

# Bezpieczeństwo i Ergonomia cz. I

dr inż. Marek Mończyk

Instytut Elektroenergetyki PŁ

pokój 102, budynek A11

# Zaliczenie

- Na podstawie testu/kolokwium
- Przepisanie oceny otrzymanej w roku 2016 lub później

# Terminy zajęć w 2019/20 roku – sem. zimowy

Wykład 1            7.X

Wykład 2            14.X

Wykład 3            21.X

Wykład 4            28.X

Test                    **28.X**

Kolokwium poprawkowe : **2 w sesji zimowej**

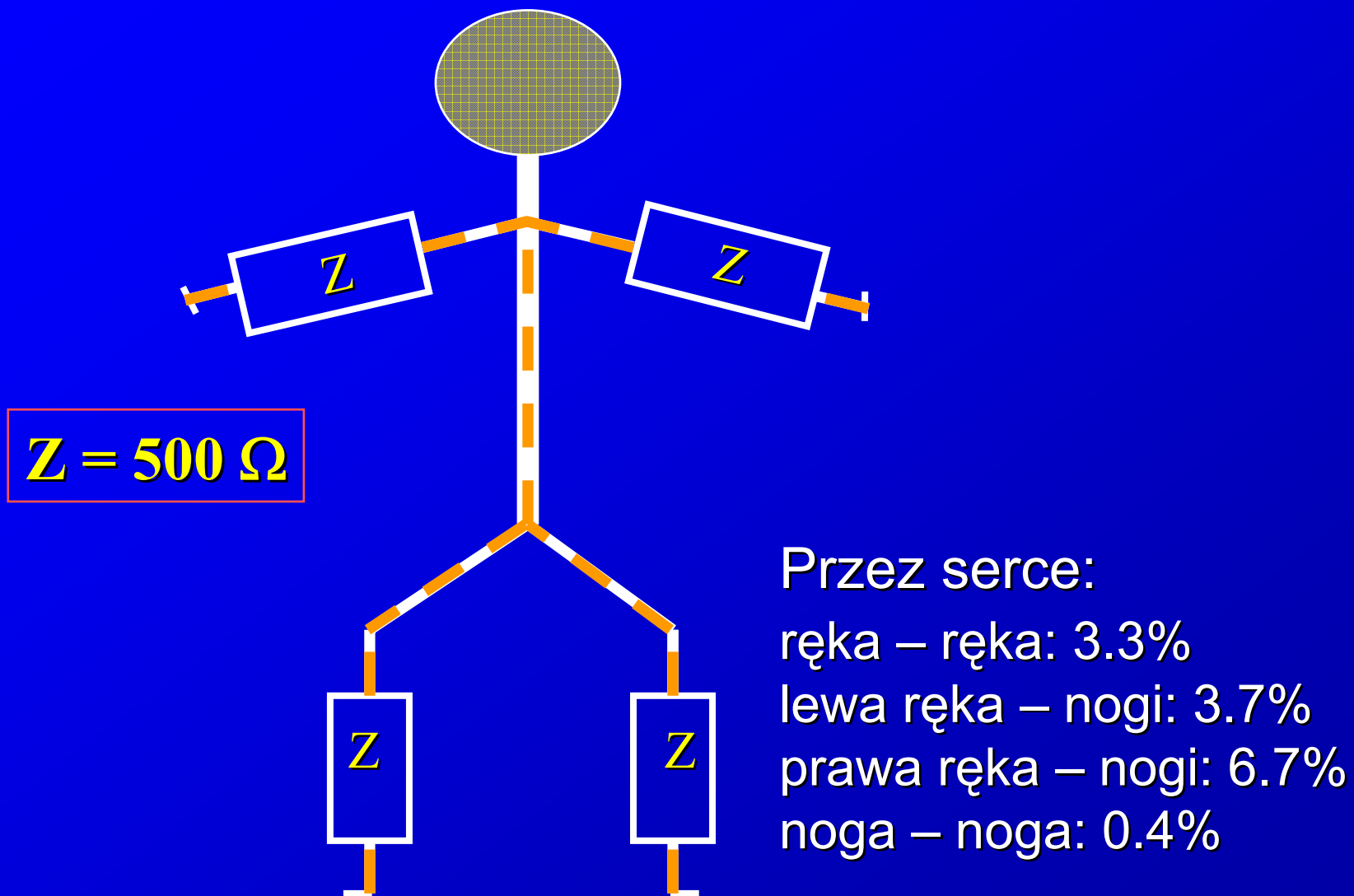
# Literatura

1. H. Markiewicz “Instalacje elektryczne”, WNT Warszawa 2012
2. PN-HD 60364-4 “Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa”
3. 4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn.17.09.1999 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych Dz.U. 80/1999 poz. 912
5. [www.bezel.com.pl](http://www.bezel.com.pl) (bezp. elektryczne)
6. Wykład: <http://www.i15.p.lodz.pl/>

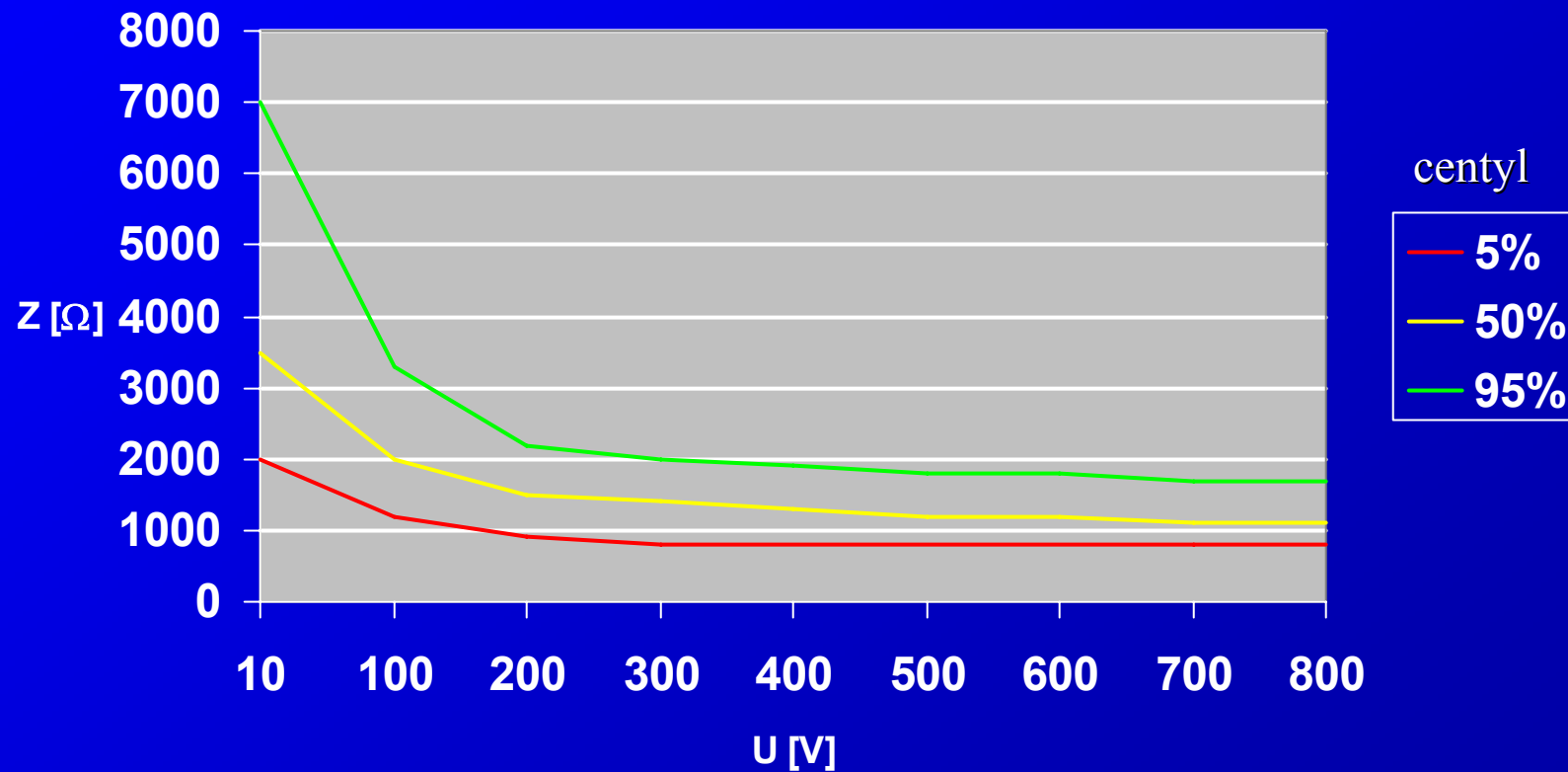
# Zakres materiału

- Wpływ prądu elektrycznego na organizm człowieka
- Uziemienia i rażenie w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia
- Ochrona przeciwporażeniowa
- Środki techniczne
- BHP przy urządzeniach energetycznych

# Impedancja ciała człowieka (50 Hz)



# Zmiany impedancji ciała człowieka (50 Hz)



Dla prądu stałego wartości są wyższe o 10-20% w zakresie do 200 V

# Skutki rażenia prądem elektrycznym

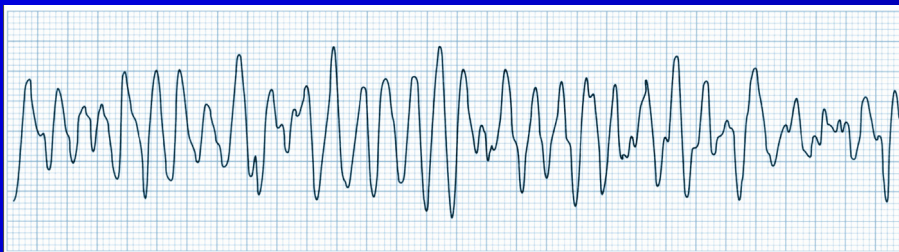
- Bezpośrednie

- **układ mięśniowy**

- mięśnie klatki piersiowej: zaciśnięcie
- mięśnie dłoni: zaciśnięcie
- **mięsień sercowy**: zatrzymanie pracy, **fibrylacja**

- **układ nerwowy**: omdlenia, stany lękowe, zaburzenia równowagi, czucia

- **skutki termiczne**: oparzenia skóry, mięśni, organów wewnętrznych, pęknięcie kości, torebek stawowych

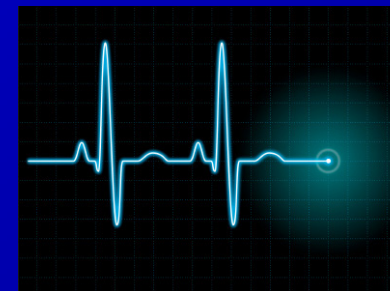


- Pośrednie

- **działanie łuku elektrycznego**

- ciepłne
- świetlne

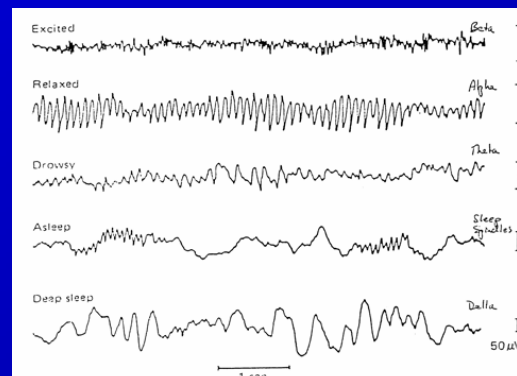
- **urazy mechaniczne**



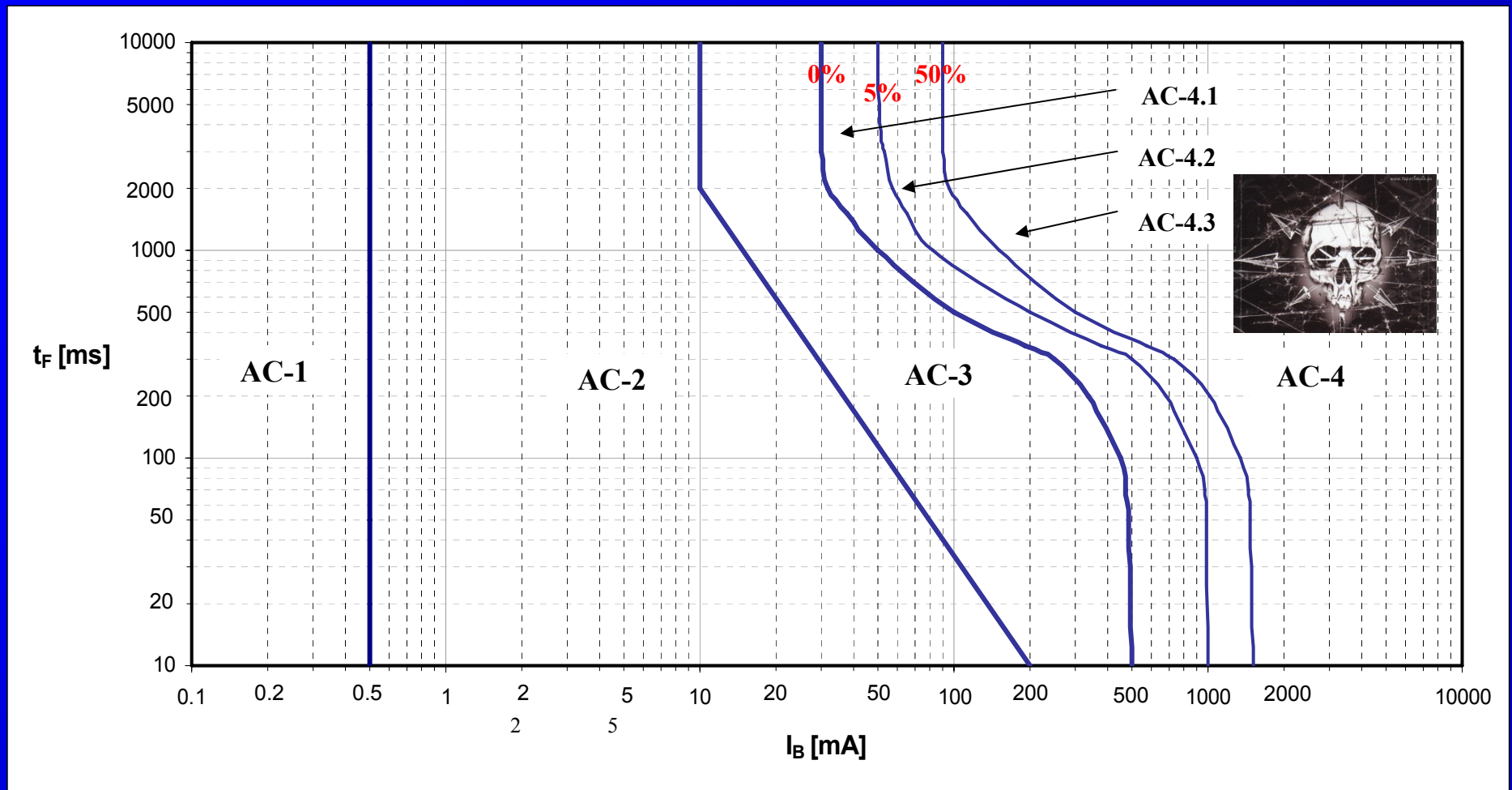


# Wykorzystanie działania prądu elektrycznego w medycynie

- Ratownictwo - defibrylator
- Terapia - działanie rozgrzewające (diatermia) i rozluźniające (diadynamika)
- Diagnostyka - pomiar potencjałów:
  - EKG
  - EEG



# Wartości graniczne dla prądów do 10 A i częstotliwości 15 – 100 Hz



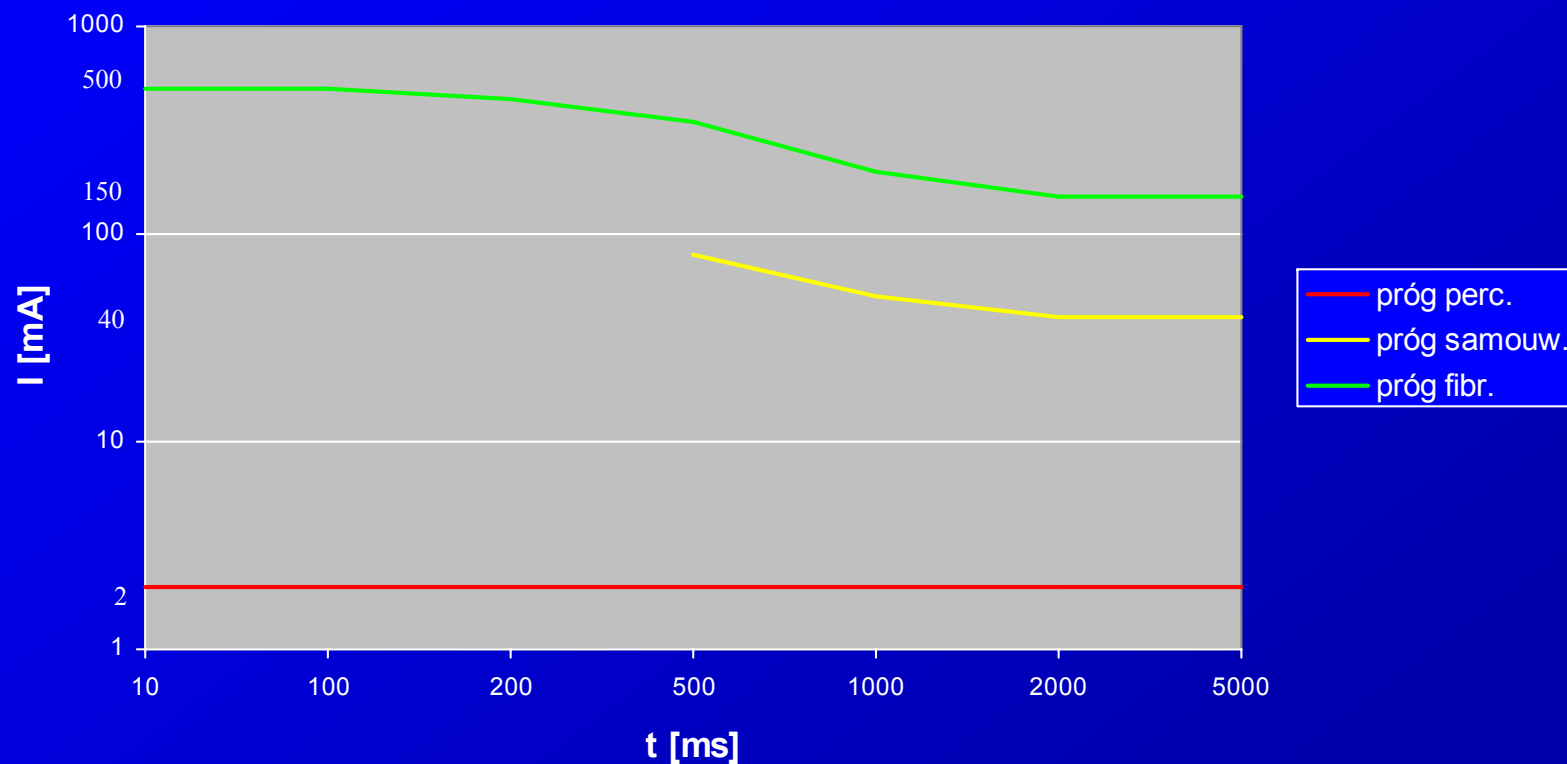
# Skutki rażenia prądem

Strefa	Skutki rażenia prądem
AC - 1	Zwykle brak reakcji.
AC - 2	Zwykle brak skutków fizjologicznych.
AC - 3	Zwykle brak uszkodzeń organicznych. Prawdopodobieństwo pojawienia się skurczów mięśni i trudności w oddychaniu przy czasach rażenia ponad 2s. Odwracalne zakłócenia przy powstawaniu bodźców i pobudzaniu serca. Możliwość powstawania przejściowego migotania przedsionków serca i przejściowego zatrzymania pracy serca.
AC - 4	Niebezpieczeństwo skutków patofizjologicznych: zatrzymanie pracy serca, zatrzymanie oddechu, poważne oparzenia.
AC - 4.1	Prawdopodobieństwo migotania komór 0-5%.
AC - 4.2	Prawdopodobieństwo migotania komór 5 - 50%.
AC - 4.3	Prawdopodobieństwo migotania komór powyżej 50%.

# Wartości graniczne prądów dla prądu o częstotliwości 50/60 Hz

- prąd graniczny (próg) **percepcji** - **0,5 mA**
- prąd graniczny (próg) **samouwolnienia** – **10 mA**
- prąd graniczny (próg) **fibrylacji**:
  - 0.1 s – 500 mA
  - 1 s – **50 mA**
  - 3 s – **30 mA**

# Graniczne wartości prądów dla prądu stałego

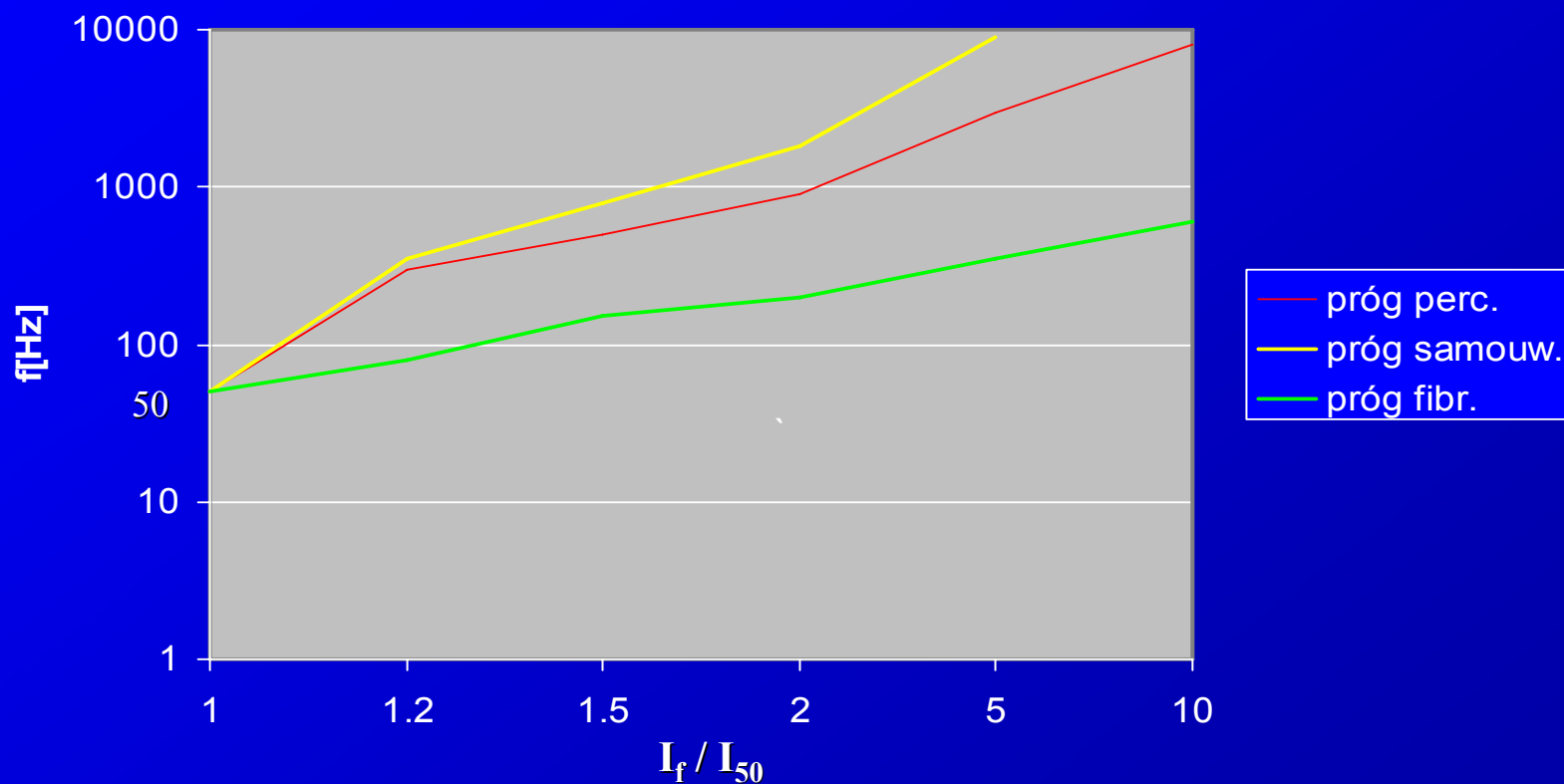


# Działanie prądu stałego



- Generalnie bezpieczniejszy - wyższe progi, większa rezystancja ciała człowieka
- Progi: samouwolnienia i percepcji - tylko przy skokowych zmianach wartości prądu
- Próg fibrylacji zależny od polaryzacji stóp względem ręki
- Groźniejsze tylko skutki termiczne - brak reakcji na przepływ prądu

# Graniczne wartości prądów dla prądu o częstotliwości powyżej 50/60 Hz



# Działanie prądu o wyższej częstotliwości



- Generalnie bezpieczniejszy - wyższe progi a zwłaszcza próg fibrylacji - efekt naskórkowości
- Groźniejsze tylko skutki termiczne (zwłaszcza dla skóry) - brak reakcji na przepływ prądu

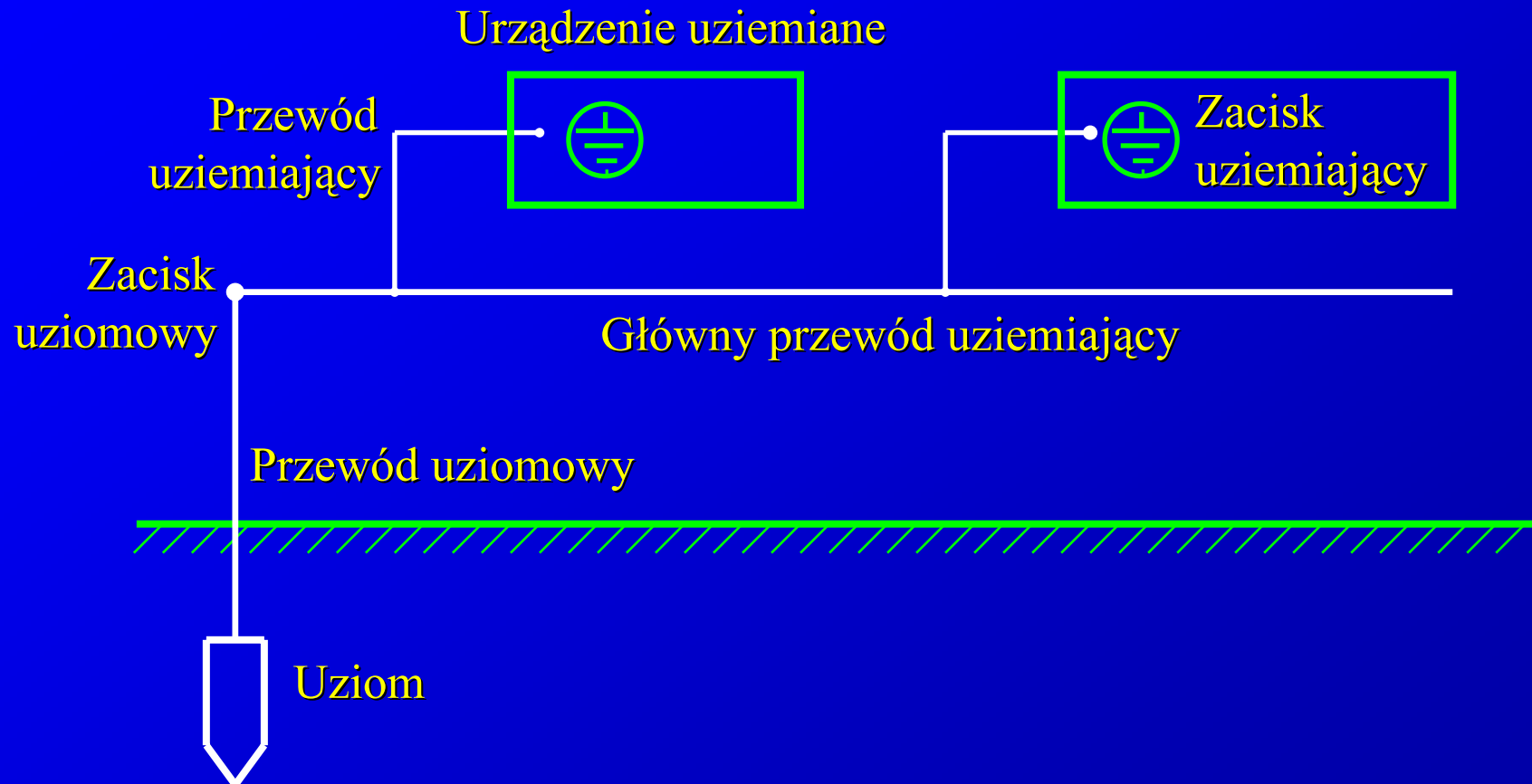


# Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem elektrycznym

- Ogólna ocena sytuacji:
  - nie zostać samemu porażonym
- Porażenie napięciem średnim lub wysokim
  - nie zbliżać się
  - wezwać pomoc
  - zabezpieczyć miejsce zdarzenia
- Porażenie napięciem niskim
  - przerwać przepływ prądu przez porażonego poprzez
    - wyłączenie wyłącznikiem, bezpiecznikiem, wtyczką
    - wyrwanie przewodów
    - odciągnięcie porażonego za pomocą nieprzewodzącego narzędzia (szczotka) lub za luźne poły ubrania



# Uziemienia

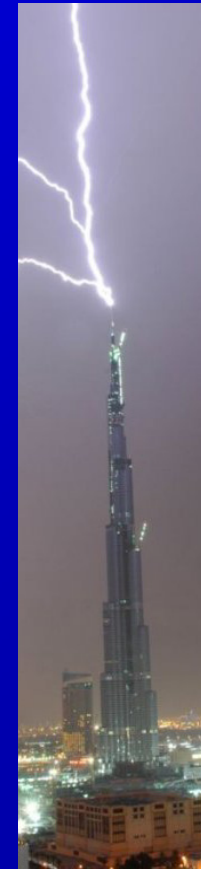


# Uziom

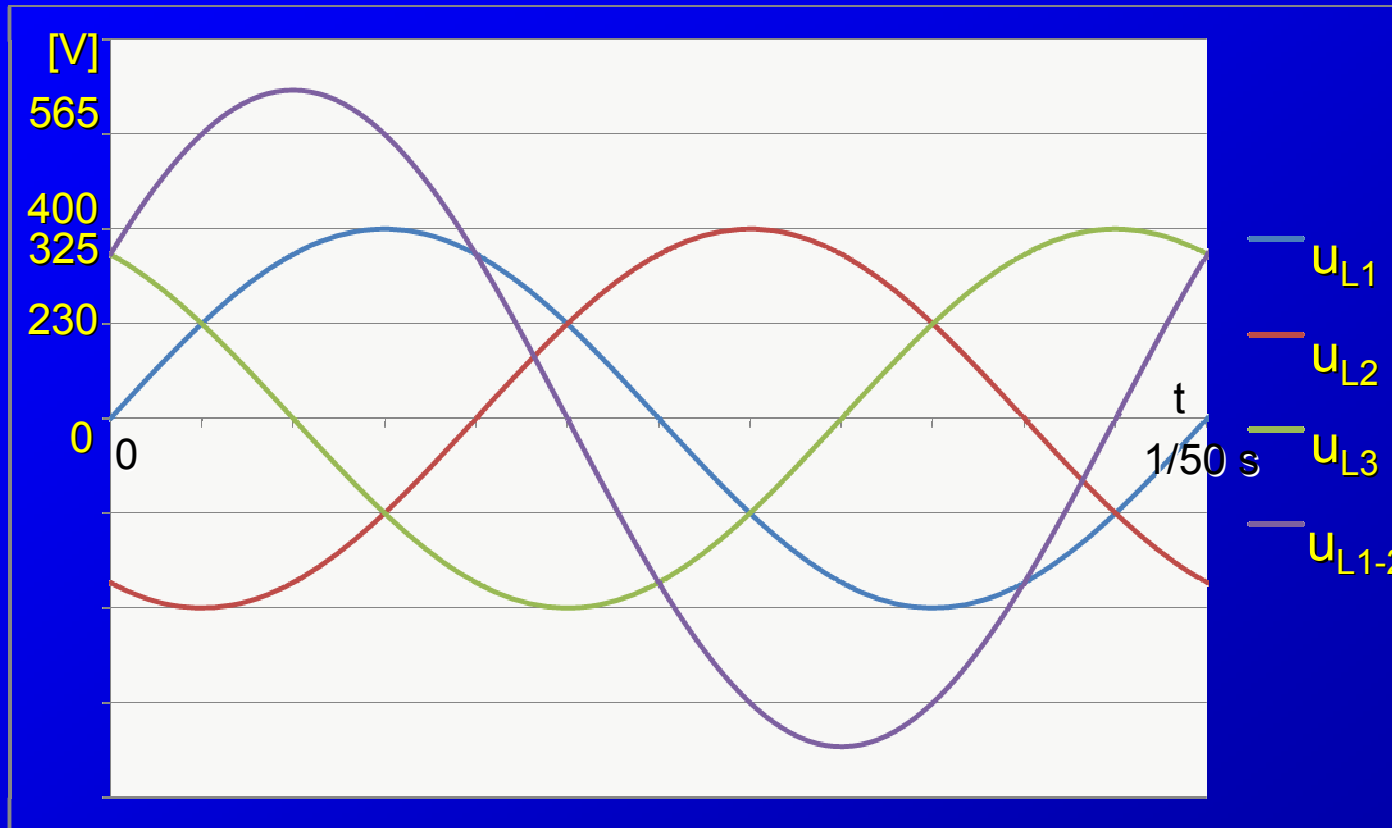
- Uziomem nazywa się metalowy przedmiot umieszczony w wierzchniej warstwie gruntu, zapewniający połączenie elektryczne przedmiotów uziemianych z ziemią.
- Uziomy:
  - **sztuczne**: pionowe - rury, pręty; poziome - taśma stalowa; płytowe - blacha
  - **naturalne**: zbrojenia, rury wodociągowe, ołowiane powłoki i metalowe płaszcze kabli elektroenergetycznych

# Rodzaje uziemień

- **Uziemienie robocze:** uziemienie określonego punktu obwodu elektrycznego wykonane w celu zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń
- **Uziemienie ochronne:** uziemienie dostępnych dla dotyku metalowych części urządzeń wykonane w celu zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej
- **Uziemienie odgromowe:** służy do odprowadzenia do ziemi prądów wyładowań atmosferycznych
- **Uziemienie pomocnicze:** najczęściej wykonywane w aparatach pomiarowych i zabezpieczających



# Sieć trójfazowa



$$u_{L1} + u_{L2} + u_{L3} = 0, \quad U_{L1} = U_{L2} = U_{L3} = U_o = 230 \text{ V}$$

$$U_{L1-L2} = U_{L2-L3} = U_{L1-L3} = U_n = 400 \text{ V}$$

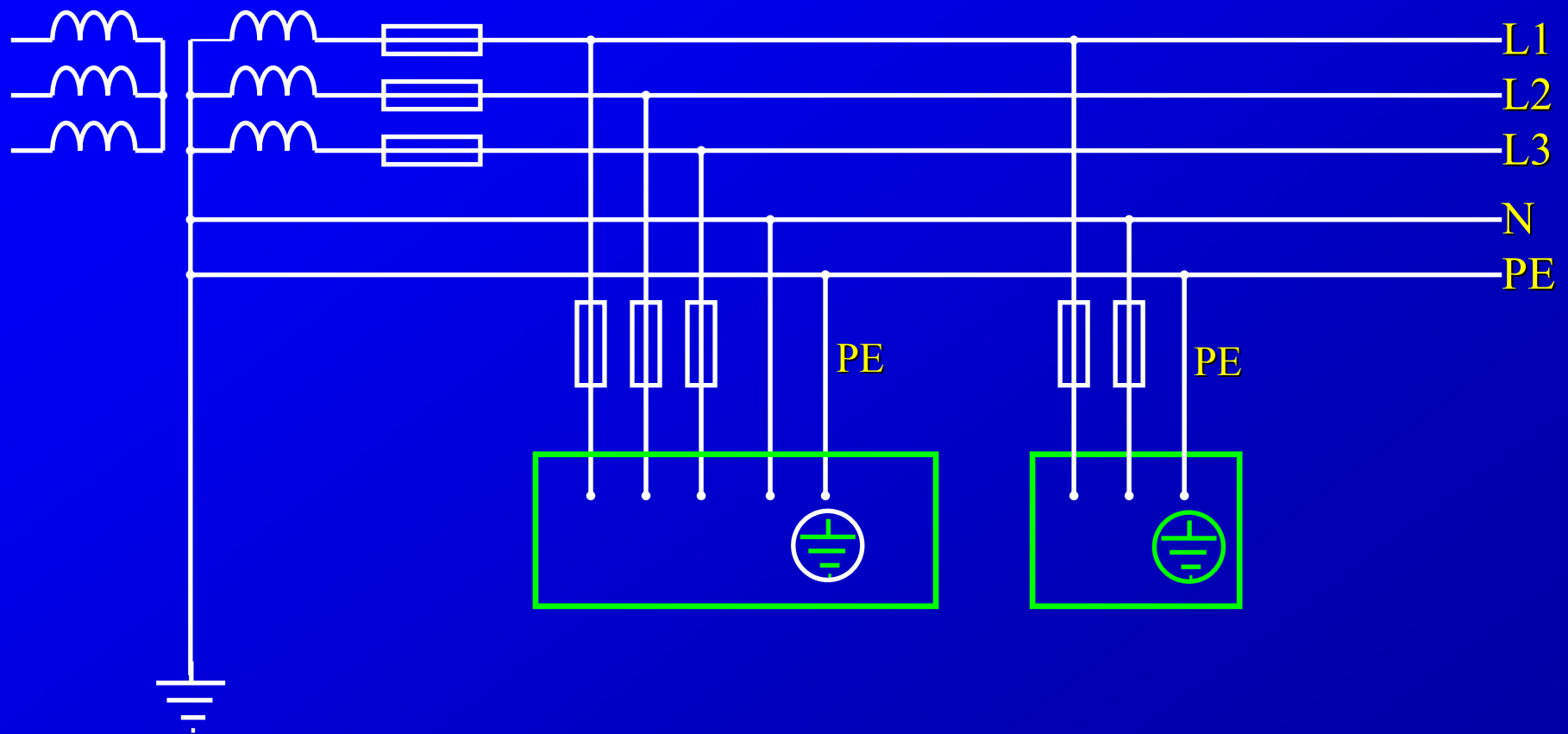
# Poziomy napięć

- Energetyka zawodowa w Polsce:
  - niskie napięcie (nn):  $U_n$  do 1 kV AC i 1.5 kV DC włącznie (400 V AC, 600 V DC tramwaje)
  - średnie napięcie (SN): od nn do 60 kV (6, 15, 20, 30 kV AC, 3 kV DC koleje)
  - wysokie napięcie (WN): od 60 do 200 kV (110 kV)
  - najwyższe napięcie (NN): ponad 200 kV (220, 400 kV)
- Ochrona przeciwporażeniowa, normy:
  - niskie napięcie: do 1 kV AC i 1.5 kV DC
    - bardzo niskie napięcie (ELV): w zależności od sytuacji do 12/25/50 V AC i 30/60/120 V DC
  - wysokie napięcie: powyżej 1 kV AC i 1.5 kV DC
    - średnie napięcie: do 30÷100 kV w zależności od kraju
    - najwyższe (wysokie) napięcie: powyżej średniego

# Rodzaje sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia

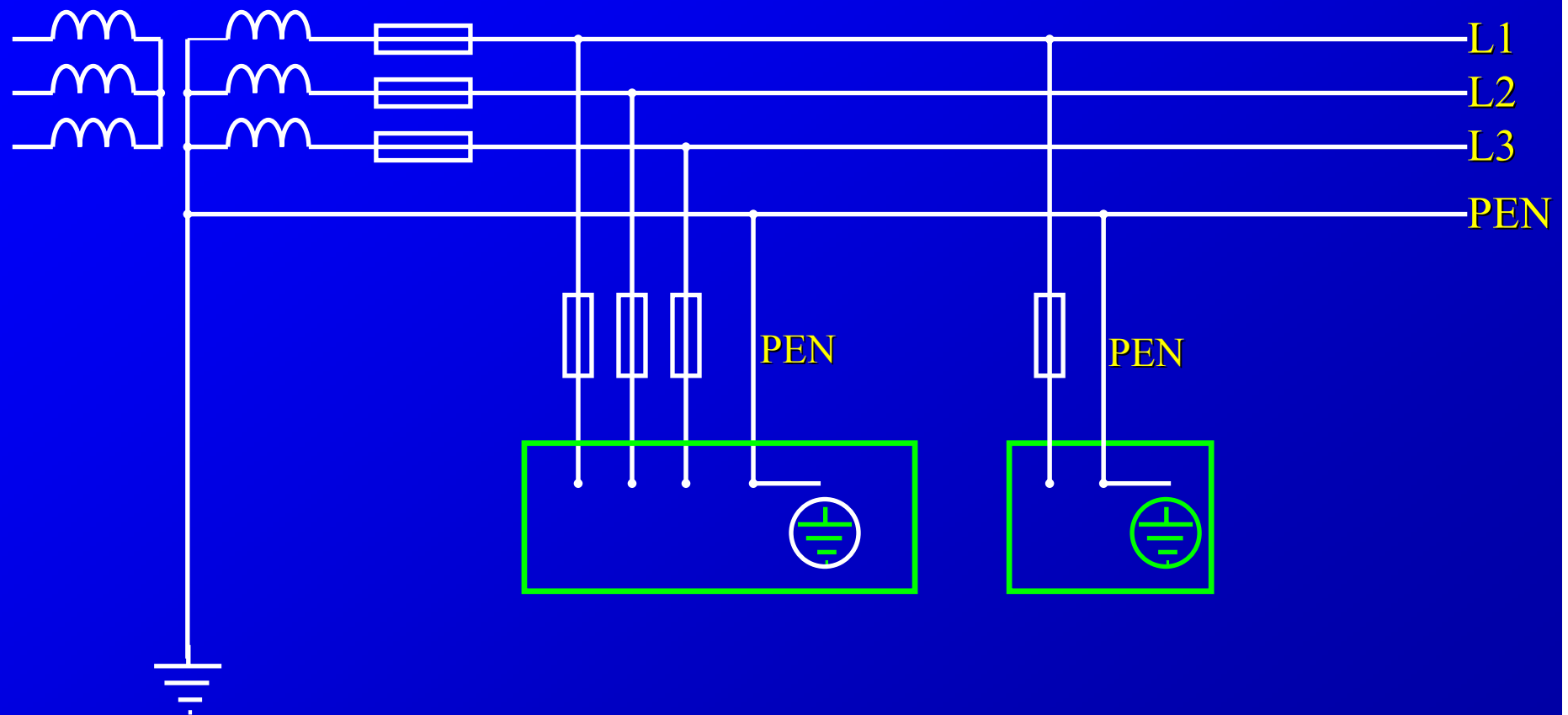
- **TN** - sieć z uziemieniem roboczym i z zerowaniem ochronnym
  - **TN-C** - wspólny przewód ochronno-neutralny
  - **TN-S** - rozdzielone przewody ochronny i neutralny
  - **TN-C-S** - w części początkowej (od zasilania) sieć TN-C, w dalszej sieć TN-S
- **TT** - sieć z uziemieniem roboczym i z uziemieniami ochronnymi
- **IT** - sieć z izolowanym punktem gwiazdowym transformatora i z uziemieniami ochronnymi

# Sieć TN - S

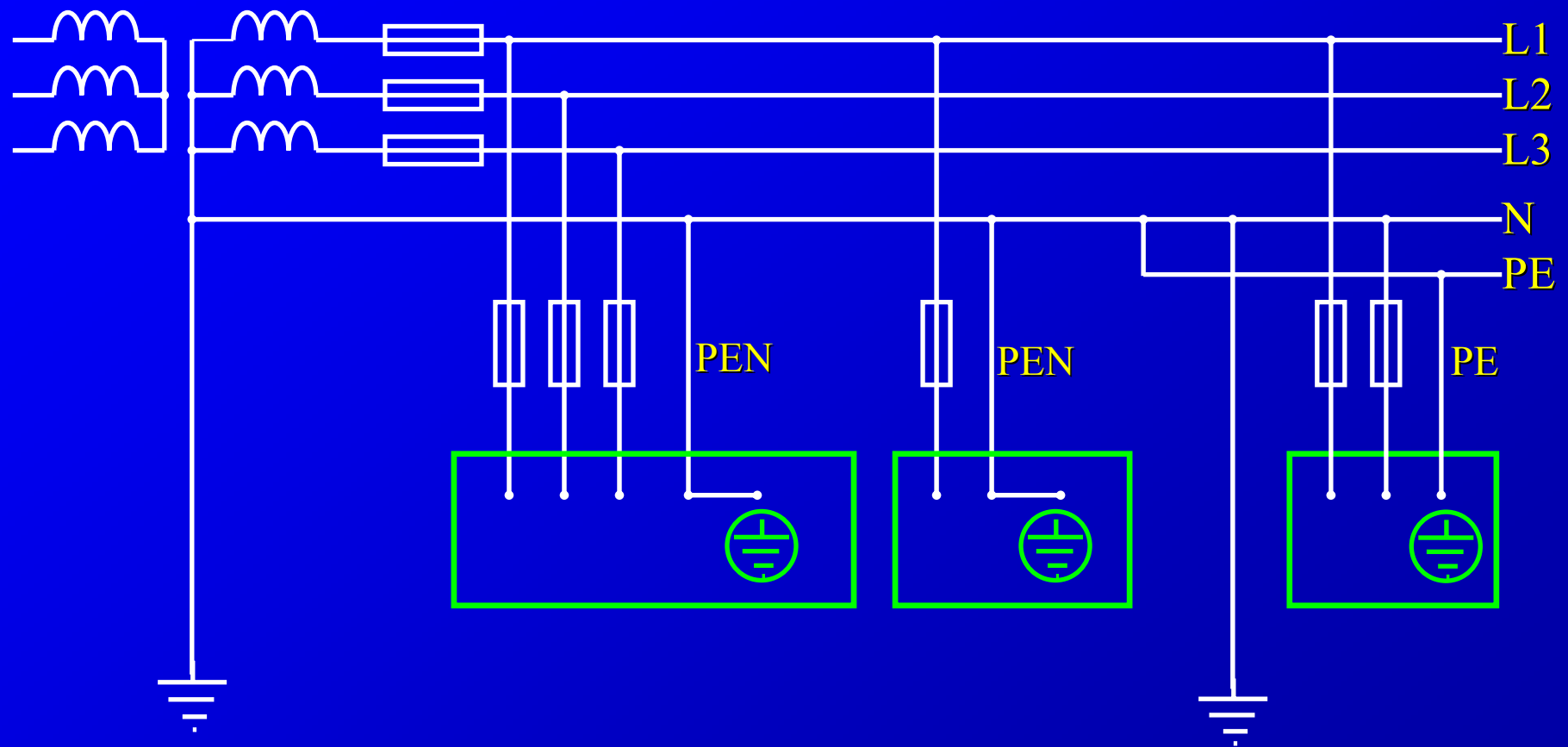




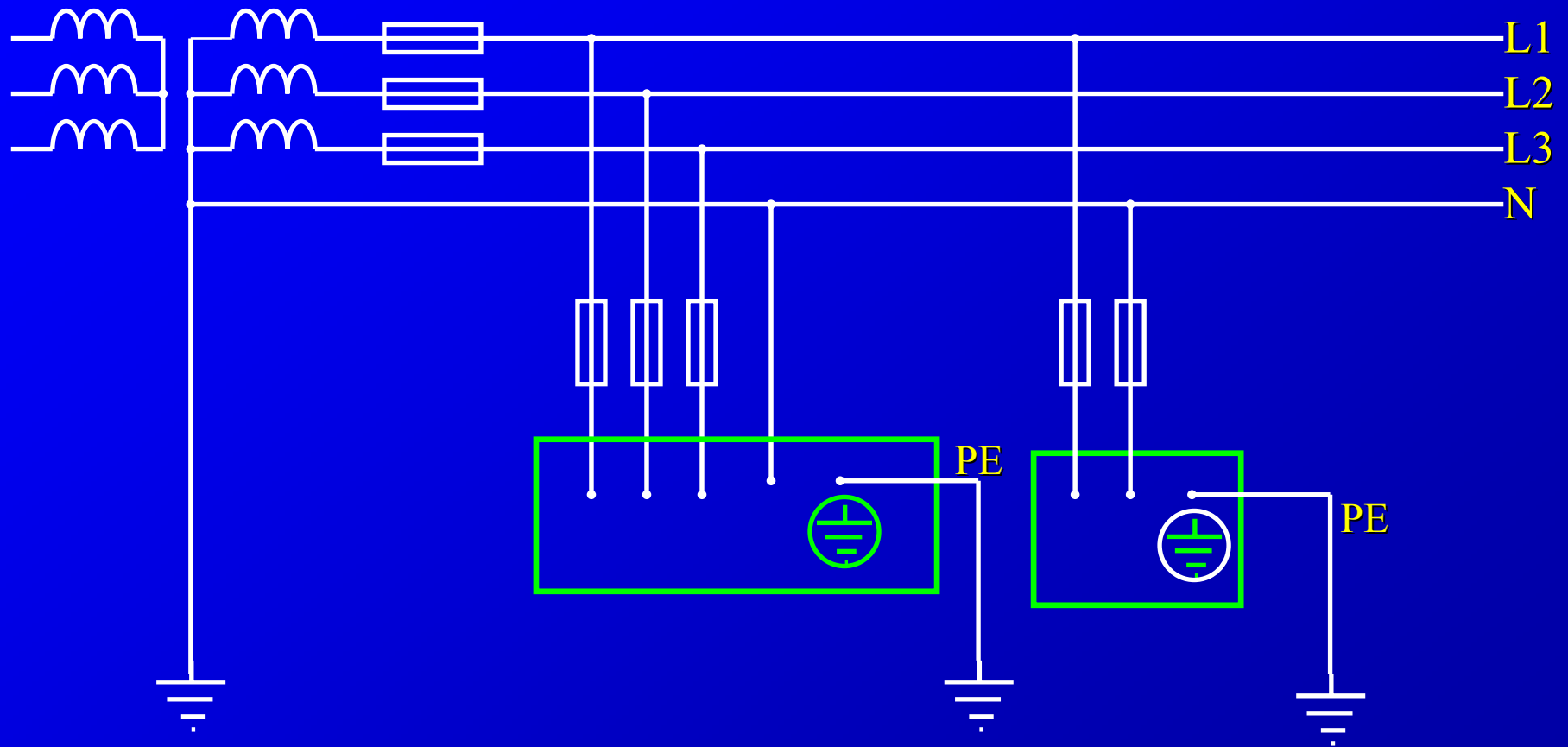
# Sieć TN - C



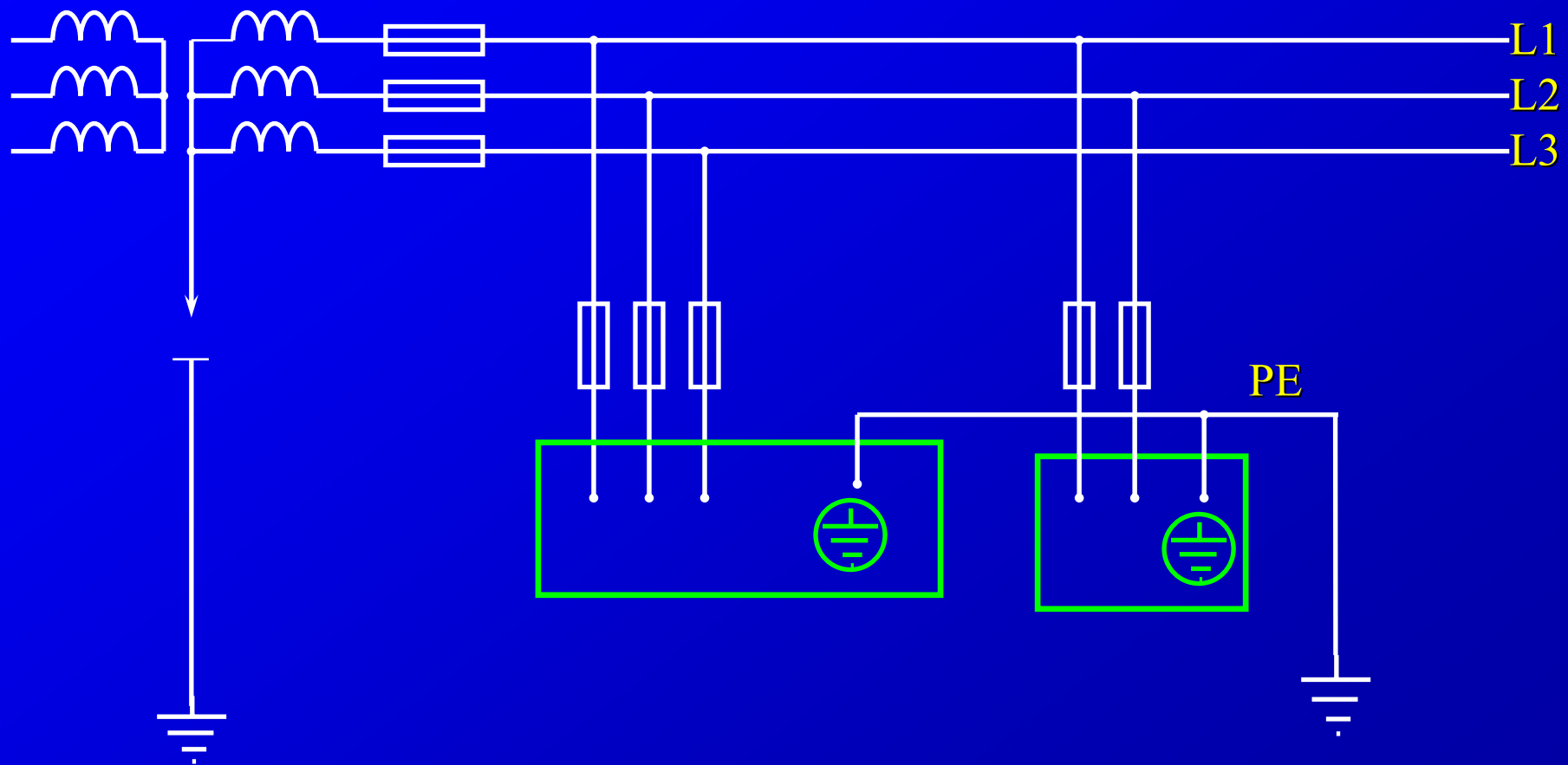
# Sieć TN - C - S



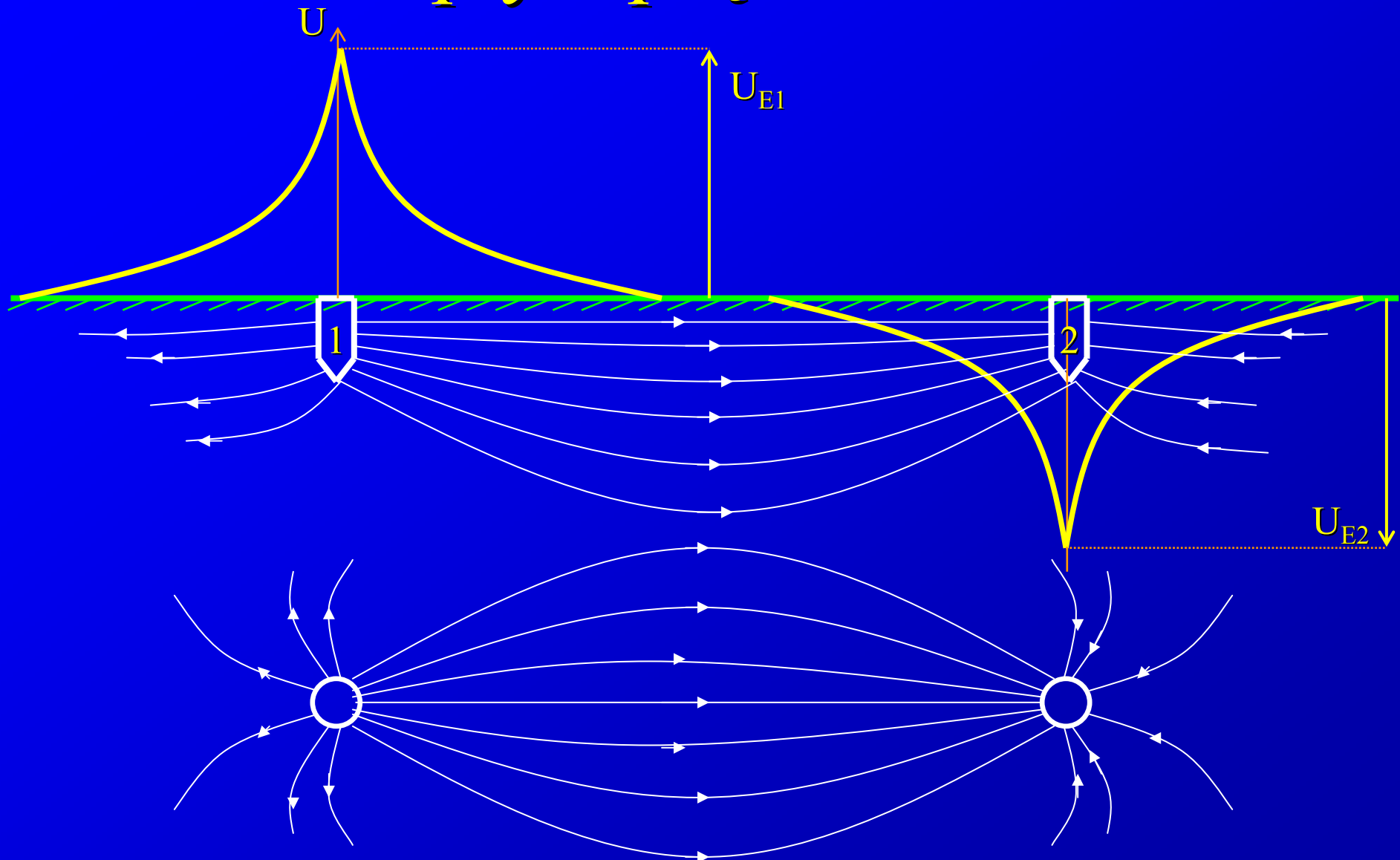
# Sieć TT



# Sieć IT



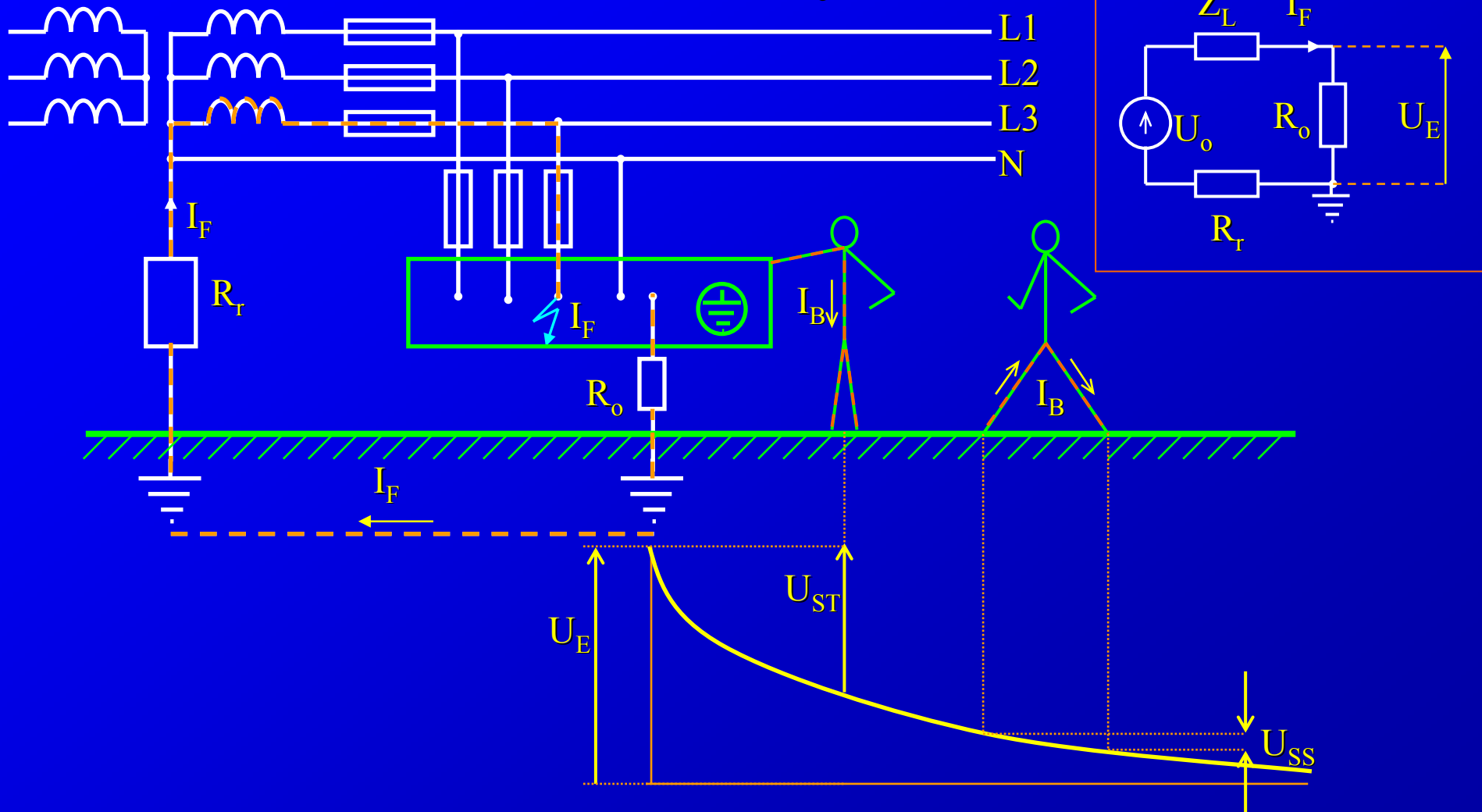
# Rozpływ prądu w ziemi



# Napięcie uziomowe

- **Ziemia odniesienia** – część ziemi, rozpatrywana jako ośrodek przewodzący, której potencjał elektryczny jest przyjmowany umownie jako równy zero, pozostająca poza strefą wpływu jakichkolwiek instalacji uziemiających.
- **Napięcie uziomowe  $U_E$**  to napięcie występujące podczas doziemienia pomiędzy układem uziomowym i ziemią odniesienia.
- **Rezystancją uziemienia  $R_E$**  nazywa się stosunek napięcia uziomowego  $U_E$  do prądu uziomowego  $I_E$  przepływającego przez ten uziom.

# Rażenie napięciem dotykowym i krokowym



# Napięcia dotykowe i krokowe

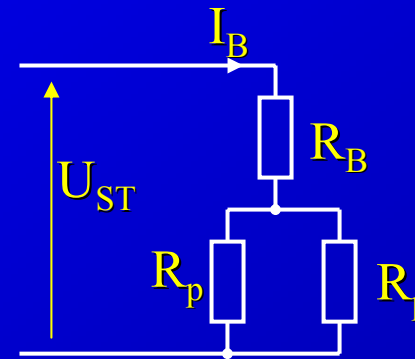
- **Napięcie dotykowe spodziewane  $U_{ST}$**  można zdefiniować jako napięcie między dwoma przewodzącymi częściami, których może dotknąć jednocześnie człowiek.
- **Napięciem rażeniowym dotykowym  $U_T$**  nazywa się napięcie między dwoma przewodzącymi częściami podczas dotknięcia ich przez człowieka. Zależy ono od rezystancji człowieka oraz zachodzi  $U_T \leq U_{ST}$ . W dalszej części wykładu posługuję się tylko pojęciem samego napięcia dotykowego, rozumiejąc je jako  $U_{ST}$ .
- **Napięcie krokowe spodziewane  $U_{SS}$**  jest to napięcie między dwoma punktami na powierzchni ziemi, odległymi od siebie o 1m, co jest przyjmowane jako długość kroku człowieka.



# Rażenie napięciem dotykowym i krokowym - prądy rażenia

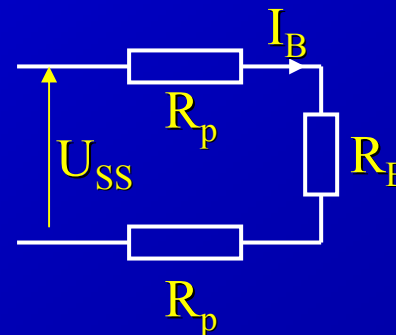
- Rażenie napięciem dotykowym:

$$- I_B = U_{ST} / (R_B + 0.5R_p)$$



- Rażenie napięciem krokowym:

$$- I_B = U_{SS} / (R_B + 2R_p)$$



# Rezystancja przejścia

- Podłoga (sucha)

- PCV:  $10^8 \Omega$
- marmur:  $10^4 \Omega$
- drewno:  $10^9 \Omega$
- asfalt:  $10^{10} \Omega$
- beton:  $10^2 \Omega$

- Obuwie

- na spodach gumowych:  $10^6 \Omega$
- na spodach skórzanych:  $10^6 \Omega$
- tekstylne:  $10^5 \Omega$
- tekstylne wilgotne:  $10 \Omega$

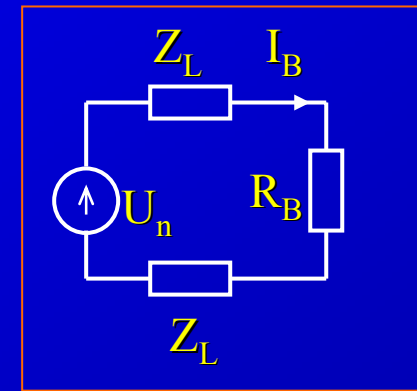
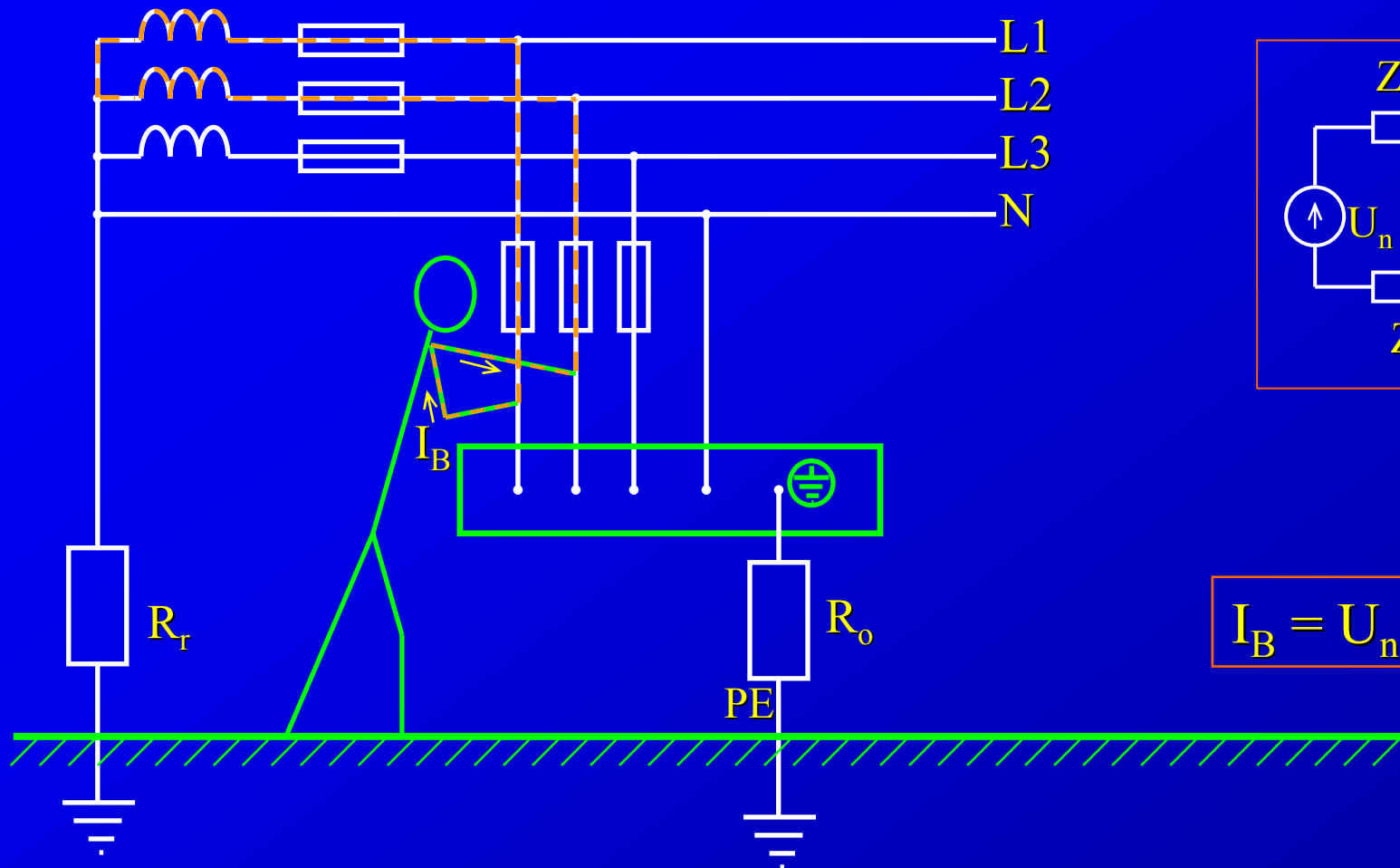


# Rażenie prądem elektrycznym

- **Spowodowane napięciem roboczym** (w wyniku dotyku bezpośredniego) - w wyniku bezpośredniego dotknięcia części znajdujących się pod napięciem
- **Spowodowane napięciem dotykowym** (w wyniku dotyku pośredniego) - w następstwie zetknięcia się z częściami, na których napięcie pojawiło się w wyniku uszkodzenia izolacji roboczej (awarii)

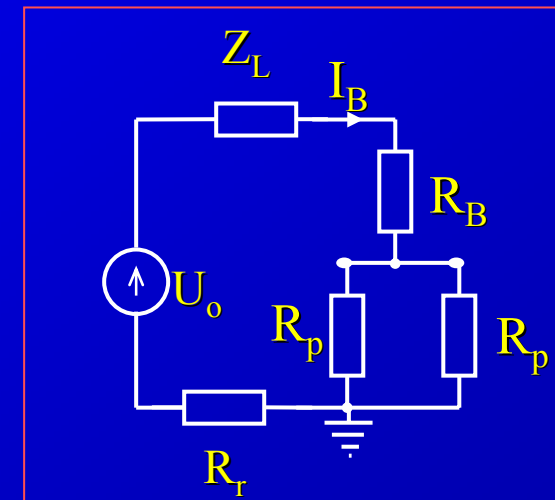
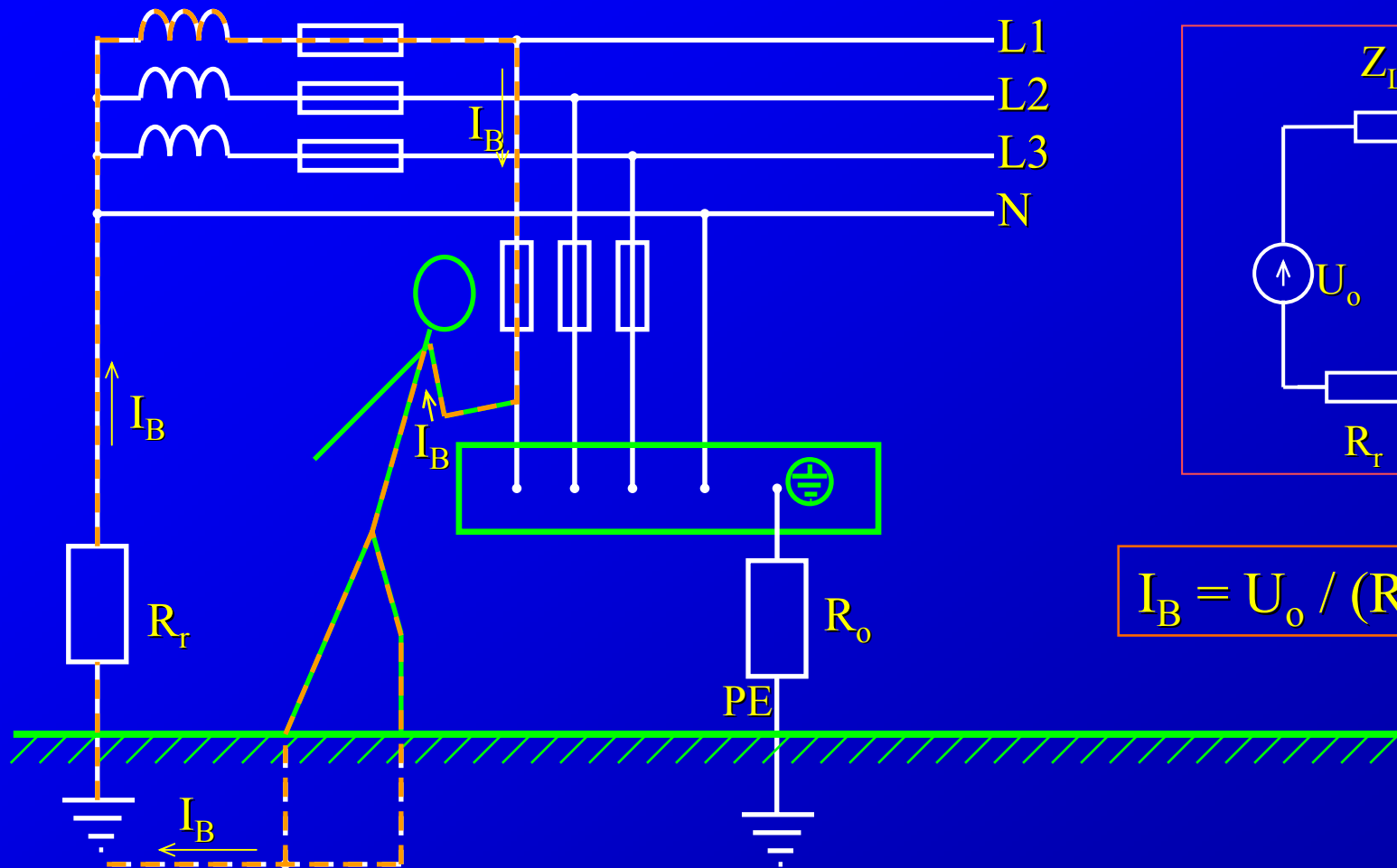


# Rażenie napięciem międzyfazowym



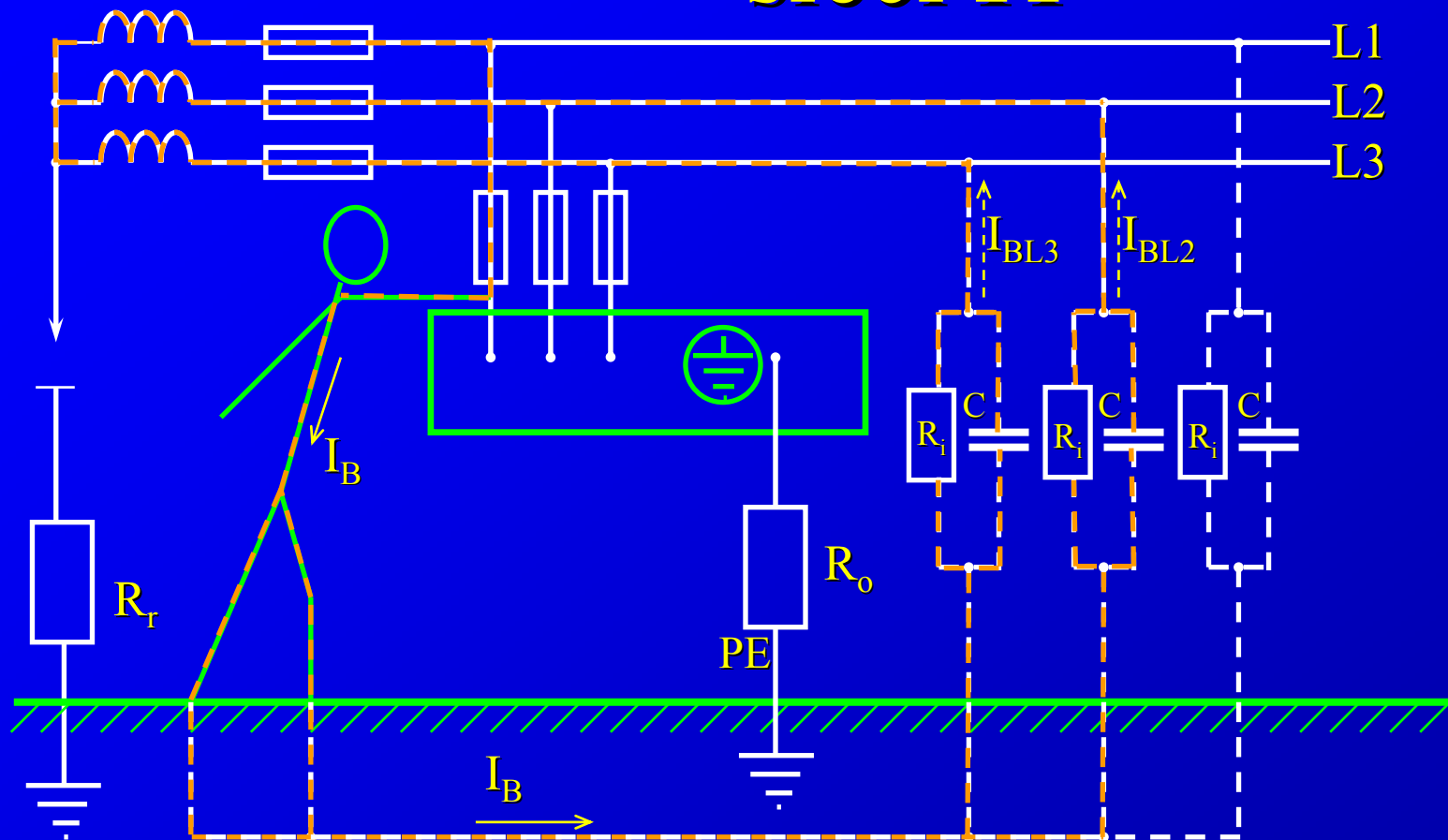
$$I_B = U_n / R_B$$

# Rażenie napięciem fazowym w sieci TT lub TN



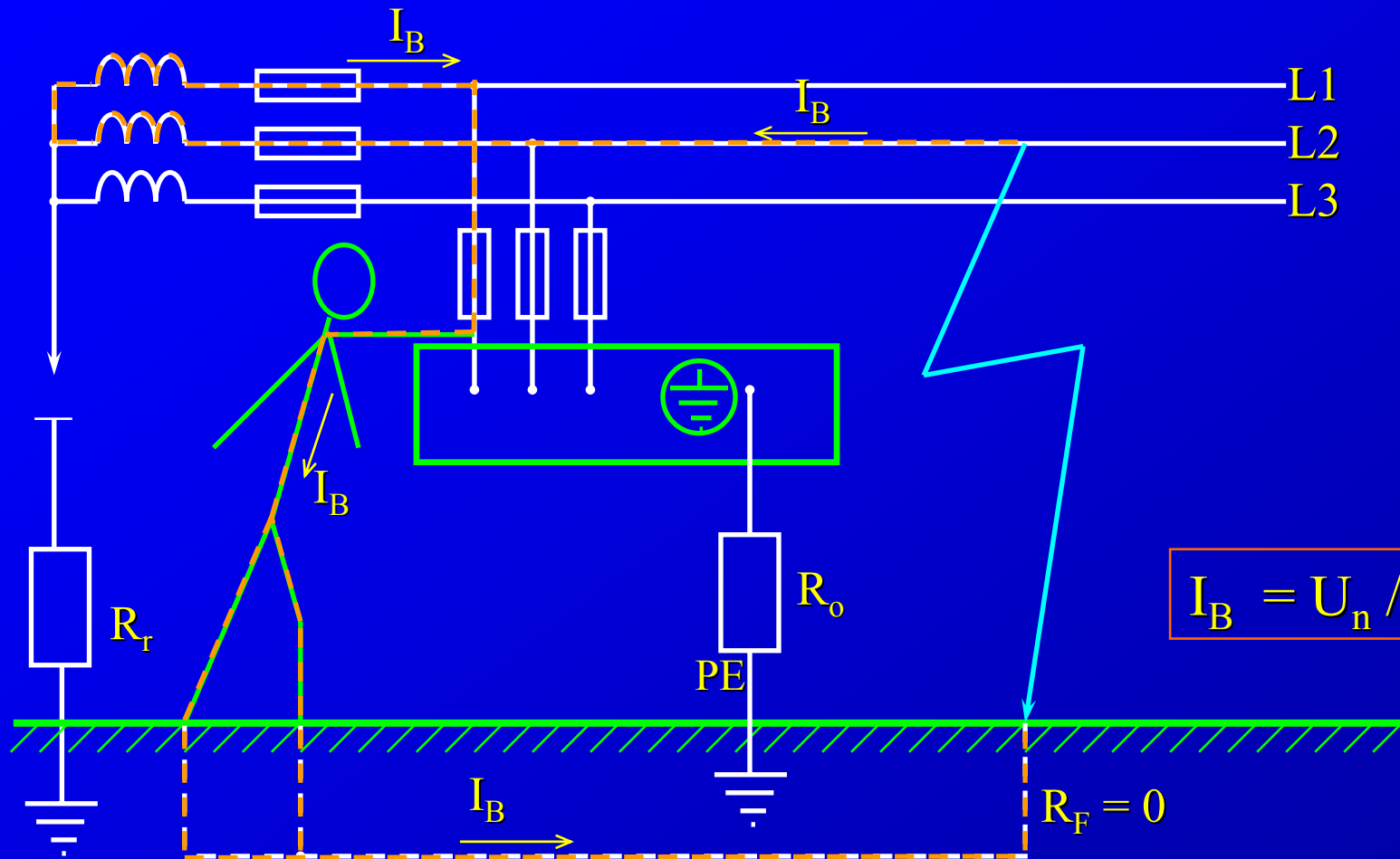
$$I_B = U_0 / (R_B + 0.5R_p)$$

# Rażenie napięciem fazowym w sieci IT



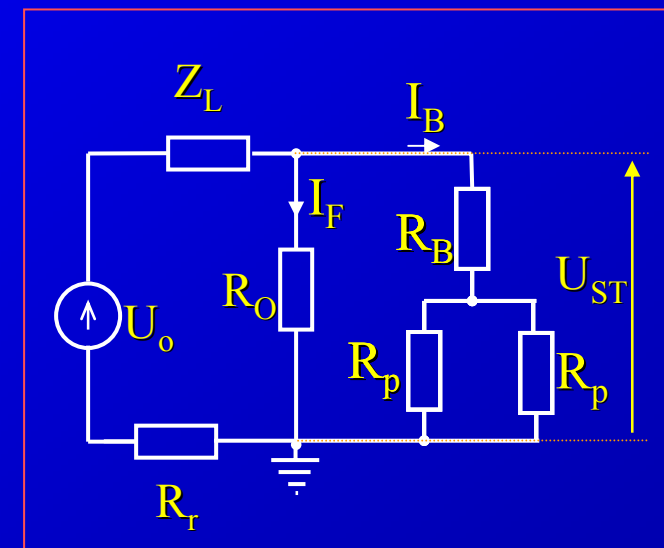
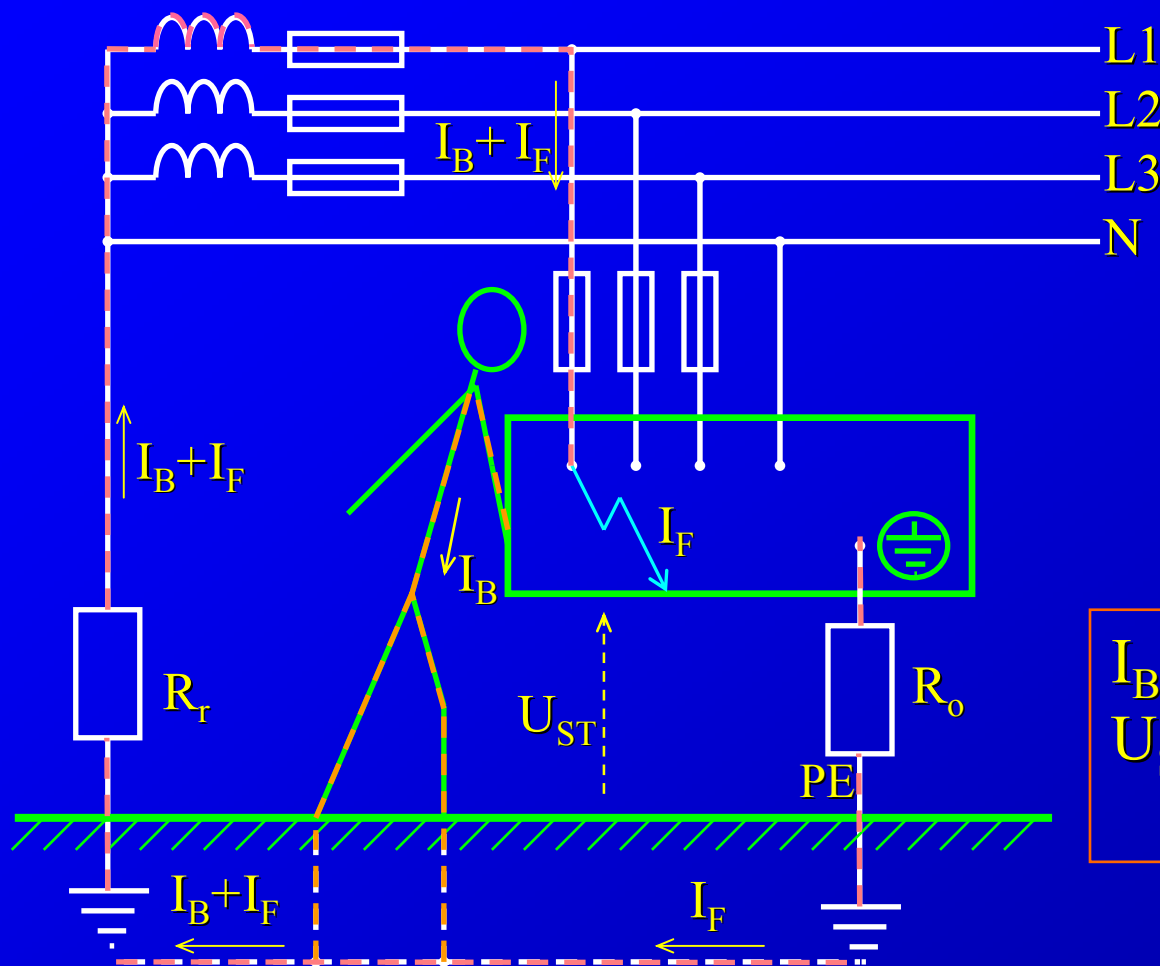
$$I_B \approx U_n / |R_B + 0.5R_p + 0.5jX_C|$$

# Rażenie napięciem fazowym w stanie doziemienia w sieci IT



$$I_B = U_n / (R_B + 0.5R_p)$$

# Rażenie napięciem dotykowym w sieci TT



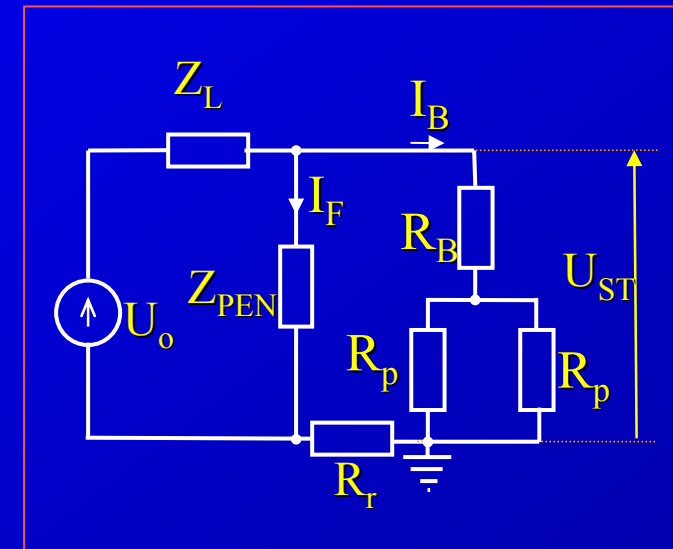
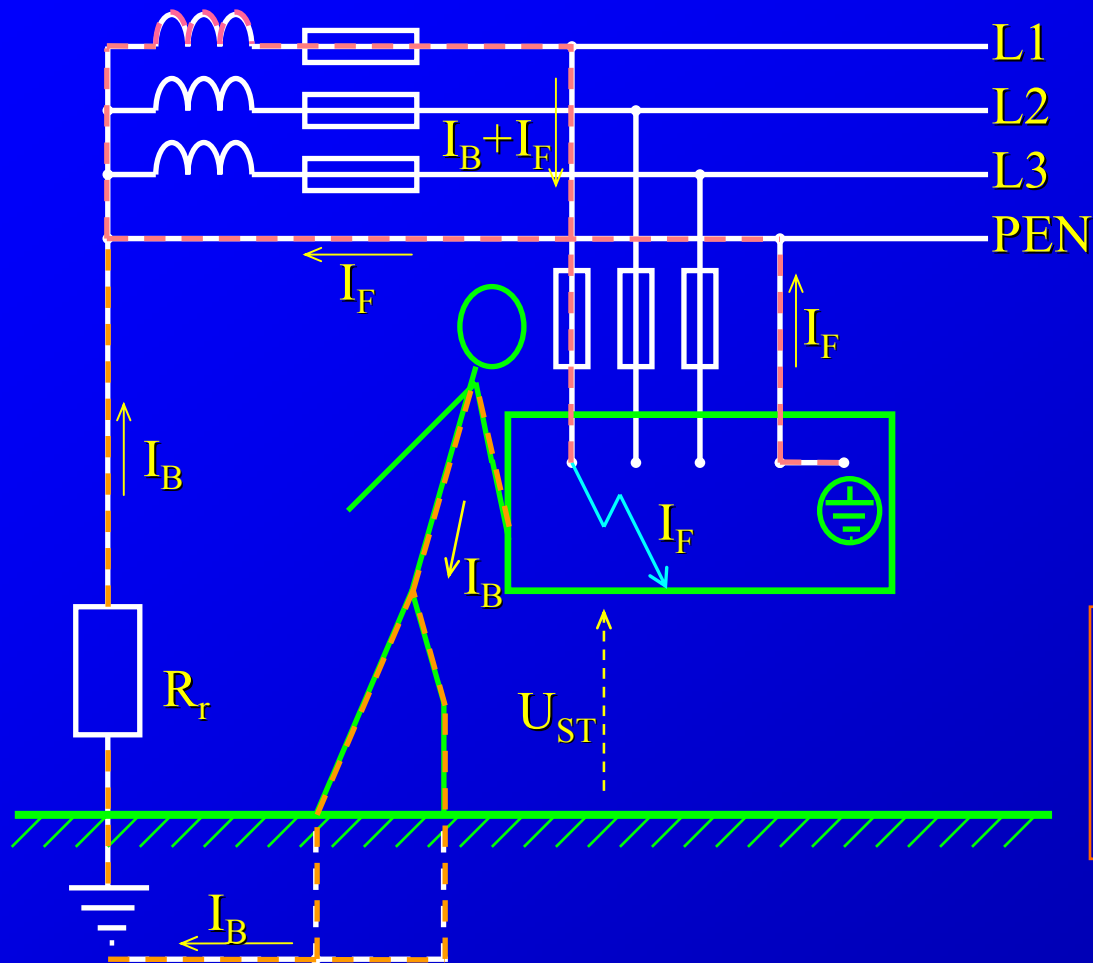
$$I_B = U_{ST} / (R_B + 0.5R_p)$$

$$U_{ST} = R_0 I_F =$$

$$= R_0 U_0 / |Z_L + R_0 + R_T|$$



# Rażenie napięciem dotykowym w sieci TN

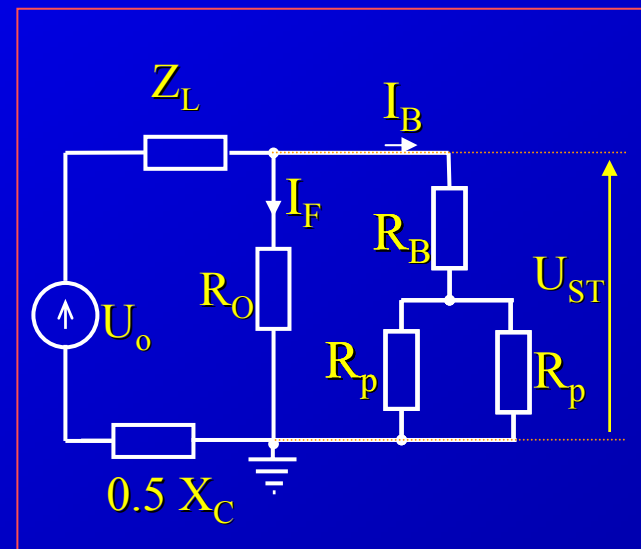
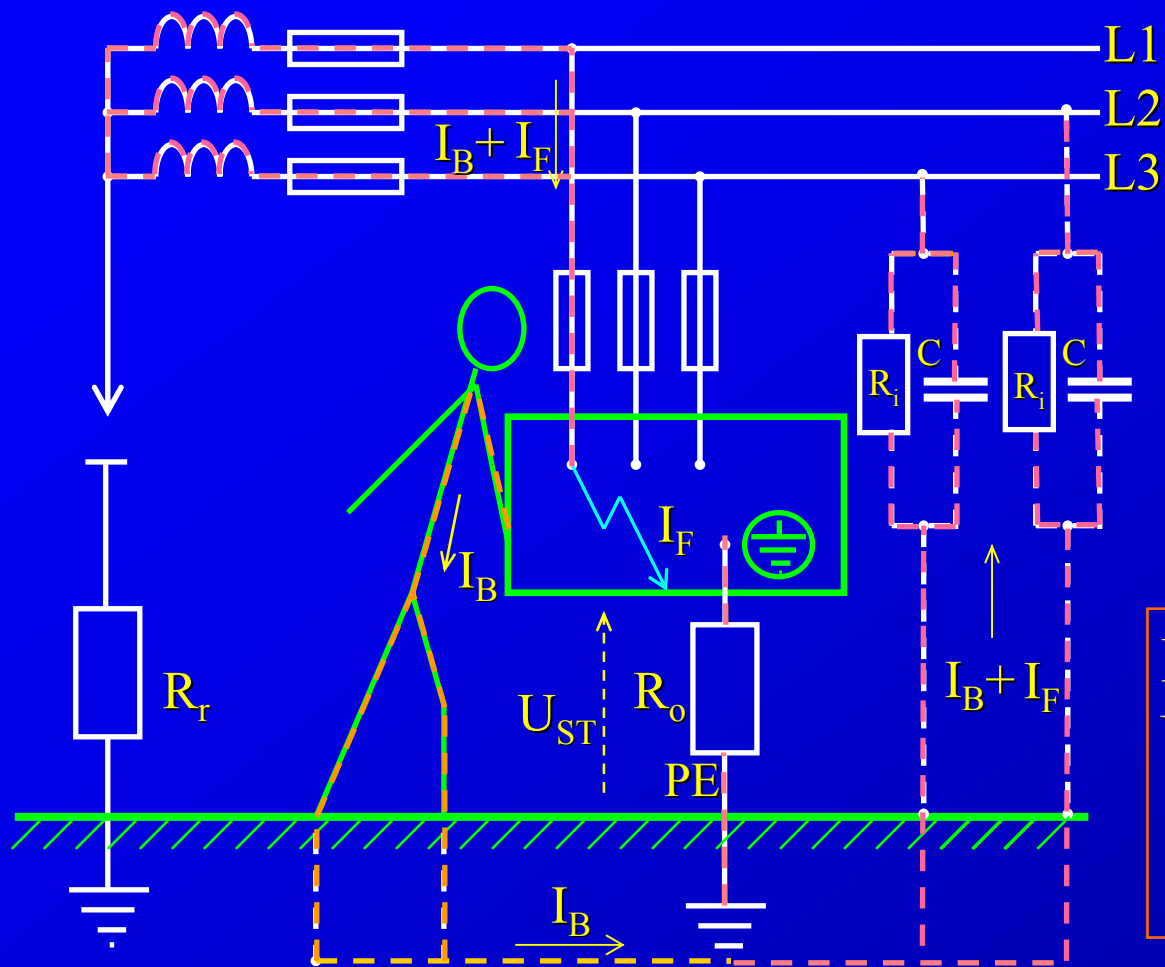


$$I_B = U_{ST} / (R_B + 0.5R_p)$$

$$U_{ST} = Z_{PEN} I_F =$$

$$= Z_{PEN} U_0 / |Z_L + Z_{PEN}|$$

# Rażenie napięciem dotykowym w sieci IT



$$\begin{aligned}
 I_B &= U_{ST} / (R_B + 0.5R_p) \\
 U_{ST} &= R_0 I_F = \\
 &= R_0 U_0 / |R_0 + 0.5jX_C| \approx \\
 &\approx 2R_0 U_0 \omega C
 \end{aligned}$$

# Warunki środowiskowe

- **Warunki środowiskowe 1** - nie istnieją okoliczności wpływające na zmniejszenie odporności organizmu człowieka na działanie napięcia
- **Warunki środowiskowe 2** - istnieją okoliczności zmniejszające odporność człowieka, takie jak:
  - właściwości środowiska lub rodzaj pracy powodujący zwilżenie dłoni lub stóp
  - wysoka temperatura powodująca potnienie naskórka
  - możliwość dotyku wielkopowierzchniowego
  - praca na stanowisku przewodzącym, jeżeli w zasięgu ręki znajdują się przedmioty metalowe uziemione
  - skrepowanie swobody ruchów



# Warunki środowiskowe (c.d.)

- Przykłady warunków 2: tereny otwarte, łazienki i natryski, sauny, obory, chlewnie, pomieszczenia produkcyjne o wilgotności względnej większej niż 75% oraz o temperaturze wyższej niż 35°C lub mniejszej niż -5°C.
- Warunki środowiskowe specjalne (3), np. baseny kąpielowe lub wnętrza metalowych zbiorników



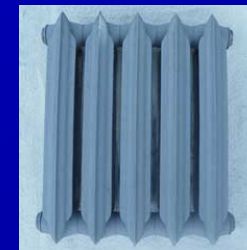
# Napięcie bezpieczne

- dla prądu stałego:
  - **120 V** w warunkach środowiskowych 1
  - **60 V** w warunkach środowiskowych 2
- dla prądu przemiennego 50/60 Hz:
  - **50 V** w warunkach środowiskowych 1
  - **25 V** w warunkach środowiskowych 2

# Ochrona przeciwporażeniowa - określenia



- **Część czynna** - jest to przewód lub część przewodząca instalacji, znajdująca się pod napięciem w czasie normalnej pracy (również przewód N)
- **Część przewodząca dostępna** - jest to dostępna dla dotyku przewodząca część instalacji, która nie jest pod napięciem w warunkach normalnej pracy, a na której napięcie może pojawić się w wyniku uszkodzenia.
- **Część przewodząca obca** - jest to część przewodząca nie będąca częścią instalacji elektrycznej, która może znaleźć się pod określonym potencjałem.



# Ochrona przeciwporażeniowa w warunkach normalnych (podstawowa)

- Zespół środków chroniących człowieka przed zetknięciem się z częściami urządzeń lub instalacji będących normalnie pod napięciem, jak również przed przeniesieniem się napięcia na inne przedmioty
- Podlegają jej **wszystkie** urządzenia elektryczne
- Musi być w nich zastosowany jeden ze **środków ochrony podstawowej**

# Ochrona przeciwporażeniowa w warunkach uszkodzenia (dodatkowa)




- Zespół środków chroniących przed skutkami niebezpiecznego napięcia dotykowego, jakie może pojawić się w wyniku awarii na częściach urządzeń nie będących normalnie pod napięciem
- Podlegają jej **wszystkie** urządzenia elektryczne, za wyjątkiem części przewodzących dostępnych, które nie mogą być uchwycone dłonią, a ochrona jest utrudniona (np. śrubki) oraz zbrojeń słupów i wsporników izolatorów linii napowietrznych
- Musi być w nich zastosowany jeden ze **środków ochrony przy uszkodzeniu (dodatkowej)**



# Ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca

- Stanowi uzupełniający środek ochrony podstawowej i/lub dodatkowej
- Nie może być jedynym środkiem ochrony podstawowej i/lub dodatkowej
- W niektórych specjalnych instalacjach może być wymagana

# Klasy ochronności

- **Klasa 0** - urządzenia, w których ochrona przeciwporażeniowa jest zapewniona jedynie przez izolację roboczą (ochr. dodatkowa przez np. separację elektryczną)
- **Klasa I** - urządzenia, których obudowy przeznaczone są do połączenia z przewodem ochronnym 
- **Klasa II** - urządzenia wykonane z zastosowaniem izolacji podwójnej lub wzmocnionej 
- **Klasa III** - urządzenia przeznaczone do zasilania napięciem bezpiecznym 



# Środek ochrony

- Winien składać się z odpowiedniej kombinacji środka ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu ...
- lub wzmocnionego środka ochrony, który zapewnia zarówno ochronę podstawową jak i ochronę przy uszkodzeniu
- Dla specjalnych instalacji lub lokalizacji powinny być stosowane szczególne środki ochrony zgodnie PN HD 60364-7

# Wzmocnione środki ochrony

- Bardzo niskie napięcie bezpieczne - **SELV**  
(Safety Extra Low Voltage)
- Bardzo niskie napięcie ochronne - **PELV**  
(Protection Extra Low Voltage)
- Izolacja podwójna lub wzmocniona  
(ochronna)

# SELV + PELV

1. Poziom napięcia - **napięcie bezpieczne**

2. Źródło zasilania:

- **transformator bezpieczeństwa**

- **źródło elektrochemiczne**

- niektóre urządzenia elektroniczne (tutaj napięcie może być wyższe, o ile przy dotknięciu spada – pomiar woltomierzem o rezystancji min.  $3000 \Omega$ )

- inne równoważne transformatorowi ochronnemu (np. przetwornica dwumaszynowa)

3. Wtyczki i gniazda **unikatowe** bez styków ochronnych

4. Części czynne oddzielone od części czynnych obwodów nie będących obwodami SELV lub PELV w sposób nie gorszy niż w transformatorze bezpieczeństwa

5. **Przewody** prowadzone oddzielnie, w osłonie izolacyjnej, oddzielone uziemionymi osłonami lub **posiadające izolację na najwyższe występujące w sąsiednich przewodach lub żyłach napięcie**

6. Ochrona podstawowa nie jest wymagana dla napięcia nie przekraczającego 12 V AC lub 30 V DC



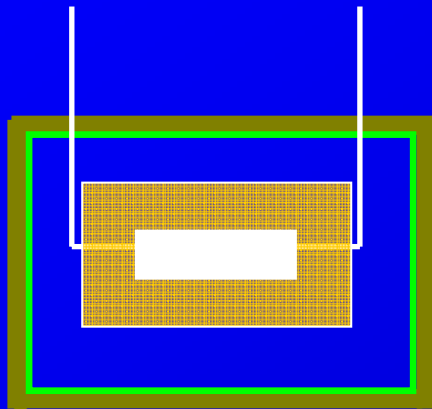
# SELV

7. Części czynne i części przewodzące dostępne nie uziemione ani nie połączone z przewodami ochronnymi innych obwodów
8. Ochrona podstawowa nie jest konieczna również w warunkach suchych dla napięcia nominalnego nie przekraczającego 25 V AC lub 60 V DC

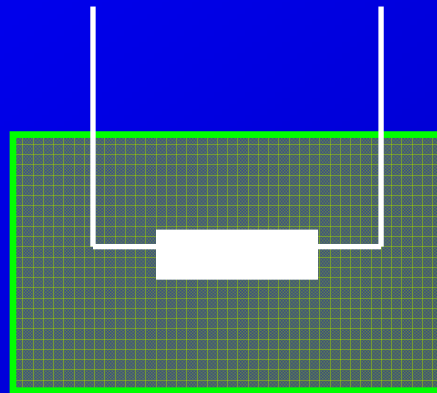
# PELV

7. Ochrona podstawowa nie jest konieczna również w warunkach suchych dla napięcia nominalnego nie przekraczającego 25 V AC lub 60 V DC o ile części przewodzące dostępne i/lub części czynne są połączone przez przewód ochronny do głównego zacisku uziemiającego

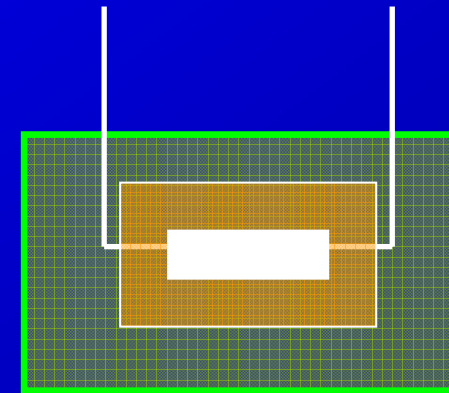
# Izolacja podwójna lub wzmocniona - rysunek



Obudowa  
izolacyjna



Izolacja  
wzmocniona



Izolacja  
podwójna



# Izolacja podwójna lub wzmocniona

- **Izolacja podwójna** (podstawowa + dodatkowa)
- **Izolacja wzmocniona** (równoważna podwójnej)
  - tylko tam, gdzie rozwiązania konstrukcyjne uniemożliwiają zastosowanie izolacji podwójnej
- **Obudowa izolacyjna**
  - odpowiednia wytrzymałość
  - otwierana przy użyciu kluczy lub narzędzi
  - nie powinny przez nią przechodzić części przewodzące

# Ochrona podstawowa (w warunkach normalnych, przed dotykiem bezpośrednim) w/g PN-HD 60364-4

- Izolacja podstawowa części czynnych
- Przegrody lub obudowy
- Przeszkody
- Umieszczenie poza zasięgiem ręki

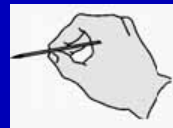
# Izolacja podstawowa części czynnych

- Części czynne powinny być w całości pokryte izolacją, która może być usunięta jedynie przez jej zniszczenie
- Izolacja winna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń elektrycznych, w których jest zastosowana
- Pokrycie farbą, pokostem itp. na ogół nie są uznawane
- Okresowa kontrola stanu izolacji



# Przegrody lub obudowy

- Przeznaczone do zapobiegania jakimkolwiek dotknięciu części czynnych
- Zapewnienie stopnia ochrony min. **IP2X** lub **IPXXB** a dla dostępnych górnych poziomych powierzchni min. **IP4X** lub **IPXXD** (za wyjątkiem wymiany części - informacja)
- Odpowiednia wytrzymałość, stabilność
- Usunięcie tylko przy użyciu klucza lub innego narzędzia lub po wyłączeniu zasilania
- Ostrzeżenie dla kondensatorów dostępnych po otwarciu obudowy



# Przeszkody (bariery)

- Zabezpieczają przed przypadkowym dotknięciem (lecz nie przed zamierzonym) do części czynnych
- Powinny uniemożliwić niezamierzone dotknięcie lub zbliżenie do części czynnych w trakcie normalnej obsługi
- Mogą być usuwane bez użycia klucza, lecz winny być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem
- Tylko przy przeszkolonym personelu

# Umieszczenie poza zasięgiem ręki

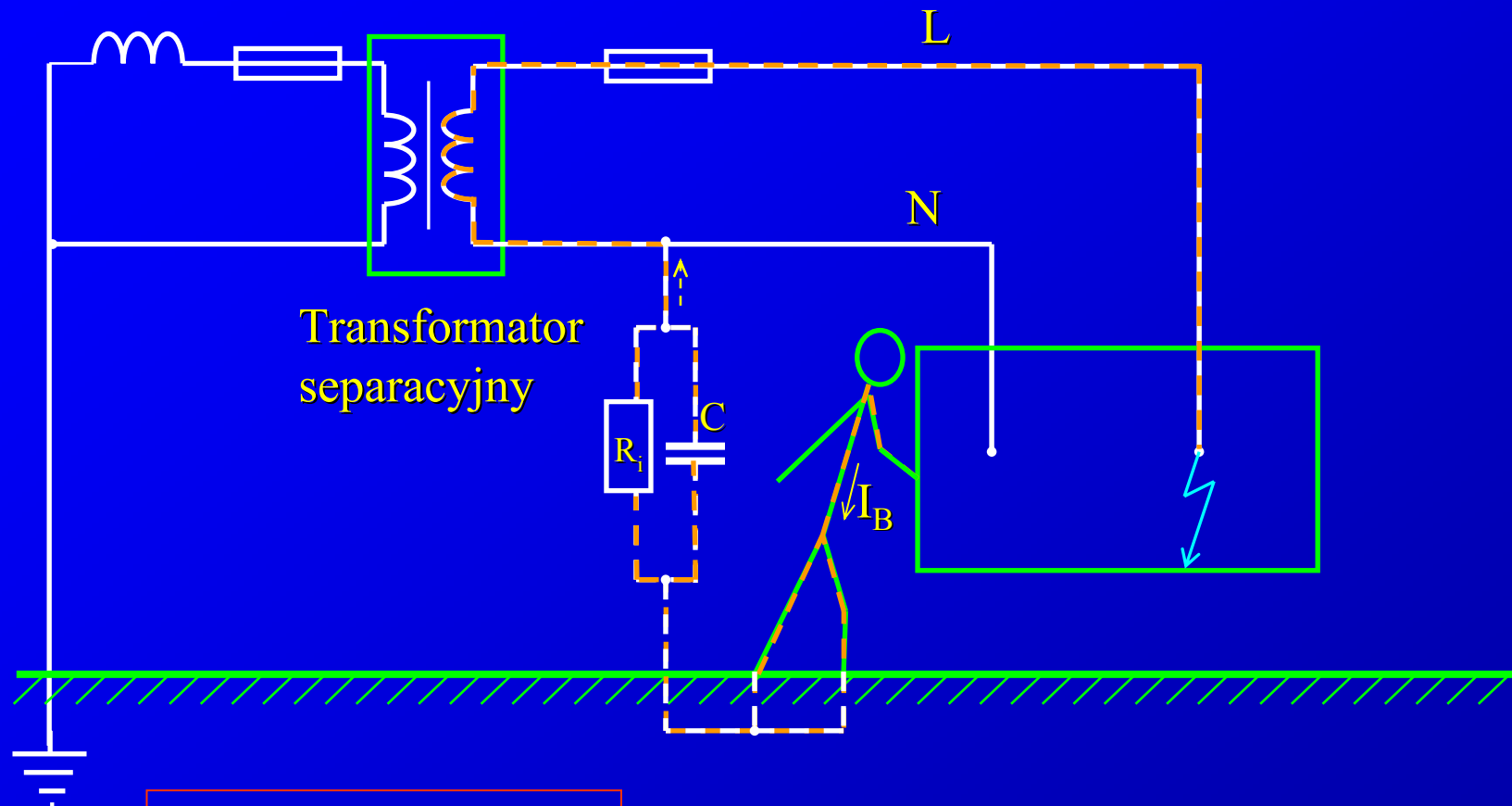
- Zapobieganie niezamierzonemu dotknięciu części czynnych
- Części o różnych potencjałach nie powinny być jednocześnie dostępne (min. **2.5 m** odległości)
- W miejscach, w których normalnie wykonuje się prace z użyciem przedmiotów przewodzących o dużej długości, odległości powinny być odpowiednio zwiększone
- W budynkach tylko przy przeszkolonym personelu



# Ochrona przy uszkodzeniu (dodatkowa, przy dotyku pośrednim)

- Izolowanie stanowiska (Nieprzewodzące pomieszczenia)
- Nieuziemione miejscowe połączenia wyrównawcze
- Separacja elektryczna
- Samoczynne wyłączenie zasilania
- FELV

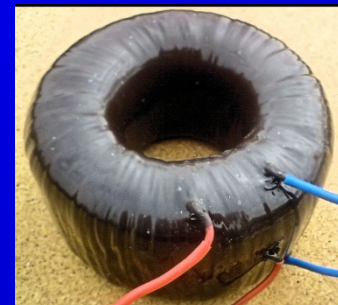
# Separacja elektryczna - jeden odbiornik



$$I_B < U_o \omega C \leq 10 \text{ mA}$$



# Separacja elektryczna

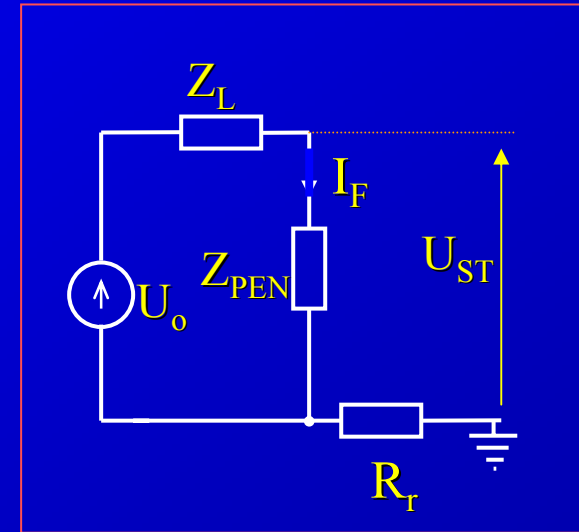
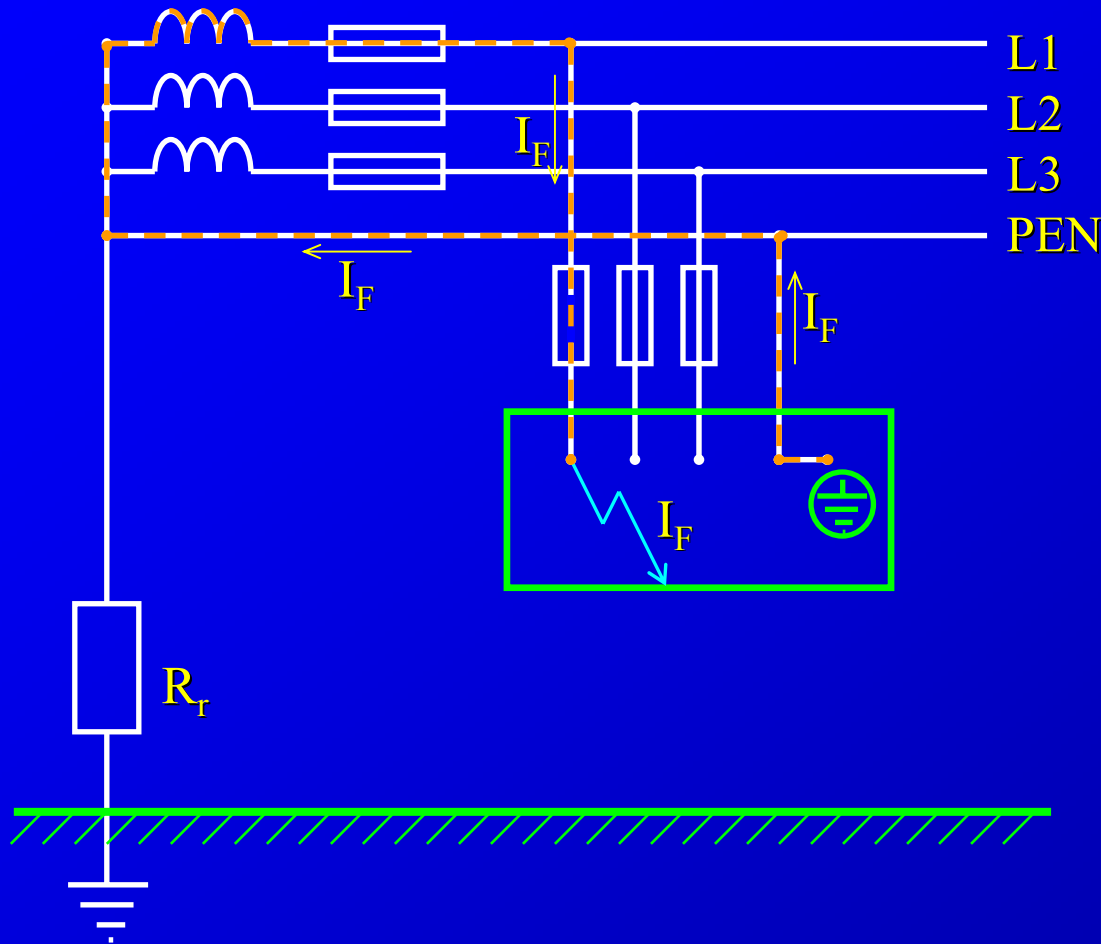


- Obwód zasilany ze źródła separacyjnego (transformatora separacyjnego lub równoważnego)
- Napięcie nie większe niż 500 V
- Części czynne nie powinny być połączone z innym obwodem ani z ziemią
- Przewody giętkie powinny być widoczne w miejscach, w których mogą ulec uszkodzeniu
- Zaleca się oddzielne oprzewodowanie obwodu
- Części przewodzące dostępne obwodu separacyjnego nie powinny być przyłączone do przewodu ochronnego oraz do części przewodzących dostępnych innych obwodów ani do ziemi

# Samoczynne wyłączenie zasilania

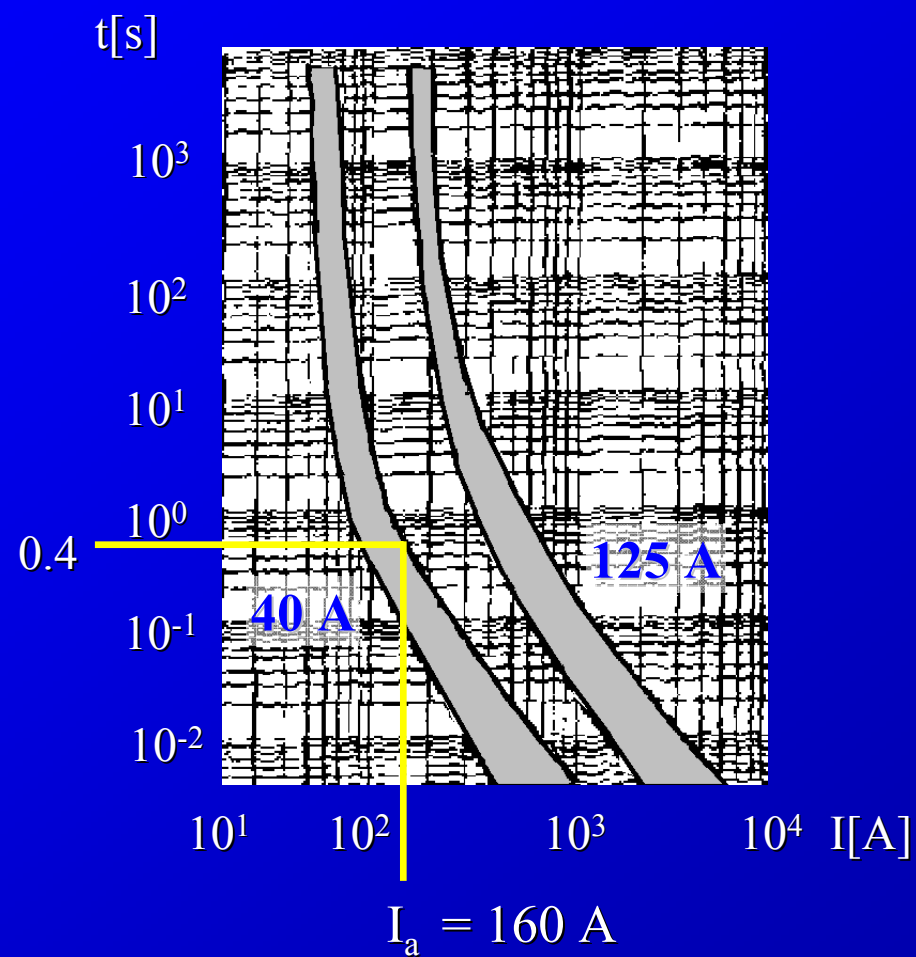
- W przypadku zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym, urządzenie wyłączające powinno samoczynnie przerwać zasilanie w czasie zgodnym z odpowiednimi wymaganiami
- Wyłączenie nie jest wymagane, jeżeli napięcie źródła zostanie obniżone w analogicznym czasie do wartości co najwyżej 50 V AC lub 120 V DC
- Jeżeli wymagany czas nie może zostać osiągnięty, należy wykonać dodatkowe ochronne połączenia wyrównawcze
- Dostępne części przewodzące powinny być połączone z przewodem ochronnym
- W każdym budynku winno być wykonane połączenie wyrównawcze ochronne (główne)

# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN - rysunek



$$I_F = U_0 / Z_S \geq I_a$$

# Charakterystyka czasowo-prądowa bezpiecznika



# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN

- Wszystkie części przewodzące dostępne powinny być przyłączone przewodem ochronnym do głównego zacisku uziemiającego instalacji, który powinien być połączony z uziemionym punktem zasilania
- W przypadku zwarcia między przewodem fazowym (liniowym) i przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą dostępną urządzenie wyłączające powinno zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w określonym czasie:

# Czas wyłączenia w sieci TN

$U_0$ [V]	$t_{\max}$ [s]	
	DC	AC
$50 < U_0 \leq 120$	-	0.8
$120 < U_0 \leq 230$	5	<b>0.4</b>
$230 < U_0 \leq 400$	0.4	0.2
$U_0 > 400$	0.1	0.1

Czas wyłączenia do **5 s** jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i obwodach odbiorczych o prądzie znamionowym powyżej 32 A.

## Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN - c.d.

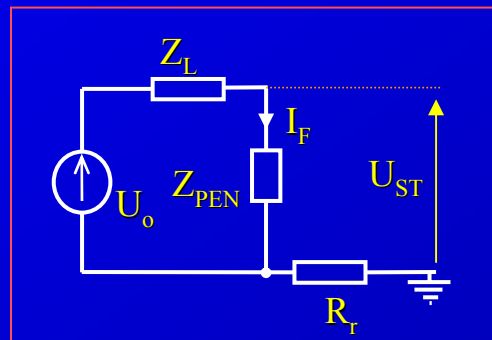
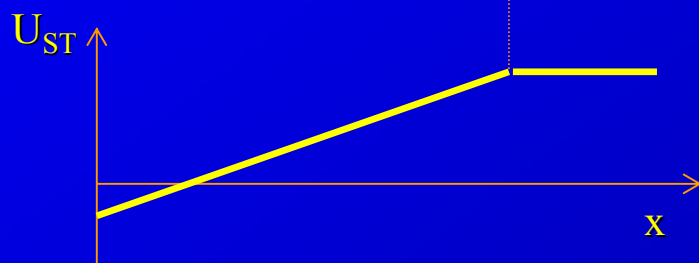
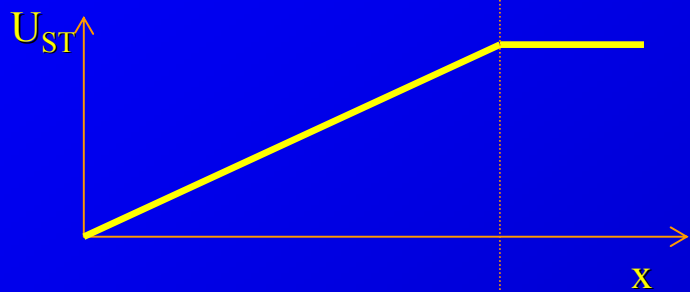
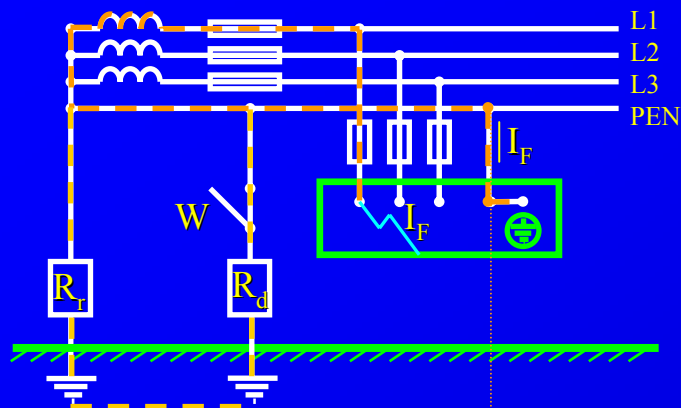
- Warunek jest spełniony, gdy  $Z_S I_a \leq U_0$ , gdzie
  - $Z_S$  - impedancja pętli zwarcia obejmującej źródło zasilania, przewód fazowy (liniowy) i przewód ochronny
  - $I_a$  - prąd powodujący zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w czasie zgodnym poprzednim slajdem
  - $U_0$  - napięcie fazowe
- W sieci TN mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:
  - urządzenia ochronne nadmiarowoprądowe
  - urządzenia ochronne różnicowoprądowe (nie w TN-C)

# Uziemienia dodatkowe PE

- W przypadku przebicia
  - obniżenie napięcia dotykowego
- W przypadku przebicia i przerwy w PE
  - obniżenie napięcia dotykowego
  - umożliwienie przepływu prądu zwarcia - możliwość wyłączenia napięcia zasilania
- W przypadku przerwy w PEN
  - obniżenie napięcia dotykowego

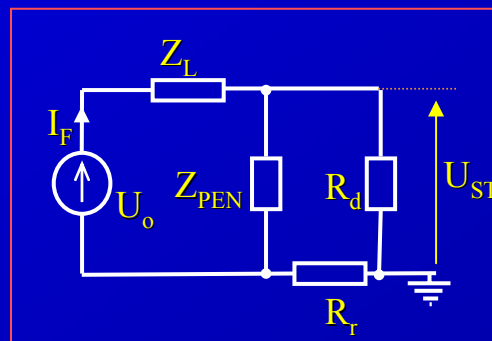


# Uziemienia dodatkowe - rysunek



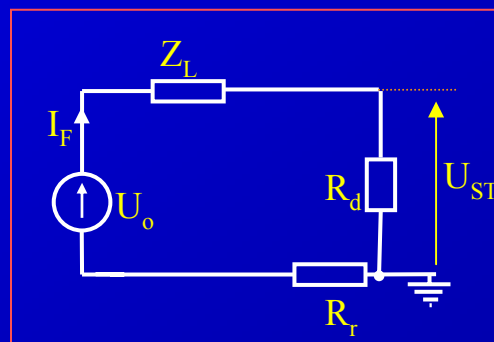
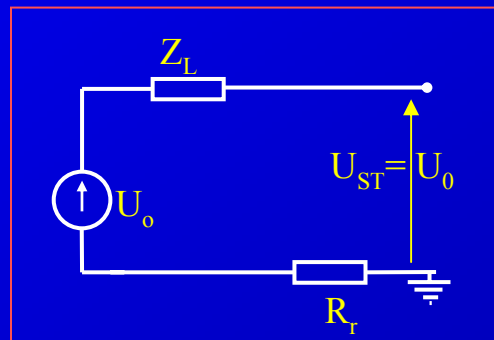
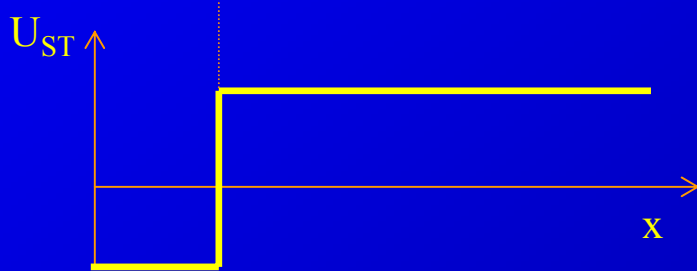
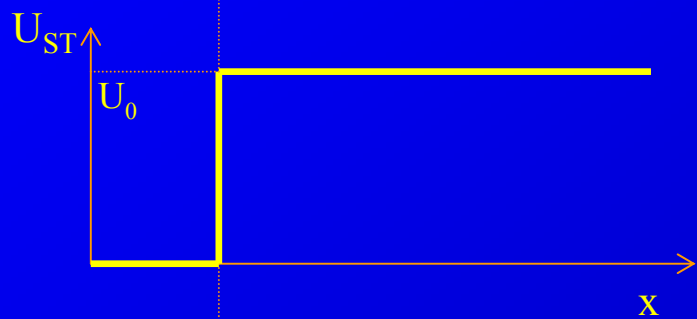
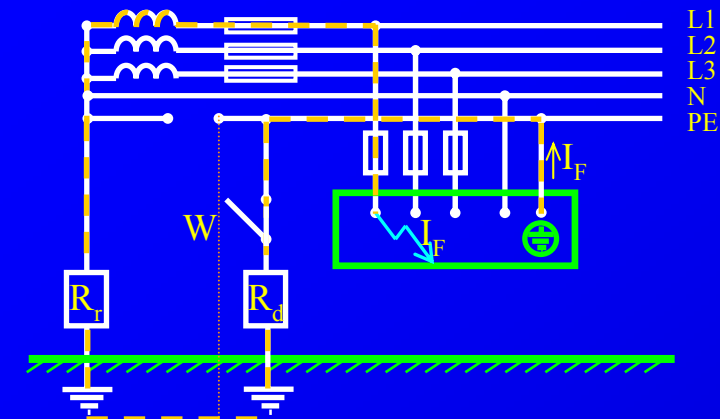
Napięcie dotykowe dla:

W - otwarty  
(brak uziem. dod.)



W - zamknięty  
(jest uziem. dod.)

# Uziemienia dodatkowe - przerwa w PE

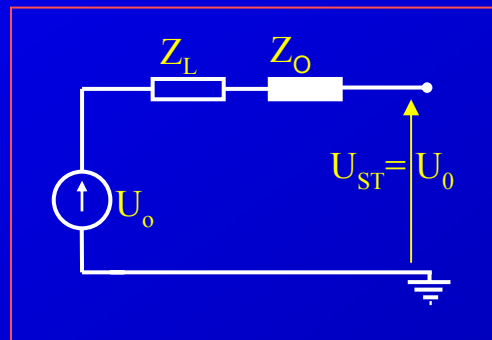
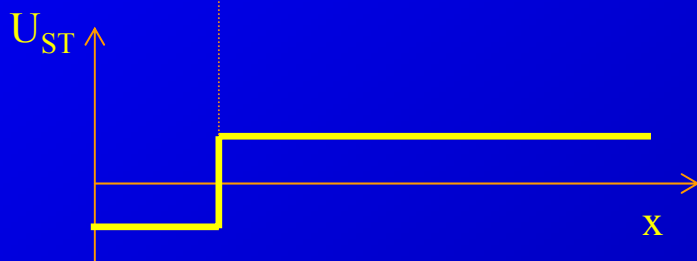
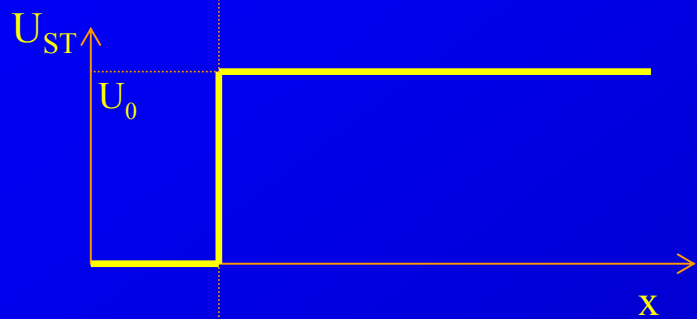
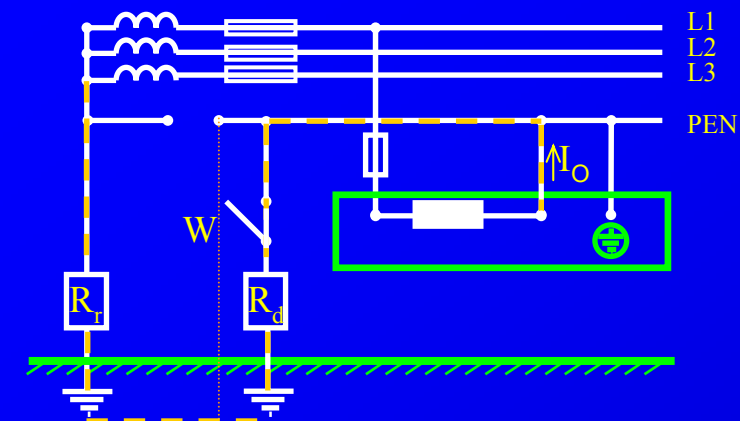


Napięcie dotykowe dla:

W - otwarty  
(brak uziem. dod.)

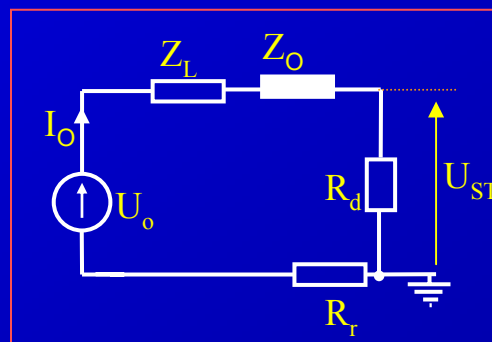
W - zamknięty  
(jest uziem. dod.)

# Uziemienia dodatkowe - przerwa w PEN



Napięcie dotykowe dla:

W - otwarty  
(brak uziem. dod.)

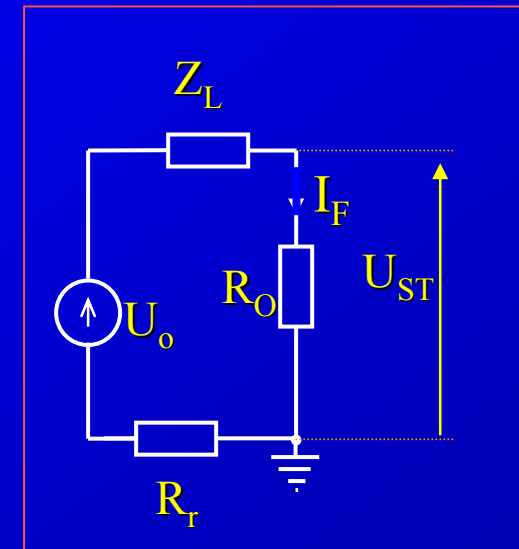
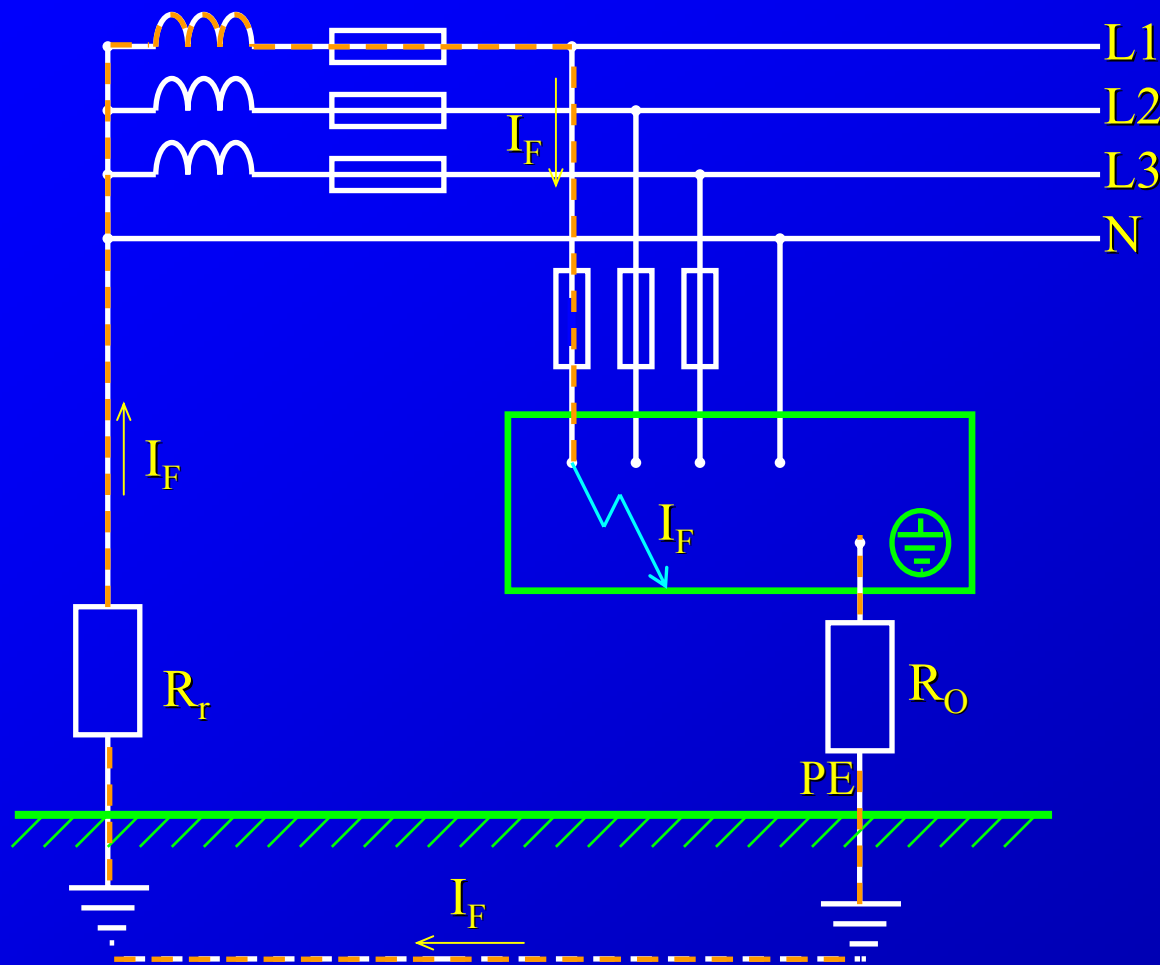


W - zamknięty  
(jest uziem. dod.)

# Sieć TN-S a TN-C

- Możliwość stosowania wyłączników różnicowoprądowych w sieci TN-S do ochrony przy uszkodzeniu
- W sieci TN-C przy przerwanym przewodzie PEN na częściach przewodzących dostępnych pojawia się napięcie
- W przypadku przepływu prądu  $I_N$  w przewodzie neutralnym w sieci TN-S spadek napięcia na tym przewodzie nie przenosi się na części chronione - istotne przy dużym  $I_N$  - również dla prądów trzeciej harmonicznej

# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TT - rysunek



$$U_{ST} = I_F R_O \leq 50 \text{ V}$$

$$I_F = U_0 / Z_S \geq I_a$$

# Czas wyłączenia w sieci TT

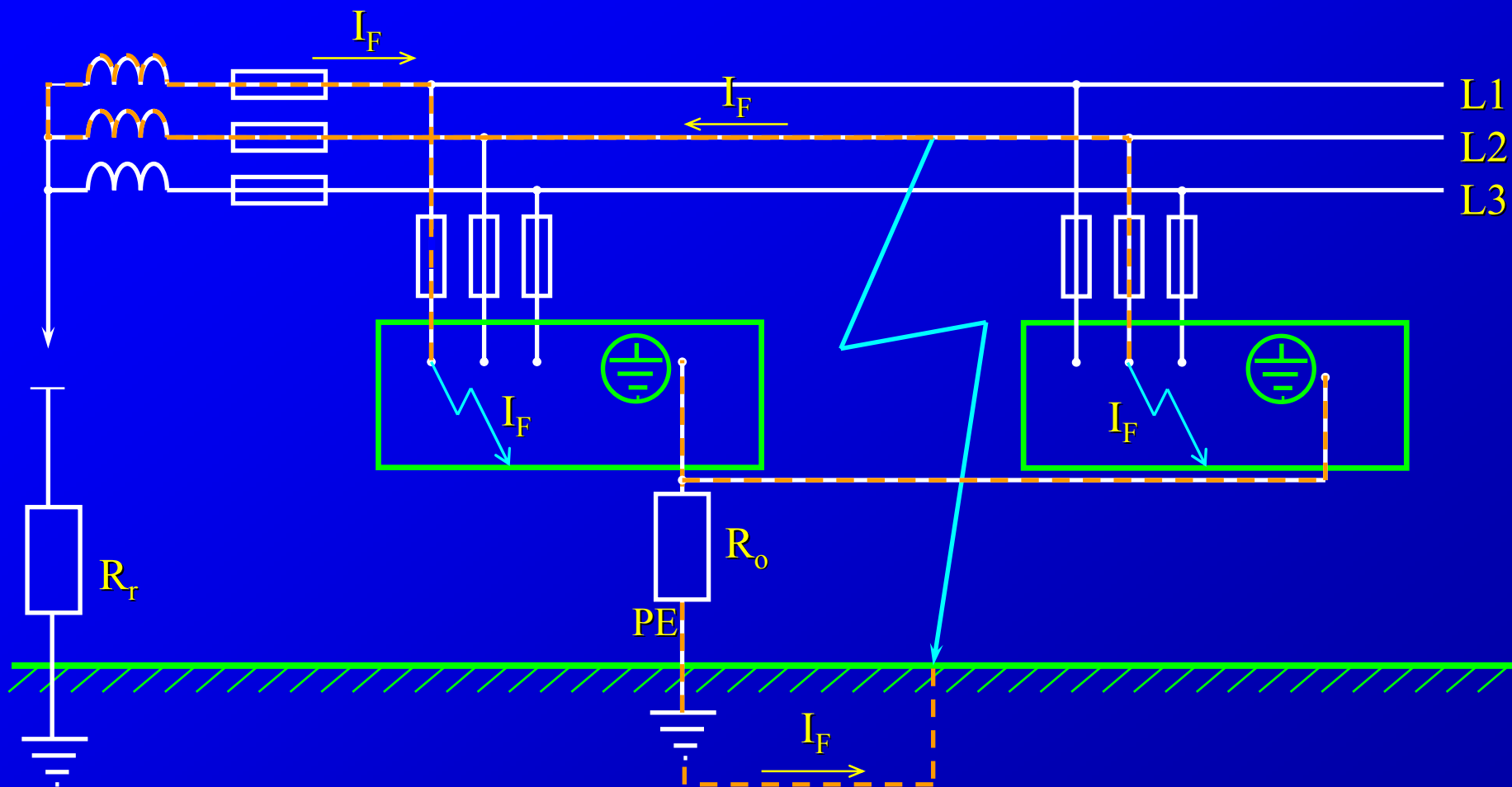
$U_0$ [V]	$t_{\max}$ [s]	
	DC	AC
$50 < U_0 \leq 120$	-	0.3
$120 < U_0 \leq 230$	0.4	0.2
$230 < U_0 \leq 400$	0.2	0.07
$U_0 > 400$	0.1	0.04

Czas wyłączenia do 1 s jest dopuszczony w obwodach rozdzielczych i obwodach odbiorczych o prądzie znamionowym powyżej 32 A.

# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TT

- Wszystkie części przewodzące dostępne chronione przez to samo urządzenie powinny być połączone ze sobą przewodami ochronnymi i przyłączone do tego samego uziomu
- Punkt neutralny powinien być uziemiony w każdej stacji transformatorowej
- Zalecanym urządzeniem ochronnym jest urządzenie różnicowoprądowe (RCD)
- Dla RCD, przy zapewnieniu czasu wyłączenia zgodnie z poprzednim slajdem, powinien być spełniony warunek:  **$R_0 I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$** 
  - $I_{\Delta n}$  - znamionowy prąd wyzwalający wyłącznika
  - $R_0$  – suma rezystancji uziemienia ochronnego i przewodu ochronnego

# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieciach IT - rysunek





# Samoczynne wyłączenie zasilania w sieciach IT

- Przewody i części czynne odizolowane od ziemi
- Wyłączenie pojedynczego zwarcia nie jest wymagane
- Części przewodzące dostępne powinny być uziemione z zachowaniem warunku:  $R_o I_F \leq 50 \text{ V AC}$  lub  $120 \text{ V DC}$ , gdzie:
  - $R_o$  - suma rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego
  - $I_F$  - prąd pojedynczego zwarcia
- Mogą być stosowane następujące urządzenia ochronne:
  - stała kontrola stanu izolacji
  - urządzenia ochronne nadmiarowoprądowe
  - urządzenia ochronne różnicowoprądowe
- Po wystąpieniu podwójnego zwarcia urządzenie zabezpieczające powinno zapewnić ochronę - wyłączyć zasilanie.

# Uzupełniające środki ochrony

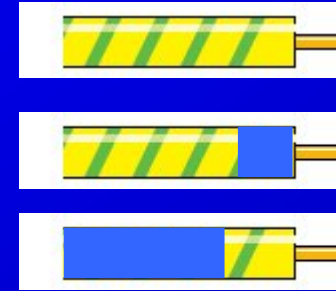
- Urządzenia różnicowoprądowe o znamionowym prądzie wyzwania nie przekraczającym 30 mA
- Dodatkowe ochronne połączenia wyrównawcze

# Urządzenia różnicowoprądowe

- Urządzenia ochronne różnicowoprądowe o prądzie wyzwalań nie przekraczającym **30 mA** uważa się za uzupełnienie ochrony podstawowej i/lub ochrony przy uszkodzeniu
- Obowiązkowe dla chronionych przez samoczynne wyłączenia zasilania:
  - gniazd do 20 A przewidzianych do powszechnego użytku i do obsługi przez osoby niewykwalifikowane
  - urządzeń ruchomych do 32 A używanych na zewnątrz

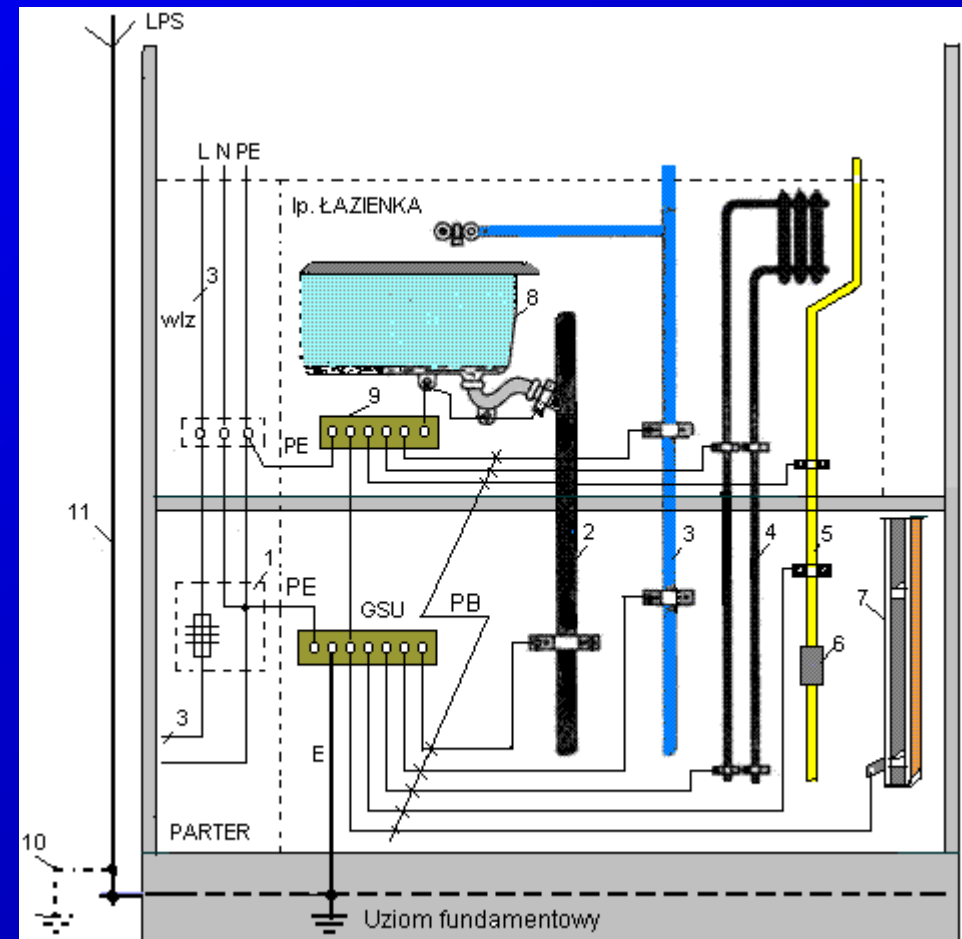
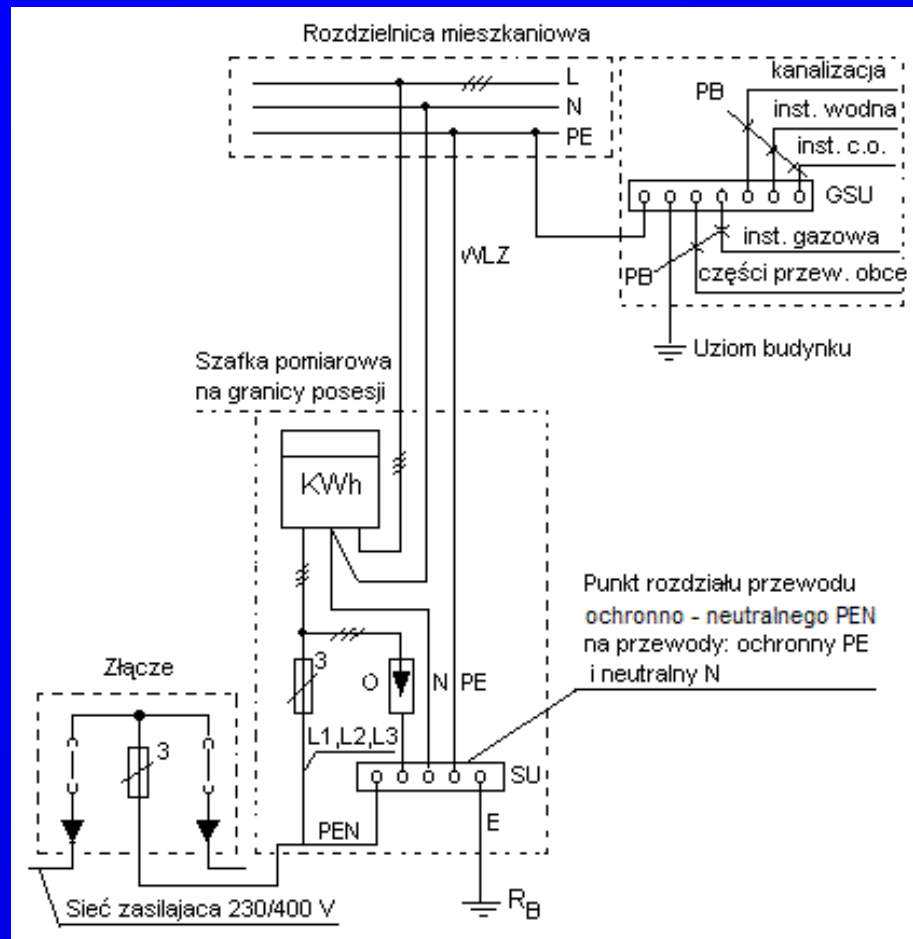


# Przewody ochronne



- Zapewnienie ciągłości przez
  - zabezpieczenie przed uszkodzeniami
  - nie umieszczanie aparatury łączeniowej, zabezpieczeń, cewek urządzeń kontrolnych
- Jako przewody ochronne mogą być stosowane
  - żyły w kablach wielożyłowych
  - ułożone na stałe przewody gołe lub izolowane
  - metalowe osłony (np. pancerze kabli), rury instalacyjne, obudowy i konstrukcje urządzeń instalacyjnych jeżeli zapewniają ciągłość elektryczną i odpowiedni przekrój
- **PEN - tylko w instalacjach stałych, musi mieć izolację**

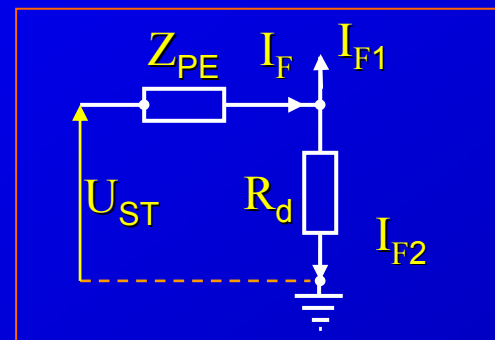
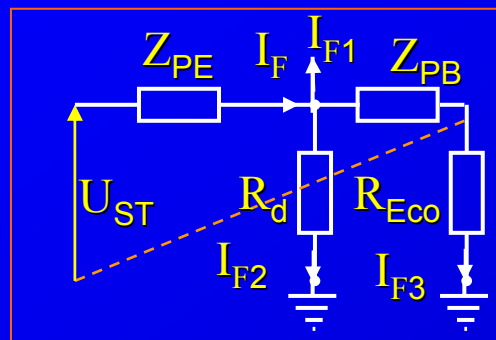
# Połączenia wyrównawcze w budynku



# Połączenie wyrównawcze główne:

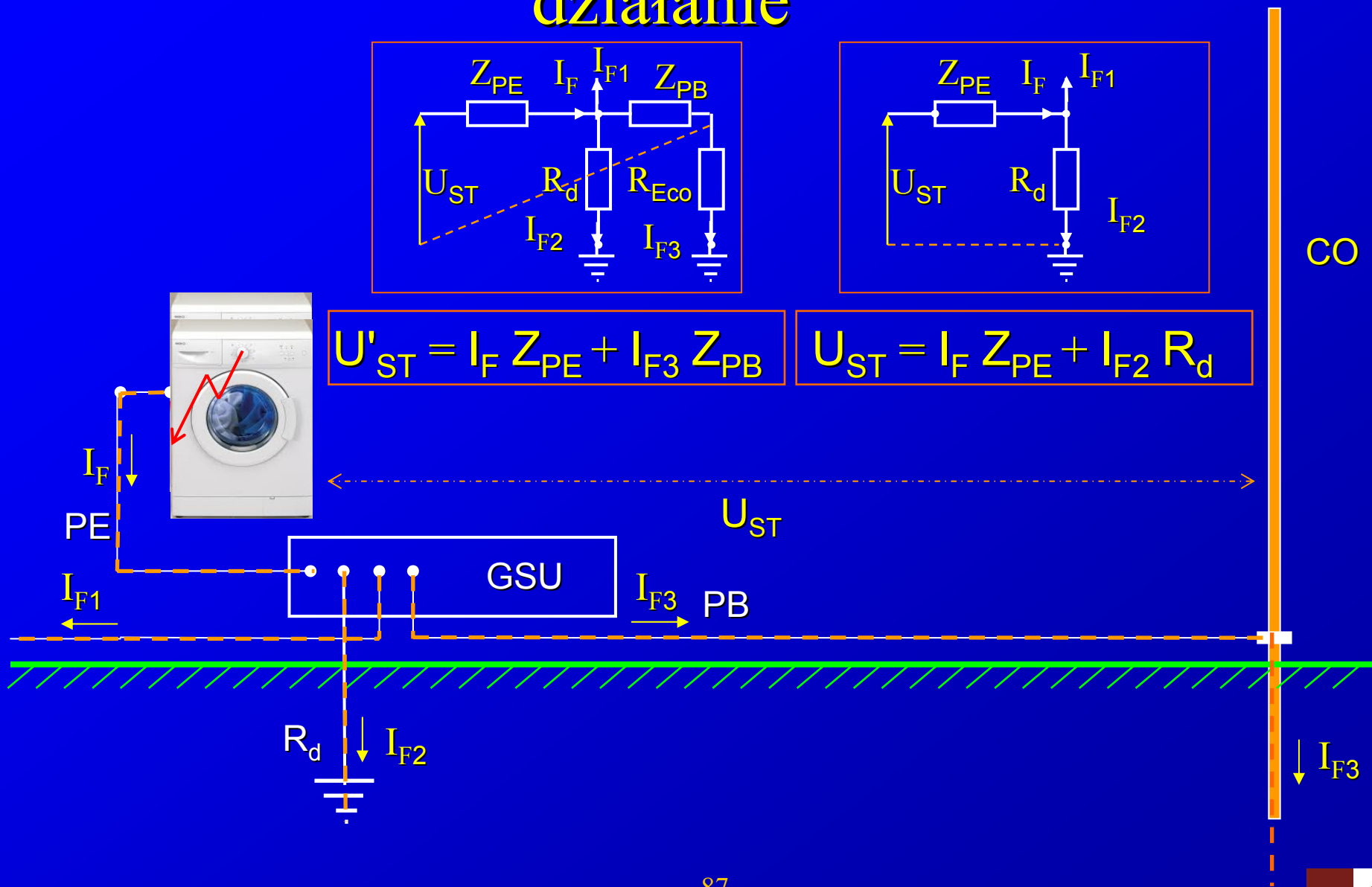
- W każdym obiekcie budowlanym połączenie wyrównawcze główne powinno łączyć ze sobą:
  - główny przewód ochronny (obwodu rozdzielczego)
  - główną szynę (zacisk) uziemiającą
  - metalową instalację wodociagową, grzewczą wodną i gazową
  - metalowe elementy konstrukcyjne, CO, klimatyzacji, dźwigów, przewodów kominowych, obudów urządzeń telekomunikacyjnych
  - przewody uziemień funkcjonalnych
- Wskazane jest również przyłączenie instalacji piorunochronnej i wystających poza obrys budynku elementów wsporczych anten itp.
- Przekrój przewodu powinien być nie mniejszy niż połowa maks. przekroju przewodu ochronnego danej instalacji i nie mniej niż:  $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ,  $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ ,  $50 \text{ mm}^2 \text{ Fe}$  lecz nie musi być większy niż  $25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$  lub ekw.

# Połączenia wyrównawcze w budynku - działanie



$$U'_{ST} = I_F Z_{PE} + I_{F3} Z_{PB}$$

$$U_{ST} = I_F Z_{PE} + I_{F2} R_d$$



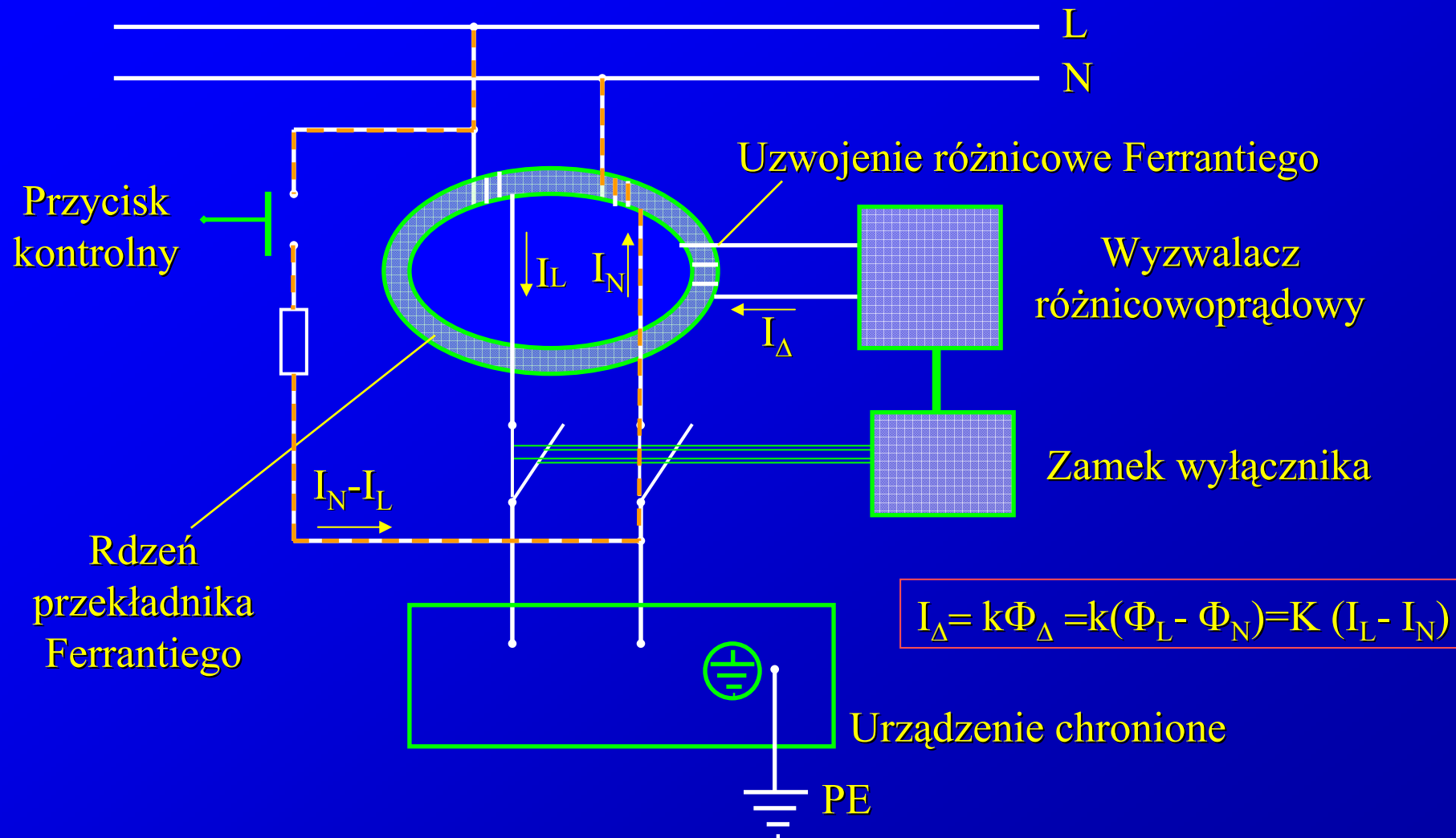
CO

# Rola połączenia wyrównawczego głównego

- W pewnych uszkodzeniach instalacji elektrycznej (głównie zwarciach jednofazowych) mogą się pojawić na niektórych częściach przewodzących napięcia dotykowe względem ziemi.
- Dotknięcie jednoczesne innej części przewodzącej jest dużo bardziej groźne niż dotknięcie ziemi.
- Jeżeli ta druga część przewodząca jest tak jak i część pod napięciem, przyłączona do głównego połączenia wyrównawczego, to napięcie dotykowe między nimi jest bardzo niewielkie



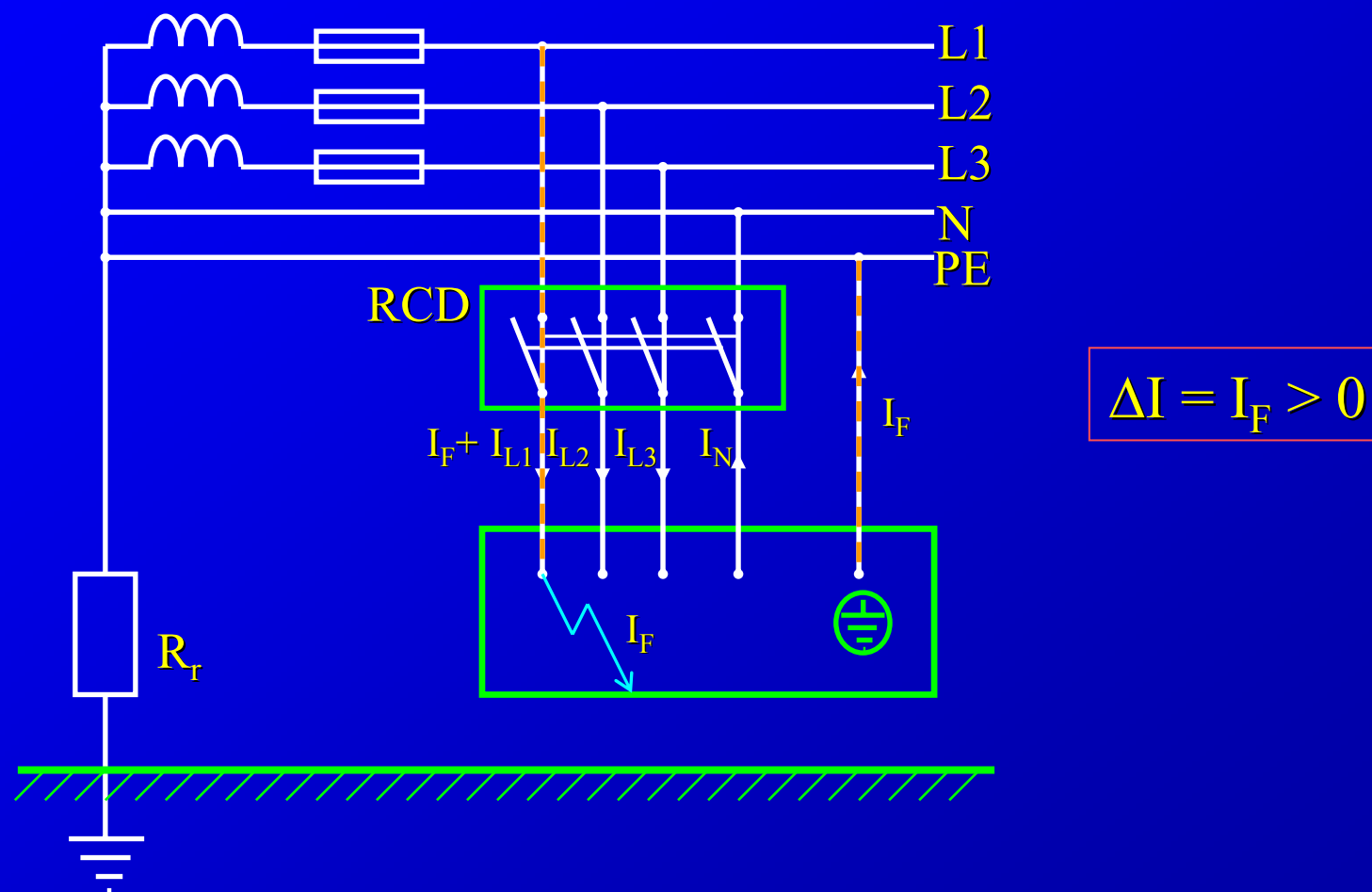
# Budowa wyłącznika różnicowoprądowego



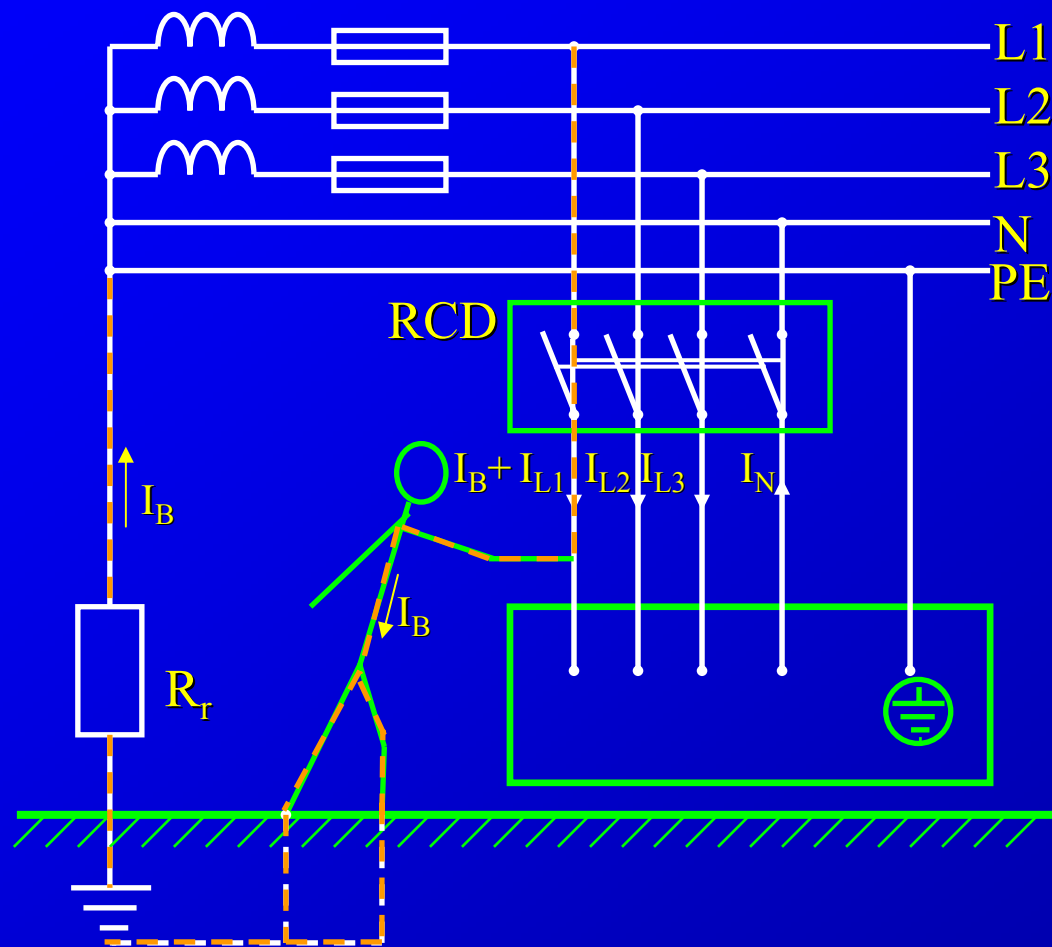
# Wyłączniki różnicowoprądowe (RCD)

- Budowa:
  - wyłączniki o działaniu bezpośrednim wyzwalane prądem różnicowym
  - wyłączniki o działaniu pośrednim z wzmacniaczem elektromagnetycznym - nie działają w przypadku przerwy w przewodzie neutralnym
- Ochrona
  - w warunkach uszkodzenia - nie w sieci TN-C
  - uzupełniająca (prąd wyzwiania max. 30 mA)
  - przeciwpożarowa

# Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego - ochrona przy uszkodzeniu



# Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego - ochrona uzupełniająca



$$\Delta I = I_B > 0$$

# Parametry wyłączników różnicowoprądowych

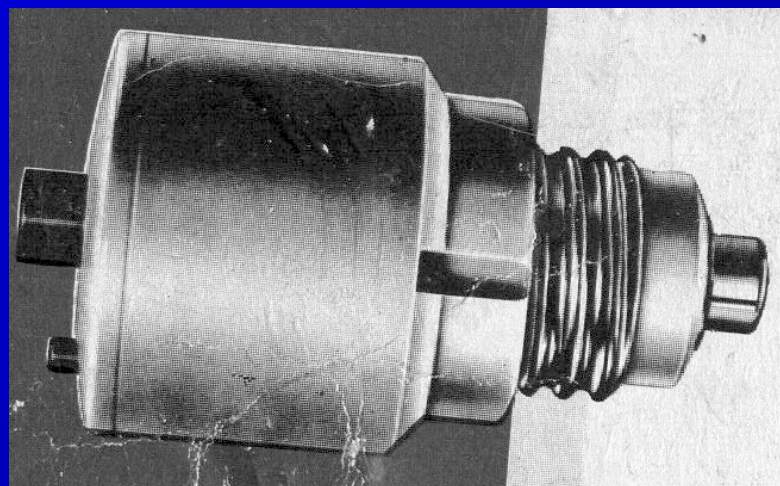
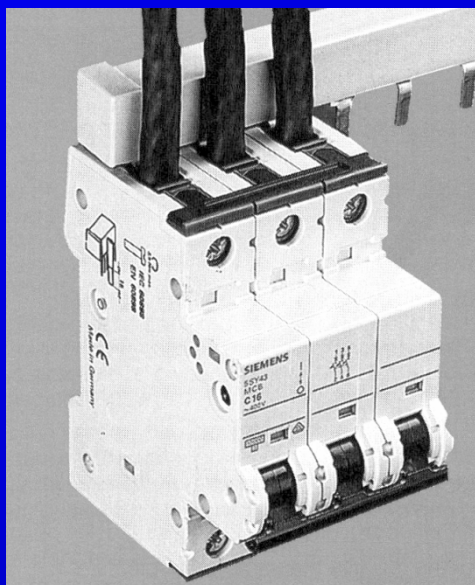
- Znamionowy prąd różnicowy
  - 10 mA: ochrona pojedynczych urządzeń
  - 30 mA: ochrona gospodarstw domowych
  - 100 mA, 300 mA: zbiorcze w budynkach, w przemyśle do ochrony urządzeń, w gospodarstwach domowych o ile 30 mA jest za mały
  - 300 mA: ochrona przeciwpożarowa w gosp. rolnych
- Prąd znamionowy
- Czas zadziałania - opóźnienie dla zabezpieczeń głównych
- Napięcie znamionowe (AC/DC), liczba biegunów

# Łączniki

- **Wyłączniki** nadmiarowoprądowe służą do łączenia prądów znamionowych i przeteżeniowych (przeciążeniowych i/lub zwarciovych)
- **Rozłączniki** służą do łączenia prądów znamionowych (ale nie przeteżeniowych).
- **Odlączniki** służą do łączenia w stanie bezprądowym

# Wyłączniki nadmiarowoprądowe

- Zabezpieczenie przeciwprzeciążeniowe
- Zabezpieczenie przeciwzwarceniowe
- Zabezpieczenie przeciwporażeniowe



# Wyłączniki nadprądowe - parametry

- Liczba biegunów
- Napięcie znamionowe – AC/DC, poziom
- $I_n$  – prąd znamionowy – wartość prądu, który wyłącznik może przewodzić ciągle bez uszkodzenia
- $I_1$  - prąd niezadziałania – największa wartość prądu, który wyłącznik jest w stanie przewodzić bez zadziałania w określonym (umownym) czasie
- $I_2$  – prąd zadziałania – najmniejsza wartość prądu, która powoduje zadziałanie wyłącznika w określonym czasie
- $I_{cu}$  – prąd zwarciový wyłączalny graniczny - największa wartość prądu zwarciového, jaką urządzenie wyłączy, może dalej nie być zdolne do dalszego działania
- $I_{cs}$  – prąd zwarciový wyłączalny eksploatacyjny - urządzenie kilkakrotnie może wyłączać taki prąd
- $I_{cn}$  – znamionowy zwarciový prąd wyłączalny – prąd zwarciový za wyłącznikiem nie może przekraczać tej wartości,  $I_{cn} \geq I_{cs}$



# Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.

## w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

§ 183. 1. W instalacjach elektrycznych należy stosować:

- Złącza instalacji elektrycznej budynku, umożliwiające odłączenie od sieci zasilającej i usytuowane w miejscu dostępnym dla dozoru i obsługi oraz zabezpieczone przed uszkodzeniami, wpływami atmosferycznymi, a także ingerencją osób niepowołanych,
- Oddzielny przewód ochronny i neutralny, w obwodach rozdzielczych i odbiorczych,
- Urządzenia ochronne różnicowoprądowe uzupełniające podstawową ochronę przeciwporażeniową i ochronę przed powstaniem pożaru, powodujące w warunkach uszkodzenia samoczynne wyłączenie zasilania,
- Wyłączniki nadprądowe w obwodach odbiorczych,
- Zasadę selektywności (wybiórczości) zabezpieczeń,
- Przeciwpowarowe wyłączniki prądu,
- Połączenia wyrównawcze główne i miejscowe, łączące przewody ochronne z częściami przewodzącymi innych instalacji i konstrukcji budynku
- Urządzenia ochrony przeciwprzebiegiowej

# Prace wymagające

- Szczególnej sprawności psychofizycznej (Rozp. MPiPS z dn. 28.5.1996)
  - przy montażu i remoncie sieci trakcyjnych
  - przy liniach napowietrznych niskich i wysokich napięć
  - prace operatorów pulpitów sterowniczych urządzeń technologicznych wielofunkcyjnych i wielozadaniowych
  - prace przy obsłudze urządzeń ciśnieniowych podlegających pełnemu dozorowi technicznemu
- Wykonywania przez co najmniej dwie osoby (Rozp. MPiPS z dn. 28.5.1996, nieobowiązujące). Z Kodeksu Pracy wynika iż „Pracodawca jest obowiązany zapewnić, aby prace, przy których istnieje możliwość wystąpienia szczególnego zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego, były wykonywane przez co najmniej dwie osoby, w celu zapewnienia asekuracji. Wykaz prac, o których mowa w § 1, ustala pracodawca po konsultacji z pracownikami lub ich przedstawicielami, uwzględniając przepisy wydane na podstawie art. 237”.

# Prace w warunkach szczególnego zagrożenia dla życia i zdrowia

- Przy urządzeniach elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem
- W pobliżu nie osłoniętych urządzeń elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem
- Przy wyłączonych lecz nie uziemionych urządzeniach elektroenergetycznych (lub przy uziemieniu nie widocznym z miejsca pracy)
- Związane z identyfikacją i przecinaniem kabli
- Przy liniach napowietrznych nad drogami kolejowymi, wodnymi i kołowymi
- W wykopach, z zakresu konserwacji, remontów, kontrolno-pomiarowego, wykonywane przy gazociągach lub innych urządzeniach gazowniczych oraz rurociągach sieci ciepłych
- Konserwacyjne, remontowe lub montażowe przy urządzeniach i instalacjach rozładowniczych paliw płynnych i gazowych
- Wewnątrz niebezpiecznych przestrzeni zamkniętych, zasobników węgla, pyłu lub biomasy
- Niebezpieczne pod względem pożarowym wykonywane w strefach zagrożenia wybuchem
- i inne ...

# BHP przy urządzeniach energetycznych

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 28.03.2013 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych
- Przepisów rozporządzenia nie stosuje się do prac wykonywanych:
  - w podziemnych zakładach górniczych – w zakresie uregulowanym przepisami prawa geologicznego i górniczego,
  - przy urządzeniach i instalacjach energetycznych w obiektach jądrowych, o których mowa w przepisach prawa atomowego,
  - przy urządzeniach energetycznych powszechnego użytku

# Prowadzący eksploatacje urządzeń energetycznych

- Jednostka organizacyjna, osoba prawna lub fizyczna odpowiedzialna za eksploatacje urządzeń elektroenergetycznych
- Ustala formę rejestracji skoordynowania prac z ruchem urządzeń, przygotowania i przekazania strefy pracy, rozpoczęcia i wykonania pracy oraz zakończenia i likwidacji miejsca pracy
- Prowadzący eksploatację może upoważnić osobę lub osoby do wykonywania w jego imieniu określonych działań związanych z:
  - wydawaniem poleceń;
  - koordynacją prac;
  - dopuszczeniem do prac
- Prowadzący eksploatację prowadzi wykaz osób upoważnionych zawierający :
  - imię i nazwisko osoby upoważnionej;
  - zakres upoważnienia;
  - określenie okresu, na jaki upoważnienie zostało udzielone

# Zasady ogólne

- Prace eksploatacyjne należy prowadzić zgodnie z instrukcjami eksploatacji
- Obiekty z zainstalowanymi urządzeniami energetycznymi oraz urządzenia energetyczne powinny być oznakowane w sposób umożliwiający ich identyfikację
- Urządzenia energetyczne stwarzające zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego należy zabezpieczyć przed dostępem osób nieupoważnionych
- Zabronione jest używanie urządzeń energetycznych bez przewidzianych dla nich urządzeń ochronnych w rozumieniu ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy
- Prace eksploatacyjne mogą wykonywać osoby uprawnione (świadectwo kwalifikacyjne) i upoważnione (przez prowadzącego eksploatację)

# Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych

- Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych mogą być wykonywane:
  - przy całkowicie wyłączonym napięciu
  - w pobliżu napięcia
  - pod napięciem
- Przed rozpoczęciem prac pod napięciem lub w pobliżu napięcia należy zapewnić opracowanie i udostępnienie osobom skierowanym do tych prac instrukcji określających technologię, wymagane narzędzia oraz środki ochronne, które należy stosować podczas prowadzenia tych prac
- Wykonywanie prac przy urządzeniach elektroenergetycznych wymagających użycia sprzętu zmechanizowanego może odbywać się pod warunkiem, że prowadzący eksploatację określi warunki prowadzenia tych prac, mając na uwadze zachowanie odpowiedniego poziomu ich bezpieczeństwa

# Strefy prac pod napięciem

Max. napięcie znamionowe kV]	Strefa pod napięciem $D_V$ [m]	Strefa w pobliżu napięcia $D_L$ [m]
$\leq 1$	bez dotyku	0.3
3	0.06	1.12
6	0.09	1.12
10	0.12	1.15
15	0.16	1.16
20	0.22	1.22
30	0.32	1.32
110	1.0	2.0
220	1.6	3.0
400	2.5	4.0
750	5.3	8.4

Minimalne odstępstwa w powietrzu od nieosłoniętych urządzeń i instalacji elektrycznych lub ich części znajdujących się pod napięciem



# Wyłączanie urządzeń elektroenergetycznych

- Wyłączenie urządzeń i instalacji spod napięcia powinno być dokonane w sposób uniemożliwiający pojawienie się napięcia na odłączonym urządzeniu
  - otwarte zestyki łącznika w odległości określonej w PN lub w dokumentacji producenta
  - wyjęte wkładki bezpiecznikowe
  - zdemontowane części obwodu zasilającego
  - przerwanie ciągłości połączenia w łącznikach w obudowie zamkniętej stwierdzone jednoznacznie poprzez wskaźnik łącznika
- Przed przystąpieniem do prac należy:
  - zabezpieczyć przed przypadkowym załączeniem napięcia
    - do 1 kV – wyjąć wkładkę bezpiecznika lub zablokować napęd otwartego łącznika
    - ponad 1 kV – unieruchomić i zablokować napęd łącznika lub wstawić przegrody izolacyjne między otwarte styki
  - oznaczyć miejsce wyłączenia
  - sprawdzić brak napięcia w wyłączonym obwodzie
  - uziemić wyłączone urządzenia tak, by praca wykonywana była w strefie ograniczonej uziemieniami i co najmniej jedno uziemienie było widoczne z miejsca wykonywania pracy. Jeżeli uziemienie nie jest możliwe, należy zastosować inne środki techniczne lub organizacyjne zapewniające bezpieczeństwo w miejscu pracy
  - oznakować miejsce pracy

# Wydawanie poleceń

- Prace na czynnych urządzeniach i instalacjach energetycznych mogą być wykonywane na polecenie ustne (w tym przekazane przez system komputerowy), pisemne lub bez polecenia
- Polecenia wydaje osoba upoważniona do ich wydawania (poleceniodawca)
- Zasady wydawania poleceń:
  - prace w warunkach szczególnego zagrożenia tylko na polecenie pisemne
  - bez poleceń dozwolone jest wykonywanie czynności związanych z ratowaniem zdrowia i życia ludzkiego, zabezpieczanie urządzeń i instalacji przed zniszczeniem, prowadzenie przez uprawnione i upoważnione osoby prac eksploatacyjnych określonych w instrukcjach

# Polecenie pisemne wykonania pracy

- Polecenie pisemne wykonania pracy winno mieć numer i określać co najmniej:
  - osoby odpowiedzialne za organizację oraz wykonanie pracy,
  - zakres prac do wykonania i strefę pracy
  - warunki i środki ochronnych niezbędnych do zapewnienia bezpiecznego przygotowania i wykonania poleconych prac,
  - termin rozpoczęcia i zakończenia prac oraz przerw w ich wykonaniu
- Sposób rejestrowania, wydawania, przekazywania, obiegu i przechowywania poleceń pisemnych ustala prowadzący eksploatację
- Polecenia pisemne należy przechowywać 30 dni po zakończeniu prac.

# Skoordynowanie wykonania prac z ruchem urządzeń energetycznych

- Określenie zakresu oraz kolejności wykonywania czynności łączeniowych związanych z przygotowaniem i likwidacją strefy pracy, jeżeli wymaga tego bezpieczeństwo lub technologia wykonywania prac
- Wydanie zezwolenia na przygotowanie, przekazanie i likwidację strefy pracy
- Ustalenie kolejności prowadzenia prac, przerwania, wznowienia lub zakończenia prac
- Wydanie zezwolenia na uruchomienie urządzeń energetycznych, przy których była wykonywana praca, jeżeli w związku z jej wykonywaniem były one wyłączone z ruchu

# Przygotowanie miejsca pracy

- Dokonuje osoba pełniąca funkcję dopuszczającego
- Polega ono na:
  - uzyskaniu zezwolenia na dokonanie czynności łączeniowych,
  - wyłączeniu urządzeń z ruchu, jeżeli wymaga tego technologia lub bezpieczeństwo wykonywanych prac, oraz ich zabezpieczeniu przed przypadkowym uruchomieniem lub doprowadzeniem czynników stwarzających zagrożenie,
  - zastosowaniu wymaganych zabezpieczeń na wyłączonych urządzeniach oraz sprawdzenie, czy zostały usunięte czynniki stwarzające zagrożenie, takie jak: napięcie, ciśnienie, woda, gaz, temperatura,
  - oznaczeniu strefy pracy znakami lub tablicami bezpieczeństwa,
  - poinformowaniu kierującego zespołem o zagrożeniach występujących w strefie pracy i w jej bezpośrednim sąsiedztwie,
  - dopuszczeniu do pracy
- Przy wykonywaniu czynności związanych z przygotowaniem miejsca pracy może brać udział, pod nadzorem dopuszczającego, pracownik uprawniony

# Rozpoczęcie i prowadzenie prac

- Dobór osób do wykonania polecanej pracy
- Sprawdzenie przez kierującego zespołem przygotowania strefy pracy i przejęcie jej, jeżeli została przygotowana właściwie
- Zaznajomienie członków zespołu z występującymi zagrożeniami w strefie pracy i w jej bezpośrednim sąsiedztwie oraz z metodami bezpiecznego wykonywania pracy
- Egzekwowanie od członków zespołu stosowania właściwych środków ochrony indywidualnej, odzieży i obuwia roboczego oraz narzędzi i sprzętu
- Zapewnienie wykonania pracy w sposób bezpieczny
- Podczas wykonywania pracy zabronione jest w szczególności:
  - rozszerzanie pracy poza zakres i strefę pracy określone w poleceniu;
  - dokonywanie zmian w zastosowanych zabezpieczeniach, jeżeli miałyby to pogorszyć poziom bezpieczeństwa przy wykonywaniu prac

# Przerwy w pracy

- W przypadku opuszczenia strefy pracy przez kierującego zespołem dalsze wykonywanie pracy musi zostać przerwane, a zespół wyprowadzony z tej strefy
- Kierujący zespołem przed każdym wznowieniem pracy jest obowiązany dokonać dokładnego sprawdzenia zabezpieczenia strefy pracy
- Jeżeli podczas sprawdzenia zostanie stwierdzone pogorszenie warunków bezpieczeństwa w strefie pracy, wznowienie pracy może nastąpić po doprowadzeniu warunków do wymaganego poziomu bezpieczeństwa

# Zakończenie prac

- Sprawdzenie, czy praca została zakończona, a sprzęt i narzędzia usunięte ze strefy pracy
- Opuszczenie strefy pracy przez zespół
- Usunięcie środków ochronnych użytych do przygotowania strefy pracy i jej zabezpieczenia lub używanych przy wykonywaniu pracy
- Poinformowanie o zakończeniu pracy i gotowości urządzeń lub instalacji do ruchu



# Koordynator

- Prowadzący eksploatację określa zasady wyznaczania koordynatora, zakres jego obowiązków i sposobu ich realizacji.
- Koordynator zapewnia:
  - ustalenie harmonogramu prac uwzględniającego zadania wszystkich zespołów realizujących prace, jeżeli wymaga tego bezpieczeństwo lub technologia ich wykonywania
  - zapewnienie współpracy osób kierujących pracami zespołów i osób nadzorujących te prace
  - ustalenie sposobu łączności i sposobu alarmowania w sytuacji zaistnienia zagrożenia lub awarii

# Dopuszczający

- Wyznaczony przez poleceniodawcę pracownik posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji i upoważniony pisemnie przez prowadzącego eksploatację urządzeń energetycznych do wykonania czynności łączeniowych celem przygotowania miejsca pracy
- Do obowiązków dopuszczającego należy
  - przygotowanie miejsca pracy,
  - dopuszczenie do wykonania pracy,
  - sprawdzenie wykonania pracy,
  - zlikwidowanie miejsca pracy,

# Kierujący

- Kierujący zespołem pracowników jest to wyznaczony przez poleceńodawcę pracownik
- W każdym zespole wyznacza się osobę kierującą zespołem
- Do obowiązków kierującego zespołem pracowników należy
  - dobór pracowników,
  - sprawdzenie przygotowania miejsca pracy i przejęcie go od dopuszczającego,
  - zaznajomienie pracowników z przygotowaniem miejsca pracy, występującymi zagrożeniami i metodami wykonania pracy,
  - zapewnienie bezpiecznego wykonania pracy,
  - egzekwowanie stosowania właściwych środków ochrony, narzędzi i sprzętu,
  - powiadomienie dopuszczającego lub koordynującego o zakończeniu prac

# Możliwości łączenia funkcji

- Niejednoznacznie określone w Rozporządzeniu
- Mogą być ustalone w Instrukcji organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach energetycznych, przykład:

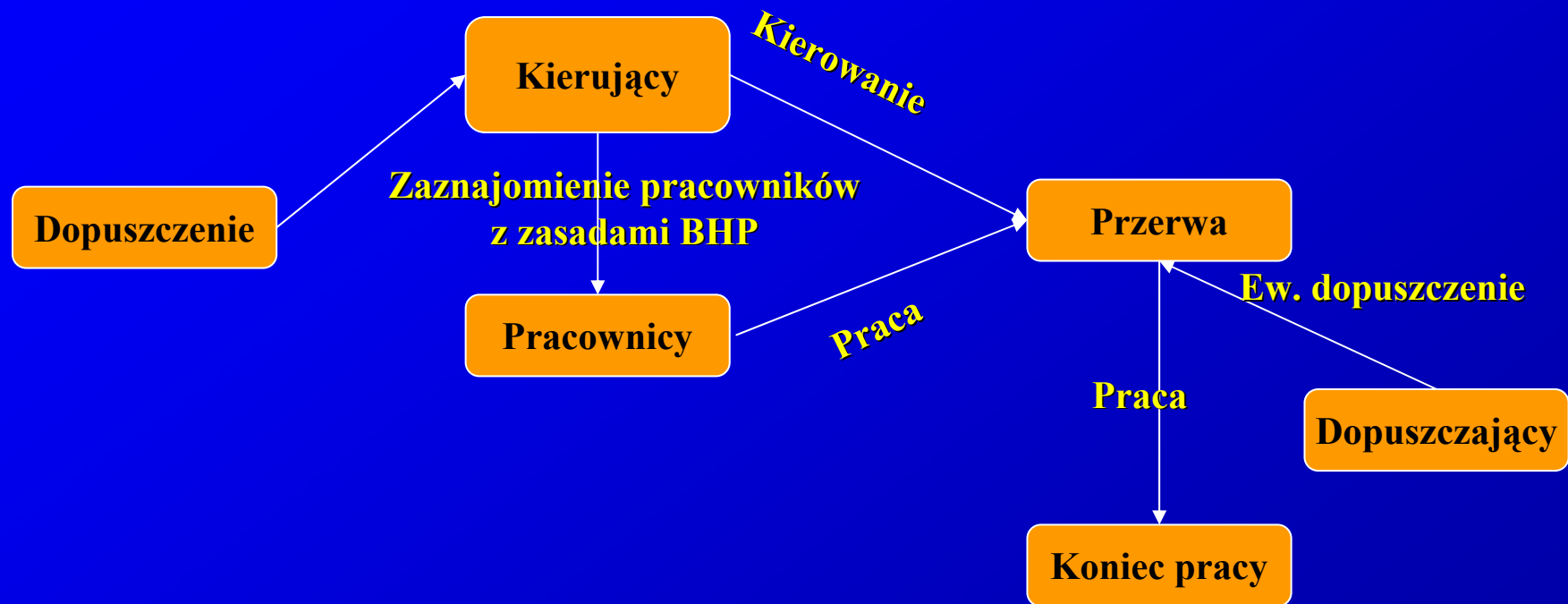
Funkcja	Poleceniodawca	Koordynator	Dopuszczający	Kierujący	Członek zespołu
Poleceniodawca	x	tak	-	-	tak
Koordynator	tak	x	-	-	-
Dopuszczający	-	-	x	tak	tak
Kierujący	-	-	tak	x	-
Członek zespołu	tak	-	tak	-	x

Nie można łączyć więcej niż x funkcji jednocześnie w danej pracy.

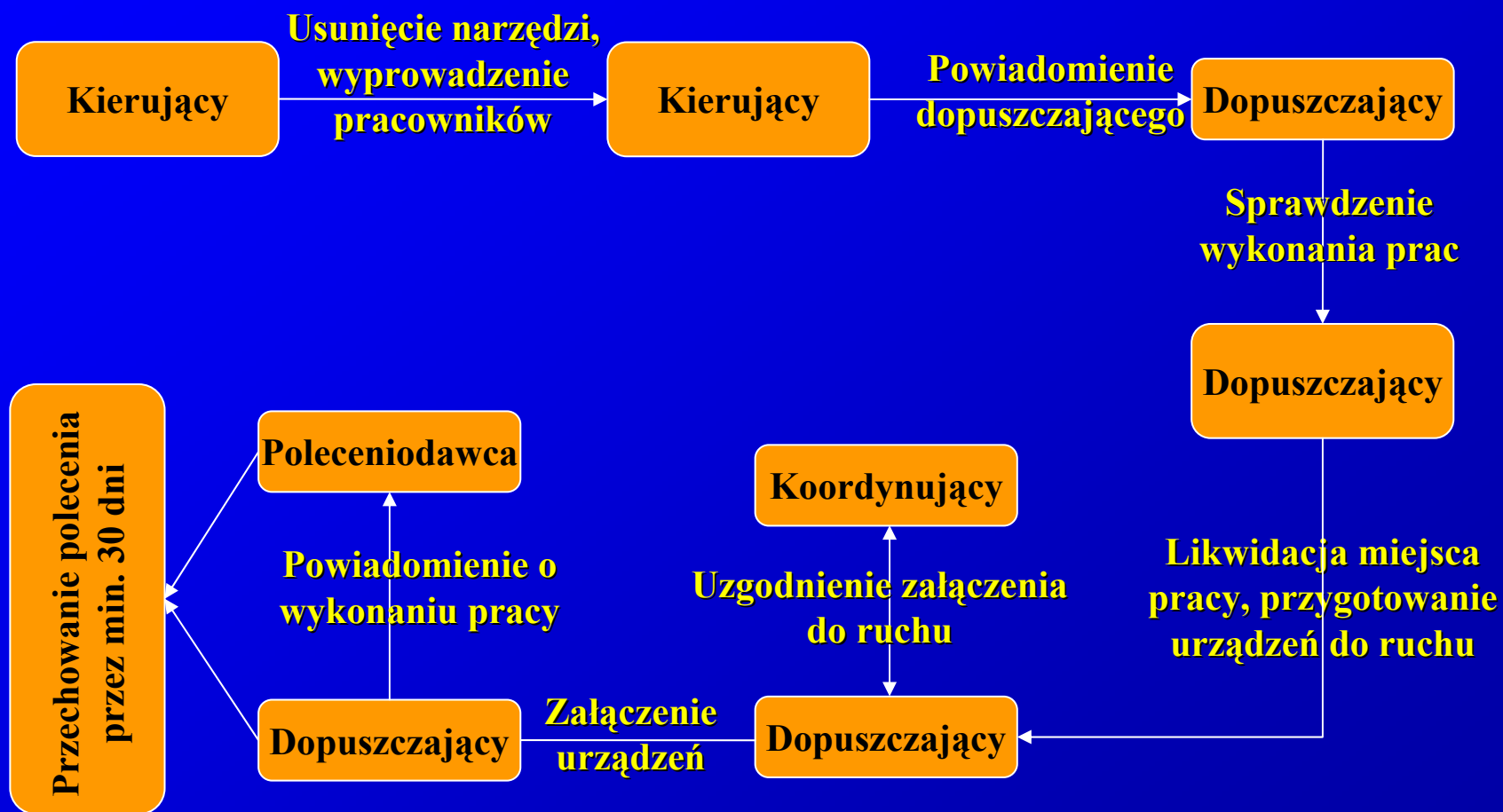
# Schemat dopuszczenia do pracy



# Schemat pracy



# Schemat zakończenia pracy



# Dokumentacja techniczna

- Dokumentacja fabryczna
  - świadectwa, karty gwarancyjne,
  - fabryczne instrukcje obsługi,
  - opisy techniczne oraz rysunki konstrukcyjne, montażowe i zestawieniowe.
- Dokumentacja eksploatacyjna:
  - pozwolenie na użytkowanie obiektu budowlanego,
  - dokumentacja powykonawcza: dokumentacja budowy z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku budowy oraz z geodezyjnymi pomiarami powykonawczymi i protokół odbioru końcowego obiektu budowlanego,
  - dokumentacja fabryczna,
  - dokumenty przyjęcia urządzeń energetycznych do eksploatacji, w tym protokoły przeprowadzonych prób i pomiarów oraz protokoły rozruchu i ruchu próbnego tych urządzeń,
  - instrukcje eksploatacji urządzeń energetycznych, książki i raporty pracy urządzeń, obejmujące parametry i ich zapisy w określonym czasie, umożliwiające ocenę sprawności energetycznej urządzeń i instalacji, bądź poziomu strat paliw i energii lub poboru mocy i energii elektrycznej,
  - dokumenty dotyczące oględzin, przeglądów, konserwacji napraw i remontów urządzeń,
  - protokoły zawierające opisy rodzaju i zakresu uszkodzeń i napraw,
  - wykazy sprzętu specjalnego i narzędzi specjalnych lub nietypowych niezbędnych do wykonywania prac eksploatacyjnych, napraw i remontów urządzeń.



# Instrukcja eksploatacji (DTR)

- Odpowiedzialny za przygotowanie i aktualizuje to prowadzący eksploatację
- Zawiera
  - charakterystykę urządzeń energetycznych;
  - opis w niezbędnym zakresie układów automatyki, pomiarów, sygnalizacji, zabezpieczeń i sterowań;
  - zestaw rysunków, schematów i wykresów z opisami zgodnymi z obowiązującym nazewnictwem;
  - opis czynności związanych z uruchomieniem, obsługą w czasie pracy i zatrzymaniem urządzenia energetycznego w warunkach normalnej pracy tego urządzenia;
  - zasady postępowania w razie awarii oraz zakłóceń w pracy urządzenia;
  - wymagania w zakresie konserwacji, napraw, remontów urządzeń energetycznych oraz terminy przeprowadzania przeglądów, prób i pomiarów;
  - wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy i przepisów przeciwpożarowych dla danej grupy urządzeń energetycznych, obiektów oraz wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją danego urządzenia;
  - identyfikację zagrożeń dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska naturalnego związanych z eksploatacją danego urządzenia energetycznego;
  - organizację prac eksploatacyjnych;
  - wymagania dotyczące środków ochrony zbiorowej lub indywidualnej, zapewnienia asekuracji, łączności oraz innych technicznych lub organizacyjnych środków ochrony stosowanych w celu ograniczenia ryzyka zawodowego

# Instrukcja BHP

- Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy nakłada na pracodawcę obowiązek udostępnienia pracownikom do stałego korzystania aktualnych instrukcji bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczących:
  - stosowanych w zakładzie procesów technologicznych oraz wykonywania prac związanych z zagrożeniami wypadkowymi lub zagrożeniami zdrowia pracowników,
  - obsługi maszyn i innych urządzeń technicznych,
  - postępowania z materiałami szkodliwymi dla zdrowia i niebezpiecznymi,
  - udzielania pierwszej pomocy.
- Instrukcja powinna określać czynności, które należy wykonać przed rozpoczęciem pracy, zasady i sposoby bezpiecznego wykonywania pracy, czynności do wykonania po jej zakończeniu oraz zasady postępowania w sytuacjach awaryjnych stwarzających zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników. Opracowanie i zatwierdzenie instrukcji jest obowiązkiem indywidualnym pracodawcy.

# Instrukcja organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach energetycznych

- Część ogólnej instrukcji BHP
- Część ogólna instrukcji - podstawa, zakres, klauzula zatwierdzająca, karta zmian instrukcji
- Część szczegółowa – zasady organizacji pracy, osoby odpowiedzialne, wzory dokumentów, wykazy osób upoważnionych, prac szczególnie niebezpiecznych, ...

# Przykład instrukcji organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach energetycznych

## 1. CEL I ZAKRES

2. **ODPOWIEDZIALNOŚĆ** (osoby, których dotyczy i osoby odpowiedzialne)

3. **POWIĄZANE AKTY PRAWNE** (wykorzystane przy tworzeniu)

## 4. ZAŁĄCZNIKI

4.1 Prace wykonywane w pobliżu lub pod napięciem

4.2 Zasady łączenia funkcji przy pracy na polecenie

4.3 Książka dopuszczeń do pracy

4.4 Książka koordynacji prac

4.5 Książka rejestracji poleceń na pracę

4.6 Wykaz osób upoważnionych do wydawania poleceń pisemnych

4.7 Wykaz osób upoważnionych do koordynacji prac

4.8 Wykaz osób upoważnionych do kierowania pracami

4.9 Wykaz osób upoważnionych do dopuszczania

4.10 Wykaz osób upoważnionych do jednoosobowych oględzin

## 5. SKRÓTY I DEFINICJE

## 6. REALIZACJA

6.1 Zakres odpowiedzialności

6.2 Podział prac i forma wydawania poleceń (w tym wykaz prac szczególnie niebezpiecznych)

# Przykład instrukcji organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach energetycznych (c.d.)

- 6.3 Polecenia na wykonanie pracy oraz kwalifikacje i obowiązki pracowników w zakresie organizacji bezpiecznej pracy
- 6.4 Pisemne polecenie wykonania pracy – przepisy szczegółowe
- 6.5 Przygotowanie strefy pracy i dopuszczenie do pracy na polecenie
- 6.6 Wykonanie i zakończenie pracy na polecenie
- 6.8 Organizacja prac wykonywanych przez pracowników obcych firm
- 6.9 Zasady wykonywania prac przy kotłach oraz urządzeniach i sieciach ciepłych
- 6.10 Zasady wykonywania prac przy urządzeniach hydrotechnicznych
- 6.11 Zasady wykonywania prac przy urządzeniach i instalacjach gazowych
- 6.12 Zasady wykonywania prac przy urządzeniach elektroenergetycznych
- 6.13 Bezpieczeństwo i higiena pracy – zasady ogólne
- 6.14 Sprzęt ochronny
- 6.15 BHP w kotłowniach
- 6.16 BHP przy magazynowaniu, transporcie i składowaniu paliwa
- 6.17 BHP przy urządzeniach gazowych
- 6.18 Strefy zagrożenia wybuchem
- 6.19 Wymagania kwalifikacyjne dla stanowisk pracy
- 6.20 Rodzaj urządzeń i instalacji przy eksploatacji których wymagane jest świadectwo kwalifikacyjne
- 6.21 Wykaz prac, które powinny być wykonywane przez co najmniej 2 osoby
- 6.22 Wykaz prac, wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej

# Przyjęcie do eksploatacji urządzenia

- Urządzenie elektroenergetyczne może być przyjęte do eksploatacji po stwierdzeniu:
  - kompletności dokumentacji technicznej,
  - gotowości urządzenia do eksploatacji zgodnie z wymaganiami ustalonymi w założeniach techniczno-ekonomicznych i projekcie technicznym (dokumentacji uproszczonej),
  - przygotowania do eksploatacji urządzenia i jego miejsca pracy zgodnie z określonymi warunkami technicznymi oraz wymaganiami bezpieczeństwa i higieny pracy, przeciwpożarowymi i ochrony środowiska (np. na drzwiach lub pokrywach rozdzielni powinny być namalowane farba parametry zasilania, zabezpieczeń, kierunków linii i odbiorców),
  - uzyskania pozytywnych wyników przeprowadzonych prób i pomiarów parametrów technicznych oraz sprawdzeniu działania i poprawnej pracy poszczególnych urządzeń i ich zespołów,
  - uzyskania pozytywnych wyników pomiarów kontrolnych oraz rozruchu i ruchu próbnego,
  - spełnienia warunków sanitarnych, socjalno-bytowych oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, określonych przepisami szczególnymi,
  - zapewnienia odpowiedniej liczby osób zajmujących się eksploatacją oraz środków i materiałów niezbędnych do prowadzenia eksploatacji określonego urządzenia.
- Przyjęcie urządzenia energetycznego do eksploatacji powinno być potwierdzone protokołem, po ustaleniu, że nie zawiera ono żadnych braków lub usterek.
- Protokół ten powinien być podpisany przez kierownika zakładu przyjmującego urządzenie energetyczne, lub osobę przez niego upoważnioną

# Osoby kwalifikowane

- Rozp. MGPIPS z dn. 28.4.2003
- Świadectwo kwalifikacyjne:
  - dozór „D”: kierowanie czynnościami osób wykonujących pracę w zakresie eksploatacji oraz nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci
  - eksploatacja „E”: obsługa, konserwacja, remonty, montaż i prace kontrolno-pomiarowe
  - na określone napięcie, moc, rodzaj urządzenia, np.: do 1 kV, do 30 kV, bez ograniczenia napięcia
  - wydawane bezterminowo, może być sprawdzone na wniosek pracodawcy, inspektora pracy, URE jeżeli eksploatacja jest prowadzona w sposób nieprawidłowy lub pracownik w ciągu 5 lat nie zajmował się eksploatacją instalacji, których uprawnienia dotyczą, lub gdy nastąpiły istotne zmiany parametrów urządzeń, instalacji lub sieci
  - również co 5 lat egzamin muszą zdawać osoby świadczące działalność na rzecz konsumentów, mikro-, małych i średnich przedsiębiorstw
- Wydawane po zdaniu egzaminu przed odpowiednią komisją kwalifikacyjną. Komisje na okres 5 lat powołuje:
  - Prezes URE
  - ministrowie i szefowie Agencji

# Urządzenia i instalacje elektroenergetyczne, przy których wymagane jest świadectwo kwalifikacji

- Urządzenia prądotwórcze przyłączone do KSE
- Zespoły prądotwórcze o mocy pow. 50kW
- Urządzenia do elektrolizy
- Urządzenia, sieci i instalacje elektroenergetyczne do i powyżej 1 kV
- Urządzenia elektrotermiczne
- Sieć oświetlenia ulicznego
- Elektryczna sieć trakcyjna
- Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym
- Aparatura kontrolno-pomiarowa oraz automatycznej regulacji i sterowania urządzeń wcześniej wymienionych
- Urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia
- Urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic
- Nie wymaga się kwalifikacji w zakresie urządzeń elektrycznych o napięciu do 1 kV i mocy do 20 kW jeżeli są określone w dokumentacji zasady jego obsługi



# Urządzenia i instalacje cieplne i inne energetyczne, przy których wymagane jest świadectwo kwalifikacji

- Kotły parowe oraz wodne o mocy pow. 50 kW wraz z urządzeniami pomocniczymi
- Sieci i instalacje cieplne pow. 50 kW wraz z urządzeniami pomocniczymi
- Przemysłowe urządzenia odbiorcze pary i gorącej wody o mocy pow. 50 kW
- Urządzenia wentylacji, klimatyzacji i chłodnicze o mocy pow. 50 kW
- Pompy, ssawy wentylatory i dmuchawy o mocy pow. 50 kW
- Sprężarki o mocy pow. 20 kW oraz instalacje sprężonego powietrza i gazów technicznych
- Urządzenia do składowania, magazynowania i rozładunku paliw, o pojemności składowania odpowiadającej masie pow. 500 Mg
- Aparatura kontrolno-pomiarowa oraz automatycznej regulacji i sterowania urządzeń wcześniej wymienionych
- Urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia
- Urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic
- Nie wymaga się kwalifikacji w zakresie urządzeń i instalacji cieplnych o mocy do 50kW

# Urządzenia i instalacje gazowe, przy których wymagane jest świadectwo kwalifikacji

- Urządzenia do produkcji paliw gazowych, generatory gazu
- Urządzenia do przetwarzania i uzdatniania paliw gazowych, rozlewnie paliw gazowych, urządzenia przeróbki gazu ziemnego, oczyszczalnie gazu, rozprężalnie i rozlewnie gazu płynnego, odazotownie, mieszalnie
- Urządzenia do magazynowania paliw gazowych
- Sieci gazowe
- Urządzenia i instalacje gazowe
- Przemysłowe odbiorniki paliw gazowych o mocy pow. 50 kW
- Turbiny gazowe
- Aparatura kontrolno-pomiarowa oraz automatycznej regulacji i sterowania urządzeń wcześniej wymienionych

# Rodzaj prac wymagających świadectwa kwalifikacji

- Czynności:
  - mające wpływ na zmiany parametrów pracy obsługiwanych urządzeń, instalacji i sieci z zachowaniem zasad bezpieczeństwa i wymagań ochrony środowiska - w zakresie obsługi;
  - związane z zabezpieczeniem i utrzymaniem należytego stanu technicznego urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie konserwacji;
  - związane z usuwaniem usterek, uszkodzeń oraz remontami urządzeń, instalacji i sieci w celu doprowadzenia ich do wymaganego stanu technicznego - w zakresie remontów;
  - niezbędne do instalowania i przyłączania urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie montażu;
  - niezbędne do dokonania oceny stanu technicznego, parametrów eksploatacyjnych, jakości regulacji i sprawności energetycznej urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie kontrolno-pomiarowym.
- Nie dotyczy osób:
  - w zakładach górniczych - w zakresie uregulowanym przepisami prawa geologicznego i górniczego,
  - związanych z ruchem drogowym, lotniczym, żegluga śródlądową i morską - w zakresie uregulowanym w przepisach prawa o ruchu drogowym, prawa lotniczego, o żegludze śródlądowej oraz w przepisach Kodeksu morskiego

# Sprzęt ochronny przy pracach elektrycznych

- **Sprzęt izolacyjny**, którego zadaniem jest ochrona przed przepływem przez ciało człowieka prądu elektrycznego.
- **Sprzęt do stwierdzania obecności lub braku napięcia**: wskaźniki wysokiego i niskiego napięcia oraz uzgadniacze faz.
- **Sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia**, do którego zalicza się: uziemiacze przenośne i zarzutki.
- **Sprzęt zabezpieczający przed działaniem łuku elektrycznego, produktów spalania i przed obrażeniami mechanicznymi**: okulary ochronne przeciwoodpryskowe, rękawice azbestowe, maski przeciwgazowe, pasy bezpieczeństwa, szelki bezpieczeństwa, drabiny, podnośniki i słupolazy.
- **Sprzęt pomocniczy**: przenośne ogrodzenia i płyty izolacyjne, barierki i linki, nakładki izolacyjne, tablice ostrzegawcze i siatki ochronne.

# Sprzęt izolacyjny

- **Sprzęt zasadniczy:** można bezpiecznie dotykać elementów znajdujących się pod napięciem
- **Sprzęt dodatkowy** nie stanowi pełnego zabezpieczenia, ale użyty łącznie ze sprzętem zasadniczym zwiększa pewność bezpieczeństwa pracy.

Rodzaj sprzętu	Napięcie ponad 1 kV	Napięcie do 1 kV
Zasadniczy	Drażki, kleszcze i wskaźniki napięcia	Drażki, kleszcze i uchwyty izolacyjne, wskaźniki napięcia, rękawice elektroizolacyjne oraz narzędzia izolowane.
Dodatkowy	Rękawice elektroizolacyjne, półbuty elektroizolacyjne, dywaniki i chodniki gumowe, pomosty izolacyjne	Kalosze, półbuty elektroizolacyjne, dywaniki chodniki gumowe oraz pomosty izolacyjne

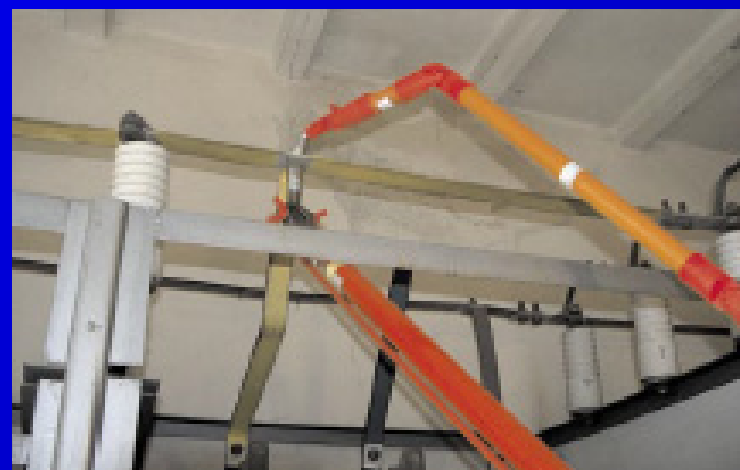
# Sprzęt ochronny - przykłady



Uziemiacz



Wskaźnik napięcia



Drażek elektroizolacyjny



Rękawice elektroizolacyjne