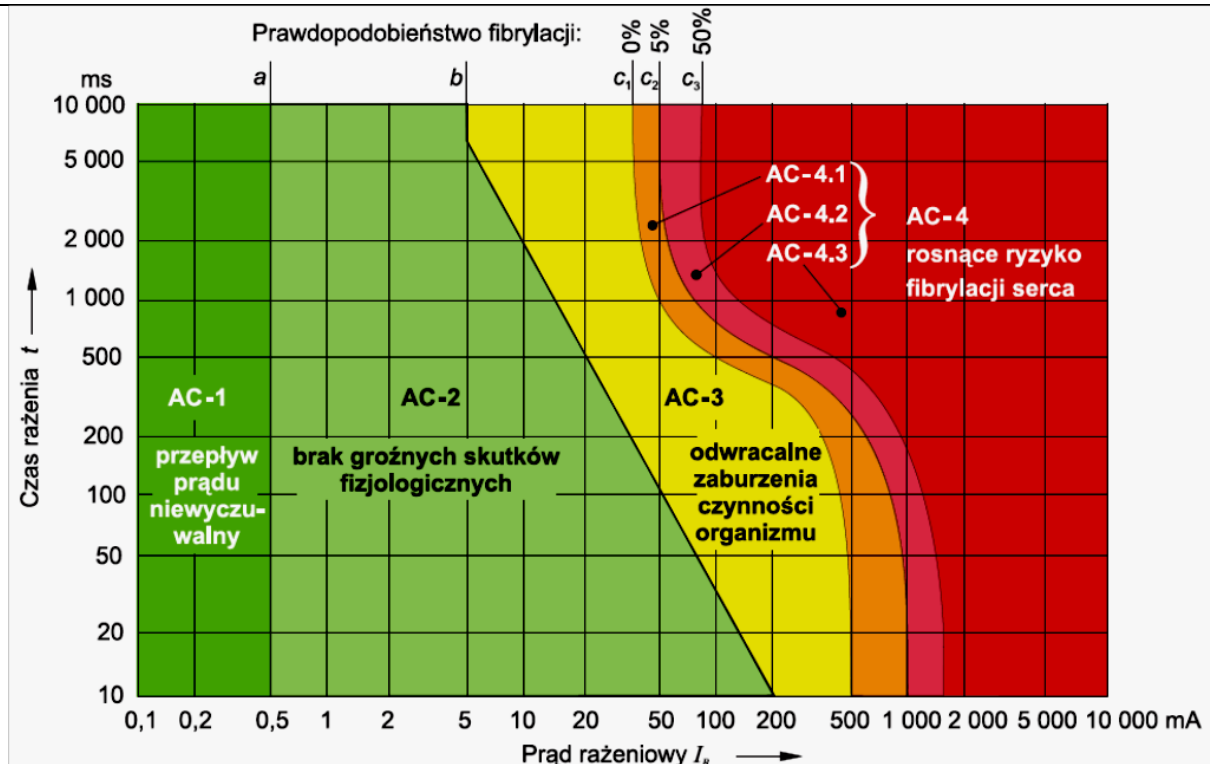
**OSOBY** zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, w celu uzyskania potwierdzenia posiadanych kwalifikacji, **powinny wykazać się wiedzą** z zakresu:  
**NA STANOWISKACH EKSPLOATACJI:**

- zasad budowy, działania oraz warunków technicznych obsługi urządzeń, instalacji i sieci,
- zasad eksploatacji oraz instrukcji eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
- zasad i warunków wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych,
- zasad i wymagań bezpieczeństwa pracy i ochrony przeciwpożarowej oraz umiejętności udzielania pierwszej pomocy,
- instrukcji postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia bezpieczeństwa obsługi urządzeń lub zagrożenia życia, zdrowia i środowiska;

**NA STANOWISKACH DOZORU:**

- przepisów dotyczących przyłączania urządzeń i instalacji do sieci, dostarczania paliw i energii oraz prowadzenia ruchu i eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
- przepisów i zasad postępowania przy programowaniu pracy urządzeń, instalacji i sieci, z uwzględnieniem zasad racjonalnego użytkowania paliw i energii,
- przepisów dotyczących eksploatacji, wymagań w zakresie prowadzenia dokumentacji technicznej i eksploatacyjnej oraz stosowania instrukcji eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
- przepisów dotyczących budowy urządzeń, instalacji i sieci oraz norm i warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać te urządzenia, instalacje i sieci,
- przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, z uwzględnieniem udzielania pierwszej pomocy oraz wymagań ochrony środowiska,
- zasad postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu urządzeń przyłączonych do sieci,
- zasad dysponowania mocą urządzeń przyłączonych do sieci,
- zasad i warunków wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych.

## 2. ZAGROŻENIA



### ODDZIAŁYWANIE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO NA CZŁOWIEKA

- Ciało człowieka przewodzi [prąd elektryczny](#)
- Jeżeli człowiek dotyka jednocześnie dwóch części przewodzących, między którymi występuje napięcie, to przez jego ciało przepływa prąd elektryczny, zachodzi rażenie prądem elektrycznym.
- Natężenie prądu elektrycznego płynącego przez ciało człowieka jest zgodnie z prawem Ohma wprost proporcjonalne do wartości napięcia elektrycznego.
- Im większa wartość prądu rażeniowego, tym skutki rażenia są groźniejsze. Zatrzymanie oddychania i/lub krążenia wywołuje utratę przytomności i oznacza bezpośrednie zagrożenie życia.
- **NAPIĘCIE DOTYKOWE** - napięcie występujące przy uszkodzeniu instalacji pomiędzy dwoma punktami z którymi mogą zetknąć się równocześnie ręce lub ręka i stopy człowieka, **napięcie między dwoma punktami, których człowiek może jednocześnie dotknąć - JEST MIARĄ ZAGROŻENIA**
- **OBWÓD RAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM** zamknięta droga przepływu prądu, która obejmuje w sobie impedancję ciała człowieka i źródło napięcia.
- **IMPEDANCJA CIAŁA LUDZKIEGO min.1000 Ω**  
*Impedancja jest uogólnieniem pojęciem [oporu elektrycznego](#).*
- Przepływ prądu przez ciało człowieka i związane z tym skutki porażenia człowieka mogą wystąpić na skutek:
  1. porażeń od napięć roboczych
  2. porażeń od napięć dotykowych
  3. porażeń od napięć krokowych
- Porażeniem nazywamy zmiany w normalnym funkcjonowaniu organizmu człowieka spowodowane przepływem prądu rażeniowego, a związane głównie z zaburzeniami pracy serca i układu oddechowego oraz wystąpieniem skutków cieplnego działania prądu.

- Porażenie elektryczne wskutek przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie (tzw. prądu rażeniowego) objawia się:
  1. skurczami mięśni dłoni może uniemożliwić samouwolnienie się porażonego
  2. zatrzymaniem oddechu, zaburzeniami krążenia krwi
  3. migotaniem komór sercowych (fibrylacja) - bardzo groźnym dla życia człowieka.
- **SKUTKI RAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM** zależą od:
  1. wartości natężenia prądu (im większa wartość prądu rażeniowego, tym skutki jego przepływu są groźniejsze),
  2. czasu przepływu prądu,
  3. drogi przepływu prądu przez ciało człowieka
  4. kondycji psychofizycznej człowieka
- Skutki porażenia mogą się ujawnić po pewnym, nawet znacznym czasie – od kilku minut do kilku miesięcy.
- Najważniejsze znaczenie odgrywa natężenie prądu rażenia oraz czas jego przepływu przez człowieka.
- Reakcja organizmu człowieka przy rażeniu prądem 50Hz
  1. **prąd odczuwania** → 0,5mA
  2. **prąd samouwolnienia** → 10mA
  3. **prąd nie powodujący fibrylacji** komór serca → 30mA,  $t > 5s$  → 5% prawdopodobieństwo migotania komór serca
- W ochronie przeciwporażeniowej przyjęto, że **graniczna bezpieczna wartość prądu rażeniowego**, płynącego w dłuższym czasie przez ciało ludzkie, wynosi 30 mA dla prądu przemiennego.
- Znaczne **zwiększenie zagrożenia** porażeniowego powodują czynniki wpływające na zmniejszenie rezystancji ciała człowieka (wilgoć, temperatura) oraz ułatwiające przepływ prądu do ziemi np. podłoga przewodząca, goła ziemia, obecność
- **REZYSTANCJA PRZEJŚCIA** – rezystancja między częścią ciała człowieka, a dotykany przedmiotem lub podłożem, na którym stoi człowiek.
- **KLASA WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH**
  1. **W1 warunki normalne**, w których wartość rezystancji ciała ludzkiego mierzonej w stosunku do ziemi jest  $> 1000 \Omega$ ; do środowisk normalnych zalicza się: lokale mieszkalne, biurowe, sale widowiskowe, szkolne itp.,
  2. **W2 warunki szczególne**, w których wartość rezystancji ciała człowieka mierzona w stosunku do ziemi  $< 1000 \Omega$ ; do środowisk szczególnych zalicza się: tereny otwarte, łazienki i natryski, o wilgotności względnej  $> 75\%$  oraz o temperaturze  $> 35^{\circ}C$  lub mniejszej niż  $-5^{\circ}C$ .
  3. **W3 warunki środowiskowe specjalne** np. baseny kąpielowe
- **ŹRÓDŁEM NAPIĘCIA DOTYKOWEGO** jest napięcie na częściach:
  1. **czynnych** - żyłach przewodów lub innych częściach urządzenia przewodzących prąd, które są lub mogą być pod napięciem w warunkach normalnej pracy;
  2. **przewodzących dostępnych** - częściach przewodzących nie należących do urządzeń elektrycznych, które mogą mieć potencjał elektryczny – najczęściej potencjał ziemi;

3. **przewodzących obcych** - częściach przewodzących nie należących do urządzeń elektrycznych, które mogą mieć potencjał elektryczny – najczęściej potencjał ziemi

### **ZAKRESY NAPIĘCIOWE**

napięcia zakresu I ( $U=50, 25, 12V$  – wartość napięcia zależy od warunków środowiskowych)

bardzo niskie napięcie SELV,

bardzo niskie napięcie PELV,

bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV,

napięcia zakresu II ( faza/ziemia  $50V < U \leq 600V$ ; faza/faza  $50V < U \leq 1000V$

napięcie w układzie sieci TN,

napięcie separowane.

### **OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA**

PN-HD-60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia.

Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed porażeniem elektrycznym

Zadanie ochrony przeciwporażeniowej to ochrona ludzi i zwierząt hodowlanych przed zagrożeniami, które mogą powstać :

w wyniku dotyku części czynnych instalacji elektrycznej.

w wyniku dotyku części przewodzących dostępnych instalacji elektrycznej.

## **3. NAGRZEWANIE ...**

Prąd elektryczny przepływający przewodami i uzwojeniami urządzeń elektrycznych wywołuje pewne straty mocy i energii

$$\Delta P = I^2 \cdot R,$$

powodujące podwyższanie się temperatury przewodów, uzwojeń itd.

Jeżeli :

- obciążenie jest większe niż znamionowe,
- urządzenie jest eksploatowane w warunkach technicznych i środowiskowych gorszych od ustalonych i oznaczonych na tabliczce znamionowej, przez producenta , to mogą być przekroczone dopuszczalne przyrosty temperatury, a urządzenie lub jego fragmenty nadmiernie nagrzane. Może to spowodować uszkodzenie izolacji, zniszczenie urządzenia , a nawet zagrożenie obsługi lub powstanie pożaru.

## **4. URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE**

- PRZYSTOSOWANIE URZĄDZEŃ DO WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH  
kod - IP

Oznaczenie stopni ochrony osłon zabezpieczających przed dotknięciem i przed przedostawaniem do wnętrza obcych ciał stałych oraz przed dostępem wody, wg PN-EN 60529:2003

**Pierwsza cyfra IP.** Ochrona przeciw ciałom obcym i przed dotknięciem.

0 - bez ochrony

1 - ciała obce > 50 mm

2 - ciała obce > 12 mm

3 - ciała obce > 2,5 mm

4 - ciała obce > 1 mm

5 - ochrona przed kurzem

**„NA ZEWNĄTRZ” min. IP 44**



**Druga cyfra IP.** Ochrona przed dostaniem się wody.

0 - bez ochrony

1 - pionowo spadające krople wody

2 - kapiąca woda do 15 st. od pionu

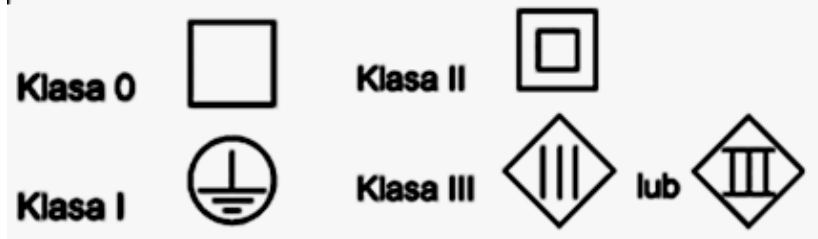
3 - pryskająca skośnie woda do 60 st. od pionu

4 - woda tryskająca ze wszystkich kierunków

5 - woda lejąca się ze wszystkich kierunków

**„NA ZEWNĄTRZ” min. IP 44**

- KLASA OCHRONY PRZED PORAŻENIEM ELEKTRYCZNYM - symbole



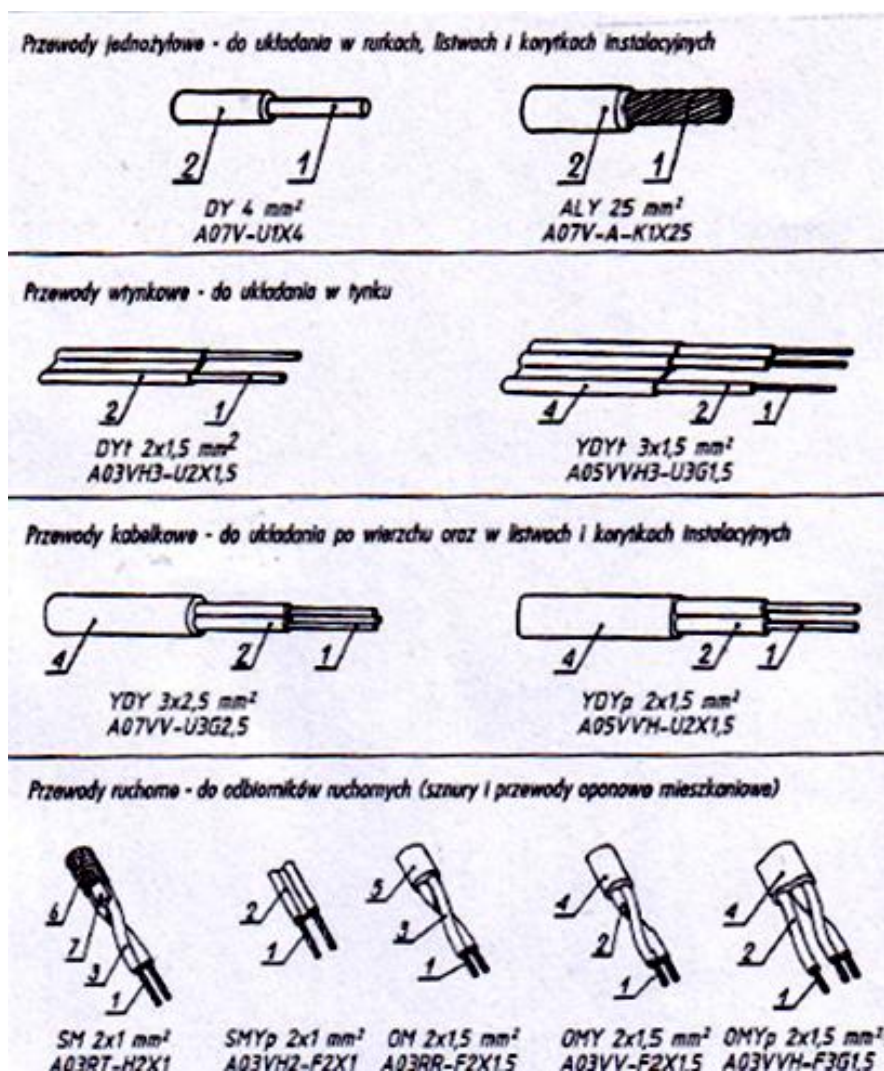
ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 3 lipca 2001 r. w sprawie wymagań zasadniczych dla sprzętu elektrycznego, warunków i trybu dokonywania oceny zgodności oraz sposobu oznakowania sprzętu elektrycznego (Dz.U.2001.120.1276)

- Sprzęt elektryczny może być wprowadzony do obrotu tylko wówczas, jeżeli po skonstruowaniu zgodnie z zasadami dobrej praktyki inżynierskiej w zakresie zasad bezpieczeństwa nie zagraża bezpieczeństwu ludzi, zwierząt hodowlanych i mieniu, po właściwym jego zainstalowaniu, przy odpowiednim utrzymywaniu i użytkowaniu zgodnie z przeznaczeniem, oraz jeżeli jest oznakowany.
- Na sprzęcie elektrycznym powinny być zamieszczone podstawowe informacje, których znajomość i przestrzeganie są warunkiem bezpiecznego użytkowania tego sprzętu. W przypadku braku możliwości zamieszczenia informacji na sprzęcie elektrycznym, informacje te powinny być podane w instrukcji obsługi lub świadectwie gwarancyjnym.

**ZASADY BEZPIECZNEJ PRACY PRZY URZĄDZENIACH  
I SIECIACH ELEKTRYCZNYCH**

- nie należy używać sprzętu, którego obudowa lub przewód zasilający są uszkodzone
- używać tylko takich przewodów lub aparatów elektrycznych, które są przeznaczone do ogólnego użytkowania
- nie wolno zbliżać się i dotykać nieizolowanych przewodów, które są pod napięciem
- nie wolno używać zawilgoconego i mokrego sprzętu elektrycznego i urządzeń elektrycznych
- osoby, które nie mają odpowiednich kwalifikacji nie mogą wykonywać napraw instalacji i urządzeń elektrycznych
- przed użyciem przenośnych elektrycznych urządzeń lub narzędzi należy zawsze sprawdzić, czy nadają się do pracy w środowisku, w którym zamierza się je stosować
- nie wolno zdejmować obudowy sprzętu elektrycznego ani umożliwiać dostępu do wnętrza pomieszczeń ruchu elektrycznego
- prace nieelektryczne w pobliżu czynnych urządzeń elektrycznych wolno wykonywać tylko pod nadzorem elektryka, który ma odpowiednie kwalifikacje

## PRZEWODY



$$I_z > I_B$$

$I_z$  - dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla danego typu i przekroju przewodu, [A]. Wartość tą można przyjąć z tabel umieszczonych w katalogu producenta, lub wg normy PN-IEC 60364-5-53:2001

$I_B$  - prąd obliczeniowy (roboczy) linii, [A]

- dla obwodów jednofazowych

$$I_B = P / U_{nf} \cdot \cos\varphi$$

- dla obwodów trójfazowych

$$I_B = P / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi$$

gdzie:

P - moc obliczeniowa (szczytowa), [W]

- $U_{nf}$  napięcie fazowe,  $U_n$  napięcie międzyprzewodowe ( $U_n = \sqrt{3} \cdot U_{nf}$ ), [V]
- $\cos\varphi$  - współczynnik mocy, przyjmuje się 0,95

**DOPUSZCZALNY SPADEK NAPIĘCIA** w instalacjach elektrycznych nieprzemysłowych w obwodach odbiorczych, od licznika do dowolnego odbiornika, wg N-SEP-E-002, nie powinien przekraczać 3%, a od licznika do złącza 0,5%, przy mocy przesyłanej do 100 kVA i 1% przy mocy powyżej 100 kVA, a mniejszej niż 250 kVA.



Przyjmuje się minimalny przekrój przewodów w instalacjach elektrycznych ułożonych wewnątrz budynków, dla obwodów oświetleniowych -  $1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , dla gniazd wtyczkowych -  $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ .

Przekrój przewodu powinien być tak dobrany, by w przypadku zwarcia między przewodem fazowym i przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą instalacji, impedancja obwodu zapewniła samoczynne wyłączenie zasilania przez urządzenie zabezpieczające, w określonym czasie.

$$Z_s \cdot I_a < U_o$$

gdzie:

$U_o$  - wartość skuteczna napięcia znamionowego prądu przemienneego względem ziemi, 230 [V]

$Z_s$  - impedancja pętli zwarciowej obejmującej: źródło zasilania, przewód fazowy do punktu zwarcia i przewód ochronny między punktem zwarcia a źródłem.

$I_a$  - prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia wyłączającego w czasie zależnym od napięcia  $U_o$ .

Dla  $U_o = 230 \text{ V}$  czas wyłączania wg PN-IEC 60364-4-41 wynosi 0,4 s.

$$I_a = k \cdot I_n$$

$I_n$  - wartość znamionowa urządzenia zabezpieczającego [A]

$k$  - krotność prądu znamionowego powodująca zadziałanie urządzenia zabezpieczającego.

**PRZEWODY ŁĄCZĄCE ODBIORNIKI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z ŹRÓDŁEM ZASILANIA POWINNY BYĆ ZABEZPIECZONE PRZED SKUTKAMI PRZECIĄŻEŃ I ZWARĆ PRZEZ URZĄDZENIA ZABEZPIELAJĄCE, SAMOCZYNIE WYŁĄCZAJĄCE ZASILANIE W PRZYPADKU PRZECIĄŻENIA LUB ZWARCIA.**

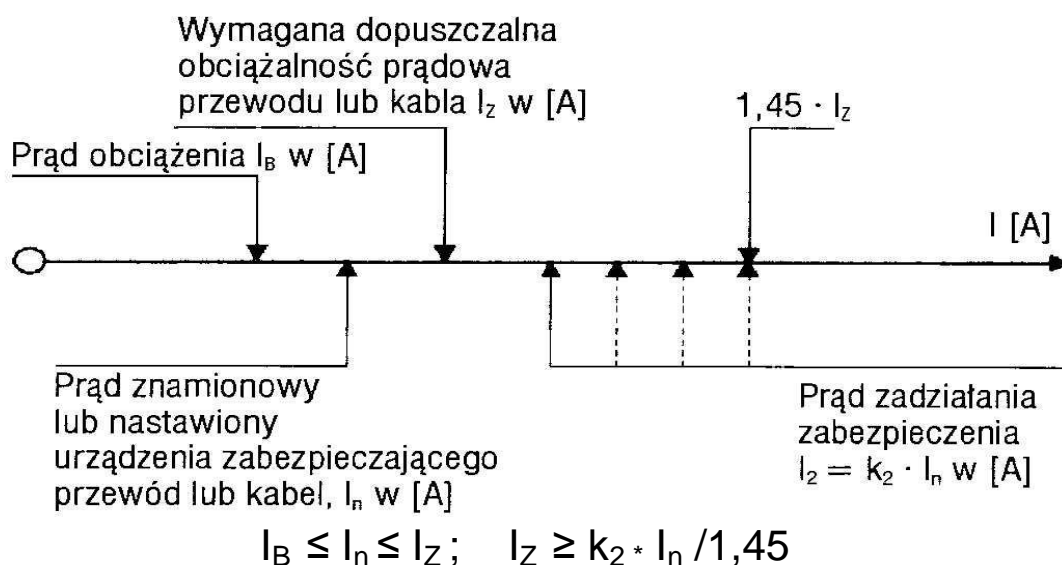
**OBCIĄŻALNOŚĆ DŁUGOTRWAŁA** przy prądzie przemiennym przewodów z miedzi, o izolacji PVC (temperatura  $30^\circ\text{C}$ , osłonięte od promieni słonecznych), (temperatura graniczna długotrwała  $70^\circ\text{C}$ ) wg PN IEC 364 – 523 – informacyjnie

Przekrój znamionowy [mm <sup>2</sup> ]	Obciążenie żyły [A]
1,5	14,5
2,5	19,5
4,0	26
6,0	34
10,0	46
16,0	61
25,0	80
70,0	151
120,0	210

**UWAGA:** W przypadku, np. gdy przewody pracują w temperaturze otoczenia  $40^\circ\text{C} > 30^\circ\text{C}$ , należy obciążalności z tabeli obniżyć o 13 % (mnożnik 0,87).

**KOLORYSTYKA, OZNACZENIA PRZEWODÓW**

Przewód neutralny N – niebieski . Przewód ochronny PE lub ochronno neutralny PEN, wyrównawczy CC,



gdzie:

- $I_B$  obliczeniowy prąd obciążenia przewodu lub kabla
- $I_n$  prąd znamionowy zabezpieczenia
- $I_Z$  prąd długotrwałej obciążalności przewodu
- $k_2$  krotność prądu powodującego zadziałanie urządzenia zabezpieczającego np.
  - 1,13 - 1,45 wyłączniki nadprądowe B, C, D,
  - 1,6 - 2,1 wkładki bezpiecznikowe

Przewody:

- ochronne PEN w instalacjach ułożonych na stałe muszą się charakteryzować min. przekrojem  $10\text{mm}^2$  dla Cu i  $16\text{mm}^2$  dla Al, lub większym.
- ochronne PE (samodzielne, nie będące składnikiem przewodu wielożyłowego) muszą charakteryzować się min. przekrojem  $2,5\text{mm}^2$  (lub  $4\text{mm}^2$ ) dla wyłącznie Cu
- wyrównawcze główne CC. Przekrój nie mniej niż  $6\text{mm}^2$ , dopuszcza się nie większy niż  $25\text{mm}^2$ . Przewody wyrównawcze miejscowe  $S_{CC} \geq S_{PE}$ , min. 2,5 lub  $4\text{mm}^2$  jw

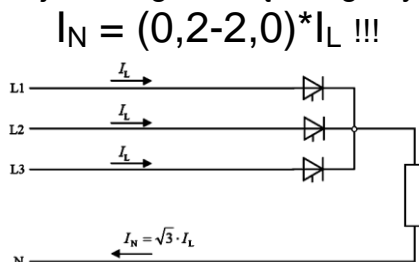
Obwody sieci rozdzielczej zasilającej instalację oraz główny obwód zasilający budynku, musi być wykonany z izolacją podwójną lub wzmocnioną.

### Oznaczenia i kolorystyka przewodów

Przewód neutralny N – **niebieski**

Przewód ochronny PE lub ochronno neutralny PEN, wyrównawczy CC, uziemiający E – **zielonożółty**

Przewód neutralny obwodu trójfazowego obciążonego symetrycznie odbiornikami nieliniowymi płynie prąd



### PODŁĄCZANIE ODBIORNIKÓW ELEKTRYCZNYCH

Przewody łączące odbiorniki energii elektrycznej ze źródłem zasilania powinny być:

zabezpieczone przed skutkami przeciążeń i zwarć.

**Zasada ochrony przeciwporażeniowej: Najpierw chronić, potem zasiląć**

## 5. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

PN-HD-60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia.

Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed porażeniem elektrycznym

Zadanie ochrony przeciwporażeniowej to ochrona ludzi i zwierząt hodowlanych przed zagrożeniami, które mogą powstać :

- w wyniku dotyku części czynnych instalacji elektrycznej.
- w wyniku dotyku części przewodzących dostępnych instalacji elektrycznej.

OCHRONA PODSTAWOWA → ochrona przed dotykiem bezpośrednim

OCHRONA PRZY ZAKŁÓCENIU → ochrona przed dotykiem pośrednim (uszkodzeniu)

PRZEWÓD LINIOWY → przewód fazowy

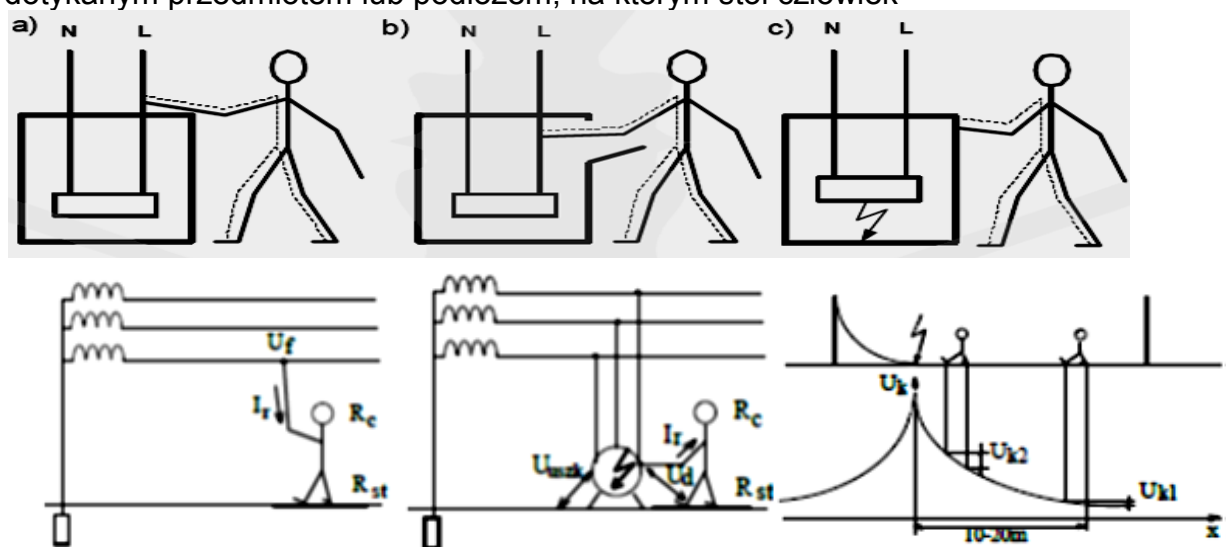
CZĘŚĆ CZYNNA – przewody liniowe (fazowe) L1, L2, L3, przewód neutralny N lub części instalacji elektrycznej, które mogą znajdować się pod napięciem w warunkach normalnej pracy (przewód ochronny PE, ani przewód ochronno-neutralny PEN nie należą do części czynnych)

CZĘŚĆ PRZEWODZĄCA DOSTĘPNA – część, która może być dotknięta, ale w warunkach normalnych nie znajduje się pod napięciem. W wyniku uszkodzenia urządzenia część przewodząca może znaleźć się pod napięciem.

DOTYK BEZPOŚREDNI – dotknięcie części czynnej

DOTYK PRZY USZKODZENIU – dotknięcie części przewodzącej dostępnej, która znalazła się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji

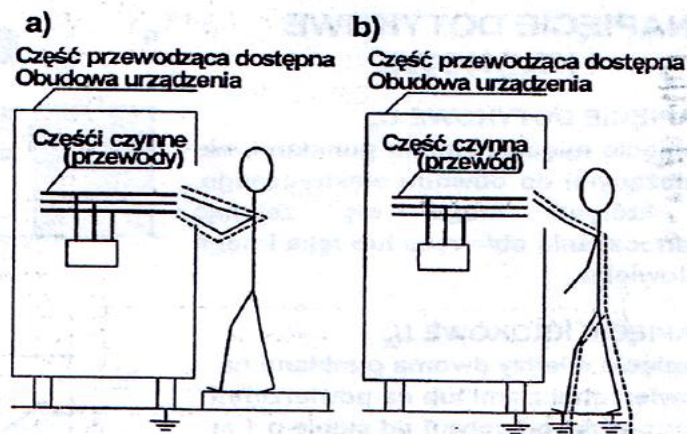
REZYSTANCJA PRZEJŚCIA – rezystancja między częścią ciała człowieka, a dotykany przedmiotem lub podłożem, na którym stoi człowiek



## DOTYK BEZPOŚREDNI

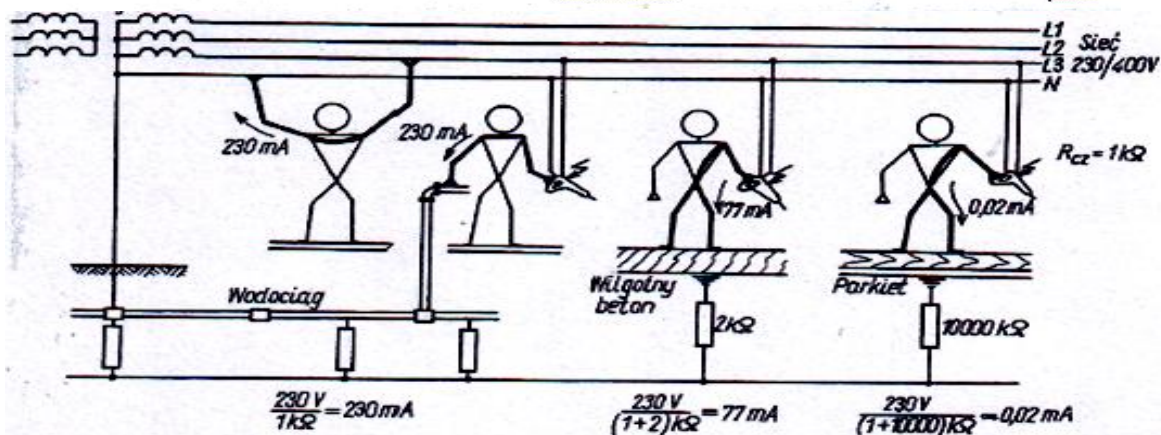
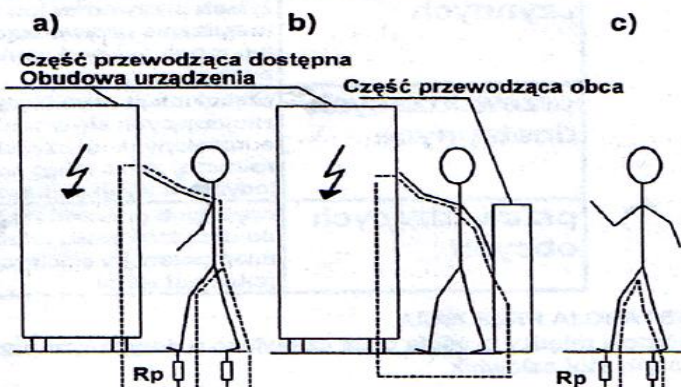
### DOTKNIĘCIE DO CZĘŚCI CZYNNYCH

Zdarza się przede wszystkim w wyniku nieprzestrzegania zasad bezpiecznego użytkowania urządzeń elektrycznych lub błędów obsługi



## DOTYK POŚREDNI

**DOTKNIĘCIE DO CZĘŚCI PRZEWODZĄCYCH DOSTĘPNYCH**  
Człowiek dotykający przewodzącej obudowy, która w wyniku przebicia izolacji będzie pod napięciem może być porażony



Ochrona przeciwporażeniowa w instalacjach elektrycznych powinna zapewniać bezpieczne korzystanie z samej instalacji jak przyłączonych do niej odbiorników i urządzeń.

Powinna nie dopuścić do przepływu prądu rażeniowego przez ciało człowieka lub ograniczyć czas przepływu prądu rażeniowego przez samoczynne wyłączenie zasilania dla zapobieżenia powstaniu groźnych dla zdrowia i życia skutków patofizjologicznych.

### Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym

Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem elektrycznym w warunkach normalnych (dla urządzeń sprawnych, użytkowanych zgodnie z zasadami o eksploatacji) jest zapewniona ochroną podstawową, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia jest zapewniona ochroną przy uszkodzeniu. (np. w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej) sformułowana w PN-EN 61140 :2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym - Wspólne aspekty instalacji i urządzeń, brzmi następująco:

## **"Części czynne niebezpieczne nie powinny być dostępne a części przewodzące dostępne nie powinny być niebezpieczne"**

Norma PN-HD 60364-4-41:2009 wprowadziła

**1<sup>o</sup> OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA PODSTAWOWA** Dla urządzeń użytkowanych przez osoby postronne (laików)

- izolacja podstawowa
- obudowa o stopniu ochrony min. IP2X

Dla urządzeń użytkowych w pomieszczeniach ruchu elektrycznego

- odgrozdzenie (przeszkoda)
- uniedostępnienie, czyli umieszczenie poza zasięgiem ręki

## **2<sup>o</sup> OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA DODATKOWA - ochrona przy uszkodzeniu**

Do powszechnego stosowania

- samoczynne wyłączenia zasilania,
- izolacja podwójna, izolacja wzmocniona lub ochronna obudowa izolacyjna
- separacja obwodu pojedynczego odbiornika,
- obwody bardzo niskiego napięcia SELV i PELV

Do stosowania w instalacjach pozostających pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych

- separacja obwodu zasilającego więcej niż 1 odbiornik,
- izolowanie stanowiska

## **3<sup>o</sup> OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA UZUPEŁNIAJĄCA**

- wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe ( $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ )
- miejscowe połączenia wyrównawcze ochronne

## **POCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA**

Przyczynami porażeń prądem są: nieostrożność, lekkomyślność, lekceważenie przepisów, omyłki, brak nadzoru, brak konserwacji i nieznajomość instrukcji.

- **INNE OCHRONY**
- **POCHRONA WN**

## **POCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA PODSTAWOWA**

Ochrona podstawowa (ochrona przed dotykiem bezpośrednim) zapewnia ochronę przed porażeniem elektrycznym w warunkach braku uszkodzenia (w warunkach normalnych).

Ochrona podstawowa polega na zastosowaniu jednego z następujących środków:

### **Izolacja podstawowa części czynnych**

Stała izolacja podstawowa, zapobiegająca dotykowi niebezpiecznych części czynnych, powinna być wykonana z materiału izolacyjnego stałego, którego można usunąć tylko przez zniszczenie.

Izolacja podstawowa powinna być odporna na wilgoć, ciepło, drgania, zapylenie, na jakie może być narażona w warunkach eksploatacji. Izolacja podstawowa wykonana z takich materiałów jak: farby, lakiery, emalie, materiały włókniste, nie są uznawane za izolację podstawową, odpowiednią do ochrony przed porażeniem elektrycznym.

### **Przegrody lub obudowy**



Przegrody lub obudowy powinny zapewniać dla znajdujących się wewnątrz części czynnych stopień ochrony co najmniej IP2X, chroniące przed dotknięciem palcem do części czynnych. Przegrody i obudowy powinny być trwale zamocowane, a usunięcie ich powinno być możliwe jedynie przy użyciu narzędzi lub po wyłączeniu napięcia z części czynnych znajdujących się wewnątrz nich.

### **SAMOCZYNNNE WYŁĄCZENIE ZASILANIA W UKŁADZIE TN**

Połączenie części metalowych urządzenia podlegającego ochronie z uziemionym przewodem ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN sieci.

Przy przebiciu izolacji na urządzeniu w pętli zwarcia przepływa prąd zwarciov, który powinien spowodować zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych (np. przepalenie wkładek bezpiecznikowych).

Samoczynne wyłączenie zasilania jest skuteczne, jeśli prąd zwarciov  $I_z$  jest większy od prądu zapewniającego samoczynne zadziałanie urządzenia odłączającego zasilanie  $I_a$ .

$$I_z \geq I_a = k \times I_n$$

gdzie:

$I_n$  - prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej lub wyłącznika nadmiarowego, ew. prąd nastawczy wyzwalaczy zwarciovych

$k$  - współczynnik liczbowy równy:

- 2,5 do 7 - dla bezpieczników przy  $t_w \leq 5$  s

- 6 do 12 - dla bezpieczników przy  $t_w \leq 0,2$  s

(zależnie od rodzaju i prądu znamionowego wkładki)

- 1,2 dla wyłączników z wyzwalaczami elektromagnetycznymi bezzwłocznymi i wyłączników różnicowo-prądowych

- 5 do 20 dla wyłączników instalacyjnych nadmiarowych typu B, C lub D.

**Miarą zagrożenia jest napięcie dotykowe napięcie między dwoma punktami, których człowiek może jednocześnie dotknąć !!!**

**Największe dopuszczalne długotrwałe wartości napięcia dotykowego przemiennego: ~12V , ~25V , ~50V**

**Napięcie dotykowe utrzymuje się długotrwałe → jeżeli nie zostało wyłączone w czasie wymaganym : od 0,1s do 5s (największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączania zasilania)**

**SAMOCZYNNNE WYŁĄCZANIE ZASILANIA JEST ŚRODKIEM OCHRONY WYMAGAJĄCYM UŁOŻENIA PRZEWODU OCHRONNEGO W KAŻDYM OBWODZIE.**

### **URZĄDZENIA DO SAMOCZYNNNEGO WYŁĄCZENIA BEZPIECZNIKI**

#### **BEZPIECZNIKI**

Bezpieczniki chronią przed skutkami zwarć i w sposób ograniczony od przeciążeń.

**Prąd znamionowy wkładki bezpieczników wynosi od 2 do 1250 A**

Wkładka topikowa stanowi aparat jednorazowego użytku.

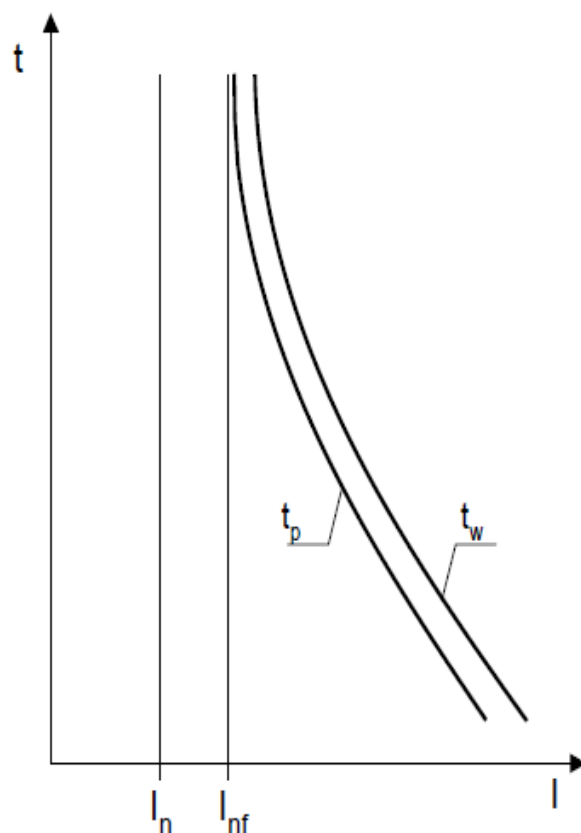
Zadziałanie jej podczas zwarć lub przeciążeń powoduje konieczność wymiany na nową.

#### **BEZPIECZNIKI**

- mają dużą zdolność wyłączania prądu
- **ograniczają** przepływ dużych prądów zwarciovych

- umożliwiają selektywne działanie zabezpieczeń zainstalowanych na kolejnych stopniach
- są niedrogie

### Charakterystyka czasowo prądowe (pasmowa) wkładki topikowej



$t_p$  - linia najmniejszych czasów przedłukowych;  $t_w$  - linia największych czasów wyłączenia

W użytku są również bezpieczniki, które możemy spotkać w starych instalacjach domowych lub w szafach sterowniczych różnych maszyn elektrycznych, o oznaczeniu :

Bi Wts - wkładka topikowa o działaniu szybkim

Bi Wtz - wkładka topikowa o działaniu zwłocznym

Btp - wkładka topikowa o bardzo szybkim działaniu przeznaczona do zabezpieczeń diod i tyrystorów.

Wkładki te oznaczone są różnymi barwami.:

**6A zielona 10A czerwona 16A szara 20A niebieska 25A żółta**

**BEZPIECZNIK** jako kompletny łącznik jest utworzony z:

- podstawy bezpiecznika (gniazda bezpiecznikowego),
- wkładki topikowej.

W zależności od rodzaju zabezpieczanego urządzenia, dobiera się wkładkę bezpiecznikową o odpowiedniej charakterystyce czasowej.

### OZNACZENIE WKŁADEK

- Pierwsza z nich, mała, określa zdolność wyłączenia wkładki

a - Charakterystyka niepełno zakresowa; ochrona tylko przed skutkami

zwarc. Wkładki topikowe "a" są stosowane głównie jako zabezpieczenie zwarciorowe.

W obwodach, w których jest wymagane zabezpieczenie przed skutkami przeciążeń są one stosowane wraz z innymi łącznikami wyposażonymi w wyzwalacze (przełączniki) przeciążeniowe.

g - charakterystyka pełnoz zakresowa; ochrona przed skutkami zwarc i przeciążeń.

- Druga litera, duża, oznacza przeznaczenie zabezpieczenia do poszczególnych urządzeń:

L - do przewodów i kabli

M - do silników

R - do elementów energoelektronicznych

G - ogólnego przeznaczenia

## PRZYKŁADY

*Krajowe wkładki topikowe o charakterystyce*

- *zwłocznej oznaczone są symbolami WTN-00, 1, 1C, 2, 3 (litera C oznacza wkładkę o zmniejszonych wymiarach), natomiast o charakterystyce*
- *szybkiej symbolem WT/F.*

**G** - zabezpieczanie przewodów w instalacjach i sieciach

**aM, gM lub gG** - obwody silnikowe ze stycznikami i przekaźnikami przeciążeniowymi

**aR lub gR** - przekształtniki energoelektroniczne

**gF** – wkładka topikowa szybka (dawne **wts**)  $6I_n \rightarrow 0,2s$

**gG, gL** – wkładka topikowa zwłoczna (dawne **wtz**)  $10I_n \rightarrow 0,2$

*Wielkość wkładki – prąd znamionowy*

*00/000 6-160A\*\*1/1C 6-250A\*\*2/2C 35- 400A\*\*3/3C 100-630A*

*Nowszymi rozwiązaniami bezpieczników są małogabarytowe bezpieczniki instalacyjne, które mogą być montowane na szynie montażowej TH-35.*

*D01 (2-16 A), D02 (20-63 A).*

**Zdolność wyłączania wkładki bezpiecznikowej** - największa wartość skuteczna prądu spodziewanego, którą wkładka topikowa jest w stanie przerwać przy określonym napięciu w danych warunkach użytkowania i działania; po zadziałaniu wkładki nie powinny być uszkodzone w stopniu utrudniającym ich wymianę lub stwarzającym zagrożenie dla obsługi.

**Prąd ograniczony** - największa chwilowa wartość, jaką osiąga prąd wyłączeniowy wkładki topikowej.

Znamionowy prąd wyłączalny bezpieczników

- instalacyjnych  $\approx 50kA$ .
- zmniejszonych wymiarach  $\approx 25kA$ .
- bezpieczników przemysłowych  $\approx 100 kA$ .

**Wkładki bezpiecznikowe i wyłączniki instalacyjne powinny być ze względu na ochronę przeciwporażeniową dobrane na możliwie najmniejszy prąd !!!**

## SELEKTYWNOŚĆ DZIAŁANIA ZABEZPIECZEŃ

SELEKTYWNOŚĆ DZIAŁANIA ZABEZPIECZEŃ TO TAKI DOBÓR ZABEZPIECZEŃ, KTÓRY W RAZIE USZKODZENIA JEDNEGO Z OBWODÓW INSTALACJI POWODUJE, ŻE ZADZIAŁA TYLKO ZABEZPIECZENIE ZNAJDUJĄCE SIĘ NAJBLIŻEJ MIEJSCA USZKODZENIA (W KIERUNKU ŹRÓDŁA ZASILANIA), ZACHOWUJĄC CIĄGŁOŚĆ ZASILANIA OBWODÓW NIEUSZKODZONYCH. Urządzenia zabezpieczające, połączone szeregowo, działają selektywnie jeżeli ich charakterystyki czasowo-prądowe nie przecinają się, ani nie mają wspólnych obszarów działania.

W instalacjach elektrycznych spotykane są układy zabezpieczeń:

- **bezpiecznik – bezpiecznik** dla zapewnienia selektywności → iloraz prądów znamionowych kolejnych bezpieczników tego samego typu (połączonych szeregowo) powinien być **co najmniej równy 1,6**;

F1	F2	$I_{nF1}/I_{nF2}$
gG, gL	gG, gL	1,6:1
gF	gF	1,6:1
gF	gG, gL	2,5:1
gG, gL	gF	1:1

- **wyłącznik – wyłącznik**

Znacznie trudniej jest zapewnić selektywność działania zabezpieczeń zwarciovych, wykonanych z zastosowaniem wyłączników. Wyłączniki mają z reguły jednoczłonowy wyzwalacz bezzwłoczny, powodujący zadziałanie zabezpieczenia w czasie własnym 0,01 – 0,05 s, niezależnie od wartości prądu znamionowego  $I_n$  wyłącznika.

W przypadku zainstalowania w szeregu dwóch lub więcej występujących po sobie takich wyłączników (nawet o różnych prądach znamionowych  $I_n$ ), ich **działanie może być przypadkowe**.

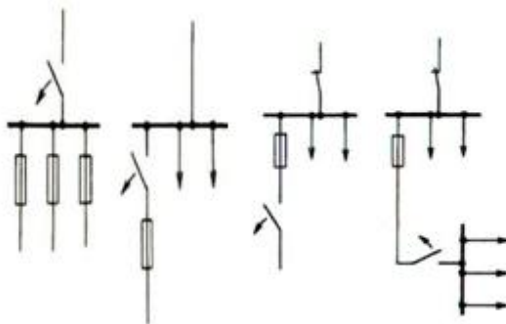
- **wyłącznik – bezpiecznik**

trudności w zapewnieniu selektywności zabezpieczeń zwarciovych uzasadniają zalecenie, aby wyłączniki te były stosowane jako zabezpieczenie poszczególnych obwodów instalacji w mieszkaniach.

Jako dalsze zabezpieczenia (od strony źródła zasilania) mogą być stosowane bezpieczniki ( lub **wyłączniki instalacyjne np. selektywne**)

## **RODZAJ BUDOWY BEZPIECZNIKA → BEZPIECZEŃSTWO OBSŁUGI**

- OSOBOM NIEWYKWALIFIKOWANYM powierzano w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym bezpieczniki instalacyjne wkrętkowe i rozłączniki bezpiecznikowe z wkładkami instalacyjnymi . Dotyczy to popularnych bezpieczników niskonapięciowych, zwłaszcza klasy gG, o prądzie znamionowym nie przekraczającym 100 A.
- OSOBOM WYKWALIFIKOWANYM powierzono bezpieczniki o stykach nożowych.

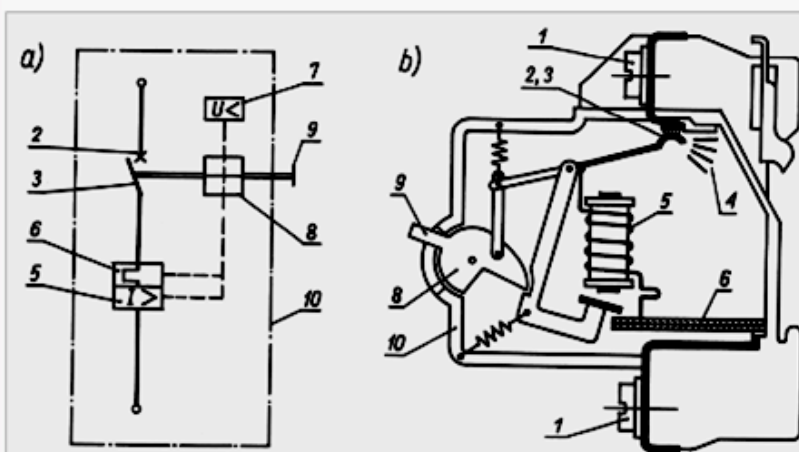


### CHARAKTERYSTYKA CZASOWO PRĄDOWE (pasmowe) wkładki topikowej $t=f(I)$

$k = \frac{I}{I_n}$ , gdzie:  $I$  – wartość prądu zadziałania wkładki,  $I_n$  – prąd znamionowy wkładki

$I_n$	WTN 00, 00C gG, gL			WTN 1C gG, gL			WTN 1 gG, gL			WTN 2 gG, gL			WTN 3 gG, gL			WTN 00 gF 400V			WTN 1 gF 400V		
	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s	0,2 s	0,4 s	5 s
6	6,6	5,8	4,0	7,9	6,7	4,2	6,5	5,8	3,9							6,3	5,5	3,8			
10	7,7	6,5	4,0	7,1	6,3	4,1	7,7	6,4	3,9							4,5	3,9	2,5			
16	6,9	5,8	3,6	6,7	5,8	3,7	6,8	5,8	3,6							3,3	2,8	2,5			
20	7,7	6,5	3,7	7,4	6,3	3,8	7,7	6,5	3,7							3,8	3,3	2,5	3,8	3,3	2,5
25	8,7	7,2	4,1	6,8	5,9	3,6	8,6	7,2	4,1							3,6	3,2	2,5	3,6	3,2	2,5
32	8,8	7,3	4,0	8,3	7,2	4,4	8,7	7,3	4,0							3,9	3,4	2,5	3,9	3,4	2,5
40	9,5	8,0	4,4	7,8	6,8	4,2	9,4	7,9	4,3							3,7	3,4	2,5	3,7	3,4	2,5
50	9,5	8,1	4,5	8,0	7,0	4,2	9,5	8,1	4,4							3,9	3,5	2,5	3,9	3,5	2,5
63	9,5	8,0	4,5	8,6	7,4	4,5	9,4	8,0	4,4	9,4	8,0	4,4				3,9	3,5	2,5	3,9	3,5	2,5
80	1,2	9,6	5,1	11,0	9,6	5,1	11,1	9,5	5,1	11,1	9,5	5,1				3,9	3,5	2,5	3,9	3,5	2,5
100	1,5	9,5	5,0	11,0	9,5	5,0	11,5	9,5	4,9	11,5	9,5	4,9				3,7	3,4	2,5	3,7	3,4	2,5
125	1,5	9,7	5,3	11,1	9,4	4,7	11,4	9,7	5,3	11,4	9,7	5,3				3,8	3,4	2,5	3,8	3,4	2,5

### WYŁĄCZNIKI NADMIAROWO PRĄDOWE



1 – zacisk przyłączeniowy; 2,3 – styki: stały i ruchomy; 4 – komora gaszeniowa;  
5 – wyzwalacz nadprądowy elektromagnetyczny; 6 – wyzwalacz cieplny;  
7 – cewka podnapięciowa; 8 – zamek; 9 – dźwignia napędu; 10 – obudowa

Zakres prądów bezzwłocznego zadziałania wyłączników nadmiarowo-prądowych

#### • WYZWALACZ ZWARTY

Typ charakterystyk	Zakres prądów zadziałania bezzwłocznego	Przeznaczenie
--------------------	---	---------------



<b>B</b>	3 do $5I_n$	Do ochrony instalacji ogólnego przeznaczenia
<b>C</b>	5 do $10I_n$	Do ochrony instalacji z silnikami elektrycznymi
<b>D</b>	10 do $20I_n$	Do ochrony instalacji o dużych udarach prądowych

Zakres prądów wyłączników nadmiarowo-prądowych

### • WYZWALACZ TERMICZNY

$1,13 I_n = I_{nt}$  umowny prąd **nie** zadziałania w czasie umownym (1h do 63A)

$1,45 I_n = I_t$  umowny prąd **zadziałania** w czasie umownym (1h).

1 – zacisk przyłączeniowy; 2,3 – styki: stały i ruchomy; 4 – komora gaszeniowa;

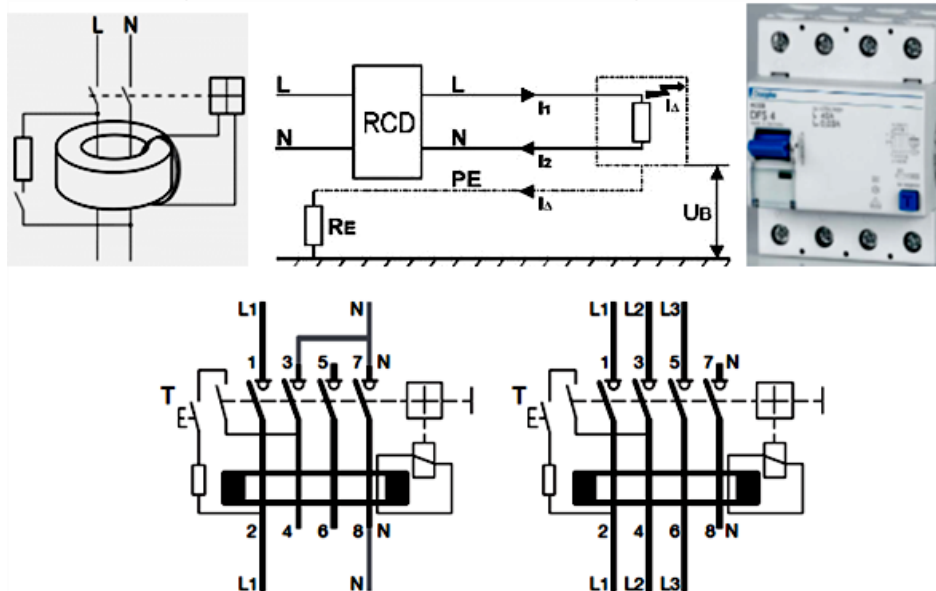
5 – wyzwalacz nadprądowy elektromagnetyczny; 6 – wyzwalacz cieplny;

7 – cewka pod napięciową; 8 – zamek; 9 – dźwignia napędu; 10 – obudowa

Przykład. WYŁĄCZNIK INSTALACYJNY B16A/1

230/400V, 2-63A, zdolność łączeniowa 6kA, IP20, trwałość 8000 łączy,  
dobre zabezpieczenie maks. 100A gG,  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$

## WYŁĄCZNIKI RÓŻNICOWOPRĄDOWE (RCD)



Zasadniczą funkcją wyłącznika różnicowoprądowego (RCD) jest ochrona dodatkowa przed porażeniem prądem elektrycznym poprzez odłączenie zabezpieczanego obwodu od zasilania w przypadku wystąpienia w tym obwodzie nadmiernego prądu doziemnego.

Wyłączniki różnicowoprądowe mogą być stosowane jako:

- **urządzenia wyłączające w ochronie przy uszkodzeniu** (przy dotyku pośrednim) przez samoczynne wyłączenie zasilania,
- **uzupełnienie ochrony podstawowej** (przed dotykem bezpośrednim), przy zastosowaniu urządzeń różnicowoprądowych wysokoczułych, o  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ,
- **urządzenia chroniące instalację przed pożarem** wywołanym przepływem prądu upływowego, o  $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$

przy czym:  $I_{\Delta n}$  jest znamionowym prądem różnicowym wyłącznika.

Wyłączniki różnicowoprądowe nie są przewidziane do pełnienia funkcji zabezpieczenia obwodów i wyposażenia przed skutkami przeciążeń i zwarć.


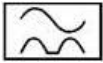
Instalacja wyposażona w wyłącznik RCD musi posiadać, **ze względów bezpieczeństwa**, przewód ochronny PE.

W momencie przepływu prądu uszkodzeniowego na obudowie zabezpieczanego urządzenia pojawi się napięcie  $U_B$ , zgodnie z prawem Ohma wynoszące:

$$U_B = I_{\Delta} \cdot R_E < U_L$$

$U_L$  - długotrwałe napięcie dotykowe

**Wyłącznik różnicowoprądowy nie ogranicza wartości prądu uszkodzeniowego, a jedynie czas jego przepływu.**

- wyłączniki typu AC oznaczone  - reagują na prąd różnicowy sinusoidalny.  
Prąd zadziałania wyłącznika zawiera się w zakresie 50...100% prądu znamionowego  $I_{\Delta n}$ .
- wyłączniki typu A oznaczone  - reagujące na prąd sinusoidalny, jednokierunkowy pulsujący oraz pulsujący ze składową stałą do 6mA.

**Wyłączniki nie mogą być instalowane w sieciach nie posiadających wydzielonego przewodu ochronnego PE.**

Wyłącznik różnicowoprądowy nie ogranicza wartości prądu uszkodzeniowego, a jedynie czas jego przepływu

## ZASADY DOBORU WYŁĄCZNIKÓW RÓŻNICOWOPRĄDOWYCH

**30mA** - dla uzyskania wysokiego poziomu ochrony w sytuacji gdy wymagane jest dodatkowe zabezpieczenie przed porażeniem spowodowanym dotykiem bezpośrednim. Wyłączenie musi nastąpić w czasie 40 ms przy prądzie różnicowym równym 150 mA.

Zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych o prądzie znamionowym różnicowym zadziałania  $\Delta I_n \leq 30 \text{ mA}$  jest traktowane w sieciach prądu przemiennego jako ,

- ochrona uzupełniająca w przypadku uszkodzenia środka ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrony podstawowej) i/lub
- środka ochrony przed dotykiem pośrednim (ochrony dodatkowej) lub też **nieuwagi użytkownika**, skutkującej dotykiem do części czynnej (części będącej w normalnych warunkach pod napięciem).

**100mA** - dla uzyskania ochrony przed porażeniem spowodowanym dotykiem pośrednim.

**300mA** - dla uzyskania ochrony przed pożarami spowodowanymi np. uszkodzeniem izolacji kabli fazowych względem przewodu PE.

**500mA** - jak w przypadku 300mA lecz dla urządzeń i instalacji, w których występują wyższe wartości prądów upływowych.

**AC** – dla prądów upływu przemiennych, sinusoidalnych nagłych lub stale narastających.

Prąd zadziałania wyłącznika zawiera się w zakresie 50...100% prądu znamionowego  $I_{\Delta n}$ .

Prąd zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego powinien zawierać się w granicach  $0,5 I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$

Wartością znormalizowaną prądu znamionowego różnicowego niezadziałania jest  $0,5 I_{\Delta n}$ .

Nagłe włączenie  $0,5 I_{\Delta n} = 15 \text{ mA}$

Nagłe włączenie  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$

wyłącznik nie powinien wyłączyć

wyłącznik powinien wyłączyć w czasie 0,3s

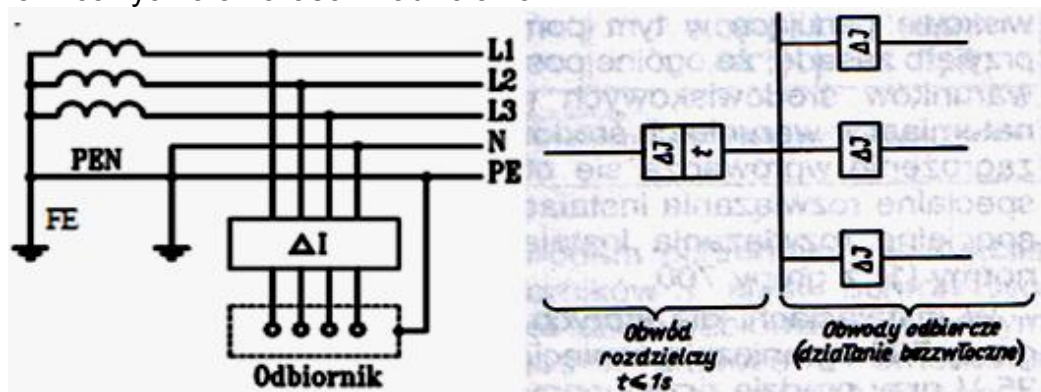
Nagłe włączenie	$2 \cdot I_{\Delta n} = 60 \text{ mA}$	wyłącznik	powinien wyłączyć w czasie 0,15s
Nagłe włączenie	$5 \cdot I_{\Delta n} = 150 \text{ mA}$	wyłącznik	powinien wyłączyć w czasie 0,04s

**A** – reagujące na prąd sinusoidalny, jednokierunkowy pulsujący oraz pulsujący ze składową stałą do 6mA.

**S** - działanie selektywne, wyłączniki wykorzystywane są jako grupowe od strony zasilania.

Standardowe wyłączniki różnicowoprądowe działają bezzwłocznie.

Aby uzyskać selektywność aparatów znajdujących się w linii pomiędzy źródłem zasilania a odbiornikiem należy odpowiednio stopniować wartości prądów różnicowych oraz czasów zadziałania.



### **ZAWODNOŚĆ ZABEZPIECZEŃ (malejąco):**

1. wyłączniki różnicowoprądowe  
wysoka, od 0,5-2 % do 6-9 % (czas eksploatacji kilka-kilkanaście lat, warunki środowiskowe dobre-złe) !!!
2. wyłączniki nadprądowe
3. bezpieczniki

### **WAŻNOŚĆ PRZEWODÓW Z PUNKTU WIDZENIA ICH CIĄGŁOŚCI, WYMAGANEJ STARANNOŚCI UKŁADANIA I WYKONYWANIA POŁĄCZEŃ**

1. przewód ochronno neutralny PEN
2. przewód ochronny PEN
3. przewód neutralny N
4. przewód fazowy L

### **OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA UZUPEŁNIAJĄCA**

W warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem, jeżeli środki ochrony przeciwporażeniowej mogą być nie skuteczne, powinny być zastosowane, odpowiednio dobrane - środki ochrony uzupełniającej, które wraz ze środkami podstawowymi, zapewnią wymagany stopień bezpieczeństwa przed porażeniem elektrycznym.

**Ochrona uzupełniająca ochronę podstawową** (ochrona uzupełniająca przed dotykiem bezpośrednim) polega na zainstalowaniu w obwodzie chronionym wyłącznika różnicowoprądowego wysokoczułego o prądzie wyzwalającym  $I_{\Delta n}$  nie większym od 30 mA.

Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o prądzie wyzwalającym

$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$  uważane jest za uzupełnienie ochrony, zarówno w przypadku **nieskuteczności** innych środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim, jak i w przypadku **nieostrożności** użytkowników (powodują szybkie wyłączenie obwodów w przypadku dotknięcia fazy).

Według normy **PN-HD 60364-4-41:2009** Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym, w wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe, dla celów ochrony przeciwporażeniowej uzupełniającej, powinny być wyposażone:

- obwody gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nie przekraczającym 20 A przeznaczone do użytkowania przez osoby niewykwalifikowane (osoby postronne),
- obwody odbiorcze do zasilania na wolnym powietrzu urządzeń przenośnych o prądzie znamionowym nie przekraczającym 32 A.
- instalacje użytkowane w warunkach szczególnego zagrożenia, których dotyczą arkusze 700 normy 60364.

**Ochrona uzupełniająca ochronę przy uszkodzeniu** (ochrona uzupełniająca przy dotyku pośrednim) polega na wykonaniu połączeń wyrównawczych miejscowych. Ich rola polega na ograniczeniu długotrwale utrzymującego się napięcia dotykowego do poziomu dopuszczalnego.

**Rezystancja pojedynczego połączenia wyrównawczego głównego lub miejscowego (przewodów i ich połączeń) nie powinna przekraczać wartości 1,0  $\Omega$**

**W WARUNKACH ŚRODOWISKOWYCH STWARZAJĄCYCH** zwiększone zagrożenie wprowadza się odpowiednie obostrzenia i stosuje się specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych  
Obostrzenia i specjalne rozwiązania instalacji elektrycznych obejmują arkusze grupy 700 polegają głównie na:

- zakazie umieszczania urządzeń elektrycznych w odpowiednich miejscach (strefach),
- stosowaniu urządzeń o odpowiednich stopniach ochrony,
- konieczności stosowania dodatkowych (miejscowych) połączeń wyrównawczych,
- konieczności obniżenia napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale w określonych warunkach otoczenia do wartości 25 V i 12 V prądu przemiennego oraz odpowiednio 60 V i 30 V prądu stałego,
- konieczności stosowania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym  $\leq 30 \text{ mA}$ , jako uzupełniającego środka ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrony podstawowej).

## SEPARACJA ELEKTRYCZNA

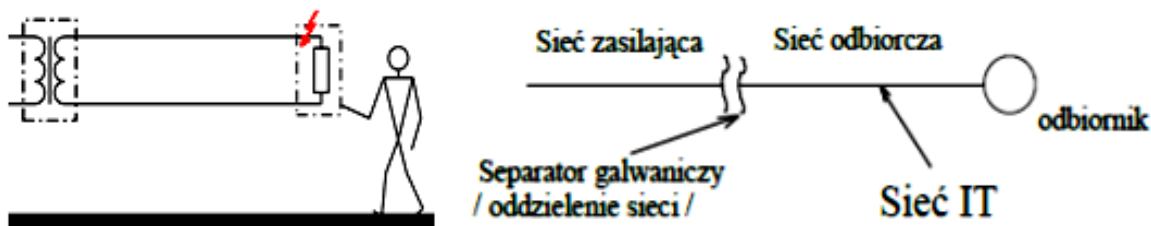
Ochrona przy dotyku pośrednim za pomocą separacji elektrycznej polega na elektrycznym oddzieleniu obwodu zasilającego od obwodu chronionego, za pomocą transformatora separacyjnego o przekładni

1 : 1 lub przetwornicy separacyjnej, wykonanych w drugiej klasie ochronności.

Separacja elektryczna jest najskuteczniejsza przy zasilaniu tylko pojedynczego odbiornika. Części czynne obwodu separowanego nie powinny być połączone w żadnym punkcie z innym obwodem lub z ziemią.

Zaleca się:

$$U \times L \leq 100\,000 \text{ [Vm]}$$



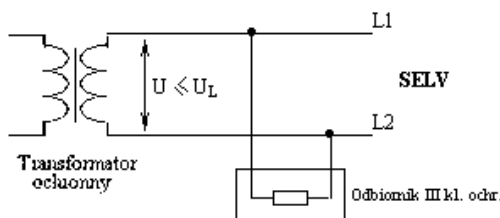
## OBWODY SELV, PELV

Bardzo niskie napięcie ze źródła bezpiecznego!

Jest to szczególnie niezawodny, ale i kosztowny środek ochrony, który polega na tym, że wybrane urządzenia są zasilane:

napięciem bardzo niskim, nie wyższym niż 50 V AC lub 120 V DC, czyli napięciem uważanym za napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale w przewidywanych warunkach środowiskowych,

napięciem pochodzącym ze źródła bezpiecznego z obwodu SELV lub obwodu PELV który ma ochronne oddzielenie elektryczne od wszelkich innych obwodów, a obwód SELV – ma ponadto zwykłe oddzielenie elektryczne (izolacją podstawową) od ziemi.



## OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA WN

### OCHRONA PRZED DOTYKIEM BEZPOŚREDNIM (ochrona podstawowa)

- ochrona przez stosowanie przegród, przeszkód
- ochrona przez stosowanie obudów (min IP 23, IP 2X)
- ochrona przez umieszczenie **POZA ZASIĘGIEM** ↔ **(nie ręki !)**

Przy urządzeniach WN izolacja nie jest środkiem ochrony przed dotykiem bezpośrednim.

W instalacjach WN środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim zapobiegają niebezpiecznemu zbliżeniu się człowieka do części czynnych.

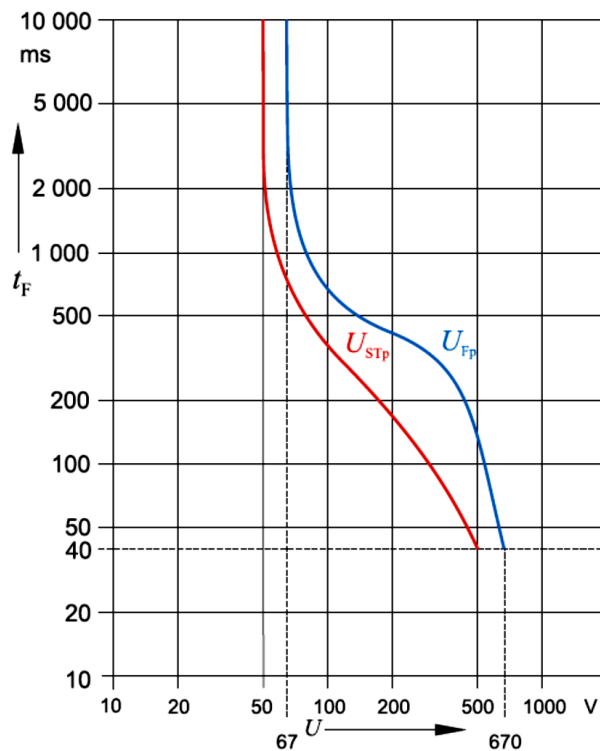
napięcie	strefa prac pod napięciem	strefa prac w pobliżu napięcia
kV	m	m
$\geq 1$	do 0,3	powyżej 0,3 do 0,7
1-30	do 0,6	powyżej 0,6 do 1,4
110	do 1,1	powyżej 1,1 do 2,1

## OCHRONA PRZY DOTYKU POŚREDNIM

W instalacjach WN stosuje się uziemienia ochronne.

Największe dopuszczalne napięcia dotykowe  $U_{Tp}$  w zależności od wg PN-E-05115 (obecnie PN-EN 61936-1:2011)



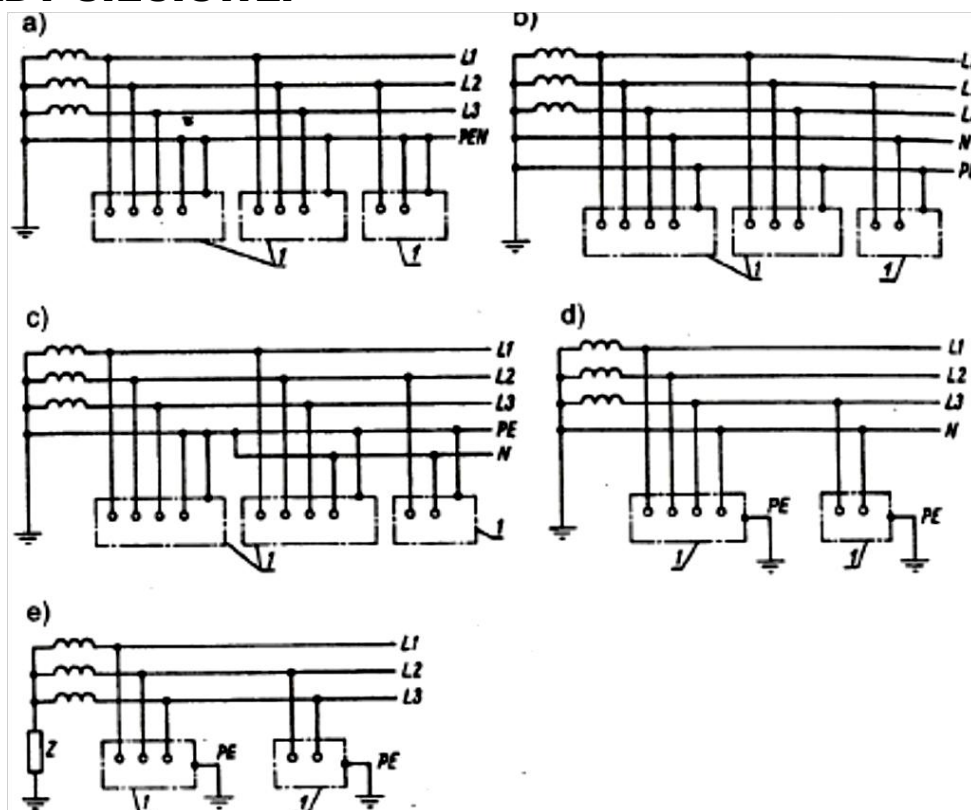


**Wykres.** Największe dopuszczalne napięcie uziomowe  $U_{Fp}$  i największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane  $U_{STp}$ , w zależności od czasu trwania zwarcia doziemnego  $t_F$

[SEP-E-001:2003 Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia.  
Ochrona przeciwporażeniowa.]

## 6. UKŁAD SIECIOWY TN

### UKŁADY SIECIOWE.



a.TN-C; b.TN-S; c. TN-C-S; d.TT; e. IT (1- dostępne części przewodzące;  
Z-impedancja lub bezpiecznik iskiernikowy)

**UZIOM ROBOCZY** → chroni sieć n.n. zasilanego poprzez transformator z sieci W.N. od przerzutu wysokiego napięcia oraz nie dopuszcza do asymetrii napięć w sytuacji zwarcia z ziemią przewodu fazowego == nie dopuszcza do wzrostu względem ziemi pozostałych przewodów fazowych do ponad 250V.

Jakość uziemień w istotny sposób wpływa na bezpieczeństwo użytkowania instalacji i urządzeń elektrycznych, a zwłaszcza na skuteczność ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym i ochrony odgromowej.

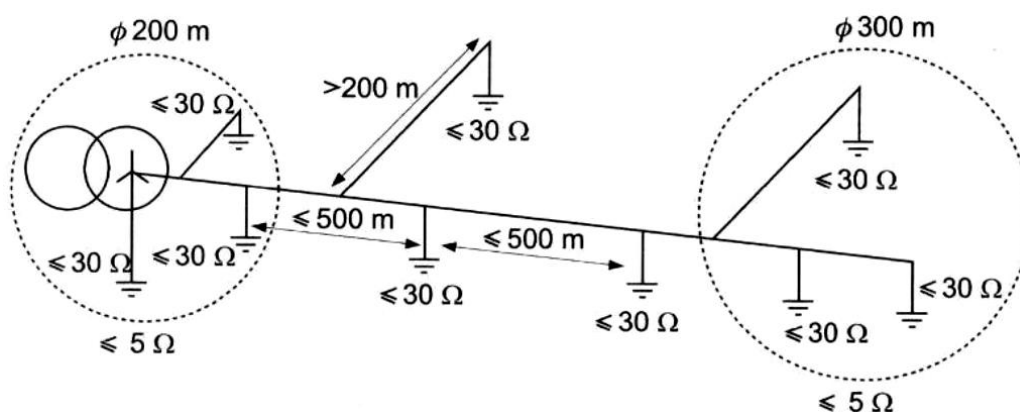
Uziemienia pełnią też inne funkcje związane z bezpieczeństwem, np. służą do odprowadzania ładunków elektrycznych w obiektach zagrożonych wybuchem

Uziemienia wykonuje się jako otokowe, taśmowo – prętowe, których podstawowymi elementami są pręty stalowe o średnicy min. 16 mm oraz taśmy stalowe min. 25x4 mm, miedziowane lub ocynkowane ogniowo

Przewód PEN spełniający rolę przewodu ochronnego PE oraz neutralnego N jest wielokrotnie uziemiony: przy stacji zasilającej, na trasie i przy końcach linii, zwłaszcza linii napowietrznych, oraz przy złączach instalacji.

Układ TN jest odporny na narażenia pochodzące z zewnątrz:

- przepięcia oraz skutki zwarć w sieci wyższego napięcia oraz
- przerwanie ciągłości przewodu PEN w obrębie sieci rozdzielczej wspólnej nie zagraża wystąpieniem znaczącej asymetrii napięć fazowych za miejscem przerwy i nie naraża urządzeń odbiorczych na uszkodzenia



Rozmieszczenie uziemień w sieci niskiego napięcia o układzie TN

### Przejście z układu TN-C na TN-C-S ; rozdział przewodu PEN na przewody PE i N

- instalacja budynku powinna być wykonana w układzie sieci TN-S
- rozdzielenie powinno następować w złączu lub rozdzielnicy głównej budynku
- zacisk PEN złącza kablowego należy uziemić.

### Układy sieciowy TN

- T - oznacza podłączenie bezpośrednie punktu neutralnego transformatora z ziemią,
- N - oznacza bezpośrednie połączenie elektryczne do uziemionego punktu układu sieci zasilającej.

### Układ TN-C-S

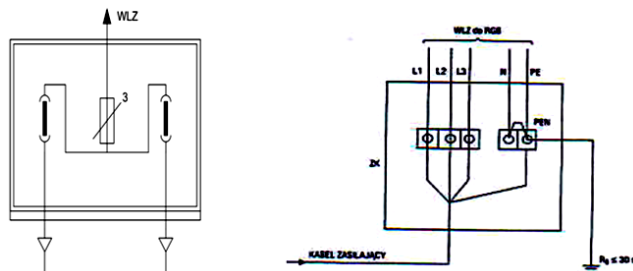
W układzie sieciowym TN-C-S punkt neutralny transformatora jest uziemiony, części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone z ziemią poprzez sieć zasilającą: w części przez wydzielony przewód PE, bliżej transformatora poprzez wspólny przewód PEN.

Zalecanym układem sieci elektroenergetycznych nn jest układ TN-C.

## ZASILANIE OBIEKTÓW ENERGIA ELEKTRYCZNĄ

- złącza kablowych
- stacje transformatorowe

### ZŁĄCZE KABLOWE



ENERGIA ELEKTRYCZNA doprowadzana jest z sieci do budynku poprzez ZŁĄCZE:

- połączenie [sieci rozdzielczej](#) z [instalacją ODBIORCY](#).
- rozdział między siecią rozdzielczą, a instalacją elektryczną.
- przelotowe, końcowe, węzłowe

W złączu znajduje się GŁÓWNE ZABEZPIECZENIE ZWARCIOWE budynku, które powinno przerwać zasilanie, gdy jest to absolutnie konieczne - SELEKTYWNOŚĆ.

ZŁĄCZA: układ sieciowy TN-C-S:

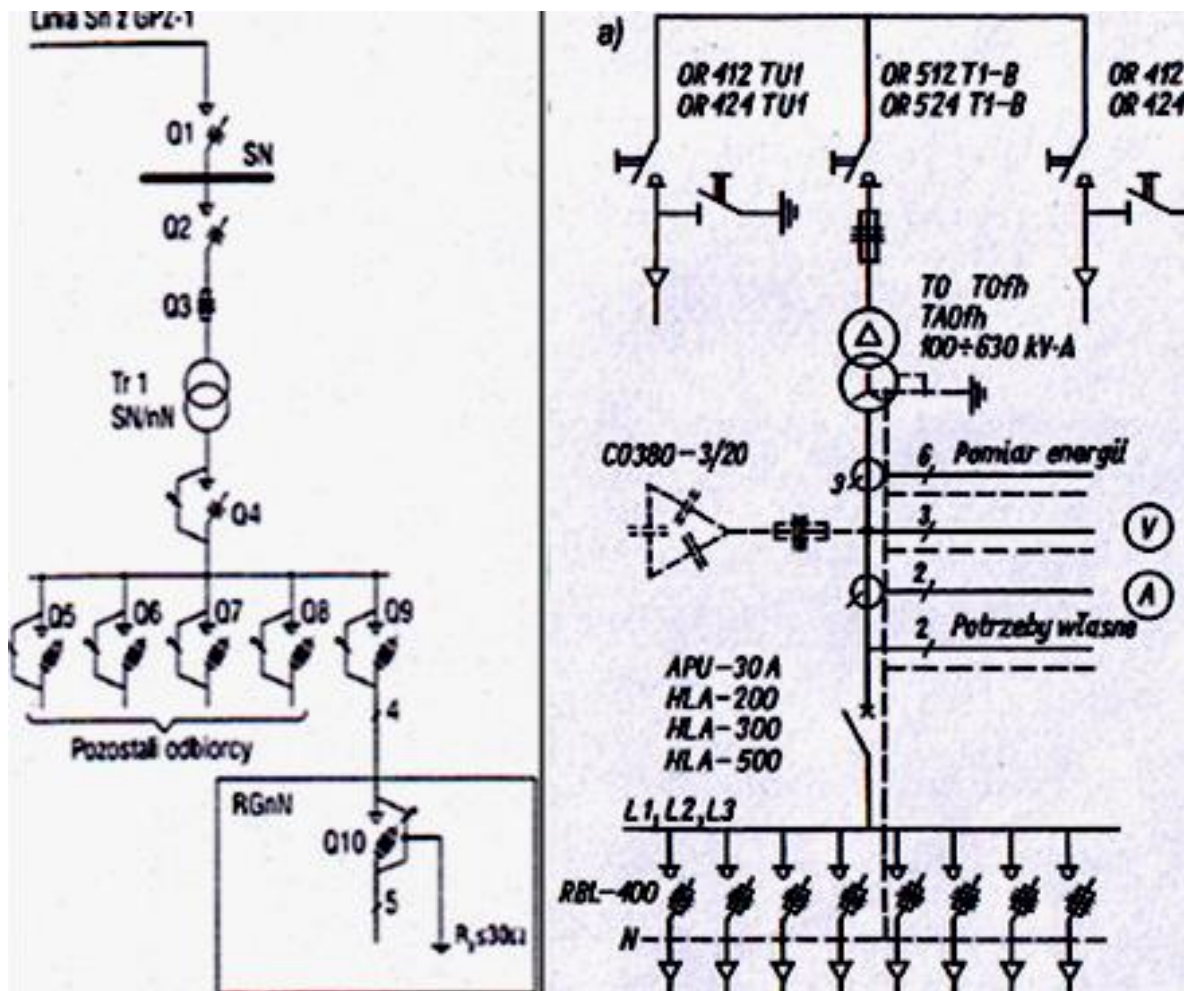
- punkt neutralny transformatora uziemiony,
- części przewodzące dostępne urządzeń są podłączone z ziemią poprzez sieć zasilającą:
  - bliżej transformatora poprzez wspólny przewód PEN.
  - w części przez wydzielony przewód PE,
- rozdział przewodu PEN na PE i N lokalizuje się poza urządzeniami OPERATORA SIECI DYSTRYBUCJI, w instalacji ODBIORCY.
- żyła PEN kabla zasilającego powinna być przyłączona do tego zacisku, z którego odchodzi przewód PE - **zasada "NAJPIERW CHRONIĆ, POTEM ZASILAC"**
- ZK - typowe dane:
 

- napięcie znamionowe pracy	230/400V
- znamionowy prąd ciągły	250/400/630A
- napięcie znamionowe izolacji	500V
- znamionowy prąd szczytowy	40 kA
- klasa izolacji	II
- stopień ochrony	min. IP 44
- Przewody odpływowe WLZ (minimalny przekrój WLZ wynosi 4 mm<sup>2</sup>, odgałęzień 2,5 mm<sup>2</sup>)

**NAPIĘCIE ZNAMIONOWE** - wartość napięcia, przy którym producent przewidział pracę danego urządzenia.

- Napięcie niskie (nn) - 0,23/0,4kV < 1kV, przesył kilkaset m
- Napięcie wysokie (WN) - 15 i 20kV przesył kilkanaście km
- Napięcie wysokie (WN) - 110kV, przesył kilkadziesiąt km
- Napięcie wysokie (WN) - 220 i 400kV, przesył kilkaset km

**STACJA ELEKTROENERGETYCZNA** - zespół elementów i układów elektroenergetycznych, służących do rozdziału lub przetworzenia energii elektrycznej.



**TRANSFORMATOR** - urządzenie elektroenergetyczne przetwarzające energię elektryczną o danych parametrach na energię elektryczną o innych parametrach za pomocą pola elektromagnetycznego.

Transformatory olejowe: chłodzone olejem i chłodzone powietrzem (suche).

Przekładnia napięciowa transformatora 3-fazowego jest to stosunek napięć międzyfazowych strony wyższego napięcia do strony niższego napięcia.

W transformatorach rozróżnia się 3 rodzaje połączeń uzwojeń nn:

w gwiazdę, w trójkąt, w zygzak .

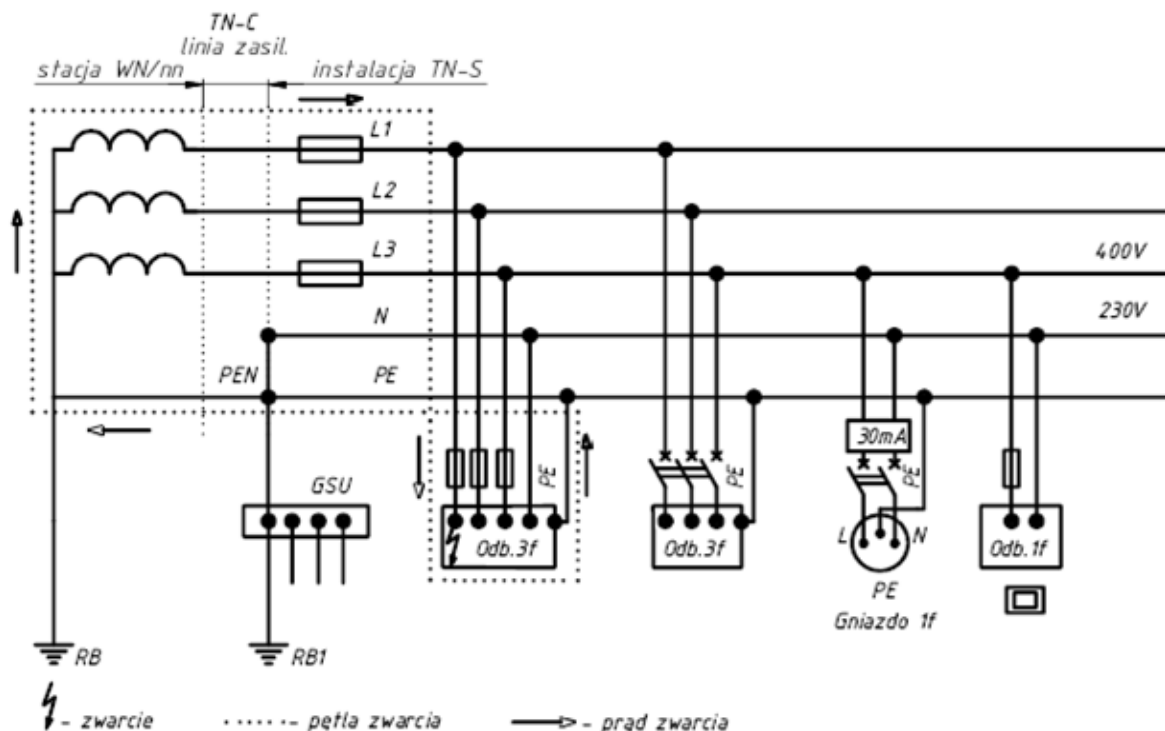
przykład: D/y do 100% asymetrii > 315kVA; Y/z, 20-250kVA - znaczna asymetria

Sprawność transformatora

$$\eta = P_o / P_p = P_o / (P_o + \Delta P) = P_o / (P_o + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu}) = \mathbf{0,97-0,99} \text{ dla } I \sim 0,5I_n$$

gdzie:  $P_o$  moc czynna oddana;  $P_p$  moc czynna pobrana;  $\Delta P$  straty mocy czynnej

**UKŁAD SIECI ZASILAJĄCYCH TN** → punkt neutralny transformatora jest bezpośrednio uziemiony.



### PĘTLA ZWARCIA W UKŁADZIE TN

W układzie TN pętla zwarcia z przewodem ochronnym jest w całości metaliczna, złożona wyłącznie z przewodów elektroenergetycznych

Układ TN łączy różne uziomy w jeden układ uziomowy o małej rezystancji uziemienia  
Prąd zwarcia L- PE jest duży !!!

Cecha układu TN → nawet w niekorzystnych warunkach zasilania impedancja pętli zwarcia  $Z_s < 2 \Omega$ .  $Z_s < 1 \Omega$  ( $I_{k1min} > 200 A$ ).

W układzie TN do samoczynnego wyłączania zasilania można użyć

- zabezpieczenia nadprądowego (bezpiecznika lub wyłącznika nadprądowego) albo
- wyłącznika różnicowoprądowego

Bardziej niezawodne bezpieczniki, wyłączniki nadprądowe, mogą – rezerwować znacznie bardziej zawodne wyłączniki różnicowoprądowe.

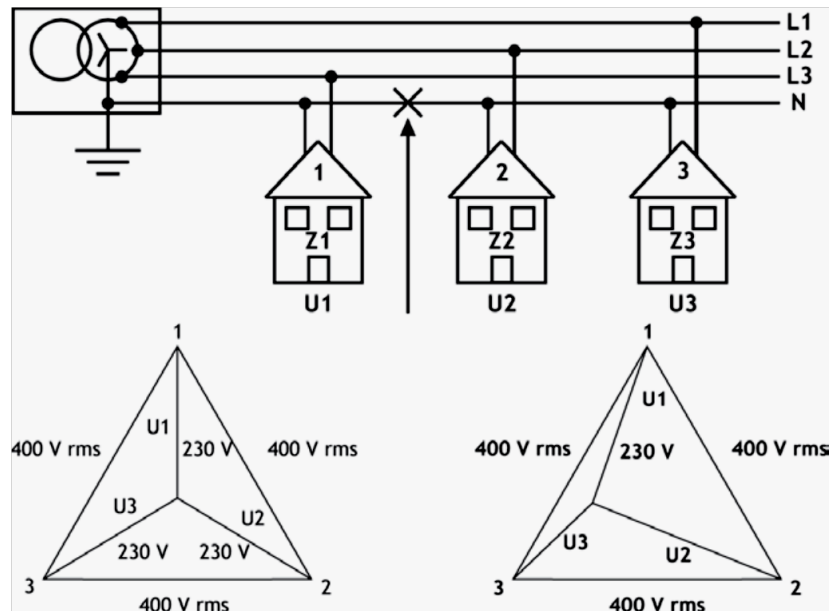
W poprawnie wykonanym układzie TN, z wielokrotnym uziemianiem przewodów ochronnych PE (PEN), znikoma część prądu zwarcia L-PE (nawet znacznie mniej niż 1 %) wraca do źródła poprzez uziemienia i ziemię. Nie wpływa to znacząco na wartość prądu w miejscu zwarcia ani na wynik pomiaru impedancji pętli zwarcia  $Z_s$ , ale znacznie obniża wartości napięcia przewodów ochronnych PE (PEN) względem ziemi odniesienia i wartości napięć dotykowych.

**TN-C** jest to układ 4-przewodowy (trzy przewody liniowe L1, L2 i L3 oraz przewód ochronno-neutralny PEN). Ochrona przeciwporażeniowa jest realizowana przez połączenie wszystkich dostępnych części przewodzących instalacji z przewodem PEN,

**TN-S** jest to układ 5-przewodowy (trzy przewody liniowe L1, L2 i L3 oraz przewód ochronny PE i neutralny N). Ochrona przeciwporażeniowa jest realizowana przez połączenie wszystkich dostępnych części przewodzących instalacji z przewodem PE,

**TN-C-S** układ jest połączeniem układów TN-C i TN-S. Punkt rozdziału funkcji przewodu na PE i N następuje w złączu kablowym lub rozdzielnicy. Punkt ten powinien być uziemiony.

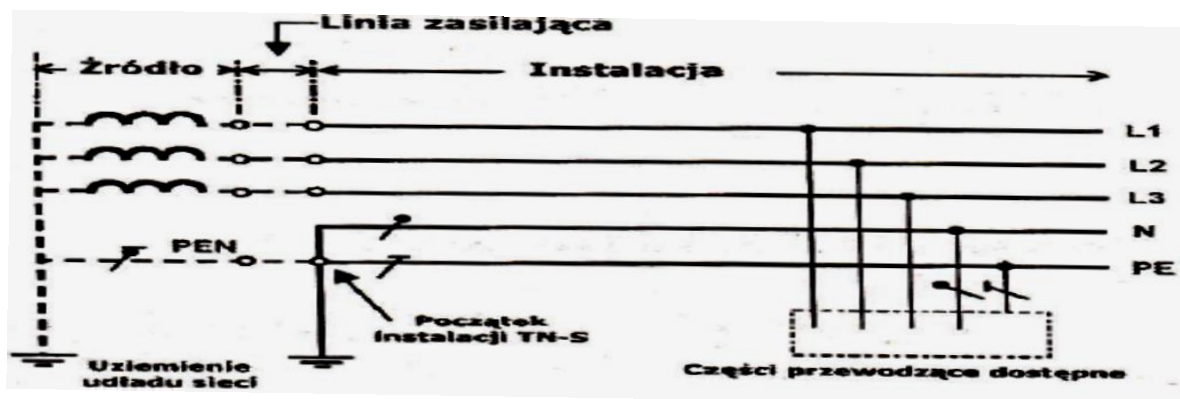




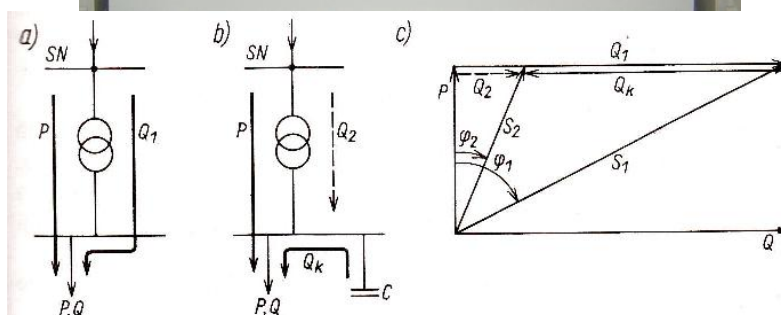
### WAŻNOŚĆ PRZEWODÓW

(ciągłość, wykonywanie połączeń staranność układania)

- przewód neutralno ochronny PEN
- przewód ochronny PE
- przewód neutralny N
- przewody fazowe L



### KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ



$$Q_k = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

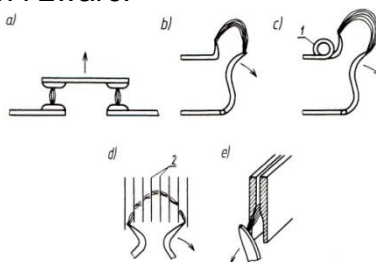
$$\cos \varphi = 0,92-0,98 \quad \operatorname{tg} \varphi \approx 0,5-0,2 \quad \operatorname{tg} \varphi \approx 0,4-0,2$$

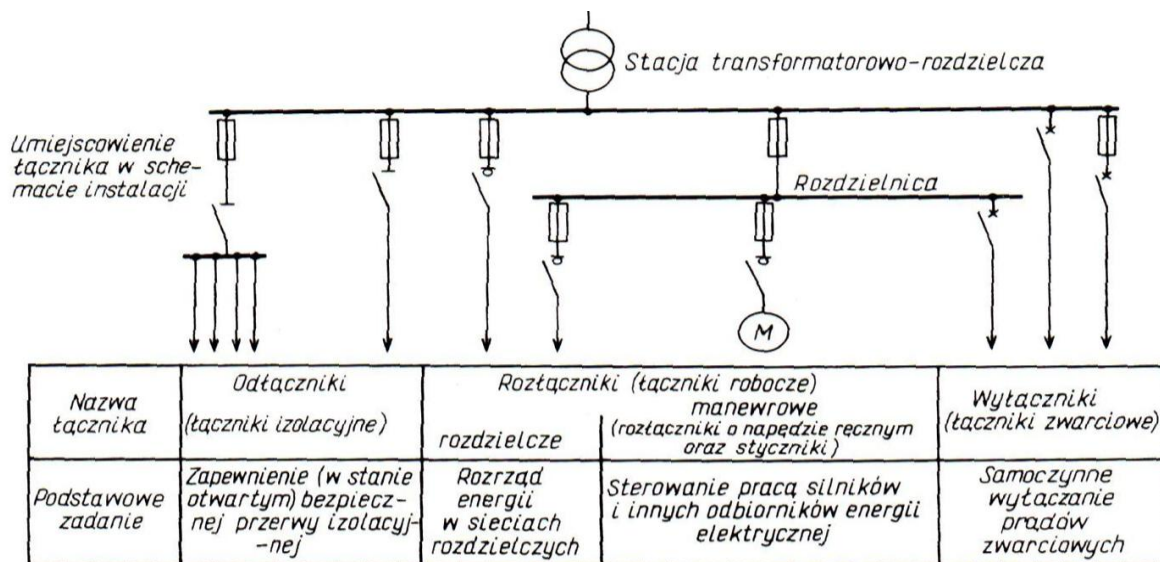
**KOMPENSACJA:** centralna, grupowa, indywidualna

**Zgromadzona energia stanowi zagrożenie (h, dni), nn - rozładowanie do napięcia 50V przez 60s !!!**

## APARATURA ŁĄCZENIOWA I SPOSÓB JEJ WYKORZYSTYWANIA

- **WYŁĄCZNIKI** przeznaczone są do wyłączania i załączania prądów roboczych i zwarciovych.
- **ROZŁĄCZNIKI** przeznaczone są do załączania i wyłączania prądów roboczych w granicach znamionowego prądu ciągłego rozłącznika.
- **ODŁĄCZNIKI** służą do tworzenia przerw izolacyjnych w obwodach elektrycznych.  
Manipulacje łączeniowe odłącznikami należy wykonywać w stanie bez obciążenia, za wyjątkiem przypadków szczególnych.
- **BEZPIECZNIKI** służą do zabezpieczania urządzeń elektroenergetycznych przed skutkami przeciążeń i zwarc.





WYŁĄCZNIK, ROZŁĄCZNIK  
ODŁĄCZNIK, UZIEMNIK STAŁY  
BEZPIECZNIKI

załączamy - wyłączamy  
zamykamy - otwieramy  
wyjmujemy - wkładamy

### WSZYSTKIE CZYNNOŚCI ZWIĄZANE Z ŁĄCZENIAMI MUSZĄ BYĆ REALIZOWANE W WARUNKACH:

- **SPOKOJU ,**
- **BEZ STOSOWANIA NACISKU W KIERUNKU SZYBKIEGO I NERWOWEGO DZIAŁANIA,**
- **Z ROZWAGĄ I OSTROŻNOŚCIĄ.**

#### Sprzęt ochronny (w środki ochrony osobistej)

Sprzęt zasadniczy elektroizolacyjny chroniący przed porażeniem przez odizolowanie : uchwyty izolacyjne, narzędzia izolowane, rękawice dielektryczne, wskaźniki napięcia i inny

#### Podstawowe zasady używania sprzętu ochronnego

Sprawdzić przed każdorazowym użyciem stan techniczny oraz datę ważności. Używanie niesprawnych i uszkodzonych narzędzi jest zabronione.

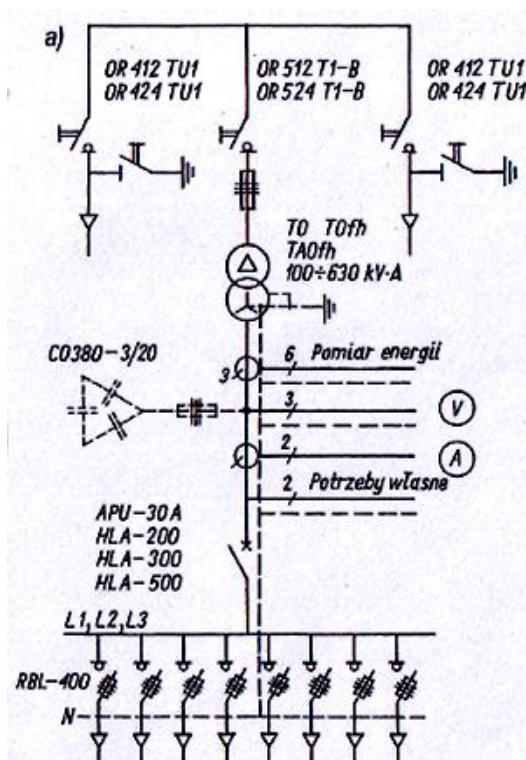
#### PRZED PRZEPROWADZENIEM PRAC NA URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH, NALEŻY:

- **ODŁĄCZYĆ ZASILANIE**
- **ZABEZPIECZYĆ URZĄDZENIE PRZED MOŻLIWOŚCIĄ PONOWNEGO WŁĄCZENIA**
- **SPRAWDZIĆ, CZY NAPIĘCIE ELEKTRYCZNE NA URZĄDZENIU RÓWNE JEST ZERU** (Jak się sprawdza brak napięcia?)

Wyłączenie urządzeń i instalacji elektroenergetycznych spod napięcia powinno być dokonane w taki sposób, aby uzyskać przerwę izolacyjną w obwodach zasilających urządzenia i instalacje.

#### Za przerwę izolacyjną uważa się:

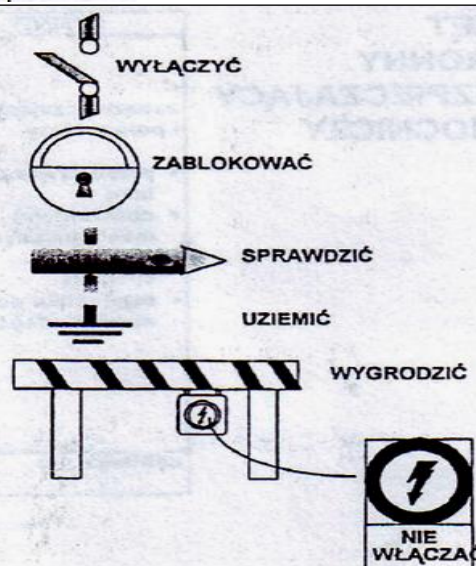
- otwarte zestyki łącznika
- wyjęte wkładki bezpiecznikowe,
- zdemontowanie części obwodu zasilającego,
- przerwanie ciągłości połączenia obwodu zasilającego w łącznikach o obudowie zamkniętej, stwierdzone w sposób jednoznaczny w oparciu o położenie wskaźnika odwzorującego otwarcie łącznika.



## PIĘĆ PODSTAWOWYCH REGUŁ BEZPIECZEŃSTWA PRACY DLA ELEKTRYKÓW

większość prac wykonywana jest  
przy urządzeniach w stanie  
beznapięciowym

każdy elektryk przed  
przystąpieniem do wykonania  
pracy zobowiązany jest do  
przygotowania miejsca pracy  
w taki sposób, aby było ono  
bezpieczne



### UWALNIANIE SPOD NAPIĘCIA $\leq 1\text{kV}$ → (troska o własne bezpieczeństwo!)

- Wyłączenie napięcia właściwego napędu
- otwarcie właściwych łączników
- wyjęcie wkładek bezpiecznikowych
- przecięcie przewodów od strony zasilania (narzędzie izolowane, zabezpieczenie przed łukiem),
- zwarcie przewodów (gdy brak zagrożenia wybuchem)
- zwarcie przewodów w linii napowietrznej, (odl. uziemienia  $>20\text{m}$ )
- odciągnięcie porażonego od urządzeń będących pod napięciem (np. gdy brak czasu)
- odizolowanie porażonego, gdy rażenie na drodze:  
ręka – nogi → odizolować nogi  
ręka - ręka → odizolować palce poprzez izolację



## 7. INSTALACJE

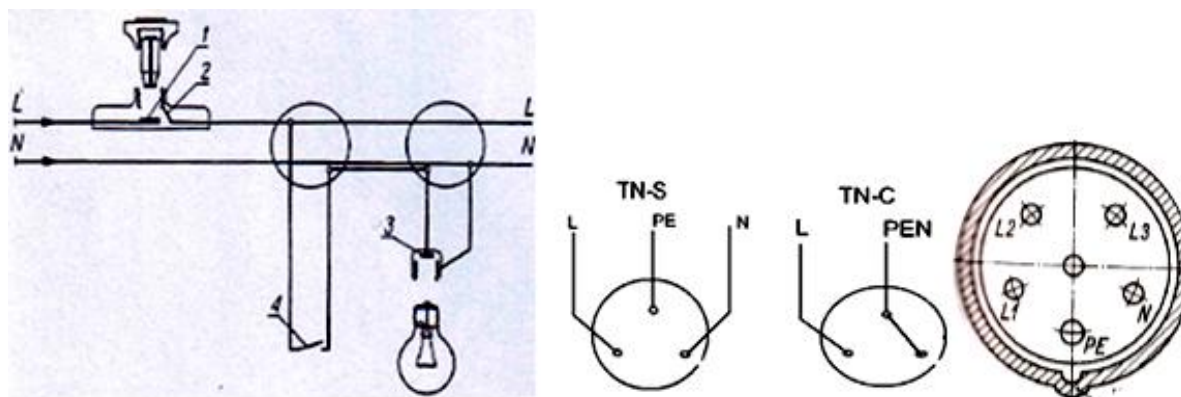
ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U.2002.75.690).

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

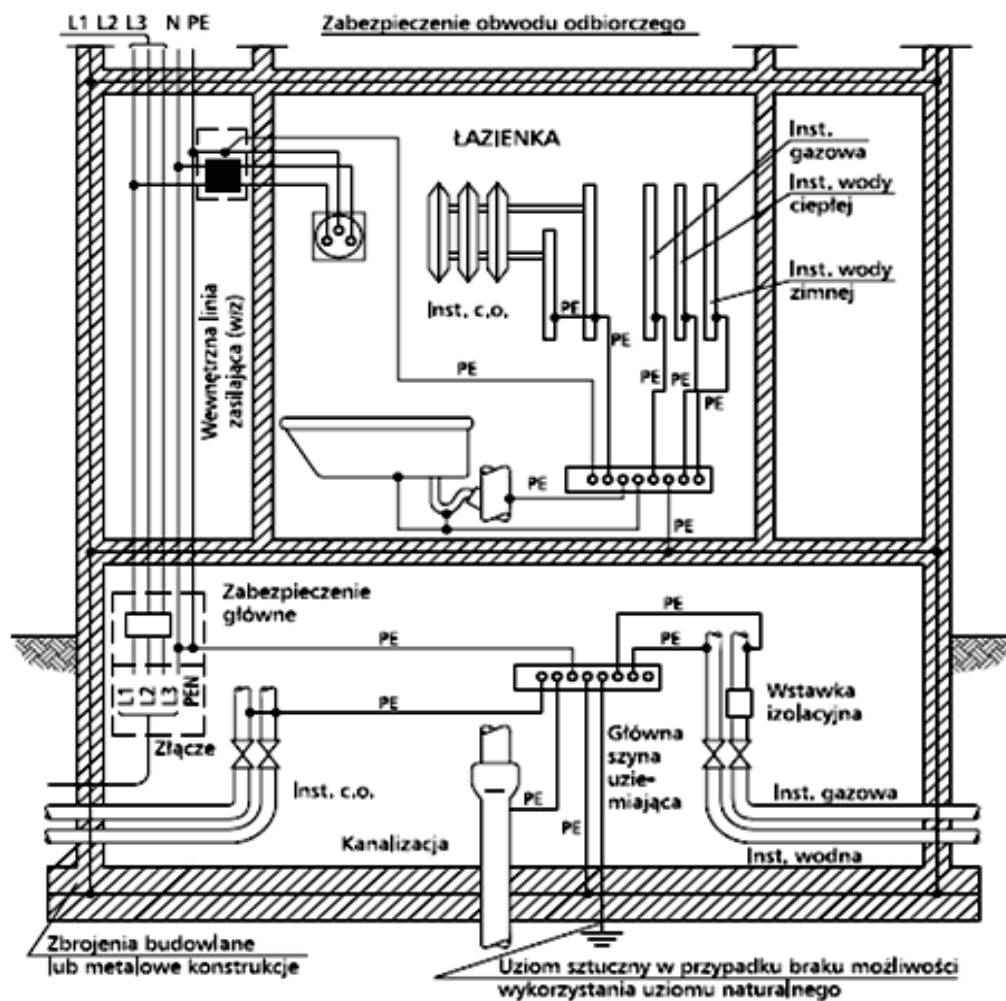
1. dostarczanie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych,
2. ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
3. ochronę przed emisją drgań i hałasu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

§ 183. 1. W instalacjach elektrycznych należy stosować:

1. złącza instalacji elektrycznej budynku, umożliwiające odłączenie od sieci zasilającej i usytuowane w miejscu dostępnym dla dozoru i obsługi oraz zabezpieczone przed uszkodzeniami, wpływami atmosferycznymi, a także ingerencją osób niepowołanych,
2. oddzielny przewód ochronny i neutralny, w obwodach rozdzielczych i odbiorczych,
3. urządzenia ochronne różnicowoprądowe uzupełniające podstawową ochronę przeciwporażeniową i ochronę przed powstaniem pożaru, powodujące w warunkach uszkodzenia samoczynne wyłączenie zasilania;
4. wyłączniki nadprądowe w obwodach odbiorczych,
5. zasadę selektywności (wybiórczości) zabezpieczeń,
6. przeciwpożarowe wyłączniki prądu,
7. połączenia wyrównawcze główne i miejscowe, łączące przewody ochronne z częściami przewodzącymi innych instalacji i konstrukcji budynku,
8. zasadę prowadzenia tras przewodów elektrycznych w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów,
9. przewody elektryczne z żyłami wykonanymi wyłącznie z miedzi, jeżeli ich przekrój nie przekracza 10 mm<sup>2</sup>,
10. urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej.







PE – przewód ochronny lub połączenia wyrównawczego ochronnego

## 8. ODBIORNIKI ENERGII

### 8.1 INSTALACJE OŚWIETLENIOWE

#### Parametry oświetleniowe

- **Strumień świetlny  $\Phi$**  wyrażony w lumenach- lm, jest to całkowita energia świetlna emitowana przez źródło
- **Natężenie oświetlenia  $E = \Phi/S$**  wyrażone w luksach – lx = lm /m<sup>2</sup>. Jest to ilość światła, która dociera do powierzchni pracy.

Przykład: wymagane natężenie oświetlenia pomieszczenia o powierzchni s = 18m<sup>2</sup> wynosi E = 200 lx.

Przyjmując sprawność oświetlenia 80% oraz zmniejszenie sprawności oświetlenia z powodu upływu czasu o 20%. Należy dobrać żarówki oświetleniowe.

$$\Phi = (200 \times 18 \times 1,2) / 0,8 = 5400 \text{ lm}$$

Jedna żarówka 100 W generuje strumień 1250lm. Żarówka 5-20lm/W, 5400 /1250 = 4,32

Dobrano 5 żarówek 100 W.

**Podstawowe parametry źródeł światła.** Strumień świetlny lm, skuteczność świetlna lm/W, temperatura barwowa (ciepła 3300 K, neutralna, chłodna 5300K), wskaźnik oddawania barw max 100, trwałość w h, moc pobierana przy pracy w W.

**Promieniowanie widzialne 360 do 830nm**

**Skuteczności świetlne.** Żarówka 5-20lm/W, żarówka halogenowa 5-30lm/W, świetlówka standard 40-95lm/W, ręciovka wysokoprężna 30-70lm/W, lampa sodowa wysokoprężna 50-150lm/W, sodowa niskoprężna 100-200lm/W.

**Naświetlenie oświetlenia.** Biuro, sklepy ok. 300lx, schody, korytarze 50-70lx, bardzo dokładne prace mechaniczne 500-1500lx, drogi osiedlowe 5lx

**Eksploatacja,** przeglądy co 2 lata oświetleń zewnętrznych, wewnętrznych, dróg w mieście. Inne co 3 do 5 lat. Liczba niesprawnych źródeł wnętrza 10%.

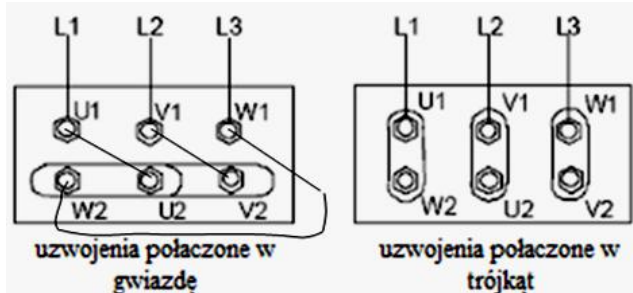
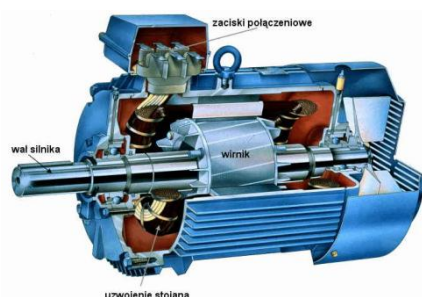
Dopuszczalny spadek natężenia w pomieszczeniach -10%

**Racjonalna eksploatacja = oszczędność energii**

- Wyłączanie zbędnego oświetlenia
- Wyłączniki zmierzchowe, zegary sterujące
- Sensory obecności ludzi
- Jasna kolorystyka pomieszczeń i wyposażenia
- Automatyczna kontrola oświetlenia
- Podział oświetlenia na strefy
- Stosowanie źródeł o wysokiej skuteczności świetlnej (lm/W)
- Utrzymanie czystości opraw

**Ustawa produktowa**(ustawa z 11.05.2001r.), skażenie środowiska rtęcią z zużytych świetlówek (30 ton/rok)-obowiązek recyklingu, zbiórki „odpadów” z wprowadzonych na rynek towarów np. świetlówek.

## 8.2 SILNIKI ASYNCHRONICZNE



Wzory:  $n_s = 60 \cdot f / p$ ,  $M = 9550 \cdot P / n$ ,  $s = (n_s - n) / n_s$ ,  $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta$ ,  $I_n \approx 2A / 1kW$

DANE SILNIKÓW: moc  $P$  [ kW ], napięcie  $U_n$  [ V ], prąd  $I_n$  [ A ],  $\cos \phi$ ,  $I_r / I_n$ , IP np. IP 54, rodzaj pracy np. S1, klasa izolacji A-105°C, E-120°C, B-130°C, F-155°C, H-180°C. ( temp. zewnętrzna silnika 50 - 70°C ), sprawność silników ~ 80-90%

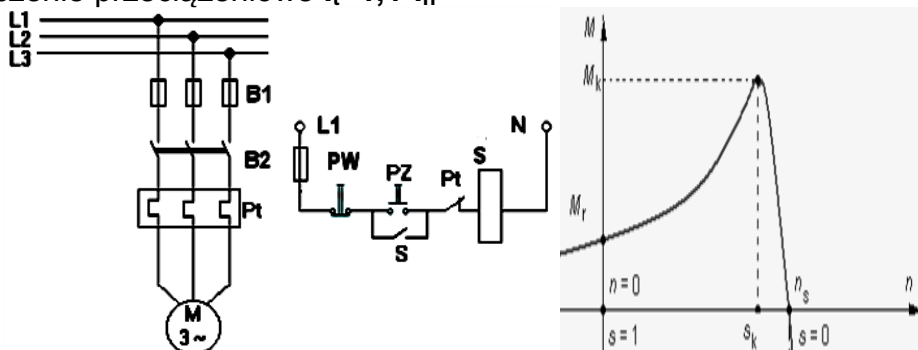
Prąd rozruchu silników klatkowych  $I_R = (6 - 7) \cdot I_n$

Załączanie bezpośrednie 5,5 kW, załączanie > 5,5 kW przełącznik Y/Δ, soft – start, falownik.

Urządzenia zabezpieczająco – sterujące: zwarcie, przeciążenie, zanik fazy, asymetria zasilania, podnapięciowe, nadmiernej ilości załączeń.

**I bezpiecznika**  $> I_R / \alpha$ ;  $\alpha$  dla rozruchu: lekkiego (do 30%  $M_n$ ) 2,5; ciężkiego 1,6

Zabezpieczenie przeciążeniowe  $I_t = 1,1 \cdot I_n$



*Ponad połowę całej energii elektrycznej wyprodukowanej na świecie wykorzystywane jest przez napędy elektryczne z silnikami elektrycznymi.*

Ważnym parametrem urządzeń elektrycznych jest rodzaj ich pracy

- praca ciągła S1
- praca dorywcza S2
- praca przerywana S3 i dalsze do S8

## **9. OCHRONA ODGROMOWA I PRZEPIĘCIOWA**

### **OCHRONA PRZEPIĘCIOWA**

Większość niebezpiecznych przepięć w instalacji elektrycznej, które mogą uszkodzić lub zakłócić pracę urządzeń występuje w wyniku:

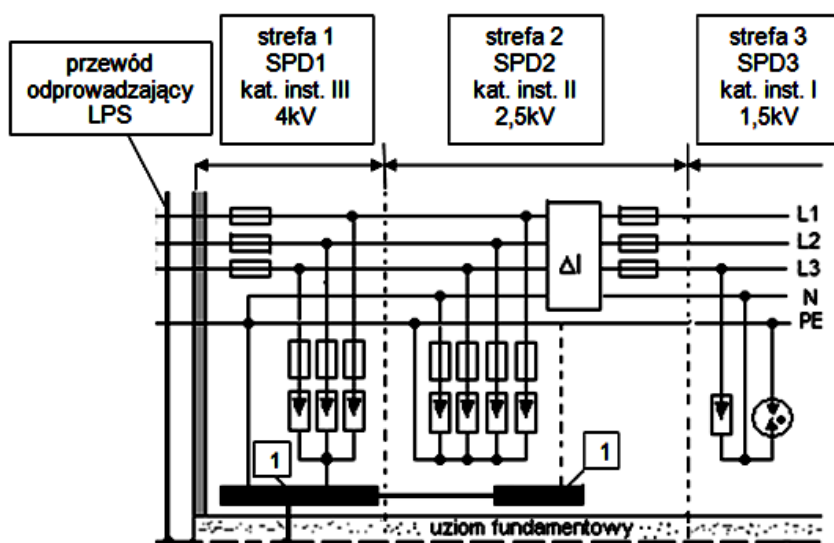
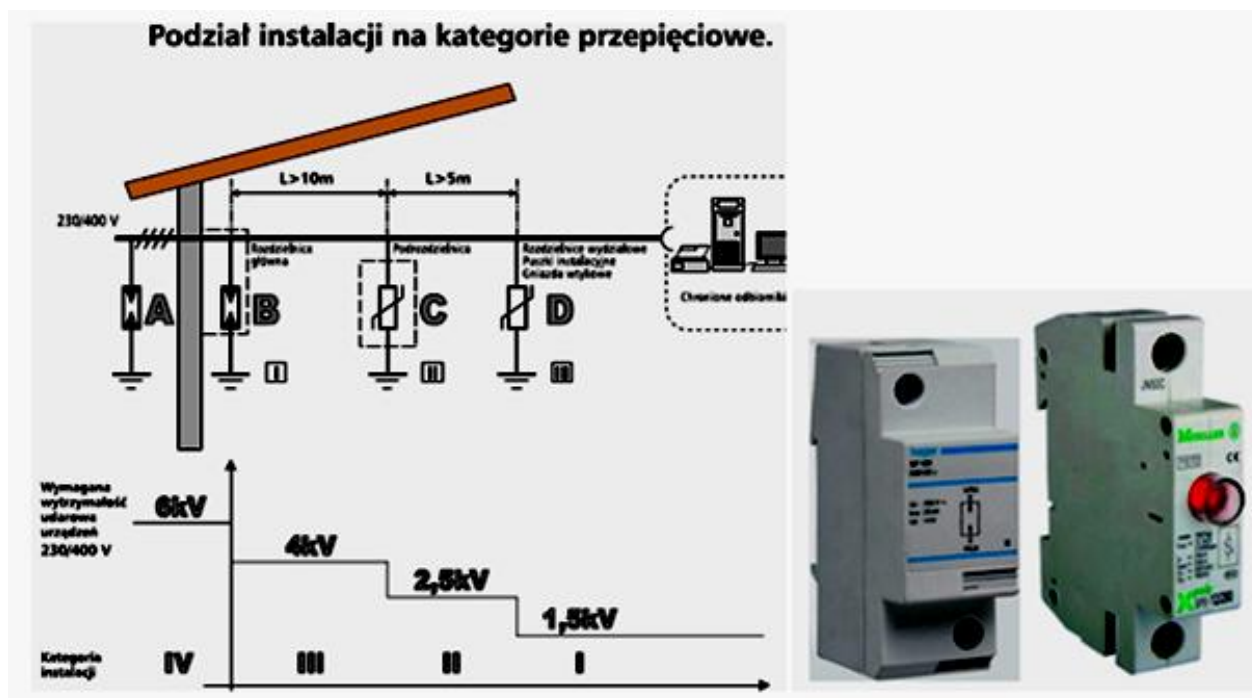
- bliskich lub bezpośrednich wyładowań atmosferycznych w budynek
- procesów łączeniowych odbiorników o dużej mocy
- przepięć spowodowanych elektrycznością statyczną

Mogą one osiągać wartość wielokrotnie przekraczającą wytrzymałość udarową urządzeń.

- W przypadku bezpośredniego uderzenia pioruna w obiekt budowlany, do urządzeń poprzez system uziemienia może przedostać się napięcie **ponad 100 kV**.

- W przypadku uderzenia pioruna w pobliskim sąsiedztwie obiektu poprzez impulsowe pole elektromagnetyczne LEMP mogą w pętach przewodów ułożonych wewnątrz obiektu pojawić się przepięcia o amplitudach **ponad 10 kV**
- Przepięcia łączeniowe w instalacji powstające przy wyłączaniu dużych odbiorników, zwarc, wystąpieniu stanów awaryjnych w sieciach nn i SN mogą wynosić **ok. 2,5 krotności napięcia znamionowego**.

Do ochrony przeciwprzepięciowej instalacji elektrycznych obiektów budowlanych stosowane są ograniczniki przepięć **iskiernikowe i warystorowe**.



1 - szyny wyrównawcze

**SPD1** Ograniczanie zagrożeń stwarzanych przez rozprzyskający się prąd piorunowy,

przebiecia atmosferyczne oraz wszelkiego rodzaju przebiecia ładowe, wyrównywanie potencjałów instalacji wchodzących do obiektu budowlanego.

**SPD1** nie posiada wskaźników poprawnego działania i praktycznie ich właściwości nie są monitorowane w czasie eksploatacji. (stanu zużycia elektrod oraz rzeczywistych napięciowych poziomów ochrony SPD)

SPD typu 2 samoczynne ich "odłączania" z instalacji elektrycznej, jeśli nastąpi uszkodzenie warystora. Informacją o uszkodzeniu jest zmiana koloru w „okienku kontrolnym”

**SPD1** - WYRÓWNIANIE POTENCJAŁÓW POMIĘDZY PRZEWODAMI INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ PODCZAS BEZPOŚREDNIEGO WYŁADOWANIA PIORUNOWEGO W URZĄDZENIE PIORUNOCHRONNE OBIEKTU BUDOWLANEGO.

W takim przypadku po zadziałaniu **SPD1** zaczyna w nich płynąć część prądu piorunowego wypływającego przewodami fazowymi na zewnątrz obiektu budowlanego.

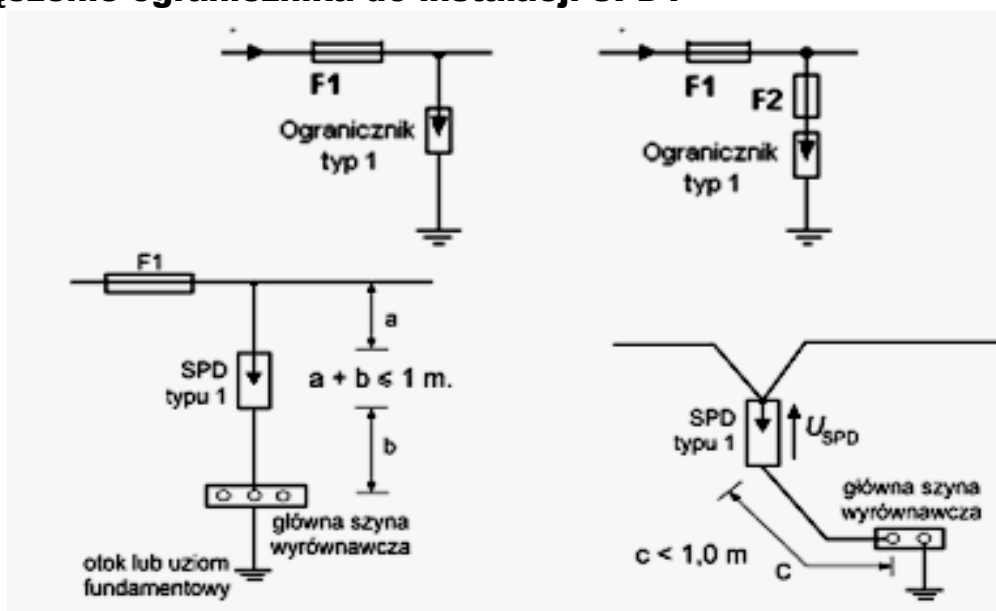
W najbardziej niekorzystnym przypadku (I poziom ochrony odgromowej obiektu) w poszczególnych SPD może popłynąć prąd piorunowy o wartości szczytowej przekraczającej **25 kA o kształcie 10/350  $\mu$ s**.

W przypadku III i IV poziomu ochrony prądy płynące w poszczególnych SPD mogą osiągnąć wartości dochodzące **do 12,5 kA (kształt 10/350  $\mu$ s)**.

Ograniczniki instalowane na wejściu instalacji elektrycznej do budynku powinny wytrzymywać przepływ części prądu piorunowego i nie ulegać **eksplozji** lub uszkodzeniu.

Prąd o częstotliwości sieciowej płynący w przewodach instalacji po zadziałaniu ograniczników przepięć (SPD) typu 1, podłączonych między przewodami fazowymi (L1, L2, L3) a uziemionymi przewodami ochronnymi-neutralnymi PEN, musi być odłączony bezpośrednio przez ograniczniki przepięć (SPD) lub przez zainstalowane wcześniej zabezpieczenia nadmiarowoprądowe.

### Przyłączenie ogranicznika do instalacji SPD1

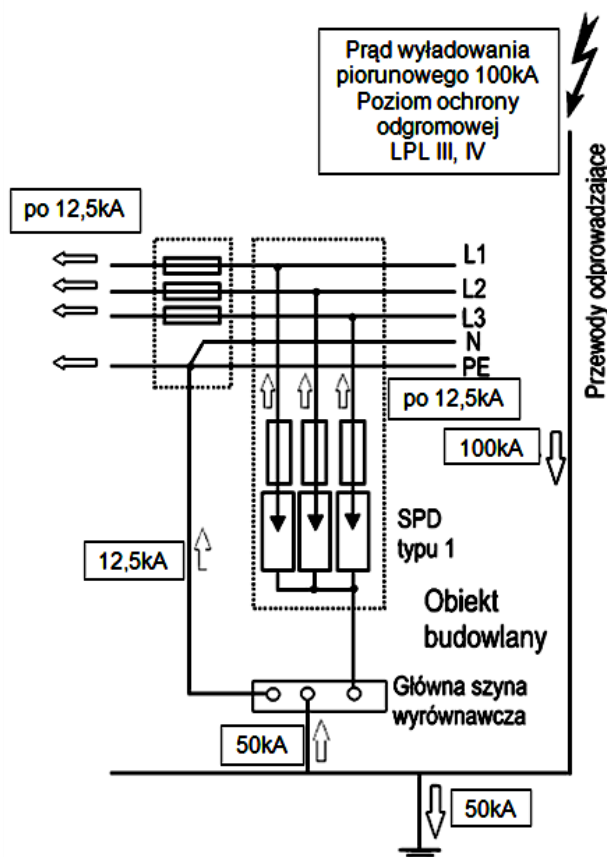


Ogranicznik SPD z iskiernikiem należy instalować w osobnej skrzynce, aby zapobiec uszkodzeniu innych urządzeń podczas zadziałania iskiernika. Miejsce montażu powinno być dostępne dla kontroli.

**Minimalne przekroje przewodów stosowanych do przyłączenia ograniczników:**  
 przewód łączący ogranicznik z przewodem liniowym -  $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 przewód łączący ogranicznik z uziemieniem -  $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$



Ochronna rola ograniczników jest szczególnie istotna podczas bezpośredniego wyładowania atmosferycznego w obiekt. W takim przypadku, w strefowej koncepcji ochrony przyjmuje się, że **połowa prądu piorunowego** popłynie bezpośrednio do uziomu obiektu a pozostała część rozplynie się w przewodzących instalacjach dochodzących do obiektu.



## SPD2.

Jeśli nie występuje zagrożenie oddziaływaniem prądu piorunowego można je instalować w miejscu wprowadzenia instalacji do budynku  
Przewody wykorzystywane do łączenia SPD powinny być możliwie najkrótsze (< 0,5m).

Należy zachować wymagane odległości pomiędzy SPD1 i SPD2.

Jeżeli zachowanie wymaganych odległości jest nie możliwe należy zastosować indukcyjności sprzęgające.

Podczas badania instalacji elektrycznej warystorowe SPD2 powinny być zostać odłączone.

**SPD2** Ograniczanie napięć atmosferycznych indukowanych, wszelkiego rodzaju napięć łączeniowych lub napięć „przepuszczonych” przez urządzenia ograniczające napięcia typu 1.

**SPD 3.**Ograniczanie napięć atmosferycznych indukowanych oraz napięć łączeniowych powstających w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.

## OCHRONA ODGROMOWA

PODSTAWOWYM ZADANIEM URZĄDZENIA PIORUNOCHRONNEGO JEST PRZEJĘCIE I ODPROWADZENIE DO ZIEMI PRĄDU WYŁADOWANIA PIORUNOWEGO BEZ SZKODY DLA CHRONIONEGO OBIEKTU I URZĄDZEŃ W NIM ZAINSTALOWANYCH ORAZ W SPOSÓB BEZPIECZNY DLA PRZEBYWAJĄCYCH WEWNĄTRZ LUDZI.

W celu obliczenia średniej rocznej liczby groźnych zdarzeń wskutek wyładowań w obiekt należy pomnożyć gęstość piorunowych wyładowań doziemnych przez równoważną powierzchnię zbierania wyładowań przez obiekt.

Dla Torunia przyjmuje się gęstość piorunowych wyładowań doziemnych wynosi  $1,8 \text{ wyładowań/km}^2 \times \text{rok}$

Równoważna powierzchnia zbierania wyładowań dla obiektów w zwartej zabudowie jest równa powierzchni ich rzutu, a w przypadku obiektów odosobnionych jest znacznie większa, równa powierzchni określonej przez przecięcie się powierzchni ziemi z linią prostą o nachyleniu  $1/3$ , przechodzącą od jego górnej części.

Wymagania stawiane ochronie odgromowej i przeciwprzepięciowej oraz stosowane rozwiązania techniczne opierają się na **analizie ryzyka**.

Ryzyko R to wartość prawdopodobnych średnich rocznych strat.

Prawdopodobieństwa uszkodzeń w obiekcie wskutek wyładowań piorunowych zależą od właściwości konstrukcyjnych obiektu oraz zastosowanych środków ochrony odgromowej.

Przy braku środków ochrony odgromowej prawdopodobieństwo uszkodzeń  $P=1$ .

Prawdopodobieństwo, że wyładowanie w obiekt spowoduje:			
Klasa urządzenia piorunochronnego (LPS) lub środek ochrony	$P_B$ uszkodzenia fizyczne obiektu	$P_C$ awarię układów wewnętrznych	$P_A$ porażenie istot żywych wskutek napięć dotykowych i krokowych
brak	1	1	1
IV	0,2	0,03	-
III	0,1	0,03	-
II	0,05	0,02	-
I	0,02	0,01	-
Elektryczna izolacja dostępnych przewodów			0,01
Skuteczna ekwipotencjalizacja gruntu			0,01
Napisy ostrzegawcze			0,1

Ochrona odgromowa jest potrzebna jeżeli ryzyko R jest większe od tolerowanego jego poziomu  $R_T$

$$R > R_T$$

W takim przypadku należy zastosować środki ochrony odgromowej, aby zredukować ryzyko R do tolerowanego poziomu  $R_T$

$$R \leq R_T$$

Typowe wartości tolerowanego ryzyka  $R_T$ :

- utrata życia ludzkiego lub trwałe kalectwo  $R_T (\text{rok}^{-1}) = 10^{-5}$
- utrata dziedzictwa kulturowego, usługi publicznej  $R_T (\text{rok}^{-1}) = 10^{-3}$

### Poziom ochrony odgromowej - LPL

Norma PN-EN 62305-1 wprowadza cztery poziomy (I do IV) ochrony odgromowej LPL dla których ustalono parametry prądu pioruna.

Parametry charakteryzujące prąd piorunowy	Poziom ochrony odgromowej (LPL)			
	I	II	III	IV
Wartość szczytowa kA	200	150	100	100
Minimalny prąd szczytowy kA	3	5	10	16
Promień toczonej się kuli R m	20	30	45	60

(Ponad 90% wyładowań nie przekracza 30 kA).

Maksymalne wartości parametrów prądu pioruna są uwzględniane przy projektowaniu elementów ochrony odgromowej np. przekroju przewodów, odstępu izolacyjnego przeciw niebezpiecznym iskrom, zdolności prądowej urządzeń do ograniczania przepięć (SPD).

Minimalne wartości parametrów prądu pioruna są uwzględniane przy wyznaczaniu promienia R toczonej się kuli w celu określenia strefy ochrony odgromowej, do której nie może przedostawać się bezpośrednie uderzenie pioruna (LPZ<sub>0B</sub>).

Dla czterech poziomów ochrony odgromowej LPL I, II, III, IV zostały w sposób odpowiadający przypisane cztery klasy urządzeń piorunochronnych LPS I, II, III, IV.

Poziom ochrony odgromowej LPL I, II, III, IV odpowiada jej efektywności 98%, 95%, 90% i 80%.

### **Obiekty wymagające wyposażenia w urządzenia piorunochronne**

Polski Komitet Ochrony Odgromowej Stowarzyszenia Elektryków Polskich przedstawił propozycję zawierającą wyszczególnienie obiektów, które powinny być wyposażone w odpowiedniej klasy urządzenie piorunochronne zapewniające wymagany poziom ochrony odgromowej.

Wg propozycji, obiekty usług publicznych (budynki administracyjne, szkoły, hale widowiskowe, zamknięte obiekty sportowe i hotele) w warunkach normalnego zagrożenia powinny być wyposażone w urządzenia piorunochronne o klasie i poziomie ochrony III-IV, przy czym wymagane jest zwrócenie szczególnej uwagi na skuteczność środków ochrony wewnętrznej (ochrony urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed przepięciami).

Poprzez fakt występowania w obiektach wieloosobowych pomieszczeń (> 200 osób) należy podwyższyć w obiektach poziom ochrony do klasy II.

### **Środki stosowane do ograniczenia zagrożenia piorunowego, to:**

- urządzenia piorunochronne (LPS),
- przewody osłonowe,
- ekrany magnetyczne,
- urządzenia do ograniczania przepięć (SPD)

### **Ochrona obiektów w celu redukcji szkody fizycznej i zagrożenia życia.**

Uzyskuje się to przez zastosowanie urządzenia piorunochronnego (LPS).

LPS składa się z:

- urządzenia zewnętrznego i
- urządzenia wewnętrznego.

**Zadaniem zewnętrznego LPS** (zwody, przewody odprowadzające, uziemienie) jest:

- przejście wyładowania piorunowego skierowanego w obiekt za pomocą układu zwodów,
- odprowadzenie prądu pioruna bezpiecznie do ziemi za pomocą układu przewodów odprowadzających,
- rozproszenie prądu pioruna w ziemi za pomocą układu uziomowego.

**Zadaniem wewnętrznego LPS** jest zapobieganie niebezpiecznemu iskrzeniu w obiekcie, przy zastosowaniu:

- połączeń wyrównawczych, lub
- odstępu izolacyjnego zapewniającego elektryczną izolację pomiędzy elementami LPS a innymi przewodzącymi elektrycznie elementami wewnątrz obiektu.

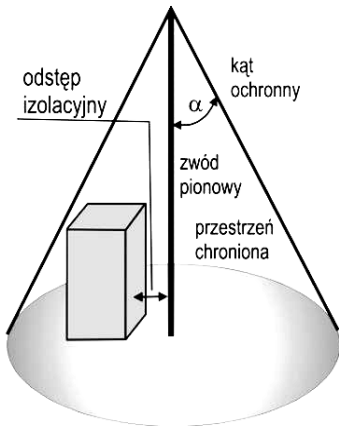
### KLASA LPS

Zostały określone 4 klasy LPS odpowiadające poziomom ochrony odgromowej.  
Klasa LPS = Poziom ochrony LPL wg normy PN-EN 62305-1

Klasa LPS charakteryzowana jest przez następujące dane:

- parametry prądu pioruna,
- promień toczącej się kuli, wymiar oka sieci, kąt ochronny,
- typowe odległości między przewodami odprowadzającymi i pomiędzy przewodami otokowymi,
- odstęp izolacyjny przeciwdziałający niebezpiecznemu iskrzeniu,
- minimalna długość uziomów.

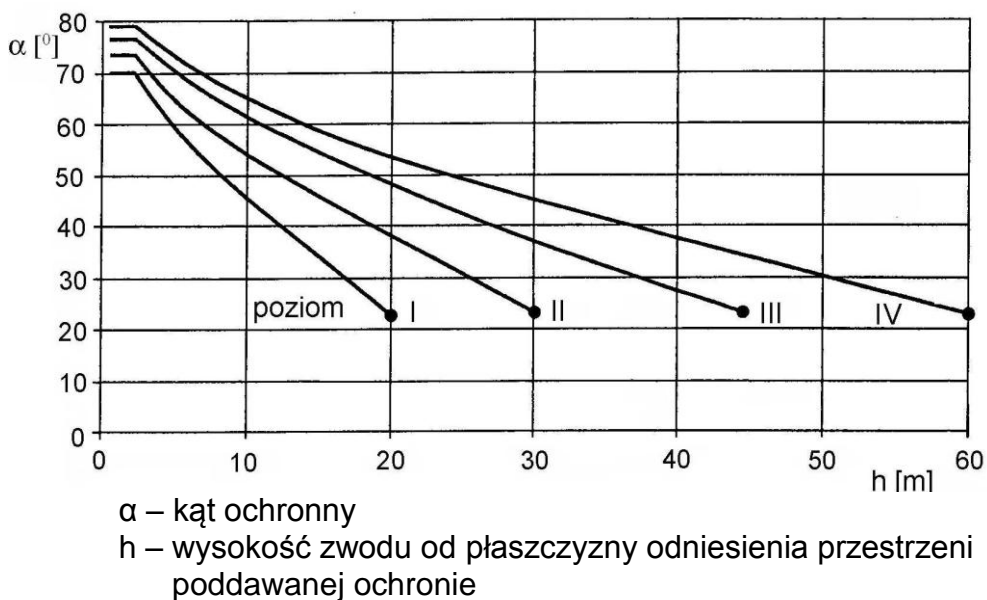
Tabela. Wartości kąta ochronnego, promienia toczącej się kuli i wymiarów siatki zwodów, dla każdej klasy LPS.

Poziom ochrony LPL	Promień toczącej się kuli R	Wymiary Siatki	Kąt ochronny $[\alpha^\circ]$	Typowe odległości między przewodami odprowadzającymi [m]
Klasa LPS	[m]	[m]		
I	20	5 x 5		10
II	30	10 x 10		10
III	45	15 x 15		15
IV	60	20 x 20		20

Przestrzeń chroniona określona jest przez zależny od klasy LPS:

- kąt ochronny  $\alpha$
- wysokość zwodu
- odstęp izolacyjny S

Wykres. Wartości kąta ochronnego.



**Elementy LPS** powinny wytrzymywać skutki elektromagnetyczne prądu pioruna i przewidywalne przypadkowe naprężenia bez ulegania uszkodzeniom.

Minimalne wymiary przewodów i prętów na zwody i przewody odprowadzające ze stali ocynkowanej wynoszą :

taśmy –  $50\text{mm}^2$ , min. grubość 2,5 mm

druty - średnica  $\varnothing 8$  mm

pręty - średnica  $\varnothing 16$  mm

Minimalne wymiary dla materiałów na uziomy:

taśmy stalowe ocynkowane  $90\text{mm}^2$  (min. grubość 3 mm),

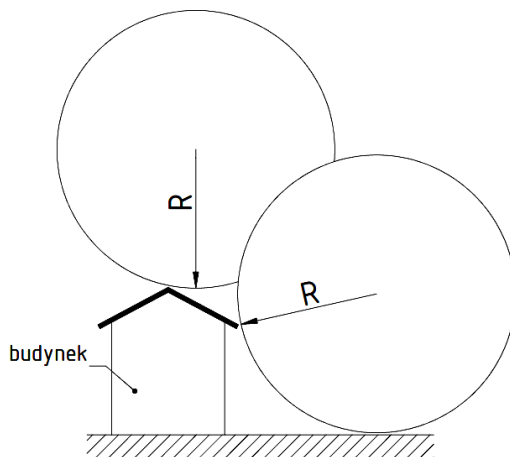
pręty stalowe  $\varnothing 16\text{mm}$

przewody okrągłe odkryte i ocynkowane  $\varnothing 10$

### Rozmieszczenie zwodów przy zastosowaniu metody toczącej się kuli.

Przy stosowaniu metody toczącej się kuli, rozmieszczenie zwodów jest właściwe, jeżeli żaden punkt obiektu poddawanego ochronie nie styka się z kulą o promieniu  $R$ , toczoną wokół i po górnej powierzchni obiektu we wszystkich możliwych kierunkach.. W ten sposób kula dotyka jedynie układu zwodów.

Rysunek. Układ zwodów wyznaczany zgodnie z metodą toczącej się kuli





## **Przewody odprowadzające**

Przewody odprowadzające powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby od punktu uderzenia pioruna do ziemi:

- istniało kilka równoległych dróg prądowych,
- długość dróg prądowych była jak najmniejsza,
- wykonane były połączenia wyrównawcze z przewodzącymi częściami obiektu.

Zainstalowanie możliwie najwięcej przewodów odprowadzających w jednakowych odstępach wokół obwodu, wzajemnie połączonych przewodami otokowymi, redukuje prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego iskrzenia i ułatwia ochronę wewnętrznych instalacji.

Liczba przewodów odprowadzających w każdym nieizolowanym LPS nie powinna być mniejsza niż dwa.

Przewody powinny być równomiernie rozmieszczone wokół obwodu obiektu poddawanego ochronie, przy uwzględnieniu architektonicznych i praktycznych ograniczeń.

Przewód odprowadzający powinien być instalowany w miarę możliwości przy każdym odsłoniętym narożniku obiektu.

Przewody odprowadzające powinny być instalowane wzdłuż odcinków prostych i pionowych tak, aby zapewniły one najkrótszą i najbardziej bezpośrednią drogę do ziemi.

## **Tworzenie pętli powinno być eliminowane.**

Przewody odprowadzające LPS nieizolowane od obiektu poddawanego ochronie mogą być instalowane następująco:

- jeżeli ściana jest wykonana z materiału niepalnego, to przewody odprowadzające mogą być umieszczone na powierzchni ściany lub w ścianie,

## **Połączenia wyrównawcze**

Wyrównanie potencjałów jest uzyskiwane przez wzajemne połączenie LPS z:

- metalowymi częściami konstrukcyjnymi,
- metalowymi instalacjami,
- przyłączonymi do obiektu zewnętrznymi przewodzącymi częściami i liniami.

Środkami wzajemnych połączeń mogą być:

- przewody łączące, tam gdzie ciągłość galwaniczna połączeń nie jest zapewniona w sposób naturalny,
- urządzenia do ograniczania przepięć (SPD), tam gdzie bezpośrednie połączenie za pomocą przewodów łączących nie jest możliwe.

Urządzenia do ograniczania przepięć (SPD) powinny być instalowane w taki sposób, aby mogły być sprawdzane.

W przypadku zewnętrznego LPS, który nie jest izolowany, połączenie wyrównawcze powinno być instalowane w części przyziemnej obiektu oraz tam, gdzie nie są spełnione wymagania dotyczące odstępów izolacyjnych.

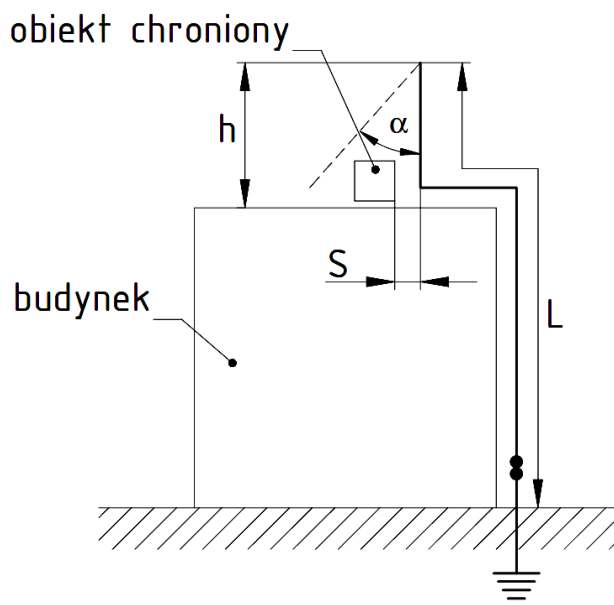
**Nagrzewanie** → Podczas bezpośredniego wyładowania w elementy urządzenia piorunochronnego narażone są na:  
erozję termiczną w miejscu kontaktu przewodu z kanałem wyładowania piorunowego,  
rozżarzenie przewodów wywołane przez przepływ prądu piorunowego,

działania dynamiczne pomiędzy przewodami, w których płynie prąd piorunowy.  
Tabela. Przyrost temperatury przewodów, przy przepływie prądu piorunowego.

przekrój mm <sup>2</sup>	stal miękka		stal nierdzewna		miedź	
	poziom ochrony					
	III -IV	II	III -IV	II	III -IV	II
50	37 <sup>0</sup> C	96 <sup>0</sup> C	190 <sup>0</sup> C	460 <sup>0</sup> C	5 <sup>0</sup> C	12 <sup>0</sup> C
100	9 <sup>0</sup> C	20 <sup>0</sup> C	45 <sup>0</sup> C	100 <sup>0</sup> C	1 <sup>0</sup> C	3 <sup>0</sup> C

## IZOLACJA ELEKTRYCZNA ZEWNĘTRZNEGO LPS ZASADY WYZNACZANIA ODSTĘPÓW IZOLACYJNYCH

Izolacja elektryczna pomiędzy zwodem lub przewodem odprowadzającym, a konstrukcyjnymi częściami metalowymi i instalacjami metalowymi może być uzyskana przez zapewnienie pomiędzy częściami odstępu większego niż wymagany odstęp izolacyjny S.



Wielkość odstępów izolacyjnych jest uzależniona od:  
parametrów prądu piorunowego,  
rodzaju materiału izolacyjnego, jaki występuje w miejscach zbliżeń elementów urządzenia piorunochronnego i chronionych urządzeń,  
rozptywu prądu piorunowego w urządzeniu piorunochronnym obiektu budowlanego,  
odległości od miejsca, w którym może nastąpić przeskok, do najbliższego połączenia wyrównawczego lub ziemi liczona wzdłuż przewodu, którym płynie prąd piorunowy.

Przy wyznaczaniu odstępów S należy stosować zależność:

$$S \geq k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times l$$

$$S \geq \frac{k_i}{k_m} \times \{k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 + \dots + k_{cn} \times l_n\}$$

gdzie:

$k_i$  zależy od wybranej klasy LPS  
 $k_i=0,8$ )

(klasa LPSII  $\rightarrow k_i=0,6$  ; klasa LPSIII,IV  $\rightarrow$

$k_c$  zależy od prądu pioruna płynącego w przewodach odprowadzających

(wg reguł równomiernego rozptywu prądu i przyjmowania połowy prądu wpływającego do węzła

np. 1 zwód pionowy, 1 przewód odprowadzający  $\rightarrow k_c=1$ ;

1 zwód pionowy, 2 przewody odprowadzające  $\rightarrow k_c=0,5$ )

$k_m$  zależy od materiału izolacji elektrycznej

$k_m=1$   $\rightarrow$  powietrze;

$k_m=0,5$   $\rightarrow$  beton, cegła;

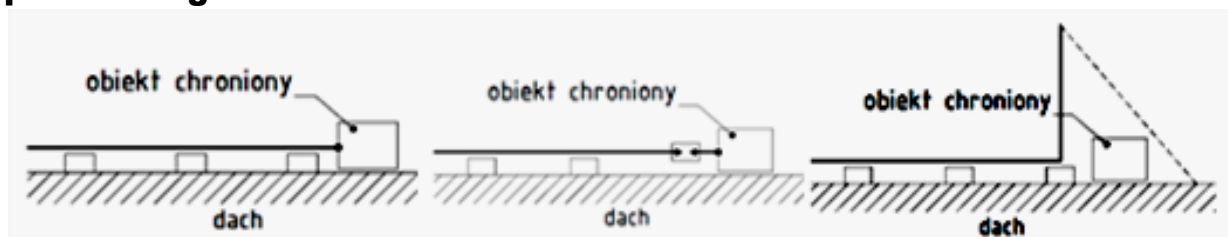
$k_m=0,7-0,8$   $\rightarrow$  elementy dystansujące

$l$  jest długością w metrach, mierzoną wzdłuż zwodu lub przewodu odprowadzającego od punktu, w którym jest rozpatrywany odstęp izolacyjny, do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego

$l_1, l_2, \dots, l_n$  odcinki przewodów urządzenia piorunochronnego, w których płyną prądy o wartościach określonych przez współczynniki  $k_{c1}, k_{c2}, \dots, k_{cn}$

## OCHRONA ODGROMOWA URZĄDZEŃ UMIESZCZONYCH NA DACHACH I ŚCIANACH BUDYNKÓW

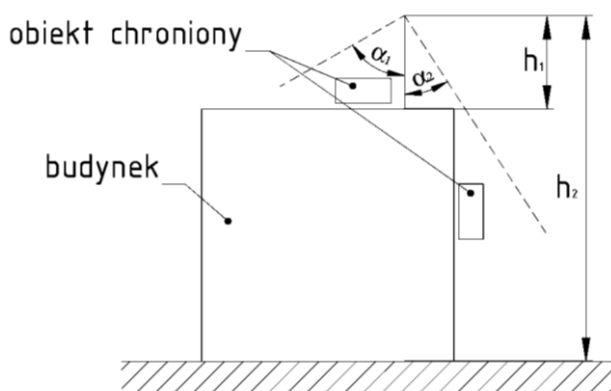
**Niedopuszczanie do bezpośredniego oddziaływania prądu piorunowego na urządzenia i eliminacji możliwości wnikania prądu piorunowego do obiektu.**



Potraktowanie w ten sposób innych urządzeń np. systemu wentylacji lub klimatyzacji może spowodować wnikanie prądu piorunowego do wnętrza obiektu.

Ochronę przed prądami indukowanymi można osiągnąć łącząc urządzenie ze zwodami przez iskierniki.

Pełną ochronę zapewnia umieszczenie urządzeń w strefie ochronnej tworzonej np. przez zwody piorunowe.



Podstawowa aktualna zasada ochrony odgromowej urządzeń umieszczonych na dachu obiektu.

**„Wszystkie urządzenia dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny znajdować się w przestrzeni ochronnej układu zwodów”.**

## Ochrona przed napięciem dotykowym i krokowym

Podstawowym zadaniem urządzenia pioruchronnego jest ochrona ludzi przed napięciami dotykowymi i krokowymi wywołanymi przez rozprzyskający się prąd piorunowy.

Podstawowym warunkiem redukującym zagrożenie do dopuszczalnych poziomów jest:

- małe prawdopodobieństwo zbliżenia się osób do przewodów odprowadzających oraz ich przebywania w zagrożonych obszarach poprzez ograniczenie dostępu do przewodów odprowadzających lub umieszczenie widocznych informacji o występującym niebezpieczeństwie ( np. tabliczek informacyjnych),
- utworzenie wokół przewodów (obszar o promieniu 3m) przestrzeni o rezystywności warstwy powierzchniowej gruntu  $>5k\Omega m$  (np. warstw asfaltu o grubości 5cm lub żwiru o grubości 15cm).

### WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE UZIOMU

Czynnikami wpływającymi na ocenę zagrożenia porażeniowego są:

- napięcie uziomowe  $U_E$
- rozkład potencjału na powierzchni gruntu.

**Rezystywność gruntu  $\rho$**  - rezystancja wycinka gruntu o kształcie sześciangu, o boku 1 m, mierzona pomiędzy jego dwoma przeciwległymi bokami. Jednostką rezystywności jest  $\Omega m$

**150-500  $\Omega m$  dość dobrze przewodzący grunt.**

**$> 800 \Omega m$  grunt o dużej rezystywności**

### Rezystancja uziemienia uziomu fundamentowego

Uziomowi fundamentowemu wykonanemu tylko dla celów ochrony przeciwporażeniowej nie stawia się żadnych wymagań odnośnie do wartości rezystancji uziemienia, podobnie jak w przypadku wszelkich uziomów wyrównawczych (sterujących rozkładem potencjału).

$$r_e = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \geq l_1$$

gdzie  $S$  – powierzchnia objęta otokiem [ $m^2$ ]

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

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

w której:  $\rho$  - rezystywność gruntu w  $\Omega m$ ,

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

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

$L$  - długość rowu przeznaczanego na przewody w m.

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

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

$L$  - długość elementów pionowych w m

## 10. POWTÓRZENIE

RODZAJ OCHRONY	ŚRODEK OCHRONY	
Ochrona podstawowa	Izolacja podstawowa części czynnych	Powszechnie stosowane środki ochrony
	Przegrody lub obudowy	
	Przeszkody	Środki ochrony stosowane tylko w instalacjach dostępnych dla osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych, lub osób będących pod nadzorem wyżej wymienionych osób
<i>Rezystancja izolacji instalacji 50-500V 1,0 MΩ ( przy DC = 500V )</i>	Umieszczenie poza zasięgiem ręki	
Ochrona przy uszkodzeniu	Samoczynne wyłączenie zasilania	Powszechnie stosowane środki ochrony
	Izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona	
	Separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika	
	Izolowanie stanowiska	Środki ochrony stosowane tylko wtedy, gdy instalacja jest pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych tak, że nieautoryzowane zmiany nie mogą być dokonywane
	Nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe	
	Separacja elektryczna do zasilania więcej niż jednego odbiornika	
Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia	Obwody SELV lub PELV	Środek ochrony stosowany we wszystkich sytuacjach
Ochrona uzupełniająca	Urządzenia ochronne różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA	Środek ochrony uzupełniającej, stosowany w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu, a także w przypadku nieostrożności użytkowników
	Dodatkowe połączenia wyrównawcze ochronne	Środek ochrony uzupełniającej stosowany jako uzupełnienie ochrony przy uszkodzeniu