



Paweł Śmiech  
v. 20230401

# Bezpieczeństwo eksploatacji maszyn elektrycznych

Zagadnienia wybrane

Część I – zagrożenia elektryczne



Licencja: CC BY-NC-ND 4.0

# Cele i założenia prezentacji

Celem prezentacji jest zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń elektrycznych. Prezentacja jest przeznaczona dla osób wykonujących prace eksploatacyjne przy maszynach.

Prezentacja zawiera informacje dotyczące zagrożeń elektrycznych, ochrony przeciwporażeniowej i prac eksploatacyjnych.

Założenia prezentacji:

- prezentacja zawiera podstawowe informacje techniczne, które nie są wystarczające do projektowania instalacji elektrycznych maszyn;
- prezentacja została opracowana na podstawie przepisów prawa powszechnego i zasad wiedzy technicznej;
- poprawność informacji nie jest gwarantowana;
- prezentacja dotyczy maszyn, do których stosuje się normę PN-EN 60204-1;
- prezentacja obejmuje zagadnienia wybrane.

# Spis treści

- Dokumenty normatywne związane z ochroną przeciwporażeniową
- Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm człowieka
- Instalacja elektryczna o układzie TN-S
- Rodzaje urządzeń elektrycznych i klasy ochronności
- Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej
- Środki ochronne i elementy środków ochronnych
- Ochrona podstawowa
- Ochrona przy uszkodzeniu
- Ochrona uzupełniająca
- Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych
- Prace eksploatacyjne
- Odłączenie izolacyjne zasilania
- Zwiększone zagrożenie porażeniowe
- Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny
- Zagrożenie łukiem elektrycznym
- Zagrożenie pożarem
- Stosowanie przepisów prawa, a odpowiedzialność karna
- Bibliografia

# Dokumenty normatywne związane z ochroną przeciwporażeniową

## Dokumenty obligatoryjne

Dokumentami obligatoryjnymi są ustawy i rozporządzenia. Ustawa to akt prawny o charakterze powszechnie obowiązującym. Rozporządzenie jest dokumentem wydanym na podstawie ustawy w celu jej wykonania. Ustawy są uchwalane przez parlament, a rozporządzenia przez organ wskazany w Konstytucji i posiadający delegację ustawodawczą.

Przykładami ustaw związanych z bezpieczeństwem eksploatacji urządzeń elektrycznych są:

- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. **Prawo Energetyczne**
- Ustawa z dnia 26 czerwca 1974r. **Kodeks Pracy**
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. **Prawo Budowlane**

Przykładami rozporządzeń związanych z bezpieczeństwem eksploatacji urządzeń elektrycznych są:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (rozporządzenie wykonawcze do ustawy Prawo Energetyczne).
- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (rozporządzenie wykonawcze do ustawy Kodeks Pracy).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (rozporządzenie wykonawcze do ustawy Prawo Budowlane).

# Dokumenty normatywne związane z ochroną przeciwporażeniową

## Dokumenty fakultatywne

Stosowanie norm jest dobrowolne, również normy zharmonizowane z dyrektywami Unii Europejskiej nie są obowiązkowe. Niektóre z norm mogą być obowiązkowe jeżeli zostały przywołane przez prawo krajowe.

Normy są aktualnymi zasadami wiedzy technicznej przeznaczonymi do powszechnego stosowania, przyjęte na zasadzie konsensu przez grono uznanych specjalistów.

Normy techniczne związane z bezpieczeństwem dzielą się na trzy grupy:

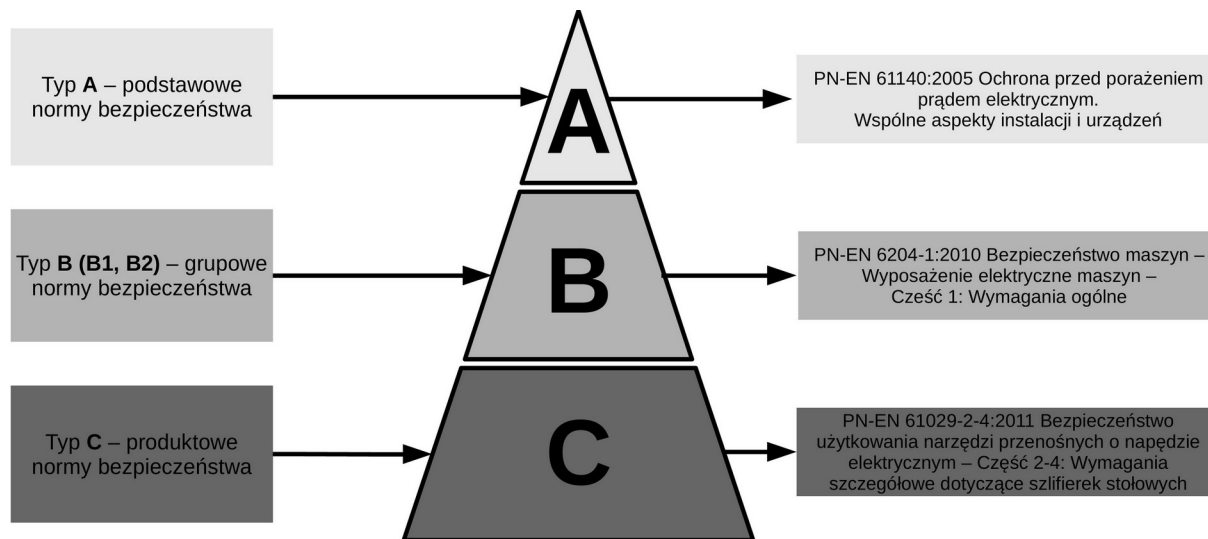
**A – podstawowe normy bezpieczeństwa**, zawierają ogólne zasady dotyczące wszystkich urządzeń;

**B – grupowe normy bezpieczeństwa** zawierają zasady dotyczące danej grupy urządzeń;

**C – produktowe normy bezpieczeństwa** zawierają wymagania dotyczące danego urządzenia (wyrobu).

Normy typu C są najważniejsze ponieważ zawierają najbardziej szczegółowe wymagania i jest ich najwięcej.

Normy typu A mają największą rangę ponieważ dotyczą największej ilości urządzeń. Normy typu B dzielą się na normy dotyczące określonych aspektów bezpieczeństwa (B1) i normy dotyczące urządzeń ochronnych (B2).



# Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm człowieka

## Skutki patofizjologiczne przepływu prądu elektrycznego przez ciało człowieka

Przepływ prądu elektrycznego przez ciało człowieka może spowodować:

- ból i skurcze mięśni;
- zatrzymanie oddechu;
- zaburzenia krążenia krwi;
- zaburzenia wzroku, słuchu i równowagi;
- utratę przytomności;
- migotanie (fibrylacja) komór serca;
- oparzenia skóry i oparzenia wewnętrzne.

Bezpośrednio po rażeniu prądem elektrycznym może wystąpić wstrząs elektryczny powodujący przerażenie, bladość, drżenie ciała, nadmierne wydzielanie potu, stan apatii lub euforii.

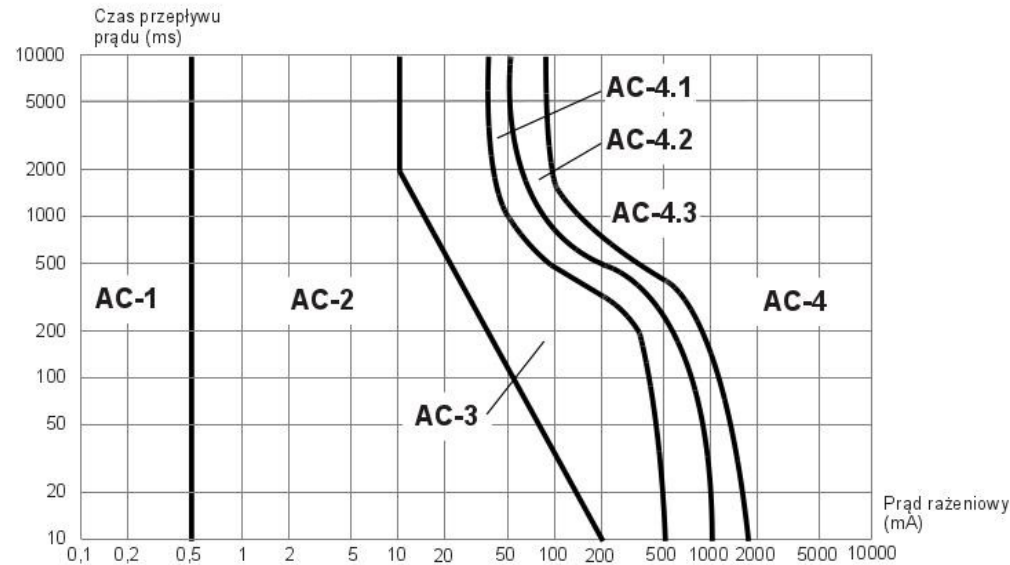
Skutki rażenia prądem zależą od:

- rodzaju prądu (najbardziej niebezpieczny jest prąd przemienny o częstotliwości 15 -100 Hz);
- natężenia prądu i czasu jego przepływu przez ciało człowieka;
- wilgotności naskórka;
- powierzchni styku z częściami będącymi pod napięciem;
- stanu psychofizycznego człowieka.

Dodatkowym zagrożeniem może być łuk elektryczny, który może spowodować oparzenia i uszkodzenia wzroku i słuchu. Skutkami wypadków elektrycznych mogą być również złamania kończyn i inne obrażenia spowodowane upadkiem z wysokości

# Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm człowieka

## Oddziaływanie prądu przemiennego na organizm człowieka



**AC-1** Zazwyczaj brak reakcji organizmu na przepływ prądu. Górna granica strefy jest progiem odczuwania.

**AC-2** Zazwyczaj nie występują skutki patofizjologiczne przepływu prądu. Górna granica strefy jest granicą samouwolnienia. Próg bólu to 3,5 mA.

**AC-3** Zazwyczaj nie występują uszkodzenia organiczne, mogą wystąpić skurcze mięśni i trudności z oddychaniem. Możliwość wystąpienia odwracalnych zaburzeń pracy serca bez występowania migotania komór serca.

**AC-4** Dodatkowo oprócz objawów charakterystycznych dla strefy AC-3, może wystąpić zatrzymanie pracy serca, zatrzymanie oddechu, ciężkie oparzenia.

Ze względu na możliwość wystąpienia migotania komór serca wyróżniono dodatkowo strefy:

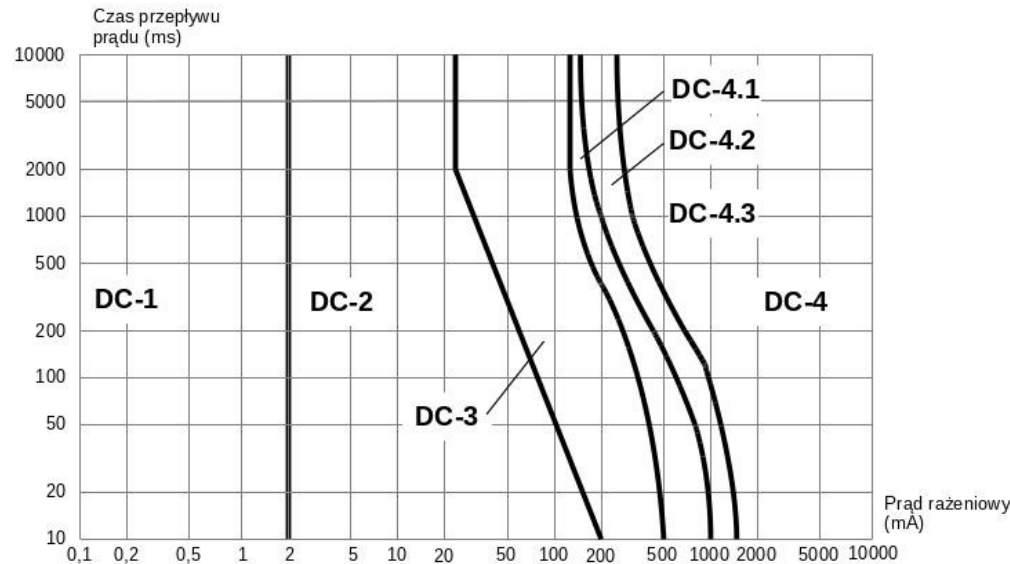
AC-4.1 5 % przypadków

AC-4.2  $\leq 50$  % przypadków

AC-4.3  $> 50$  % przypadków

# Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm człowieka

## Oddziaływanie prądu przemiennego na organizm człowieka



**DC-1** Zazwyczaj brak reakcji organizmu na przepływ prądu. Górna granica strefy jest progiem odczuwania.

**DC-2** Zazwyczaj nie występują skutki patofizjologiczne przepływu prądu. Górna granica strefy jest granicą samouwolnienia. Próg bólu to 10 mA.

**DC-3** Zazwyczaj nie występują uszkodzenia organiczne, mogą wystąpić skurcze mięśni i trudności z oddychaniem. Możliwość wystąpienia odwracalnych zaburzeń pracy serca bez występowania migotania komór serca.

**DC-4** Dodatkowo oprócz objawów charakterystycznych dla strefy DC-3, może wystąpić zatrzymanie pracy serca, zatrzymanie oddechu, ciężkie oparzenia.

Ze względu na możliwość wystąpienia migotania komór serca wyróżniono dodatkowo strefy:

DC-4.1 5 % przypadków

DC-4.2  $\leq 50$  % przypadków

DC-4.3  $> 50$  % przypadków



# Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm człowieka

## Migotanie komór serca

Migotanie (fibrylacja) komór to zaburzenie rytmu serca charakteryzujące się szybką i nieskoordynowaną pracą komórek przewodzących do zatrzymania krążenia. Zapis EKG przypomina nieregularną sinusoidę, a częstość skurczów serca może dochodzić do 600 na minutę.

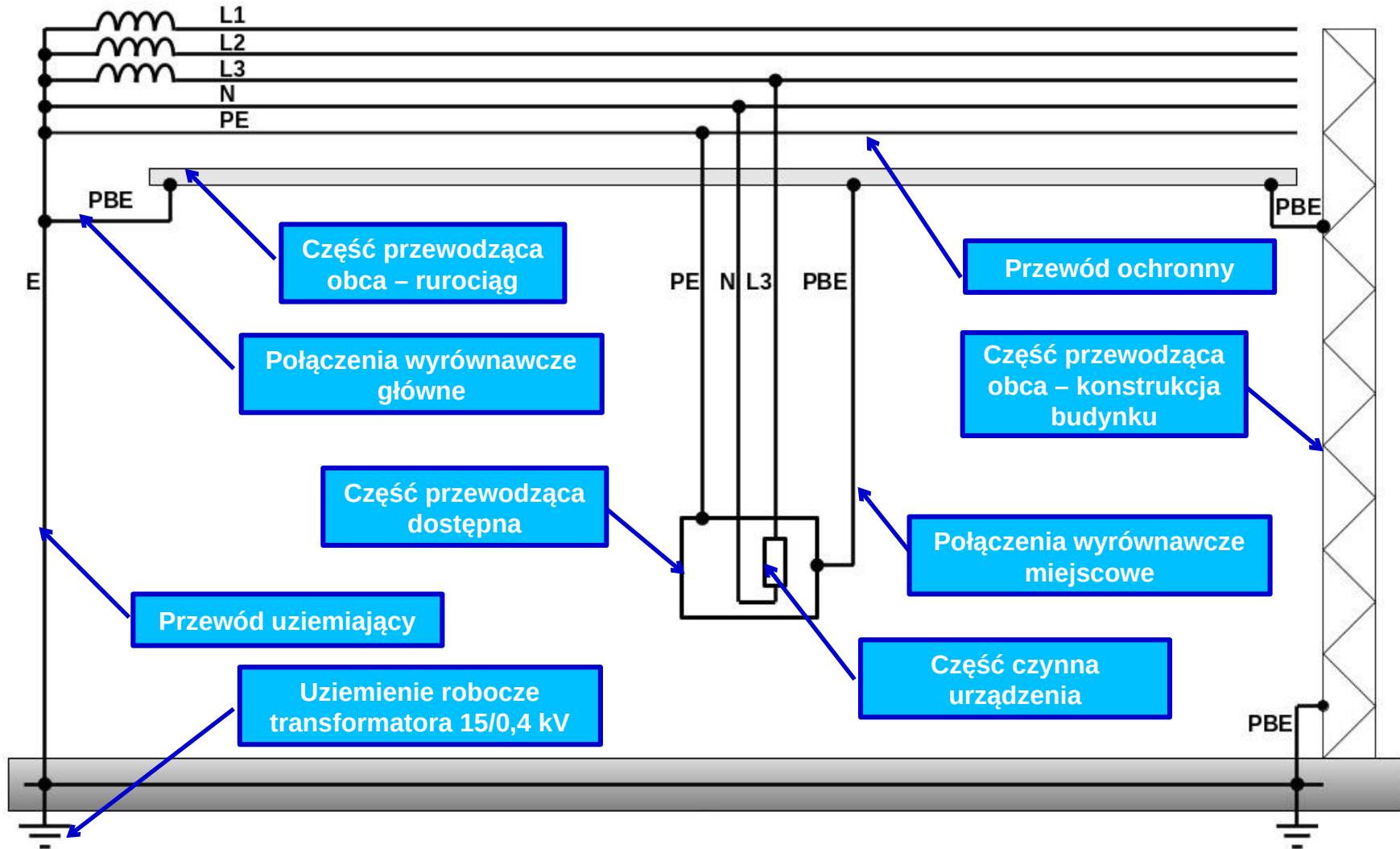
Migotanie komór w przypadku braku pomocy prowadzi nieuchronnie do śmierci po upływie kilku minut. Pierwsza pomoc polega na wezwaniu pomocy lekarskiej i prowadzeniu podstawowych zabiegów ratujących życie takich jak masaż serca i sztuczne oddychanie do czasu możliwości oceny rytmu serca za pomocą elektrokardiogramu.

W przypadku stwierdzenia migotania komór przeprowadza się defibrylację za pomocą defibrylatora. Migotanie komór często występuje przy zawale mięśnia sercowego, może być również spowodowane przepływem prądu rażeniowego przez ciało człowieka. Defibrylacja może być wykonana za pomocą automatycznego defibrylatora zewnętrznego AED, który automatycznie analizuje pracę serca i ocenia konieczność wykonania defibrylacji.



# Instalacja elektryczna o układzie TN-S

Rysunek przedstawiający instalację o układzie TN-S zasilającą halę przemysłową z przykładowym odbiornikiem jednofazowym i połączeniami wyrównawczymi głównymi i miejscowymi



# Instalacja elektryczna o układzie TN-S

## Definicje wybrane

**Część czynna** – przewód lub część przewodząca przeznaczona do pracy pod napięciem w warunkach normalnych łącznie z przewodem neutralnym lecz z wyjątkiem przewodu PEN oraz przewodów PEM lub PEL.

**Część przewodząca dostępna** – część przewodząca urządzenia, której można dotknąć nie będąca normalnie pod napięciem i która może znaleźć się pod napięciem jeśli zawiedzie izolacja podstawowa.

**Część przewodząca obca** – dostępny dla dotyku przewodzący przedmiot nie będący częścią urządzenia elektrycznego, który może wprowadzić określony potencjał (zazwyczaj potencjał ziemi), np. metalowa konstrukcja budowlana, metalowy rurociąg, przewodząca podłoga lub ściana.

**Części jednocześnie dostępne** – przewody lub części przewodzące, które mogą być jednocześnie dotknięte.

Częściami jednocześnie dostępnymi mogą być:

- części czynne;
- części przewodzące dostępne;
- części przewodzące obce;
- przewody ochronne;
- ziemia lub przewodząca podłoga.

**Połączenie wyrównawcze** – połączenie elektryczne pomiędzy częściami przewodzącymi w celu wyrównania potencjałów.

**Połączenie wyrównawcze główne** to połączenie wyrównawcze wykonane w przyziemnej kondygnacji budynku w pobliżu miejsca wprowadzenia sieci lub instalacji elektrycznej. **Połączenie wyrównawcze miejscowe** to połączenie wykonane w innym miejscu niż połączenie wyrównawcze główne.

# Rodzaje urządzeń i klasy ochronności

**Urządzenie ruchome** (przenośne) – urządzenie, które podczas użytkowania jest przemieszczane lub może być z łatwością przyłączone do innego źródła zasilania w innym miejscu użytkowania.

**Urządzenie ręczne** – urządzenie ruchome przeznaczone do trzymania w ręce podczas jego użytkowania, przy czym silnik (jeżeli jest) stanowi integralną część tego urządzenia.

**Urządzenie stacjonarne** – urządzenie nieruchome lub bez uchwytów mające taką masę, że nie może być łatwo przemieszczane.

**Urządzenie stałe** – urządzenie przytwierdzone do podłoża w określonym miejscu lub przymocowane w inny sposób.



Autor: Alex P. Kok, CC BY-SA 4.0, (creativecommons.org) - no change

**Urządzenie ruchome**



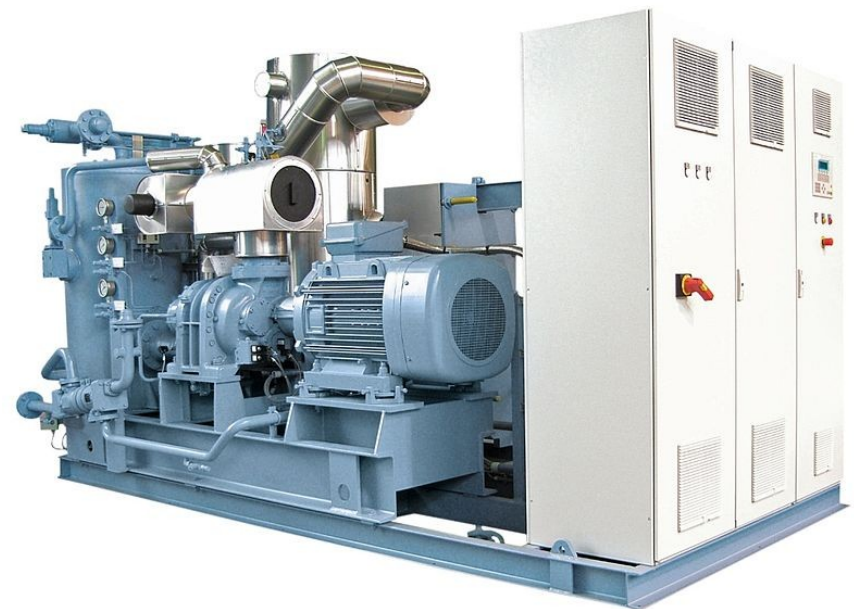
Autor: Nemo5576, CC BY-SA 3.0, (creativecommons.org) - no change

**Urządzenie ręczne**



Autor: Sambussy, CC BY-SA 3.0, (creativecommons.org) - no change

**Urządzenie stacjonarne**



Autor: Winfried Recker, CC BY-SA 3.0, (creativecommons.org) - no change

**Urządzenie stałe**

# Rodzaje urządzeń i klasy ochronności

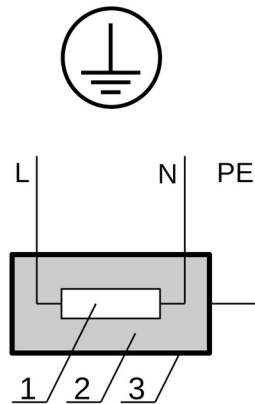
**Klasa ochronności 0** – Urządzenia z izolacją podstawową jako środkiem ochrony podstawowej i bez środków ochrony przy uszkodzeniu. Urządzenia są wycofywane z produkcji i normalizacji, eksploatacja urządzeń klasy ochronności 0 może być prowadzona na stanowiskach nieprzewodzących.

**Klasa ochronności I** – Urządzenia z izolacją podstawową jako środkiem ochrony podstawowej i połączeniami ochronnymi jako środkiem ochrony w przypadku uszkodzenia.

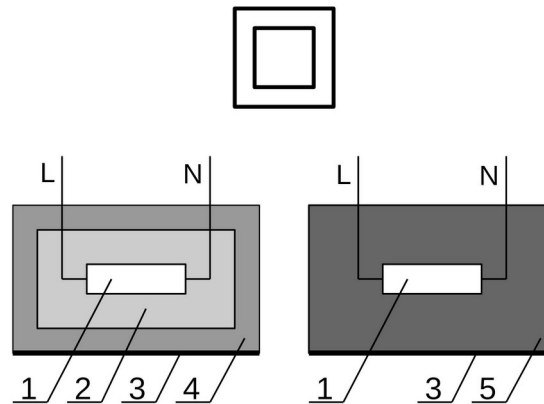
**Klasa ochronności II** – Urządzenia z izolacją podstawową jako środkiem ochrony podstawowej i z izolacją dodatkową jako środkiem ochrony w przypadku uszkodzenia, lub z izolacją wzmocnioną jako ochroną podstawową i ochroną przy uszkodzeniu.

**Klasa ochronności III** – Urządzenia, które mogą być przyłączane wyłącznie do układów SELV lub PELV i które są wyposażone w ochronę podstawową i nie są wyposażone w ochronę przy uszkodzeniu.

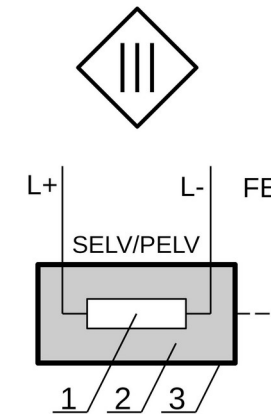
Klasa ochronności I



Klasa ochronności II



Klasa ochronności III



- 1 – część czynna
- 2 – izolacja podstawowa
- 3 – część przewodząca dostępna
- 4 – izolacja dodatkowa
- 5 – izolacja wzmocniona

# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Kryteria napięciowe – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe $U_L$

**Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe ( $U_L$ )** to największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego, które może się długotrwałe utrzymywać w określonych warunkach środowiskowych.

### Warunki normalnego zagrożenia porażeniowego

Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe – 50 V a.c. lub 120 V d.c.

Czas, po którym utrzymywanie się napięcia jest uznawane za długotrwałe – 5 s.

### Warunki szczególnego zagrożenia porażeniowego

Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe – 25 V a.c. lub 60 V d.c.

Czas, po którym utrzymywanie się napięcia jest uznawane za długotrwałe – 0,2 s

Charakterystyka – warunki środowiskowe BB3 i BC3, użytkowanie urządzeń elektrycznych ręcznych.

### Warunki ekstremalnego zagrożenia porażeniowego

Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe – 12 V a.c. lub 30 V d.c.

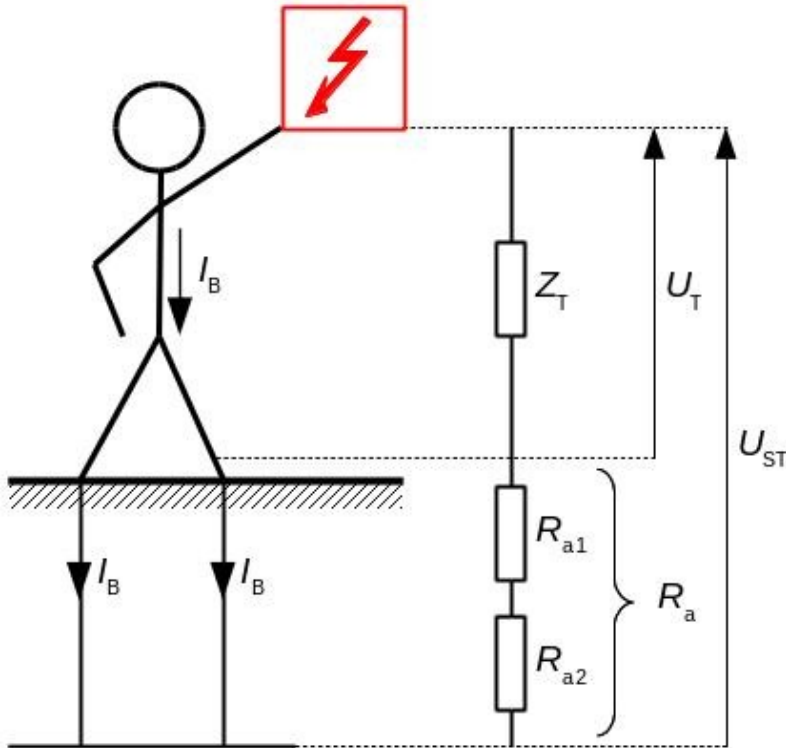
Czas, po którym utrzymywanie się napięcia jest uznawane za długotrwałe – 0,2 s

Charakterystyka – warunki środowiskowe BB4 i/lub BC4 (np. ograniczone przestrzenie przewodzące), użytkowanie urządzeń elektrycznych.

# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Kryteria napięciowe – napięcie dotykowe spodziewane $U_{ST}$

**Napięcie dotykowe rażeniowe ( $U_T$ )** to napięcie pomiędzy częściami przewodzącymi, które są dotykane jednocześnie przez człowieka lub zwierzę. Napięcie dotykowe spodziewane ( $U_{ST}$ ) to napięcie pomiędzy jednocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi, kiedy te części nie są dotykane przez człowieka lub zwierzę. Nie wymaga się ochrony przy uszkodzeniu jeżeli napięcie dotykowe spodziewane ( $U_{ST}$ ) nie przekracza największego napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale ( $U_L$ ).



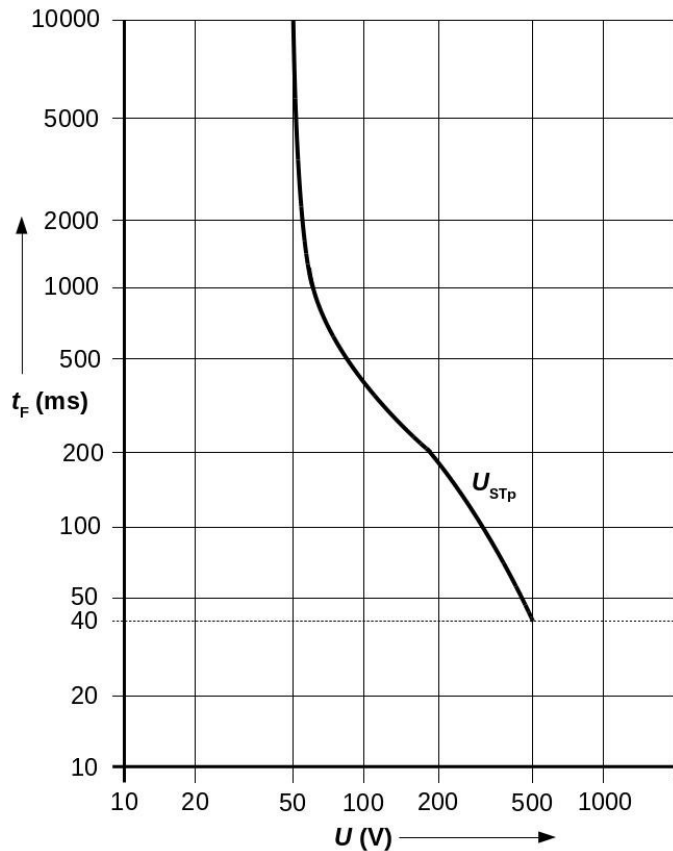
$$U_{ST} \leq U_L$$

$U_{ST}$  – napięcie dotykowe spodziewane;  
 $U_T$  – napięcie dotykowe rażeniowe;  
 $I_B$  – prąd rażeniowy;  
 $Z_T$  – impedancja ciała człowieka;  
 $R_a$  – rezystancja dodatkowa: obuwia ( $R_{a1}$ ) i stanowiska ( $R_{a2}$ ).

# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Kryteria napięciowe – napięcie dotykowe dopuszczalne $U_{STp}$

Ochronę przy uszkodzeniu uznaje się za skuteczną jeżeli napięcie dotykowe spodziewane ( $U_{ST}$ ) nie przekroczy największego napięcia dotykowego dopuszczalnego ( $U_{STp}$ ).



$$U_{ST} \leq U_{STp}$$

W praktyce stosuje się zależność pomiędzy napięciem dotykowym spodziewanym ( $U_{ST}$ ) a napięciem dotykowym dopuszczalnym długotrwale ( $U_L$ ).

W warunkach normalnego zagrożenia porażeniowego przyjmuje się, że przy ustaleniu zależności pomiędzy największym napięciem dotykowym dopuszczalnym ( $U_{STp}$ ) a czasem rażenia ( $t_F$ )

w urządzeniach niskiego napięcia należy brać pod uwagę:

- graniczne wartości prądów, które nie powodują migotania komórek serca;
- impedancję obwodu rażeniowego  $Z_1$ .

Największe napięcie dotykowe dopuszczalne ( $U_{STp}$ )  
w zależności od trwania zwarcia doziemnego ( $t_F$ )



# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Impedancja obwodu rażeniowego $Z_1$

Impedancję obwodu rażeniowego ( $Z_1$ ) oblicza się z zależności:

$$Z_1 = 1000 + 0,5 Z_{T5\%}$$

gdzie:

$Z_{T5\%}$  – statystyczna impedancja ciała ludzkiego uzależniona od wartości napięcia dotykowego na drodze ręka-stopą przy pięcioprocentowym prawdopodobieństwie wystąpienia wartości mniejszej.

Liczba 1000 została przyjęta jako rezystancja obuwia i stanowiska, a 0,5 to współczynnik uwzględniający rażenie na drodze dwie ręce-dwie stopy.

Wartości statystyczne impedancji ciała człowieka ( $Z_T$ ) na drodze ręka-ręka przy prądzie przemiennym 50/60 Hz w warunkach normalnych i dużej powierzchni styku

Napięcie dotykowe [V]	Wartość $Z_T$ [ $\Omega$ ], przy której prawdopodobieństwo wystąpienia wartości mniejszych wynosi		
	5 % populacji	50 % populacji	95 % populacji
25	1 750	3 250	6 100
50	1 375	2 500	4 600
100	990	1 725	3 125
125	900	1 550	2 675
225	775	1 225	1 900

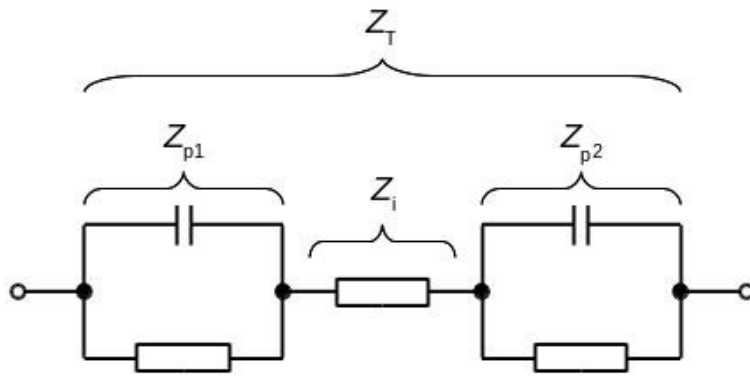
# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Impedancja ciała ludzkiego $Z_T$

Impedancja ciała ludzkiego ( $Z_T$ ) to szeregowo połączone impedancje: impedancja skóry  $Z_{p1}$ , impedancja wewnętrzna  $Z_i$  oraz impedancja skóry  $Z_{p2}$ . Impedancja skóry składa się z połączonej równolegle rezystancji i pojemności.

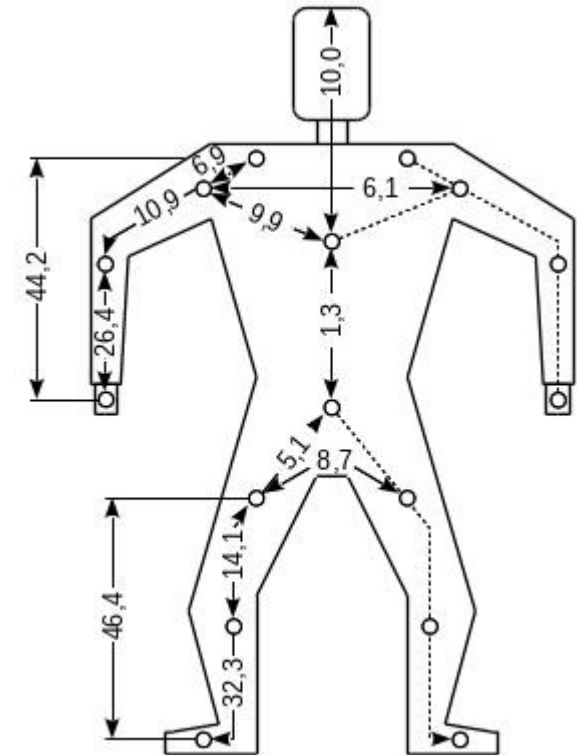
Przyjmując, że impedancja na drodze ręka – ręka lub ręka – stopa wynosi 100 %, to impedancja ciała człowieka wynosi:

- 75 % na drodze ręka – dwie stopy;
- 50 % na drodze dwie ręce – dwie stopy;
- 25 % na drodze dwie ręce – tułów.



gdzie:

$Z_{T5\%}$  – statystyczna impedancja ciała ludzkiego uzależniona od wartości napięcia dotykowego na drodze ręka-stopa przy pięcioprocentowym prawdopodobieństwie wystąpienia wartości mniejszej.



**Procentowy rozkład impedancji ciała ludzkiego**

# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

**Bezpieczeństwo wg normy PN-EN 45020:2009 to „brak nieakceptowanego ryzyka szkód”.**

Absolutne bezpieczeństwo jest nieosiągalne dlatego w normach akceptuje się w sposób jawny ryzyko szczątkowe. Akceptowalny poziom bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń elektrycznych jest osiągany przez produkcję urządzeń „bezpiecznych samych w sobie” i użytkowanie zgodne z przeznaczeniem.

Koncepcja ochrony przeciwporażeniowej zakłada możliwość wystąpienia pojedynczego uszkodzenia, możliwość wystąpienia uszkodzenia obu środków ochrony uważna jest za mało prawdopodobną i jest dopuszczona jako ryzyko szczątkowe.

**Zgodnie z podstawową zasadą ochrony przeciwporażeniowej części czynne niebezpieczne nie powinny być dostępne, a części przewodzące dostępne nie mogą być niebezpieczne zarówno w normalnych warunkach jak i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.**

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym w normalnych warunkach jest zapewniona przez **środki ochrony podstawowej**, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia jest zapewniona przez **środki ochrony przy uszkodzeniu** (ochrona dodatkowa).

Środki ochrony wzmocnionej zapewniają ochronę w obydwu przypadkach.

**Warunki normalnego użytkowania** to warunki, w których urządzenie jest eksploatowane w sposób zgodny z przeznaczeniem, a wszelkie zastosowane środki ochrony są sprawne.

**Warunki pojedynczego uszkodzenia** to warunki w których jeden ze środków ochrony jest nieskuteczny.

**Ochrona uzupełniająca** za pomocą urządzeń różnicowoprądowych wysokoczułych ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ) i/lub miejscowych połączeń wyrównawczych jest stosowana jako środek ochrony w określonych warunkach wpływów zewnętrznych i określonych specjalnych lokalizacjach.

# Ogólne zasady ochrony przeciwporażeniowej

## Warunki środowiskowe

Na dobór środków ochrony przeciwporażeniowej mają wpływ następujące warunki środowiskowe:

### **BA – kwalifikacje osób**

- BA1 – osoby postronne
- BA2 – dzieci
- BA3 – osoby upośledzone
- BA4 – osoby poinstruowane
- BA5 – osoby wykwalifikowane

### **BB – elektryczna rezystancja ciała ludzkiego**

- BB1 – w opracowaniu
- BB2 – w opracowaniu
- BB3 – w opracowaniu [zwilżenie naskórka w pomieszczeniach mokrych i wilgotnych]
- BB4 – w opracowaniu [zanurzenie ciała w wodzie]

### **BC – kontakt ludzi z potencjałem ziemi**

- BC1 – brak
- BC2 – sporadyczny
- BC3 – częsty
- BC4 – stały

# Środki ochronne i elementy środków ochronnych

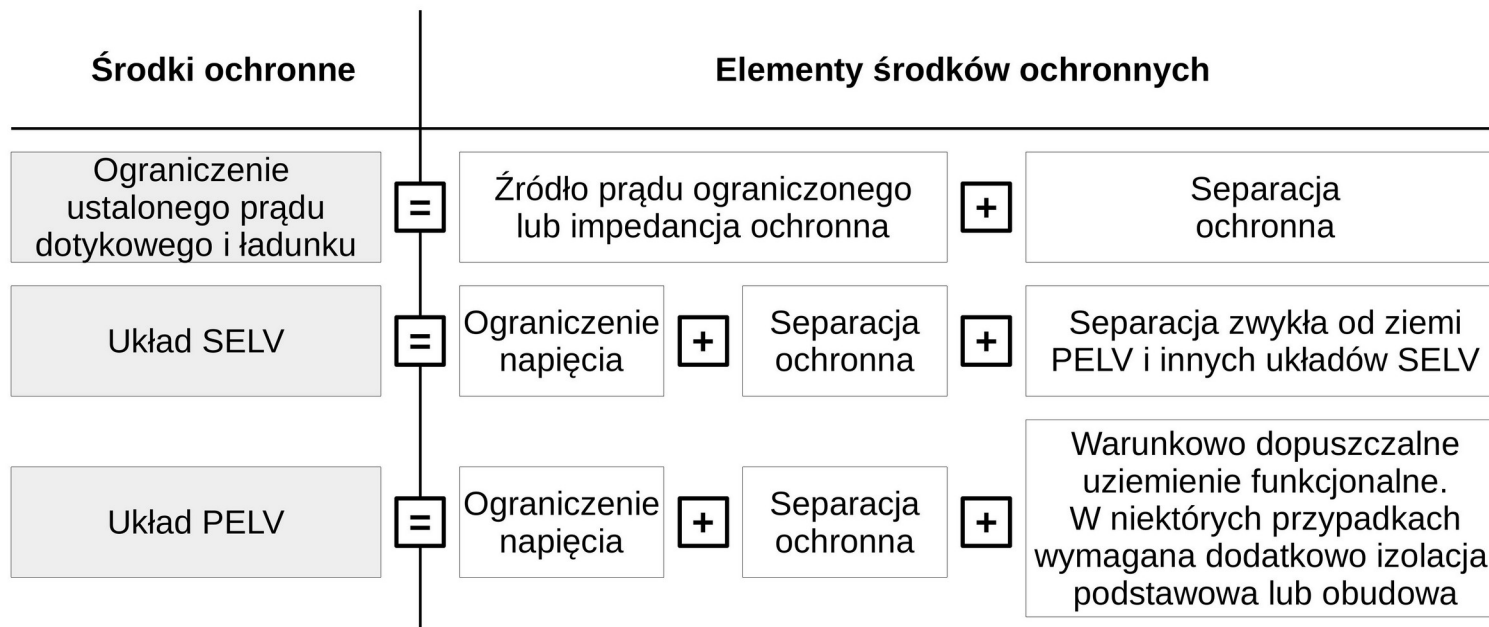
## Zestawienie środków ochrony podstawowej i przy uszkodzeniu

Środki ochronne	Elementy środków ochronnych	Ochrona podstawowa		Ochrona przy uszkodzeniu
Izolacja podwójna lub wzmocniona	=	Izolacja podstawowa	+	Izolacja dodatkowa
				Izolacja wzmocniona
Połączenia wyrównawcze	=	Izolacja podstawowa	+	Ochronne połączenia wyrównawcze
Samoczynne wyłączenie zasilania	=	Izolacja podstawowa	+	Samoczynne wyłączenie zasilania
Separacja ochronna	=	Izolacja podstawowa	+	Separacja zwykła
Środowisko nieprzewodzące	=	Izolacja podstawowa	+	Środowisko nieprzewodzące
Inne środki	=	Inne środki	+	Inne środki
				Inne środki ochrony wzmocnionej

Każdy **inny środek** ochrony podstawowej, ochrony przy uszkodzeniu i ochrony wzmocnionej powinien odpowiadać podstawowej zasadzie ochrony przeciwporażeniowej.

# Środki ochronne i elementy środków ochronnych

## Zestawienie środków ochronnych ograniczających wartości wielkości elektrycznych



**Ograniczenie napięcia** powinno gwarantować, że napięcie pomiędzy częściami równocześnie dostępnymi nie przekroczy stosownych wartości granicznych ELV.

**Ograniczenie ustalonego prądu dotykowego i ładunku** powinno chronić ludzi przed niebezpiecznymi lub dającymi się odczuć wartościami ustalonego prądu dotykowego i ładunku. Zestawienie środków ochronnych ograniczających wartości wielkości elektrycznych

# Środki ochronne i elementy środków ochronnych

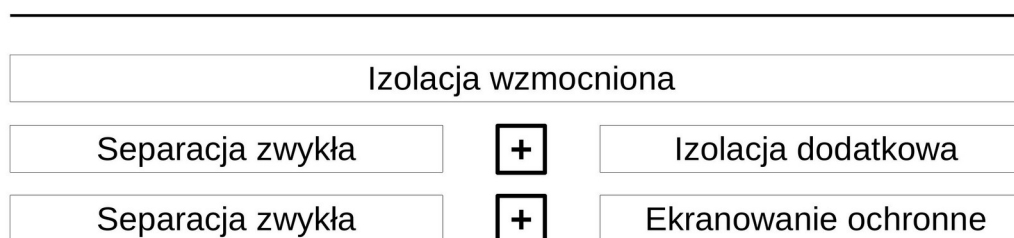
## Zestawienie odmian separacji ochronnej

**Separacja zwykła** między rozpatrywanym obwodem a innymi obwodami lub ziemią powinna być osiągnięta w całości za pomocą izolacji podstawowej ustalonej dla występującego najwyższego napięcia.

**Separacja ochronna** pomiędzy obwodem i innymi obwodami powinna być osiągnięta za pomocą:

- izolacji podstawowej i izolacji dodatkowej, każdej z nich odpowiedniej na występujące najwyższe napięcie tj. izolacji podwójnej, lub
- izolacji wzmocnionej, przewidzianej na występujące najwyższe napięcie, lub
- ekranowania ochronnego z ekranowaniem ochronnym separowanym od sąsiedniego obwodu, izolacją podstawową przewidzianą na napięcie sąsiedniego obwodu, lub
- kombinacji tych środków.

### Odmiany separacji ochronnej



**Ekranowanie ochronne** powinno składać się z ekranu przewodzącego umieszczonego pomiędzy częściami czynnymi niebezpiecznymi instalacji, sieci lub urządzenia i częścią chronioną. Ekran ochronny powinien być przyłączony do układu połączeń wyrównawczych ochronnych instalacji, sieci rozdzielczej lub urządzenia oraz powinien spełniać wymagania dotyczące elementów układu połączeń wyrównawczych ochronnych.

# Ochrona podstawowa

## Izolacja podstawowa

Części czynne powinny być całkowicie pokryte izolacją, która może być usunięta tylko przez jej zniszczenie. Farby, pokosty, lakiery i inne podobne środki nie są zazwyczaj uznawane w normalnej obsłudze za izolację odpowiednią do ochrony przed porażeniem elektrycznym.

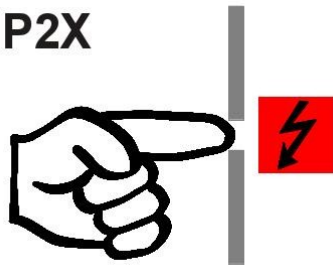
## Przegrody lub obudowy

Przegrody lub obudowy powinny zapobiegać dostępowi do niebezpiecznych części czynnych zapewniając stopień ochrony przed dotykiem bezpośrednim nie niższy niż IPXXB (zgodny z IP2X).

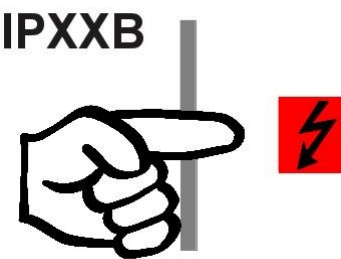
Jeżeli górne powierzchnie obudowy są łatwo dostępne, to minimalny stopień ochrony zapewniany przez te powierzchnie nie powinien być mniejszy niż IP4X lub IPXXD. Sterownice i ich wyposażenie powinny mieć stopień ochrony przed dotykiem bezpośrednim co najmniej IPXXD.

W przypadku dostępu do urządzeń osób postronnych stopień ochrony powinien wynosić co najmniej IPXXC.

IP2X



IPXXB



## Przeszkody

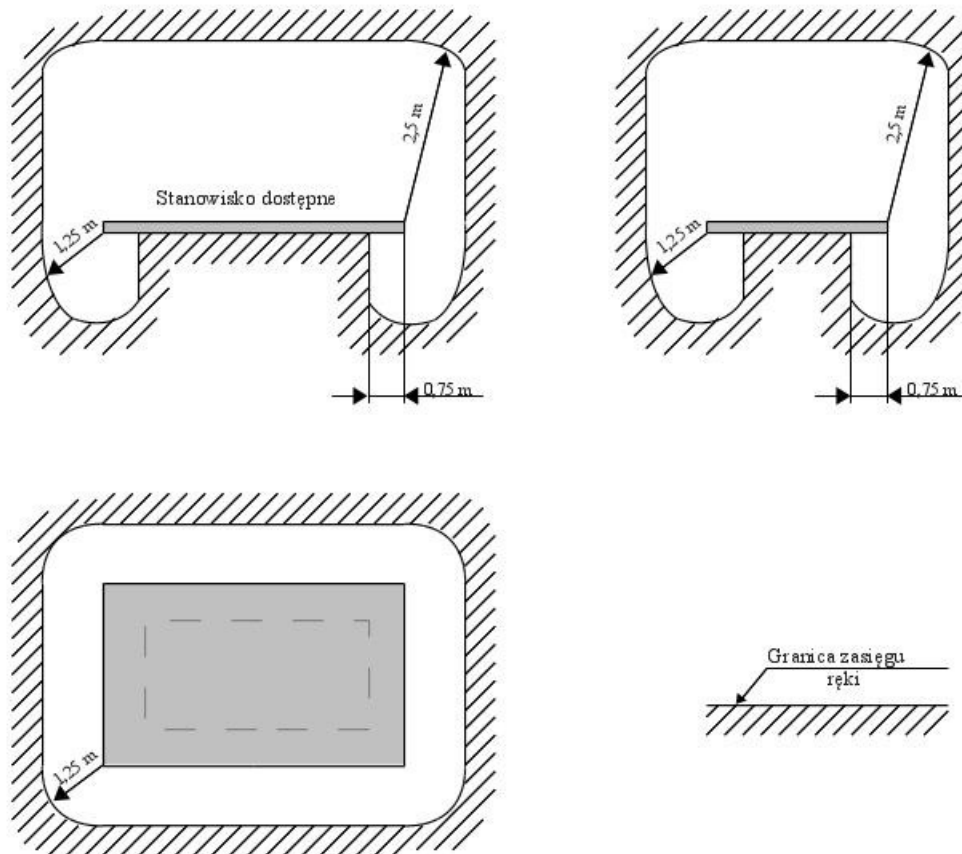
Przeszkody są stosowane do ochrony osób wykwalifikowanych lub przeszkolonych. Przeszkody mogą być usuwalne bez użycia klucza lub narzędzia, ale powinny być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem.



# Ochrona podstawowa

## Umieszczenie poza zasięgiem ręki.

Uniedostępnienie jest stosowane do ochrony osób wykwalifikowanych lub przeszkolonych. Ochrona polegająca na umieszczeniu poza zasięgiem ręki ma zapobiegać niezamierzonemu dotknięciu części czynnych. Części jednocześnie dostępne o różnych potencjałach nie powinny się znajdować w zasięgu ręki




# Ochrona przy uszkodzeniu

## Izolacja podwójna, izolacja wzmocniona

Ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową a ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację dodatkową lub ochrona podstawowa i ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację wzmocnioną.

Urządzenie jest oznaczone symbolem  jako urządzenie klasy ochronności II.

Części przewodzące dostępne nie powinny być łączone z przewodem ochronnym a obudowa powinna być oznaczona symbolem 

## Stanowisko nieprzewodzące

Ochrona może być stosowana w przypadku eksploatacji pod nadzorem osób wykwalifikowanych.

Rezystancja izolacyjnych podłóg i ścian nie powinna być mniejsza niż:

- 50 k $\Omega$ , jeżeli napięcie znamionowe instalacji nie przekracza 500V lub
- 100 k $\Omega$ , jeżeli napięcie znamionowe instalacji przekracza 500V.

Części przewodzące dostępne powinny być tak rozmieszczone, aby w normalnych warunkach osoby nie dotknęły jednocześnie:

- dwóch części przewodzących dostępnych lub
- części przewodzącej dostępnej i części przewodzącej obcej,

jeżeli te części w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej lub części czynnej mogą znaleźć się pod różnymi potencjałami.

# Ochrona przy uszkodzeniu

## Samoczynne wyłączenie zasilania

Ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych, przegrody lub obudowy, a ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Części przewodzące dostępne instalacji powinny być przyłączone przewodem ochronnym do głównego zacisku uziemiającego instalacji, który powinien być połączony z uziemionym punktem układu zasilania.

W przypadku zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym, urządzenie ochronne powinno wyłączyć zasilanie w wymaganym czasie.

Powinna zostać spełniona zależność:

$$I_a \leq \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{lub} \quad Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

gdzie:

$U_o$  – napięcie znamionowe względem ziemi;

$Z_s$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej;

$I_a$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie przez urządzenie zabezpieczające.

**W układach TN** czas wyłączenia nie dłuższy niż **5 s** obowiązuje w obwodach rozdzielczych i w obwodach odbiorczych:

- wyposażonych w odbiorniki zainstalowane na stałe, o prądzie  $I_n \leq 32$  A;
- wyposażonych w gniazda wtyczkowe, o prądzie  $I_n \leq 63$  A.

**Dla maszyn obowiązuje czas wyłączenia nie dłuższy niż 5 s** z wyjątkiem urządzeń ręcznych i ruchomych, dla których obowiązuje czas **0,8 s** przy napięciu  $50 \text{ V} < U_o \leq 120 \text{ V AC}$ , a przy napięciu  $120 \text{ V} < U_o \leq 230 \text{ V}$  czas **0,4 s**.

# Ochrona przy uszkodzeniu

Przy małoprądowym pomiarze impedancji pętli zwarciowej powinna zostać spełniona zależność:

$$I_a \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{Z_s} \quad \text{lub} \quad Z_s \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{I_a}$$

gdzie:

$U_o$  – napięcie znamionowe względem ziemi;

$I_a$  – najmniejsza wartość prądu powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie przez urządzenie zabezpieczające;

$Z_s$  – zmierzona impedancja pętli zwarciowej.

Urządzeniami wyłączającymi mogą być:

- wyłącznik nadprądowy,
- bezpiecznik,
- wyłącznik różnicowoprądowy.

Zgodnie z normą PN-EN 60204-1:2010 urządzeniem wyłączającym w przypadku maszyn może być urządzenie nadprądowe.

**Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania nie może być uzyskane w czasie uznanym za właściwy, to należy zastosować urządzenie różnicowoprądowe i/lub miejscowe połączenie wyrównawcze.**

Jeżeli istnieją wątpliwości dotyczące skuteczności miejscowych połączeń wyrównawczych ochronnych to należy wykazać, że rezystancja między jednocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi dostępnymi a częściami przewodzącymi obcymi spełnia następujący warunek:

$$R_{PBE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}}$$

gdzie:

$R_{PBE}$  – rezystancja miejscowego połączenia wyrównawczego pomiędzy jednocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi i częściami przewodzącymi obcymi;

$I_{a(5s)}$  – najmniejsza wartość prądu, powodująca samoczynne wyłączenie zasilania w czasie 5 s.

# Ochrona przy uszkodzeniu

W czasie zwarcia pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną urządzenia o klasie ochronności I, prąd zwarciov  $I_{k1}$  powoduje pojawienie się napięcia dotykowego rażeniowego ( $U_T$ ) na częściach przewodzących dostępnych. Wartość napięcia jest uzależniona od rezystancji przewodu ochronnego ( $R_{PE}$ ) i może być obliczona z zależności:

$$U_T = I_{k1} \cdot R_{PE}$$

gdzie:

$U_T$  – napięcie dotykowe rażeniowe;

$I_{k1}$  – prąd zwarciov;

$R_{PE}$  – rezystancja przewodu ochronnego.

Przy założeniu równej długości i tego samego przekroju przewodów liniowych i przewodu ochronnego oraz przy braku dodatkowych uziemień przewodu ochronnego wartość napięcia dotykowego rażeniowego  $U_T$  będzie wynosiła około 40 % napięcia znamionowego względem ziemi  $U_0$ .

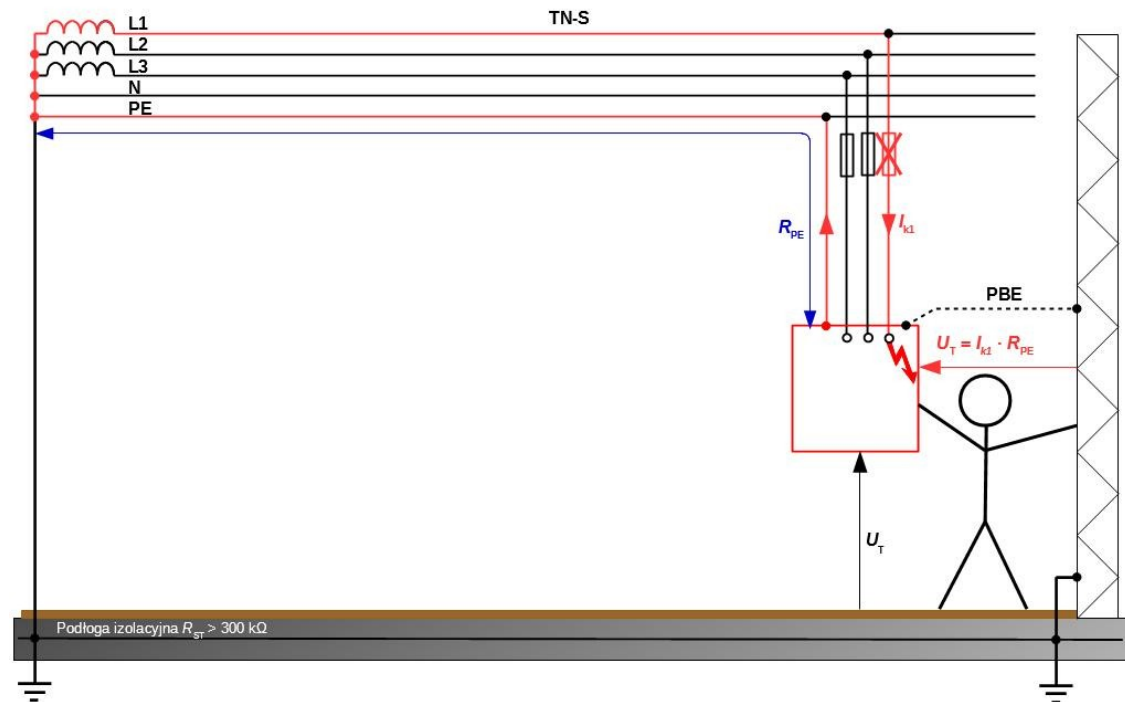
Przy napięciu  $U_0 = 230 \text{ V a.c.}$  napięcie dotykowe rażeniowe  $U_T$  będzie wynosiło około 92 V a.c. Statystyczna wartość impedancji ciała człowieka w normalnych warunkach przy dużej powierzchni styku dla napięcia 100 V a.c. na drodze ręka-ręka wynosi  $Z_1 = 990 \Omega$  (5 % populacji), spodziewany prąd rażeniowy w podanych warunkach wyniesie:  $I_T = U_T / Z_1 = 92 \text{ V} / 990 \Omega \approx 93 \text{ mA}$ .

W rzeczywistych warunkach napięcie rażeniowe i prąd rażeniowy będą miały mniejszą wartość ze względu na dodatkowe uziemienia przewodu ochronnego (połączenia wyrównawcze miejscowe).

Napięcie będzie się utrzymywać krótkotrwale do czasu zadziałania urządzenia nadprądowego lub różnicowoprądowego i wyłączenia zasilania.

# Ochrona przy uszkodzeniu

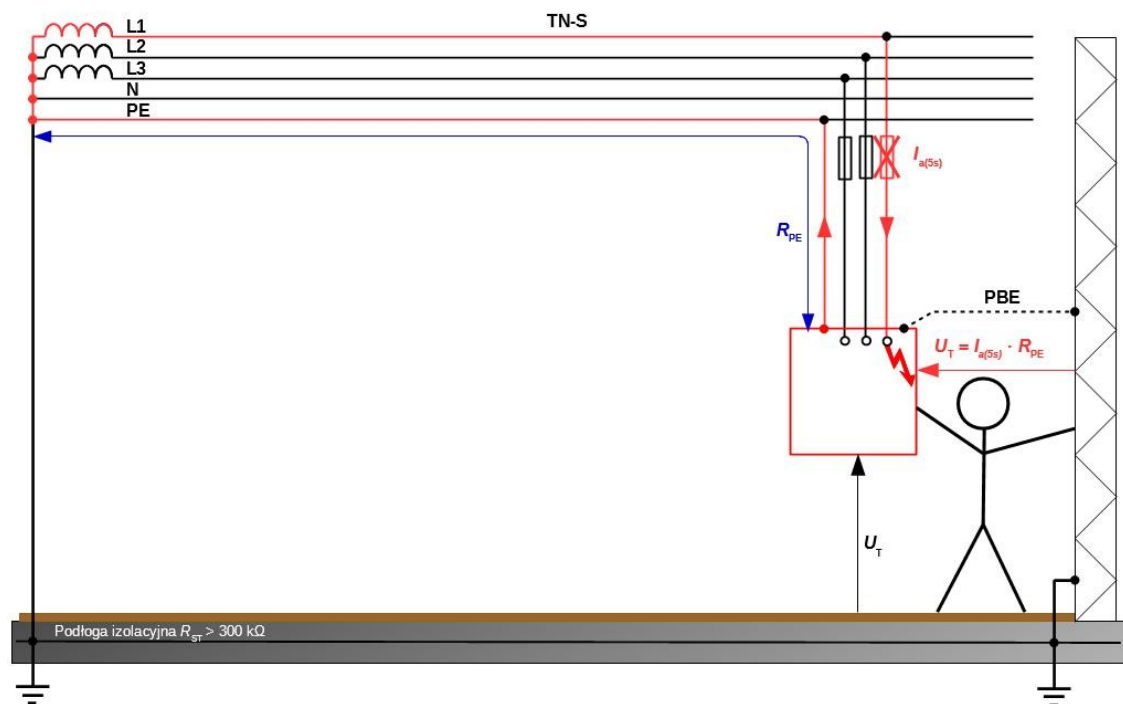
W czasie zwarcia L-PE (uszkodzenie izolacji) w urządzeniach objętych ochroną przez samoczynne wyłączenie zasilania na częściach przewodzących dostępnych pojawi się krótkotrwałe napięcie dotykowe rażeniowe ( $U_T$ ). Wartość napięcia może być zmniejszona przez zastosowanie miejscowych połączeń wyrównawczych (PBE).



**Prąd zwarciowy powoduje powstanie napięcia dotykowego rażeniowego pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi o wartości  $U_T = I_{k1} \cdot R_{PE}$ .  
Przy założeniu wartości prądu  $I_{k1} = 1 \text{ kA}$  i wartości rezystancji  $R_{PE} = 0,08 \Omega$ ,  
wartość napięcia dotykowego wyniesie  $U_T = 80 \text{ V}$ .**

# Ochrona przy uszkodzeniu

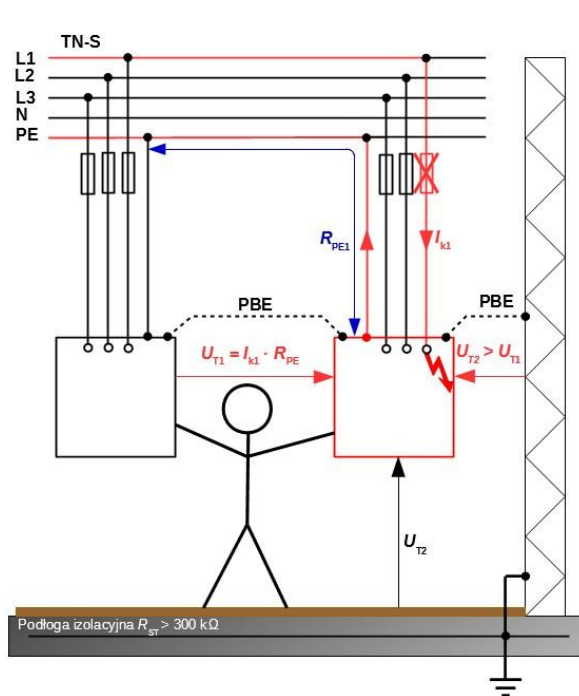
W czasie zwarcia L-PE (uszkodzenie izolacji) w urządzeniach objętych ochroną przez samoczynne wyłączenie zasilania na częściach przewodzących dostępnych może pojawić się długotrwałe napięcie dotykowe rażeniowe ( $U_T$ ). Wartość napięcia może być zmniejszona przez zastosowanie miejscowych połączeń wyrównawczych (PBE).



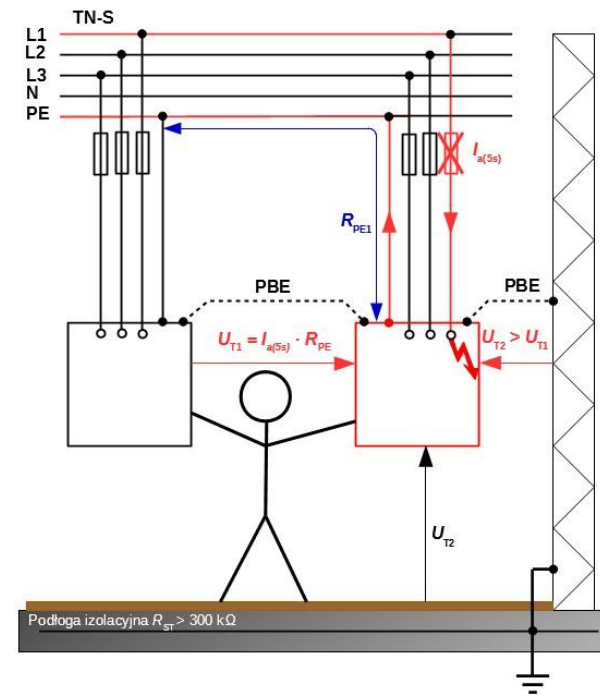
**Prąd zwarcia powoduje powstanie napięcia dotykowego rażeniowego pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi o wartości  $U_T = I_{a(5s)} \cdot R_{PE}$ .  
Przy założeniu wartości prądu  $I_{a(5s)} = 0,7 \text{ kA}$  i wartości rezystancji  $R_{PE} = 0,08 \Omega$ , wartość napięcia dotykowego wyniesie  $U_T = 56 \text{ V}$ .**

# Ochrona przy uszkodzeniu

W czasie zwarcia L-PE (uszkodzenie izolacji) w urządzeniach objętych ochroną przez samoczynne wyłączenie zasilania na częściach jednocześnie dostępnych pojawi się napięcie dotykowe rażeniowe ( $U_T$ ). Wartość napięcia może być zmniejszona przez zastosowanie miejscowych połączeń wyrównawczych (PBE).



Prąd zwarciowy powoduje powstanie napięcia dotykowego rażeniowego pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi o wartości  $U_T = I_{k1} \cdot R_{PE}$ . Przy założeniu wartości prądu  $I_{k1} = 1 \text{ kA}$  i wartości rezystancji  $R_{PE1} = 0,03 \Omega$  wartość napięcia dotykowego wyniesie  $U_{T1} = 30 \text{ V}$ .



Prąd zwarciowy powoduje powstanie napięcia dotykowego rażeniowego długotrwałego pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi o wartości  $U_T = I_{a(5s)} \cdot R_{PE}$ . Przy założeniu wartości prądu  $I_{a(5s)} = 0,7 \text{ kA}$  i wartości rezystancji  $R_{PE} = 0,03 \Omega$  wartość napięcia dotykowego wyniesie  $U_{T1} = 21 \text{ V}$ .

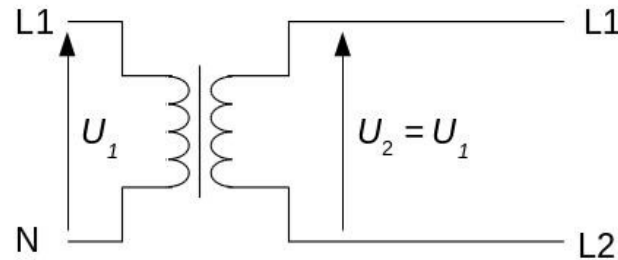


# Ochrona przy uszkodzeniu

## Separacja elektryczna

Ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych, przegrody lub obudowy a ochrona przy uszkodzeniu przez separację podstawową obwodu od innych obwodów i ziemi. Części czynne obwodu separowanego nie powinny być łączone z innymi obwodami ani z przewodem ochronnym, ani z ziemią.

Części przewodzące dostępne obwodu separowanego nie powinny być połączone z przewodem ochronnym ani z częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów, ani z ziemią.



## Obwody SELV i PELV

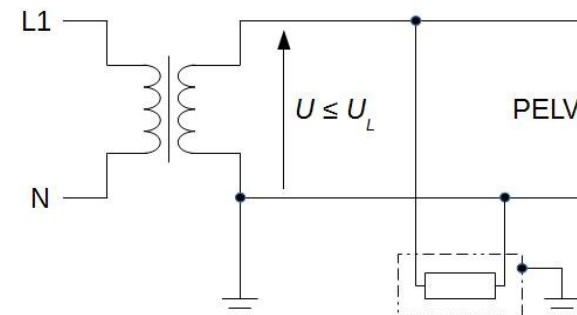
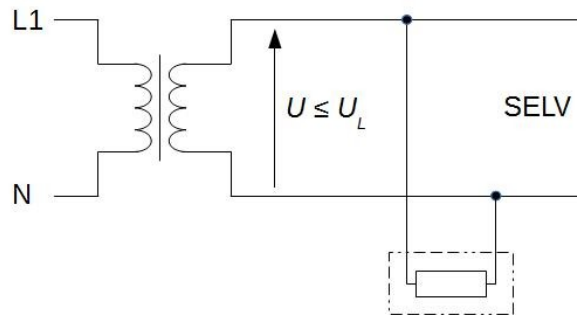
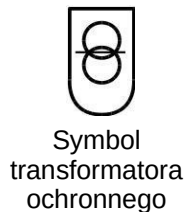
Ochrona polega na zastosowaniu jednego z dwóch różnych obwodów bardzo niskiego napięcia: **SELV** (ang. Safety Extra-Low Voltage) lub **PELV** (ang. Protective Extra-Low Voltage).

Wymagane jest ograniczenie napięcia do wartości uznawanej za bezpieczną tj. 50 V a.c. lub 120 V d.c. oraz ochronne odseparowanie obwodów SELV lub PELV od wszystkich innych obwodów i izolacja podstawowa pomiędzy obwodami SELV lub PELV a innymi obwodami SELV lub PELV. Dodatkowo dla obwodów SELV wymagana jest izolacja podstawowa pomiędzy obwodem SELV a ziemią. W obwodach PELV jeden z przewodów czynnych jest uziemiony.

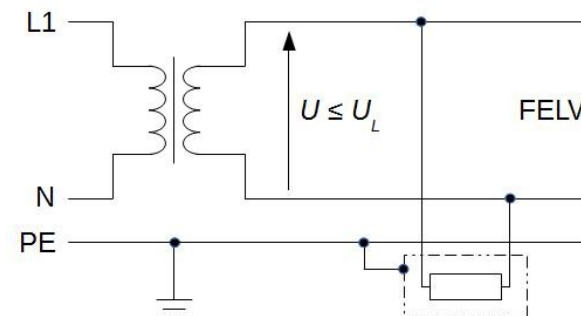
# Ochrona przy uszkodzeniu

Źródłami zasilania dla obwodów SELV lub PELV mogą być:

- transformatory ochronne;
- elektrochemiczne źródła prądu np. bateria;
- źródła prądu zapewniające stopień ochrony równy transformatorowi ochronnemu;
- zasilacze wykonane wg norm, w których zastosowano środki gwarantujące, że w przypadku awarii napięcie na zaciskach wyjściowych nie przekroczy wartości napięcia bezpiecznego dopuszczalnego długotrwale.



Obwody ELV, które nie spełniają wymagań dla obwodów SELV i PELV są obwodami **FELV** (ang. Functional Extra-Low Voltage). W obwodach FELV napięcie jest obniżone ze względów funkcjonalnych, a źródło zasilania nie zapewnia niezawodnego odizolowania obwodu FELV od obwodu zasilania



# Ochrona przy uszkodzeniu

## Ochrona przy uszkodzeniu według normy PN-EN 60204-1

Norma na bezpieczeństwo maszyn **PN-EN 60204-1:2010 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn**

– **Część 1: Wymagania ogólne** podaje środki ochrony przed dotykiem pośrednim jako wybrane z norm:

- IEC 60364-41:2001
- IEC 60364-61:2001

Wyposażenie maszyn powinno być zaprojektowane tak aby była zapewniona ochrona przed porażeniem elektrycznym osób powodowanym:

- dotykiem bezpośrednim;
- dotykiem pośrednim.

Zalecane środkami ochrony przed dotykiem pośrednim są:

- **samoczynne wyłączenie zasilania;**
- **układ PELV.**

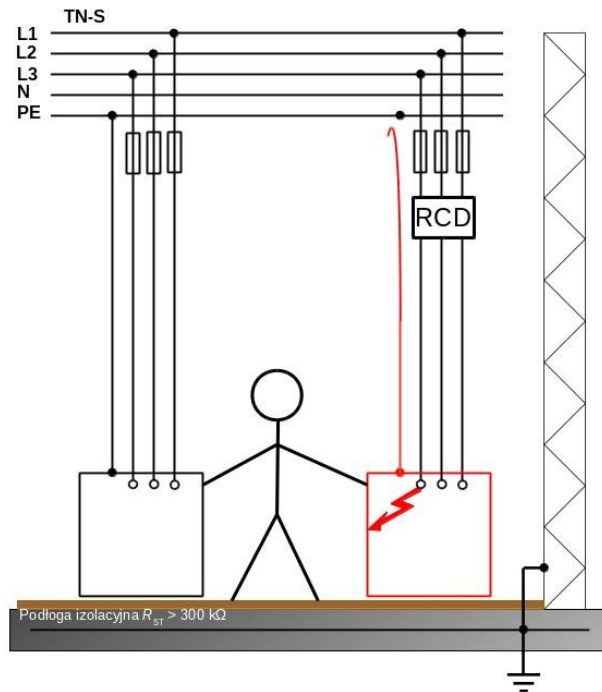
Jeżeli te środki nie mogą być zastosowane, odpowiednie środki ochrony powinny być dobrane zgodnie z normą

IEC 60364-41

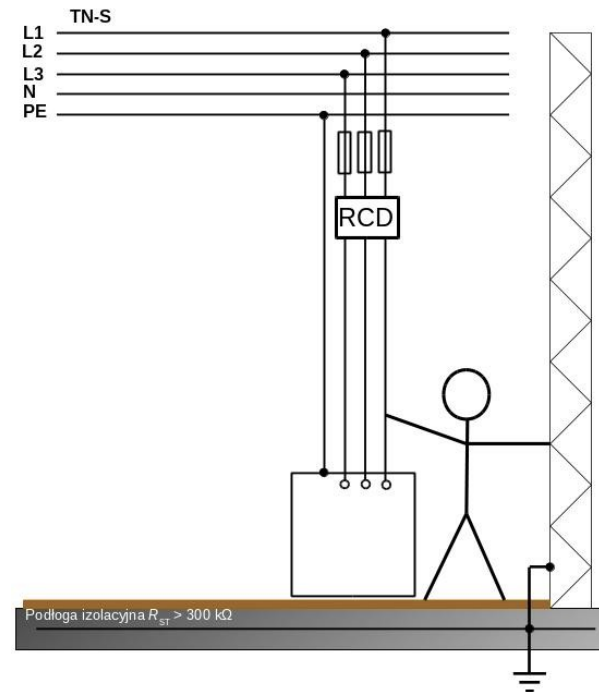
# Ochrona uzupełniająca

## Urządzenie ochronne różnicowoprądowe.

Stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych wysokoczułych ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ) jest uznanym środkiem ochrony uzupełniającej w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu oraz w przypadku nieostrożności użytkowników.



Ochrona przed dotykiem pośrednim w przypadku pojawienie się napięcia na częściach przewodzących dostępnych urządzenia w wyniku podwójnego uszkodzenia

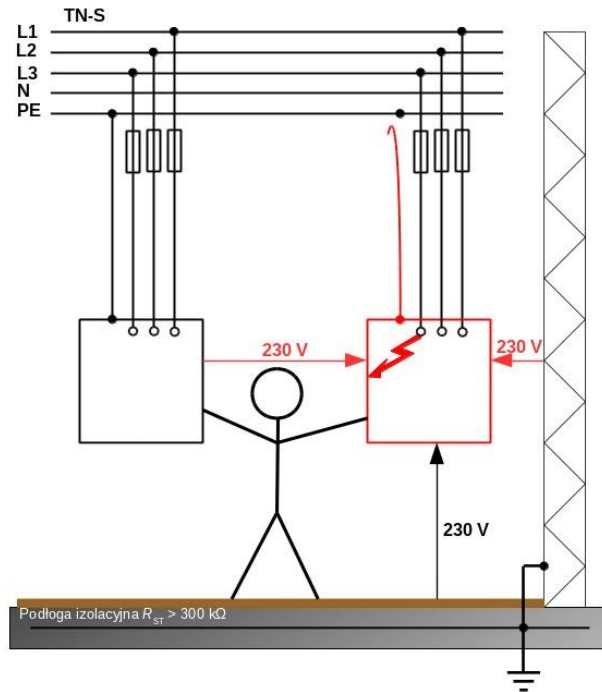


Ochrona przed dotykiem bezpośrednim w przypadku niezamierzonego dotknięcia części czynnych spowodowanego nieuwagą użytkownika

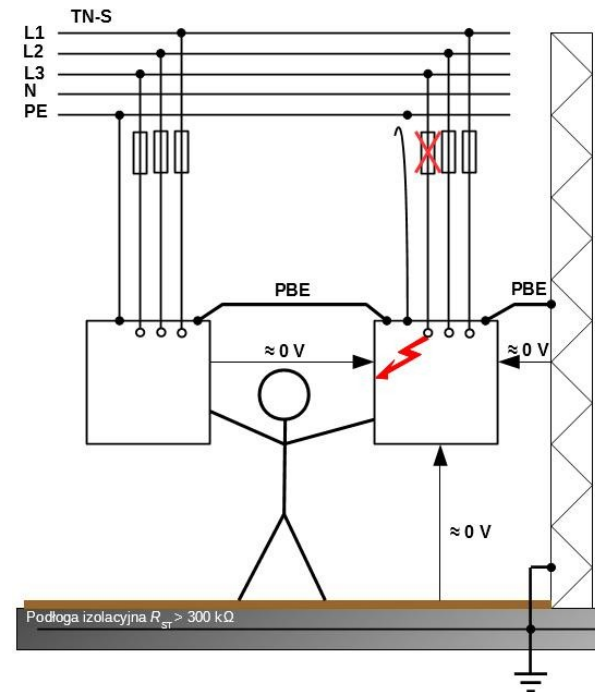
# Ochrona uzupełniająca

## Miejscowe połączenia wyrównawcze ochronne.

Miejscowe połączenie wyrównawcze ochronne powinno obejmować wszystkie jednocześnie dostępne części przewodzące urządzenia stałego i części przewodzące obce. Układ połączeń wyrównawczych powinien być połączony z przewodami ochronnymi wszystkich urządzeń włącznie z gniazdami wtyczkowymi.



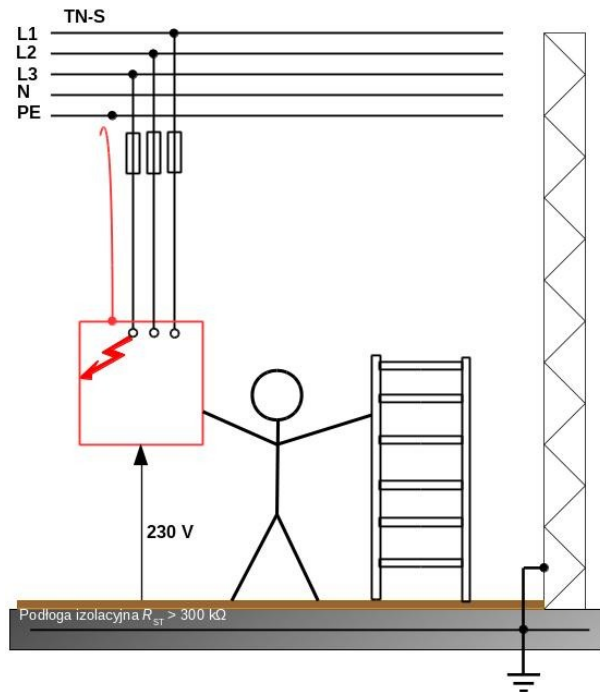
Zagrożenie porażeniem spowodowane przez podwójne uszkodzenie tj. przerwanie przewodu ochronnego i uszkodzenie izolacji podstawowej



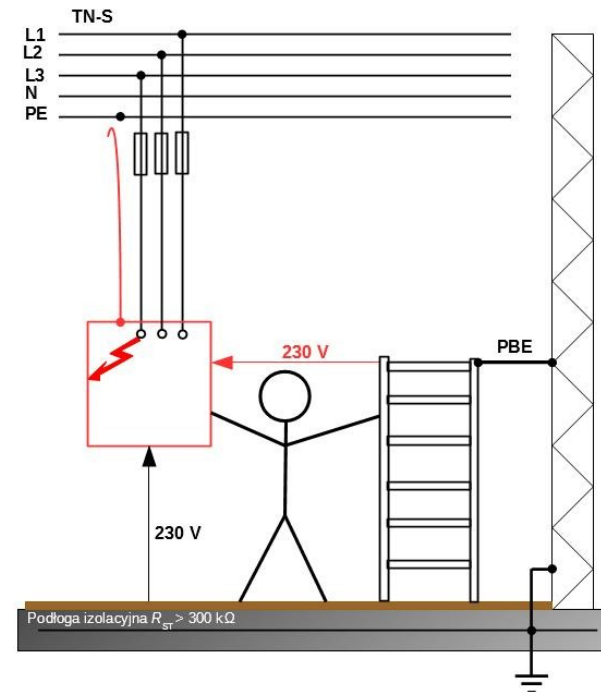
Miejscowe połączenia wyrównawcze (PBE) zapobiegają porażeniu w przypadku wystąpienia podwójnego uszkodzenia

# Ochrona uzupełniająca

Częściami przewodzącymi obcymi nie są przewodzące przedmioty o niewielkich rozmiarach, które nie mogą wprowadzić potencjału elektrycznego z sąsiedniego pomieszczenia lub stanowiska pracy, takie jak np. metalowe regały, szafki itp. Uziemianie takich przedmiotów powoduje zwiększenie zagrożenia porażeniowego przez zmianę warunków środowiskowych **BC – kontakt ludzi z potencjałem ziemi**.



W przypadku podwójnego uszkodzenia przy nieokreślonym potencjale metalowego regału i posadzce o rezystancji  $300 \text{ k}\Omega$  wartość prądu rażeniowego na drodze ręka-nogi wyniesie ok.  $0,8 \text{ mA}$



Przyłączenie metalowego regału do miejscowych połączeń wyrównawczych spowoduje przepływ prądu rażeniowego na drodze ręka-ręka o wartości ok.  $230 \text{ mA}$  (powyżej progu fibrylacji komór serca)

# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

**Wyłączniki różnicowoprądowe** (ang. *residual current device* – RCD) są jedynymi urządzeniami zabezpieczającymi zdolnymi do wyłączenia zasilania w przypadku dotknięcia części pod napięciem lub w przypadku dotknięcia części przewodzących urządzeń elektrycznych, które znalazły się pod napięciem w wyniku podwójnego uszkodzenia.

Tego typu ochrona nazywana ochroną uzupełniającą jest stosowana głównie w obwodach gniazd wtyczkowych i może być realizowana za pomocą wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ).

**Stosowanie wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych jako środka ochrony uzupełniającej nie jest uznawane za wystarczający środek ochronny i nie eliminuje konieczności zastosowania jednego ze środków ochrony przy uszkodzeniu.**

Wyłączniki różnicowoprądowe mogą być stosowane do ochrony przy uszkodzeniu jako urządzenie wyłączające, w takim przypadku wartość znamionowego prądu różnicowego nie ma znaczenia, ale powinna być jak najmniejsza.

Wyłączniki różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym  $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$  mogą chronić przed pożarami spowodowanymi prądami doziemnymi.

Wyłączniki różnicowoprądowe o działaniu bezpośrednim nie mają elementów elektronicznych i ich działanie jest niezależne od napięcia zasilającego.

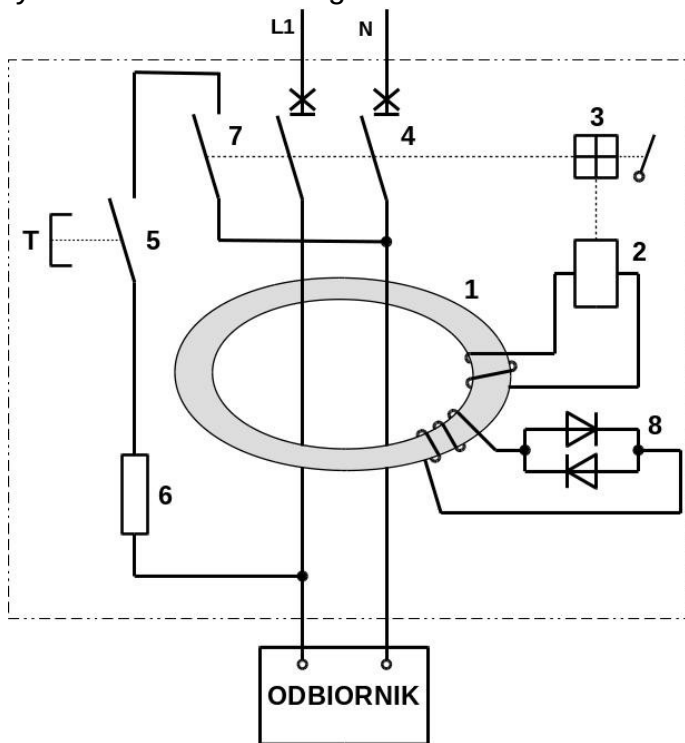
Wyłączniki różnicowoprądowe o działaniu pośrednim mają elementy elektroniczne i ich działanie jest zależne od napięcia zasilającego.

Wyłączniki różnicowoprądowe o działaniu pośrednim mogą być stosowane do ochrony uzupełniającej i nie powinny być stosowane do ochrony przy uszkodzeniu.

# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Budowa wyłącznika różnicowoprądowego o działaniu bezpośrednim

- 1 – Przekładnik sumujący, przez który przechodzą wszystkie przewody robocze chronionego obwodu. Na rdzeniu toroidalnym nawinięte jest uzwojenie wtórne połączone z wyzwalczem (2).
- 2 – Wyzwalacz składający się z rdzenia z magnesem trwałym, uzwojenia i zwory ze sprężyną zwrotną.
- 3 – Zamek połączony mechanicznie z dźwignią, zworą wyzwacza i zestykami wyłącznika.
- 4 – Zestyki główne.
- 5 – Przycisk układu kontrolnego służący do okresowych kontroli działania wyłącznika.
- 6 – Rezystor układu kontrolnego.



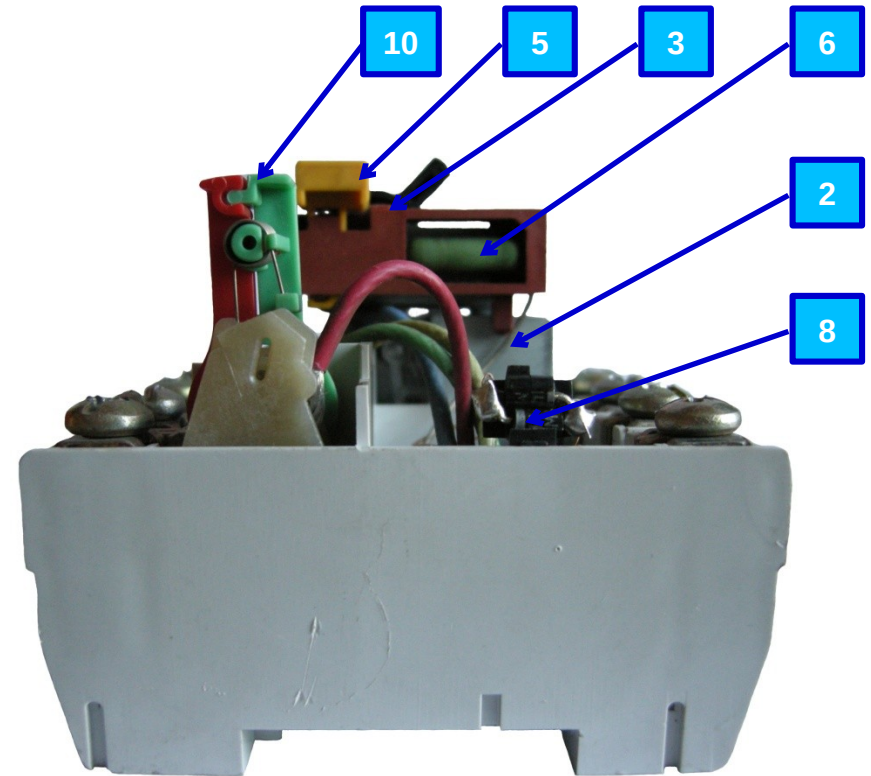
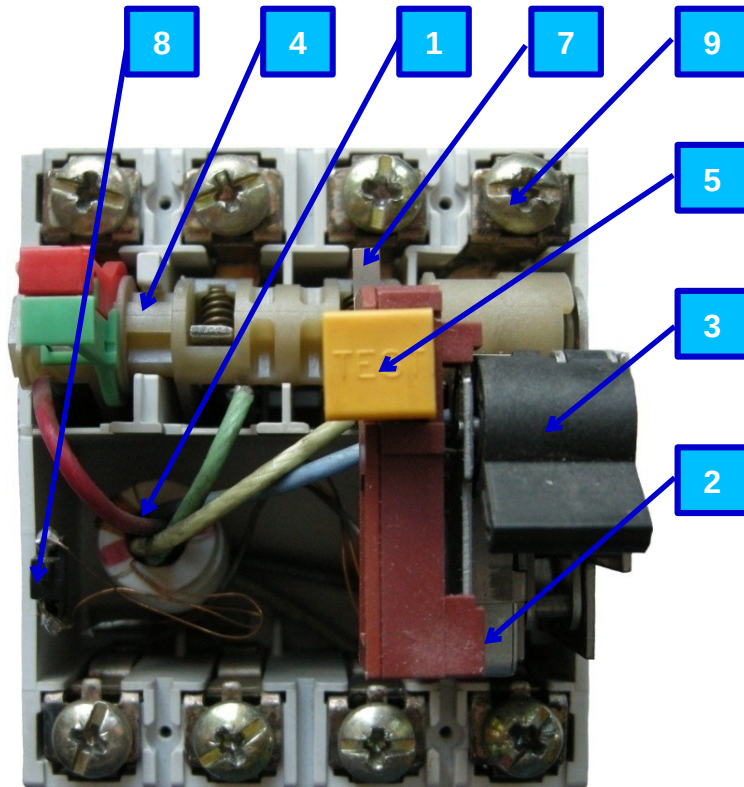
- 7 – Zestyk zabezpieczający rezystor przed uszkodzeniem w przypadku przyłączenia zasilania po stronie odbiornika i przytrzymania przycisku kontrolnego. Rezystory układu kontrolnego mają celowo zaniżoną moc znamionową ze względu na gabaryty, rezystor o prawidłowo dobranej mocy znamionowej nie zmieściłby się w obudowie wyłącznika.
- 8 – Uzwojenie nawinięte na rdzeniu toroidalnym przekładnika sumującego z diodami połączonymi przeciwstawnie w układzie równoległym. Układ chroni wyłącznik przed zbędnym zadziałaniem spowodowanym prądami udarowymi. Jeżeli prąd udarowy w obwodzie pierwotnym przekładnika sumującego wyindukuje w uzwojeniu układu napięcie o wartości przekraczającej wartość napięcia progowego jednej z diod, to prąd płynący w układzie będzie powodował zmniejszenie czułości wyłącznika przez oddziaływanie na strumień magnetyczny przekładnika sumującego.



# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Budowa wyłączników różnicowoprądowych o działaniu bezpośrednim

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – przekładnik sumujący           | 6 – rezystor układu kontrolnego   |
| 2 – wyzwalacz                      | 7 – zestyk układu kontrolnego     |
| 3 – dźwignia i zamek (niewidoczny) | 8 – diody układu przeciwudarowego |
| 4 – zestyki główne (niewidoczne)   | 9 – zaciski przewodów             |
| 5 – przycisk układu kontrolnego    | 10 – wskaźnik położenia styków    |



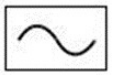
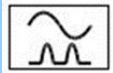

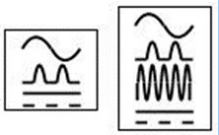
# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Rodzaje i przeznaczenie wyłączników różnicowoprądowych

**RCCB** – (ang. residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection) wyłącznik bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego.

**RCBO** – (ang. residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection) wyłącznik z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym.

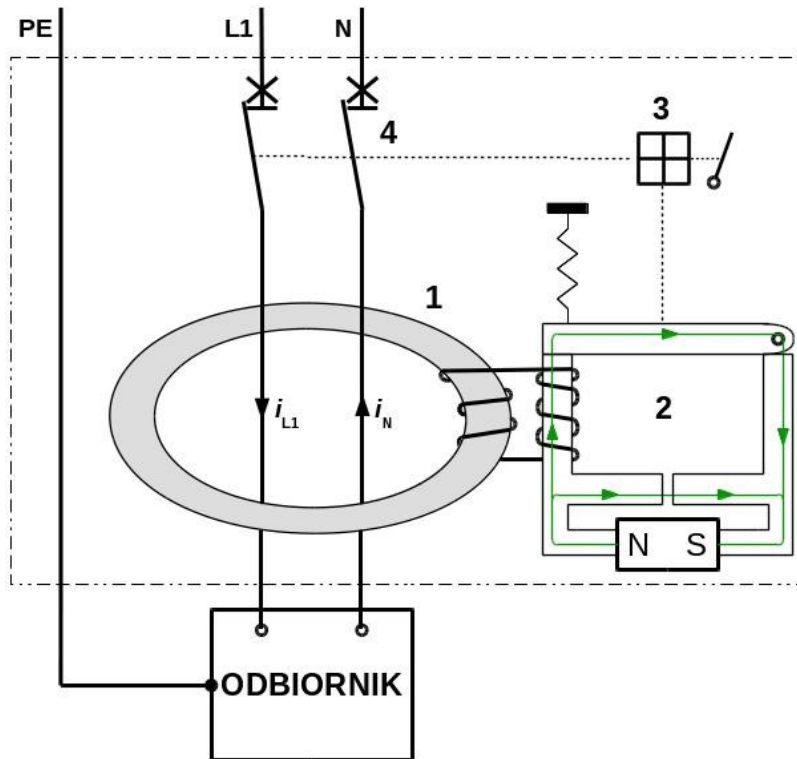
Symbole, oznaczenia i przeznaczenie wyłączników różnicowoprądowych

Symbol	Oznaczenie	Działanie i przeznaczenie
	AC	Wyzwalacz wyłącznika działa przy prądzie różnicowym przemiennym
	A	Wyzwalacz wyłącznika działa przy prądzie różnicowym przemiennym oraz przy prądzie jednokierunkowym pulsującym o składowej stałej nieprzekraczającej 6 mA
	F	Wyzwalacz wyłącznika działa przy prądzie różnicowym przemiennym, przy prądzie jednokierunkowym pulsującym o składowej stałej nieprzekraczającej 10 mA oraz przy prądzie zawierającym harmoniczne
	B	Wyzwalacz wyłącznika działa przy prądzie różnicowym przemiennym, przy prądzie jednokierunkowym pulsującym oraz przy prądzie stałym o pomijalnym tętnieniu. Nowa generacja wyłączników działa dodatkowo przy prądzie przemiennym sinusoidalnym o częstotliwości do 1000 Hz oraz przy prądzie zawierającym harmoniczne (symbol po prawej stronie)

# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Działanie wyłącznika różnicowoprądowego – stan normalny

Podczas zamykania wyłącznika za pomocą elementu napędowego zostają zamknięte zestyki główne (4), a zwora wyzwacza (2) zostaje dociśnięta do rdzenia. Wytworzony przez magnes trwały strumień magnetyczny (linie w kolorze zielonym) przyciąga zworę wyzwacza do rdzenia, pokonując siłę sprężyny zwrotnej. Przez uzwojenie pierwotne przekładnika sumującego (1) przepływa prąd roboczy odbiornika. Prąd roboczy przepływa w przeciwnych kierunkach w obu biegunach i ma taką samą wartość. Algebraiczna suma wartości chwilowych prądów jest równa zero ( $i_{L1} + i_N = 0$ ). W rdzeniu toroidalnym przekładnika sumującego nie wytwarza się strumień magnetyczny, a w uzwojeniu wtórnym nie indukuje się siła elektromotoryczna.



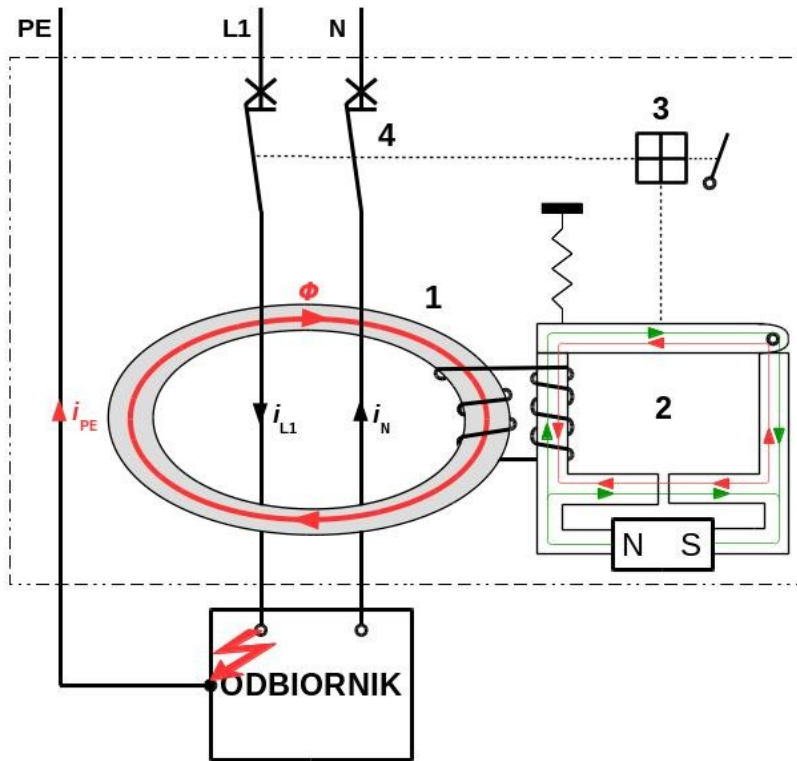
# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Działanie wyłącznika różnicowoprądowego – uszkodzenie izolacji

W przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej w zasilanym obwodzie prąd płynący przez przekładnik sumujący (1) jest większy w biegunie – L1 od prądu w biegunie N o wartość prądu uszkodzeniowego płynącego w przewodzie ochronnym  $I_{PE}$ . Algebraiczna suma wartości chwilowych prądów nie jest równa zero i jest określana jako prąd różnicowy ( $i_{L1} + i_N > 0$ ). Prąd różnicowy spowoduje powstanie w rdzeniu przekładnika sumującego strumienia magnetycznego –  $\Phi$ , który wyindukuje siłę elektromotoryczną w uzwojeniu wtórnym przekładnika.

Pod wpływem siły elektromotorycznej (napięcia) w uzwojeniu wtórnym przekładnika i w połączonym z nim uzwojeniu wyzwalacza (2) płynie prąd, który powoduje wytworzenie strumienia magnetycznego w rdzeniu wyzwalacza (linie w kolorze zielonym). Strumień magnetyczny

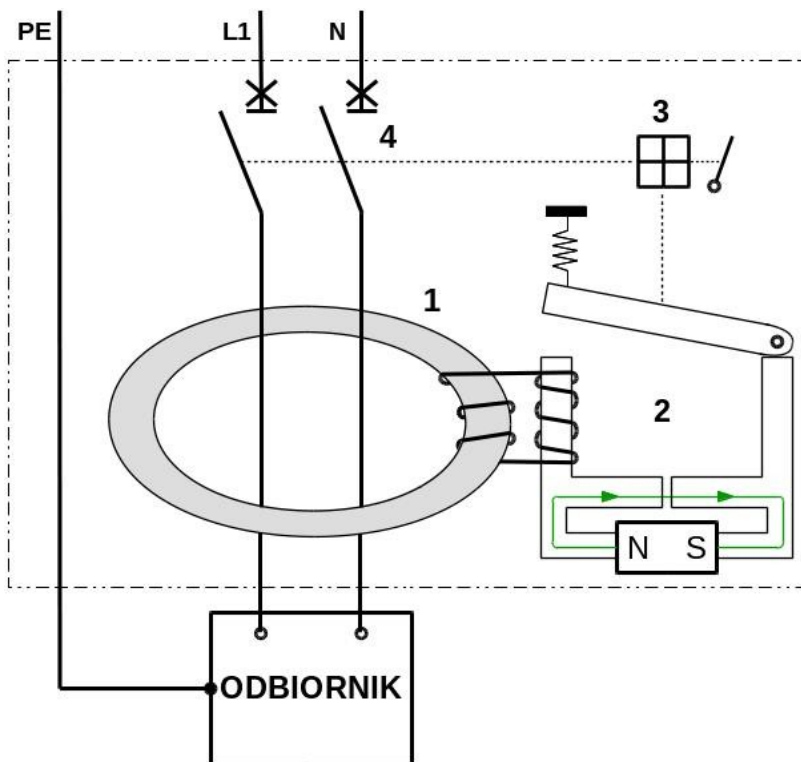
wytworzony przez prąd w uzwojeniu wyzwalacza (linie w kolorze czerwonym) osłabia strumień magnetyczny wytworzony przez magnes trwały (linie w kolorze zielonym) i powoduje odpadnięcie zwory wyzwalacza przyciąganej przez sprężynę zwrotną.



# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Działanie wyłącznika różnicowoprądowego – wyłączenie zasilania

Ruch odpadającej zwory przyciąganej przez sprężynę zwrotną powoduje zwolnienie zapadki zamka (3), otwarcie zestyków głównych (4) i odłączenie zasilania przez wyłącznik.



Wyłączniki różnicowoprądowe powinny być regularnie kontrolowane za pomocą przycisku kontrolnego. Wynik testu jest pozytywny jeżeli wyłącznik natychmiast się otworzy. W wyłącznikach różnicowoprądowych, które nie są otwierane przez długi czas może wystąpić adhezyjne przywarcie zwory wyzwalacza i spowodować brak zadziałania przy przepływie prądu różnicowego. W przypadku wystąpienia przywarcia zwory wyzwalacza ręczne otwarcie i zamknięcie wyłącznika przywraca mu sprawność.

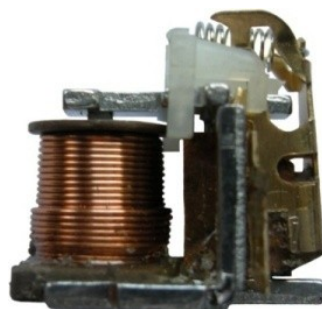
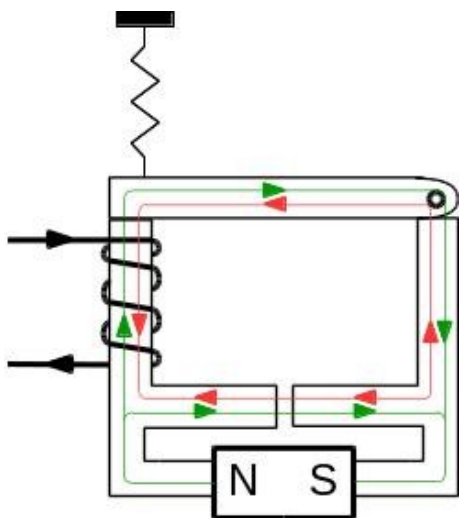
# Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

## Zasada działania wyzwalacza spolaryzowanego

Zwora rdzenia wyzwalacza jest przytrzymywana przez strumień magnetyczny wytworzony przez magnes trwały (linie kolorze zielonym).

Prąd w uzwojeniu wyzwalacza pojawiający się pod wpływem prądu różnicowego w przekładniku sumującym powoduje wytworzenie w rdzeniu wyzwalacza strumienia magnetycznego (linie w kolorze czerwonym).

W zależności od kierunku prądu strumień magnetyczny wytworzony przez uzwojenie będzie osłabiał lub wzmacniał strumień magnetyczny wytworzony przez magnes trwały. Zwora rdzenia odpada w półokresie, w którym prąd uzwojenia osłabia strumień magnetyczny magnesu trwałego i umożliwia odciągnięcie zwory przez sprężynę zwrotną. Zależność od kierunku prądu może powodować dodatkową zwłokę w działaniu wyzwalacza wynoszącą kilka milisekund jeżeli początkowy prąd będzie miał kierunek, który powoduje wzmocnienie strumienia magnetycznego magnesu trwałego. Szczelina w rdzeniu magnetycznym powoduje zamknięcie strumienia magnetycznego wytwarzanego przez prąd uzwojenia. Przy odciągniętej zworze strumień magnetyczny magnesu trwałego przechodzi przez szczelinę w rdzeniu magnetycznym zapobiegając przemagnesowaniu rdzenia. Oprócz wyzwalaczy spolaryzowanych produkowane są również wyzwalacze niespolaryzowane, których działanie jest niezależne od kierunku prądu.



# Prace eksploatacyjne

## **Organizacja prac eksploatacyjnych – prace eksploatacyjne**

Prace Eksploatacyjne powinny być prowadzone zgodnie z **rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 25 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych** (Dz.U. 2019 poz. 1830). Dodatkowe informacje odnośnie organizacji prac eksploatacyjnych znajdują się w normie **PN-EN 50110-1 Eksploatacja urządzeń elektrycznych**.

**Prace eksploatacyjne** – prace wykonywane przy urządzeniach energetycznych z zachowaniem zasad bezpieczeństwa i wymagań ochrony środowiska w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym.

**Urządzenia energetyczne** – urządzenia, instalacje i sieci, w rozumieniu przepisów prawa energetycznego, stosowane w technicznych procesach wytwarzania, przetwarzania, przesyłania, dystrybucji, magazynowania oraz użytkowania paliw lub energii.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – instrukcja eksploatacji

Prace eksploatacyjne prowadzi się zgodnie z instrukcją eksploatacji urządzenia energetycznego lub grupy urządzeń energetycznych, opracowaną przez pracodawcę. Wymagana zawartość instrukcji eksploatacji została podana w rozporządzeniu (Dz.U. 2019 poz. 1830) i zawiera m.in.:

- charakterystykę urządzenia energetycznego lub grupy urządzeń energetycznych;
- opis w niezbędnym zakresie układów automatyki, pomiarów, sygnalizacji, zabezpieczeń i sterowań;
- opis czynności związanych z uruchomieniem, obsługą w czasie pracy i zatrzymaniem urządzenia energetycznego
- zasady postępowania w razie awarii oraz zakłóceń w pracy urządzenia energetycznego lub grup urządzeń energetycznych;
- wymagania w zakresie eksploatacji urządzenia energetycznego oraz terminy przeprowadzania przeglądów, prób i pomiarów;
- wymagania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz przepisów przeciwpożarowych dla danego urządzenia energetycznego lub grupy urządzeń energetycznych;
- identyfikację zagrożeń dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska naturalnego związanych z eksploatacją danego urządzenia energetycznego lub grupy urządzeń energetycznych oraz zasady postępowania pozwalające na eliminację podanych zagrożeń;
- organizację prowadzenia prac eksploatacyjnych;
- wymagania dotyczące środków ochrony zbiorowej lub indywidualnej, zapewnienia asekuracji i łączności ;
- wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją danego urządzenia lub grupy urządzeń energetycznych, określone w odrębnych przepisach.



# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – instrukcja organizacji bezpiecznej pracy

Prace przy urządzeniach energetycznych prowadzi się zgodnie z **instrukcją organizacji bezpiecznej pracy**, opracowaną przez pracodawcę.

Wymagana zawartość instrukcji organizacji bezpiecznej pracy została podana w rozporządzeniu (Dz.U. 2019 poz. 1830) i zawiera m.in.:

- określenie funkcji oraz zasad wyznaczania: poleceńodawcy, koordynującego, dopuszczającego i kierującego zespołem, wraz z wymaganymi zakresami ich kwalifikacji;
- określenie zasad rejestrowania, wydawania, przekazywania, obiegu i przechowywania poleceń pisemnych, określenie wzoru polecenia pisemnego;
- ewidencjonowania i okresowych badań sprzętu ochronnego elektroizolacyjnego i wskazującego obecność napięcia;
- rejestrowania czynności i wymagań organizacji prac eksploatacyjnych na polecenie pisemne;
- określenie wykazu prac pomocniczych przy urządzeniach energetycznych, które mogą być wykonywane przez osoby niebędące osobami uprawnionymi;
- określenie zasad organizacji i nadzoru prac oraz narzędzi i środków ochronnych;
- określenie warunków i nadzoru bezpiecznego prowadzenia prac przy urządzeniach elektroenergetycznych wymagających użycia sprzętu zmechanizowanego;
- określenie wzoru polecenia pisemnego oraz zmian, jakie mogą być wprowadzone w poleceniu pisemnym.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – funkcje

**Poleceniodawca** – osoba upoważniona, wyznaczona przez pracodawcę do wydawania poleceń pisemnych, posiadającą ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru.

**Koordynujący** – osoba upoważniona, wyznaczona przez poleceniodawcę do koordynacji prac określonych w poleceniu pisemnym, związanych z ruchem urządzeń energetycznych, posiadającą ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru.

**Dopuszczający** – osoba upoważniona, wyznaczona przez poleceniodawcę i upoważniona przez pracodawcę do wykonywania czynności związanych z dopuszczeniem do prac eksploatacyjnych w zakresie przygotowania, przekazania i likwidacji strefy pracy oraz zakończenia pracy, posiadającą ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji.

**Kierownik zespołu** – osoba upoważniona, wyznaczona przez poleceniodawcę do kierowania zespołem, posiadającą umiejętności zawodowe w zakresie wykonywanej pracy oraz ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji.

**Koordynator** (wyznaczony zgodnie z art. 208 Kodeksu pracy) – ustala harmonogram prac uwzględniający zadania wszystkich zespołów realizujących prace, jeżeli wymaga tego bezpieczeństwo lub technologia ich wykonywania, zapewnienie współpracy osób kierujących pracami zespołów i osób nadzorujących te prace oraz ustala sposoby łączności i sposoby alarmowania w sytuacji zaistnienia zagrożenia lub awarii.

**Nadzorujący** – osoba upoważniona przez poleceniodawcę posiadającą ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru lub eksploatacji, wykonującego wyłącznie czynności nadzoru np. w przypadku pracy wykonywanej przez osoby niewykwalifikowane (funkcja określona w uchylonym rozporządzeniu Dz.U. 1999 nr 80 poz. 912).

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – polecenie pisemne

Zgodnie z rozporządzeniem Dz.U. 2019 poz. 1830, prace eksploatacyjne stwarzające możliwość wystąpienia zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego należy wykonywać na podstawie polecenia pisemnego.

Do **prac stwarzających możliwość wystąpienia szczególnego zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego** należą m. in.:

wewnątrz zbiorników, kanałów, urządzeń technicznych i w innych niebezpiecznych przestrzeniach zamkniętych urządzenia energetycznego;  
z zakresu konserwacji, remontów, montażu, kontrolno-pomiarowe, wykonywane w pobliżu nieosłoniętych urządzeń elektroenergetycznych lub ich części, znajdujących się pod napięciem;  
z zakresu konserwacji, remontów, kontrolno-pomiarowe, wykonywane przy urządzeniach elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem, z wyłączeniem prac wykonywanych stale przez osoby upoważnione w ustalonych miejscach pracy na podstawie instrukcji eksploatacji.

Pełny wykaz prac znajduje się w rozporządzeniu Dz.U. 2019 poz. 1830.

### **Bez pozwolenia pisemnego jest dozwolone:**

wykonywanie czynności związanych z ratowaniem zdrowia lub życia ludzkiego lub środowiska naturalnego;  
zabezpieczanie przez osoby uprawnione mienia przed zniszczeniem;  
prowadzenie przez osoby uprawnione i osoby upoważnione prac eksploatacyjnych określonych w instrukcji eksploatacji ustalonych przez pracodawcę.

# Prace eksploatacyjne

## **Organizacja prac eksploatacyjnych – polecenie pisemne**

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych Dz.U. 2019 poz. 1830 polecenie pisemne wykonania pracy zawiera co najmniej :

- numer polecenia;
- określenie osób wyznaczonych do organizowania oraz wykonania pracy;
- określenie zakresu prac do wykonania i strefy pracy;
- określenie warunków i środków ochronnych niezbędnych do zapewnienia bezpiecznego przygotowania i wykonania poleconych prac wynikających z zagrożeń występujących w strefie pracy i w jej bezpośrednim sąsiedztwie;
- wyznaczenie terminu rozpoczęcia i zakończenia prac oraz przerw w ich wykonaniu wraz z warunkami wznowienia prac po przerwie.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – kwalifikacje

Osoby zajmujące się eksploatacją sieci oraz urządzeń i instalacji określonych w przepisach, obowiązane są posiadać kwalifikacje potwierdzone świadectwem wydanym przez komisje kwalifikacyjne.

Świadectwa kwalifikacyjne wydane osobom zajmującym się eksploatacją urządzeń, instalacji lub sieci tracą ważność po upływie 5 lat od dnia ich wydania.

W razie stwierdzenia, że eksploatacja urządzeń, instalacji lub sieci jest prowadzona niezgodnie z przepisami dotyczącymi ich eksploatacji, na wniosek pracodawcy, inspektora pracy, Prezesa URE lub innego organu właściwego w sprawach regulacji gospodarki paliwami i energią, sprawdzenie spełnienia wymagań kwalifikacyjnych należy powtórzyć.

Świadectwo kwalifikacyjne jest wymagane dla rodzajów prac i stanowisk w zakresie:

- 1) eksploatacji** – stanowiska osób wykonujących prace dotyczące obsługi, konserwacji, remontu, naprawy, montażu lub demontażu i czynności kontrolno-pomiarowych.
- 2) dozoru** – stanowiska osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie eksploatacji lub stanowiska osób sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – kwalifikacje

Prace, o których mowa w pkt. 1 i 2 dotyczą wykonywania czynności w zakresie:

- **obsługi**, które mają wpływ na zmiany parametrów pracy obsługiwanych urządzeń, instalacji i sieci;
- **konserwacji**, które są związane z zabezpieczeniem i utrzymaniem należytego stanu technicznego urządzeń, instalacji i sieci;
- **remontu lub naprawy**, które są związane z usuwaniem usterek i awarii urządzeń, instalacji i sieci w celu doprowadzenia ich do wymaganego stanu technicznego;
- **montażu lub demontażu**, które są niezbędne do instalowania lub odinstalowywania i przyłączania lub odłączania urządzeń, instalacji i sieci;
- **kontrolno-pomiarowym**, które są niezbędne do dokonania oględzin, oceny stanu technicznego, parametrów eksploatacyjnych, jakości regulacji i sprawności energetycznej urządzeń, instalacji i sieci.

Świadectwo kwalifikacyjne nie jest wymagane do wykonywania czynności związanych z obsługą:

- urządzeń elektrycznych o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV i mocy znamionowej nie wyższej niż 20 kW, jeżeli w dokumentacji urządzenia określono zasady jego obsługi;
- urządzeń lub instalacji cieplnych o mocy zainstalowanej nie wyższej niż 50 kW.

Urządzenia, instalacje i sieci, przy eksploatacji których wymagane jest posiadanie kwalifikacji zostało podzielone na grupy:

**Grupa 1** - urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, magazynujące, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną;

**Grupa 2** - urządzenia wytwarzające, magazynujące, przetwarzające, przesyłające i zużywające ciepło oraz inne urządzenia energetyczne;

**Grupa 3** - urządzenia, instalacje i sieci gazowe wytwarzające, przetwarzające, przesyłające, magazynujące i zużywające paliwa gazowe.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – kwalifikacje

### Grupa 1, obejmuje:

- urządzenia prądotwórcze przyłączone do sieci przesyłowej lub dystrybucyjnej energii elektrycznej bez względu na wysokość napięcia znamionowego;
- urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV;
- urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV i napięciu znamionowym nie wyższym niż 30 kV;
- urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV i napięciu znamionowym nie wyższym niż 110 kV;
- urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym wyższym niż 110 kV;
- zespoły prądotwórcze o mocy wyższej niż 50 kW;
- urządzenia elektrotermiczne;
- urządzenia do elektrolizy;
- urządzenia elektrycznego oświetlenia ulicznego;
- elektryczna sieć trakcyjna;
- elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym;
- urządzenia umożliwiające magazynowanie energii elektrycznej i jej wprowadzanie do sieci elektroenergetycznej o mocy wyższej niż 10 kW;
- aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacji;
- urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia;
- urządzenia ratowniczo-gaśnicze;
- urządzenia ochrony granic.

# Prace eksploatacyjne

## Organizacja prac eksploatacyjnych – upoważnienie

**Prace eksploatacyjne mogą wykonywać osoby upoważnione.**

Pod nadzorem osoby upoważnionej pracodawca dopuszcza do wykonywania prac eksploatacyjnych przy urządzeniach energetycznych osoby niebędące osobami uprawnionymi:

- w celu przyuczenia do zawodu z uwzględnieniem przepisów w sprawie zatrudnienia młodocianych;
- reprezentujące organy nadzoru;
- prowadzące specjalistyczne prace serwisowe.



# Prace eksploatacyjne

## **Organizacja prac eksploatacyjnych – prace pomocnicze**

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych z dnia 25 sierpnia 2019 roku, pracodawca określa wykaz prac pomocniczych przy urządzeniach lub grupach urządzeń energetycznych, które mogą być wykonywane przez osoby niebędące osobami uprawnionymi.

Pracodawca określa sposób organizacji i nadzoru prac pomocniczych.

Do prac pomocniczych zalicza się w szczególności prace:

- budowlane;
- malarskie;
- porządkowe;
- pielęgnacyjne;
- transportowe;
- związane z obsługą sprzętu zmechanizowanego.

Osoby wykonujące prace pomocnicze przy urządzeniach energetycznych lub grupach urządzeń energetycznych mogą wchodzić w skład zespołu wykonującego prace eksploatacyjne przy tych urządzeniach lub grupach urządzeń energetycznych.

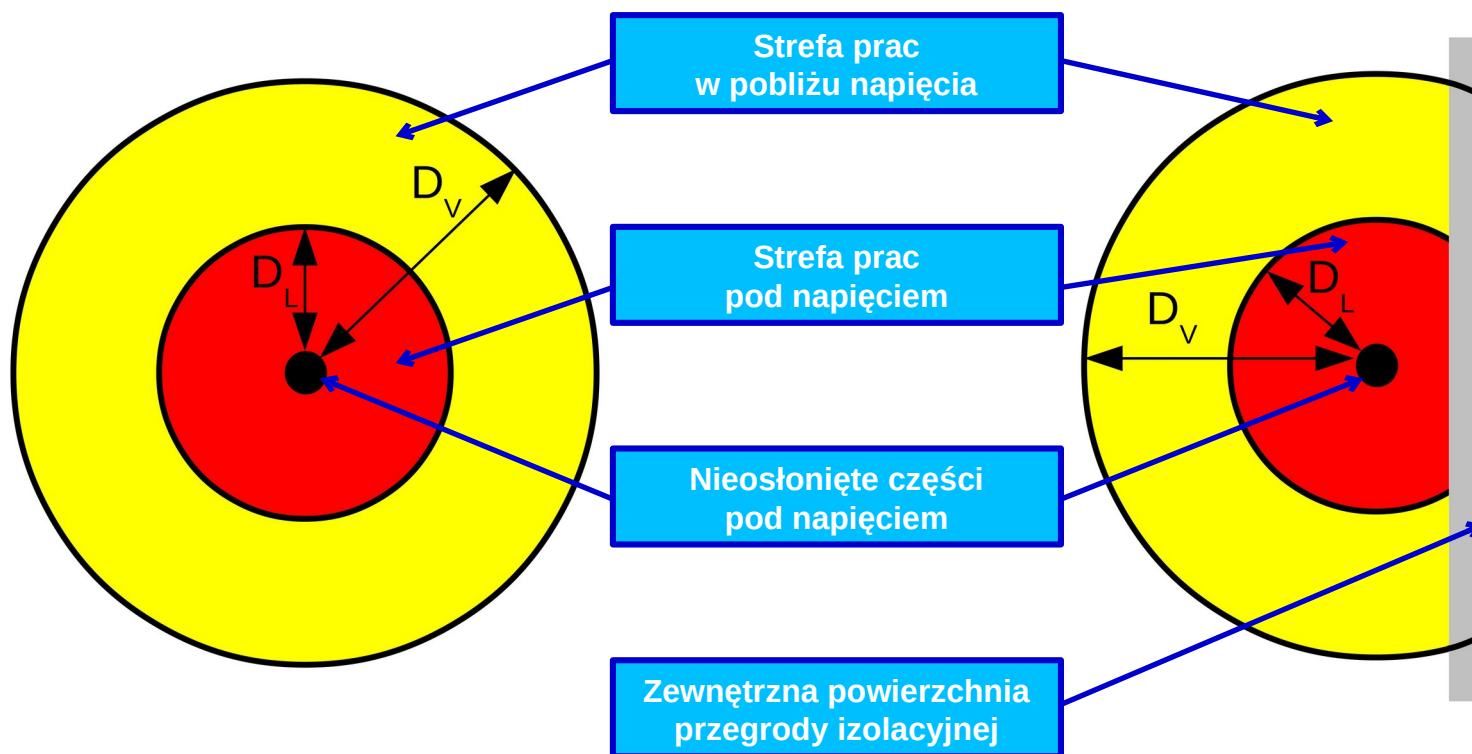
# Prace eksploatacyjne

## Granice stref dla procedur roboczych przy napięciu do 1kV

$D_L$  – bez dotyku (odległość wyznaczająca zewnętrzną granicę strefy prac pod napięciem).

$D_V$  – 300 mm (odległość wyznaczająca zewnętrzną granicę strefy prac w pobliżu napięcia).

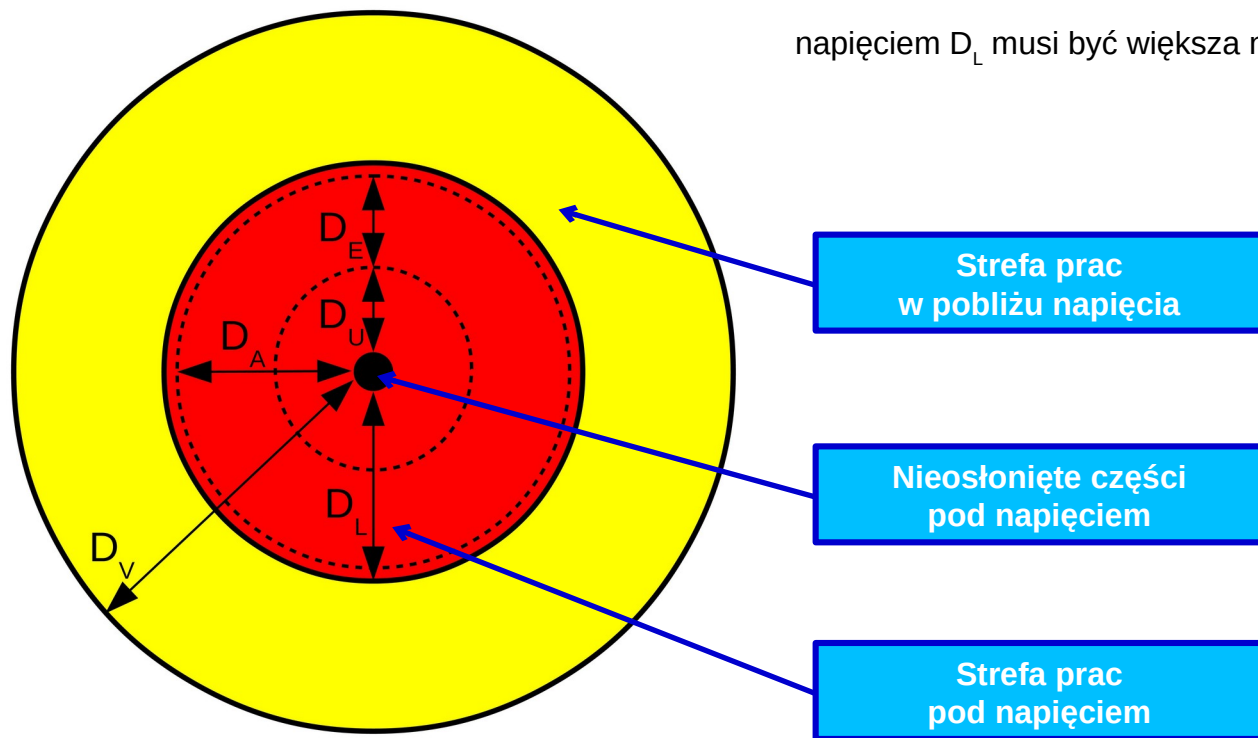
Strefa prac w pobliżu napięcia ( $D_V$ ) może być ograniczona przez osłony, granicą strefy jest zewnętrzna powierzchnia osłony.



# Prace eksploatacyjne

## Granice stref dla procedur roboczych przy napięciu do 1kV

Konieczność zwiększenia odstępów określających rozmiary stref prac o odstęp ergonomiczny  $D_E$  może wynikać z warunków w miejscu pracy takich jak np.: trudność z zachowaniem właściwego odstępu, trzymanie przez pracownika przewodzących przedmiotów, obecność w strefie prac w przedmiotów przewodzących o nieustalonym potencjale i/lub przewodzących przedmiotów, które mogą być przemieszczane. W normach na prace pod napięciem dotyczących wysokiego napięcia jest składnikiem minimalnej odległości zbliżenia  $D_A$ . Minimalna odległość zbliżenia  $D_A$  jest sumą odstępu elektrycznego  $D_U$  i odstępu ergonomicznego  $D_E$  ( $D_A = D_U + D_E$ ). W przypadku napięcia niskiego konieczność zwiększenia odstępów wynika również z niewielkich rozmiarów stref pracy. Typowym odstępem  $D_E$  dla napięć niskich jest 300 mm. Granica strefy prac pod napięciem  $D_L$  musi być większa niż minimalna odległość zbliżenia  $D_A$  ( $D_L \geq D_A$ ).



# Prace eksploatacyjne

## Rodzaje prac eksploatacyjnych

Jeżeli nie jest możliwe uziemienie urządzeń, stosuje się inne dodatkowe środki techniczne lub organizacyjne, zapewniające bezpieczeństwo prowadzenia prac określone w instrukcji eksploatacji.

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

- **pod napięciem;**
- **w pobliżu napięcia;**
- **przy wyłączonym napięciu.**

Zgodnie z rozporządzeniem Dz.U. 2019 poz. 1830, przed rozpoczęciem prac pod napięciem lub w pobliżu napięcia osoby skierowane do tych prac zapoznaje się z instrukcją określającą technologię, wymaganymi narzędziami oraz środkami ochronnymi, które stosuje się podczas prowadzenia tych prac.

# Prace eksploatacyjne

## Prace przy wyłączonym napięciu

Zgodnie z rozporządzeniem Dz.U. 2019 poz. 1830, przed przystąpieniem do wykonywania prac przy urządzeniach elektroenergetycznych odłączonych od napięcia: :

- stosuje się zabezpieczenie przed przypadkowym lub celowym załączeniem napięcia w sposób określony w instrukcji eksploatacji;
- oznacza się w sposób widoczny wszystkie miejsca odłączenia;
- sprawdza się, czy nie występuje napięcie na odłączonych urządzeniach;
- uziemia się odłączone urządzenia, jeżeli wymaga tego technologia prac;
- oznacza się strefę pracy znakami bezpieczeństwa.

Przed przystąpieniem do prac przy urządzeniach elektroenergetycznych, wyłącza się napięcie w sposób uniemożliwiający pojawienie się napięcia na odłączonych urządzeniach.

Jeżeli nie jest możliwe uziemienie urządzeń, stosuje się inne dodatkowe środki techniczne lub organizacyjne, zapewniające bezpieczeństwo prowadzenia prac określone w instrukcji eksploatacji.

# Prace eksploatacyjne

## Praca w pobliżu napięcia

**Prace w pobliżu części pod napięciem powyżej 50 V napięcia przemiennego oraz 120 V napięcia stałego mogą być prowadzone jedynie wtedy, gdy zostaną podjęte środki uniemożliwiające dotknięcie części pod napięciem lub przekroczenie strefy prac pod napięciem.**

W celu ograniczenia zagrożeń w pobliżu napięcia można zapewnić ochronę poprzez stosowanie ekranów, przegród, osłon lub poprzez obudowy izolacyjne.

Urządzenia te powinny zapewniać ochronę przed zbliżeniem do nieosłoniętych części pod napięciem o stopniu IP2X. Jeżeli środki te nie mogą być zastosowane, należy zapewnić ochronę poprzez pracę w odległości bezpiecznej, nie mniejszej niż DL , a w razie potrzeby przez zapewnienie odpowiedniego nadzoru.

Przed rozpoczęciem pracy osoba odpowiedzialna za pracę powinna poinstruować personel, szczególnie osoby niemające praktyki w pracach w pobliżu napięcia, o konieczności zachowania bezpiecznych odstępów, podjętych środkach bezpieczeństwa oraz potrzebie bezpiecznego, świadomego zachowania. Należy precyzyjnie określić granice miejsca pracy oraz zwrócić uwagę na nietypowe okoliczności i warunki. Instruktaż ten należy powtarzać w koniecznych etapach pracy oraz po wystąpieniu zmian warunków pracy.

Pracownik powinien sam się upewnić, czy podczas wykonywania ruchów żadną częścią swojego ciała, narzędziami czy przedmiotami trzymanymi w rękach nie przekroczy strefy prac pod napięciem.

# Prace eksploatacyjne

## Praca pod napięciem

**Przy pracach pod napięciem należy podjąć wszelkie środki zapobiegające porażeniom elektrycznym oraz zwarciom.** Należy uwzględnić wszystkie różnice potencjałów występujące w miejscu pracy.

Należy zwrócić uwagę na zapewnienie pracownikowi stabilnej pozycji w miejscu pracy, umożliwiającej swobodne posługiwanie się obiema rękami.

Pracownicy powinni stosować odpowiedni ubiór roboczy, osobisty, wyposażenie, sprzęt ochronny oraz nie powinni mieć przy sobie przedmiotów metalowych, jeśli mogłoby to spowodować zagrożenie elektryczne. W zależności od rodzaju i warunków prowadzonych prac personel wykonujący prace powinien być odpowiednio wykwalifikowany i dodatkowo przeszkolony.

W układach SELV o bardzo niskim napięciu dopuszczalne są prace pod napięciem bez zabezpieczenia przed dotykiem bezpośrednim, natomiast należy podjąć środki ostrożności zabezpieczające przed zwarciami.

Przy urządzeniach niskiego napięcia (do 1000 V napięcia przemiennego oraz do 1500 V napięcia stałego) oraz w układach PELV i FELV, zabezpieczonych przed przetężeniami i zwarciami, wymaga się stosowania tylko ochron izolacyjnych zabezpieczających przed zbliżeniem do sąsiednich części pod napięciem oraz stosowania przez pracowników narzędzi izolowanych, i izolacyjnych jak również odpowiedniego wyposażenia osobistego.

Pracownik powinien sam się upewnić, czy podczas wykonywania ruchów żadną częścią swojego ciała, narzędziami czy przedmiotami trzymanymi w rękach nie przekroczy strefy prac pod napięciem.

# Odlączenie izolacyjne napięcia

## Odlączenie izolacyjne – rodzaje łączników

Łączniki elektroenergetyczne można podzielić na 3 grupy: odlączniki, rozłączniki i wyłączniki. O przynależności łącznika do danej grupy decyduje stosunek znamionowego prądu wyłłączalnego  $I_e$  do znamionowego prądu ciągłego  $I_u$ .

**Odlączniki** (łączniki izolacyjne)



$$I_e/I_u \approx 0$$

Łączniki o zdolności łączeniowej bliskiej zeru, są przeznaczone do odlączenia izolacyjnego zasilania. Odlączniki zapewniają przerwę biegunową bezpieczną.

**Rozłączniki** (łączniki robocze)



$$1 \leq I_e/I_u \leq 10$$

Łączniki przeznaczone do załączania i wyłączania prądów roboczych i prądów przeciążeniowych nie przekraczających 10-krotnej wartości prądu znamionowego ciągłego.

**Wyłączniki** (łączniki zwarciovowe)



$$I_e/I_u > 10$$

Łączniki przeznaczone do załączania i wyłączania prądów roboczych i prądów zwarciovych przekraczających 10-krotną wartość prądu znamionowego ciągłego.

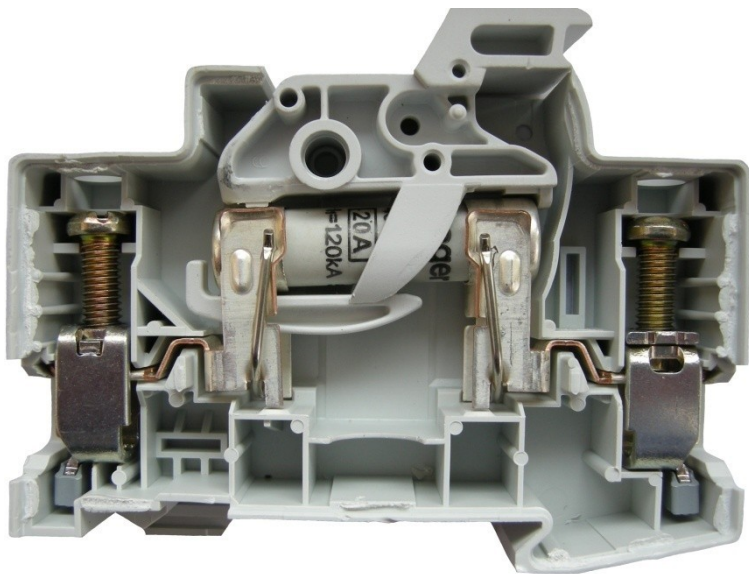


# Odlączenie izolacyjne napięcia

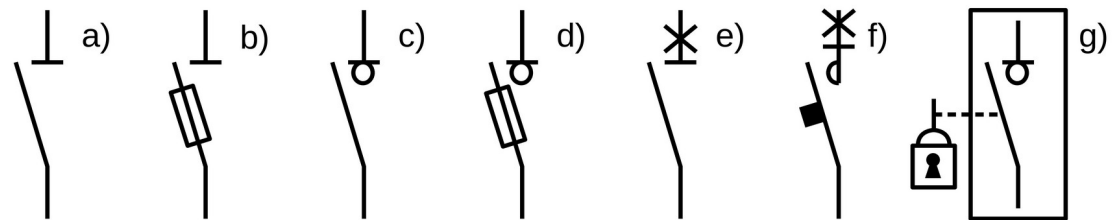
## Odlączenie izolacyjne – rodzaje łączników

Urządzenie do odłączania izolacyjnego zasilania powinno skutecznie odłączać wszystkie bieguny (w instalacji o układzie TN przewód neutralny nie musi być rozłączany) zasilania danego obwodu.

Odstęp izolacyjny między otwartymi stykami urządzenia powinien być widoczny lub stwierdzony na podstawie wskaźnika położenia styków. Urządzenie powinno być wykonane i instalowane w sposób uniemożliwiający przypadkowe zamknięcie styków np. w wyniku wstrząsów lub wibracji. Urządzenia półprzewodnikowe nie mogą być stosowane jako urządzenia do odłączania izolacyjnego.



Odłącznik bezpiecznikowy



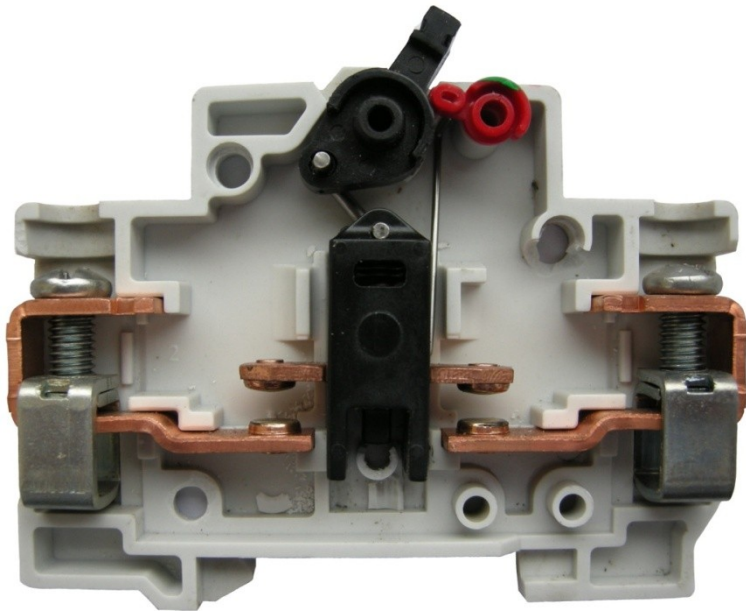
Symbole łączników, które można stosować do realizacji funkcji odłączania izolacyjnego: a) odłącznik; b) odłącznik bezpiecznikowy; c) rozłącznik; d) rozłącznik bezpiecznikowy; e) wyłącznik; f) łącznik wielozadaniowy; g) rozłącznik konserwacyjny

# Odlączenie izolacyjne napięcia

## Odlączenie izolacyjne – wymagania

Urządzenie do odlączenia izolacyjnego powinno spełniać dwa wymagania:

- nowy, czysty i suchy łącznik z otwartymi zestykami powinien wytrzymywać próbę napięciem udarowym między zaciskami każdego bieguna. Wartość napięcia probierczego jest uzależniona od napięcia znamionowego instalacji i kategorii przepięciowej układu zasilającego;
- prąd upływowy między otwartymi biegunami nie powinien przekraczać 0,5 mA na biegun dla urządzenia nowego, czystego i suchego; 6 mA na biegun przy końcu umownej trwałości użytkowej łącznika.



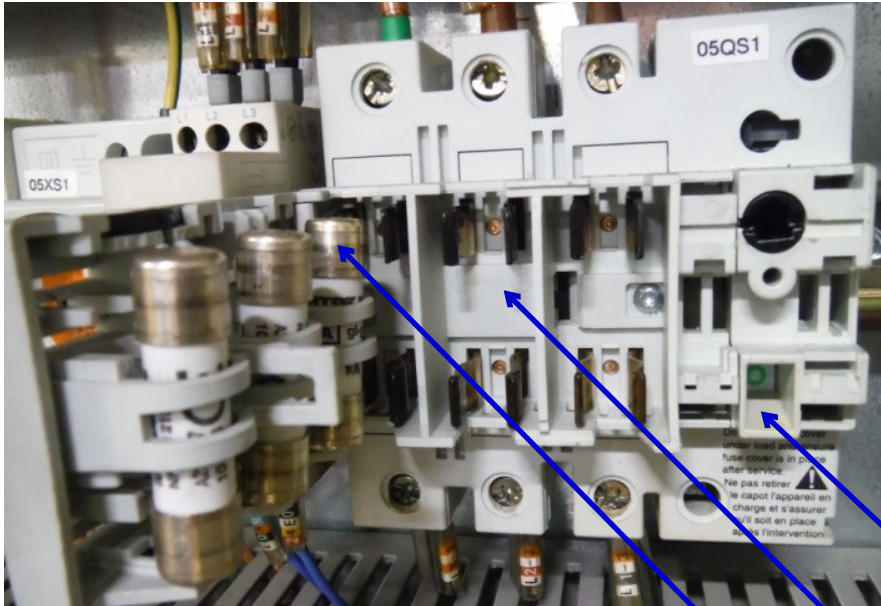
Rozłącznik izolacyjny  $I_n = 40$  A

Minimalne napięcie udarowe wytrzymywane łącznika izolacyjnego ( $U_{imp}$ ) odniesione do napięcia znamionowego

Napięcie znamionowe układu zasilającego [V]	Minimalne wytrzymywane napięcie udarowe [kV]	
	Kategoria przepięciowa III	Kategoria przepięciowa IV
230/400, 227/480	5	8
400/490	8	10
1000	10	15

# Odlączenie izolacyjne napięcia

Odlączenie izolacyjne – widoczna przerwa w obwodzie



Rozłącznik izolacyjny bezpiecznikowy

Widoczna przerwa w obwodzie zapewnia większy poziom bezpieczeństwa prac przy wyłączonym zasilaniu. W miejscu wyłączenia urządzeń i instalacji należy Wywiesić odpowiednią tablicę ostrzegawczą oraz zabezpieczyć strefę pracy.

Wskaźnik położenia styków łącznika

Widoczna przerwa w obwodzie

Możliwość wyjęcia wkładek topikowych

# Odlączenie izolacyjne napięcia

## Odlączenie izolacyjne – „obwody traktowane odrębnie”

Obwody maszyn przeznaczone do prac konserwacyjnych nazywane w normie PN-EN 60204-1:2010 „obwodami traktowanymi odrębnie” mogą nie być odłączane łącznikiem izolacyjnym maszyny. „Obwody traktowane odrębnie” powinny mieć własne urządzenie do odlączenia izolacyjnego. Jeżeli takiego urządzenia nie ma to powinny być zastosowane tabliczki ostrzegawcze w pobliżu łącznika do odlączenia izolacyjnego maszyny i w pobliżu „obwodów odrębnych”.



Wyłącznik izolacyjny  
zablokowany kłódką

„Obwody traktowane odrębnie” powinny być „fizycznie oddzielone” od pozostałych obwodów, a przewody tych obwodów powinny mieć barwę pomarańczową.

**UWAGA !**  
Obwody pod napięciem  
po otwarciu łącznika  
izolacyjnego

# Odlączenie izolacyjne napięcia

## Sprawdzanie braku napięcia

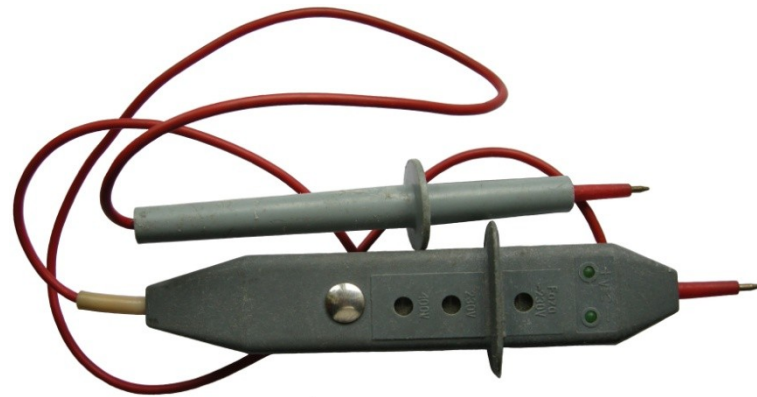
Brak napięcia należy sprawdzić w miejscu pracy lub tak blisko miejsca pracy jak to jest praktycznie możliwe na wszystkich fazach urządzenia. W przypadku wykonywania prac w kilku miejscach brak napięcia należy sprawdzać przed rozpoczęciem pracy w każdym kolejnym miejscu pracy. Do sprawdzania braku napięcia, należy używać wskaźniki przeznaczone do tego celu, preferowane są wskaźniki dwubiegunowe.

Działanie wskaźników używanych do sprawdzania braku napięcia powinno być sprawdzane przed i po sprawdzeniu braku napięcia. Osoba sprawdzająca brak napięcia za pomocą wskaźnika jednobiegunowego nie może być odizolowana od potencjału ziemi. Może to spowodować **niewskazanie napięcia pomimo jego obecności**.

Korzystając ze wskaźników dwubiegunowych należy pamiętać, że biegun pomocniczy wykorzystywany do sprawdzania braku napięcia musi mieć wymagany potencjał np. potencjał ziemi. Brak wymaganego potencjału bieguna pomocniczego może spowodować **niewskazanie napięcia pomimo jego obecności**.



Wskaźnik jednobiegunowy



Wskaźnik dwubiegunowy

# Zwiększone zagrożenie porażeniowe

## Ograniczone przestrzenie przewodzące

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

Za **ograniczoną przestrzeń przewodzącą** należy uważać ciasne pomieszczenie w budynku albo ciasne wnętrze innego obiektu technicznego o ścianach i/lub innych dużych częściach przewodzących, z którymi człowiek może się stykać z **naczną powierzchnią ciała mając ograniczone możliwości przerwania tej styczności**, np. ciasne wnętrze metalowego zbiornika, rurociągu itp. Ze względu na warunki środowiskowe BC4 zagrożenie porażeniowe w przypadku prac wykonywanych w ograniczonych przestrzeniach przewodzących jest określone jako ekstremalne.



Prace wewnątrz niebezpiecznych przestrzeni zamkniętych o rozmiarach, które powodują rozległy kontakt ciała człowieka z przewodzącymi uziemionymi powierzchniami i utrudniają przerwanie tej styczności stanowią ekstremalne zagrożenie porażeniowe (warunki środowiskowe – BC4). Prace w ograniczonych powierzchniach przewodzących wymagają specjalnych środków ochrony przeciwporażeniowej. Np. urządzenia ręczne powinny być zasilane z obwodu SELV o napięciu nie większym niż 12 V AC lub 30 V DC.

Autor: Joe Mabel CC BY-SA 3.0 (creativecommons.org) - no change

# Zwiększone zagrożenie porażeniowe

## Ograniczone przestrzenie przewodzące

Lampy ręczne powinny być zasilane z obwodu SELV o napięciu nie większym niż 12 V AC lub 30 V DC.

Dopuszcza się lampy świetłówkowe zawierające transformator podwyższający napięcie zasilany napięciem bardzo niskim ze źródła SELV.

Inne urządzenia ręczne oraz urządzenia ruchome np. pomiarowe powinny być objęte ochroną przeciwporażeniową przez zastosowanie:

- ochronnego obniżenia napięcia w postaci obwodu SELV o napięciu nie większym niż 12 V AC lub 30 V DC;
- separacji ochronnej pojedynczego urządzenia odbiorczego.

Transformator ochronny lub przetwornica ochronna, ładowarki akumulatorów elektronarzędzi powinny znajdować się poza ograniczoną przestrzenią przewodzącą.

Jako ochronę przeciwporażeniową przy uszkodzeniu w odniesieniu do urządzeń stałych należy stosować:

- ochronne obniżenie napięcia w postaci obwodu SELV;
- separację ochronną pojedynczego urządzenia odbiorczego;
- urządzenia klasy ochronności II zasilane z obwodu zabezpieczonego wyłącznikiem różnicowoprądowym wysokoczułym;
- ochronę przeciwporażeniową uzupełniającą za pomocą wyłącznika różnicowoprądowego wysokoczułego pod warunkiem zastosowania miejscowych połączeń wyrównawczych.

# Zwiększone zagrożenie porażeniowe

## Spawanie łukowe w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego

Warunki zwiększonego zagrożenia porażeniowego na ruchomych stanowiskach spawalniczych występują w miejscach:

- ograniczających swobodę poruszania się i wymuszających na operatorze pracę na kolanach, w pozycji siedzącej lub leżącej, przy jednoczesnym rozległym kontakcie z częściami przewodzącymi;
- ograniczonych powierzchniami przewodzącymi, w których istnieje wysokie ryzyko nieuniknionego lub przypadkowego dotknięcia ich przez operatora;
- mokrych, wilgotnych i/lub gorących, w których zawilgocenie lub pot powoduje zmniejszenie rezystancji ludzkiej skóry i/lub właściwości izolacyjnych wyposażenia.

**W warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego należy stosować trudno zapalne chodniki izolacyjne oraz dodatkowe środki ochrony wskazane w poleceniu pisemnym.**

**Do pracy w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego należy używać spawalnicze źródła energii oznaczone symbolem**



**Znamionowe napięcie w stanie bez obciążenia  $U_0$  spawalniczego źródła energii nie powinno przekraczać 113 V wartości szczytowej dla d.c.; 68 V wartości szczytowej i 48 V wartości r.m.s. dla a.c.**

**Spawalnicze źródła energii powinny być usytuowane na zewnątrz niebezpiecznych przestrzeni.**



# Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

## Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

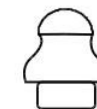
Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny powinny być przechowywane, sprawdzane i używane zgodnie z instrukcjami obsługi i kartami technicznymi wystawionymi przez producentów. Narzędzia izolowane nie mogą być przechowywane z razem z innymi narzędziami.

Przykłady narzędzi, wyposażenia i sprzętu ochronnego:

- buty, rękawice i kalosze izolacyjne;
- osłona oczu i twarzy;
- osłona głowy;
- odpowiednie ubranie ochronne;
- chodniki izolacyjne, platformy i podesty;
- elastyczne i sztywne osłony izolacyjne i ekrany;
- narzędzia izolowane i izolacyjne;
- drażki i pręty izolacyjne;
- znaki i tablice ostrzegawcze;
- wskaźniki i sygnalizatory napięcia;
- sprzęt do uziemiania i zwierania;
- bariery.



1000 V



1000 V

Oznaczenia maksymalnej wartości napięcia dla sprzętu i narzędzi do prac pod napięciem

# Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

## Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny powinny być przechowywane, sprawdzane i używane zgodnie z instrukcjami obsługi i kartami technicznymi wystawionymi przez producentów. Narzędzia izolowane nie mogą być przechowywane z razem z innymi narzędziami.

### Częstość kontroli okresowych sprzętu ochronnego

Rodzaj sprzętu ochronnego	Częstość badania
Rękawice, półbuty i kalosze dielektryczne, wskaźniki napięcia, izolacyjne drążki pomiarowe	6 miesięcy
Drążki izolacyjne, kleszcze i uchwyty izolacyjne, dywaniki i chodniki izolacyjne	2 lata
Pomosty izolacyjne	3 lata
Hełmy izolacyjne (hełmy izolacyjne z przyłbicą)	— *)
*) Utylizacja po pięciu latach	

# Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

## Rękawice elektroizolacyjne

Rękawice ochronne do prac pod napięciem i prac w pobliżu napięcia dzielą się na rękawice izolacyjne i rękawice kompozytowe.

**Rękawice izolacyjne** mogą być eksploatowane wyłącznie z rękawicami skórzanymi, założonymi na rękawice izolacyjne jako ochroną przed uszkodzeniami mechanicznymi.

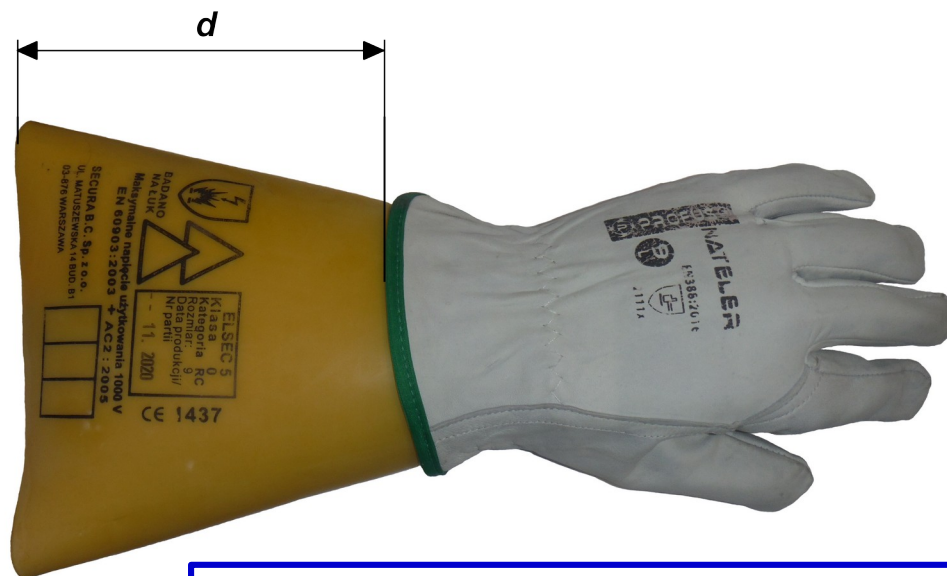
**Rękawice kompozytowe** zapewniają zarówno izolację jak i ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Rozmiar rękawic skórzanych dobiera się tak, aby nie deformowały kształtu rękawic izolacyjnych. Długość rękawic skórzanych powinna być tak dobrana aby zapewnić wymagany dystans pomiędzy zakończeniem mankietu rękawicy izolacyjnej, a zakończeniem mankietu rękawicy skórzanej (odległość  $d$ ). Pod rękawice ochronne zakłada się rękawice bawełniane, przeznaczone do wchłaniania potu.

Kategorie rękawic:

- **Kategoria A** – rękawice odporne na działanie kwasu
- **Kategoria H** – rękawice odporne na działanie oleju
- **Kategoria Z** – rękawice odporne na działanie ozonu
- **Kategoria R** – rękawice odporne na działanie kwasu, oleju i ozonu
- **Kategoria C** – rękawice odporne na działanie skrajnie niskiej temperatury.

Rękawice mogą być eksploatowane w zakresie temperatury  $-25\text{ °C} \div 55\text{ °C}$ , rękawice kategorii C mogą być eksploatowane w zakresie temperatury  $-40\text{ °C} \div 55\text{ °C}$ .



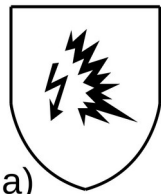
Odległość  $d$  dla rękawic elektroizolacyjnych

# Narzędzia, wyposażenie i sprzęt ochronny

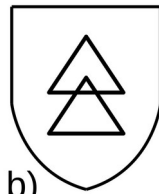
## Rękawice elektroizolacyjne

Właściwości rękawic elektroizolacyjnych

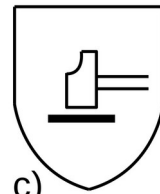
Klasa rękawic	Oznaczenie barwą	Maksymalne napięcie AC RMS [V]	Maksymalne napięcie DC RMS [V]	Minimalna odległość $d$ [mm]
00	beżowa	500	750	13 beżowa beżowa beżowa
0	czerwona	1 000	1 500	
1	biała	7 500	11 250	
2	żółta	17 000	25 500	51
3	zielona	26 500	39 750	76
4	pomarańczowa	36 000	54 000	102



a)



b)



c)

**Oznaczenia rękawic:**  
a) odporność na działanie łuku elektrycznego,  
b) właściwości elektroizolacyjne,  
c) odporność na narażenia mechaniczne.

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – informacje podstawowe

Łuk elektryczny może powstać na wskutek zwarć instalacji elektrycznych spowodowanych:

- błędami osób pracujących (upuszczenie narzędzi, niezamierzone dotknięcie części czynnych przewodzącymi przedmiotami, itp.);
- błędami w projektowaniu urządzeń;
- wpływami związanymi z warunkami środowiskowymi (przewodzące zanieczyszczenia, wilgoć);
- uszkodzeniami izolacji.

Łuk elektryczny może spowodować:

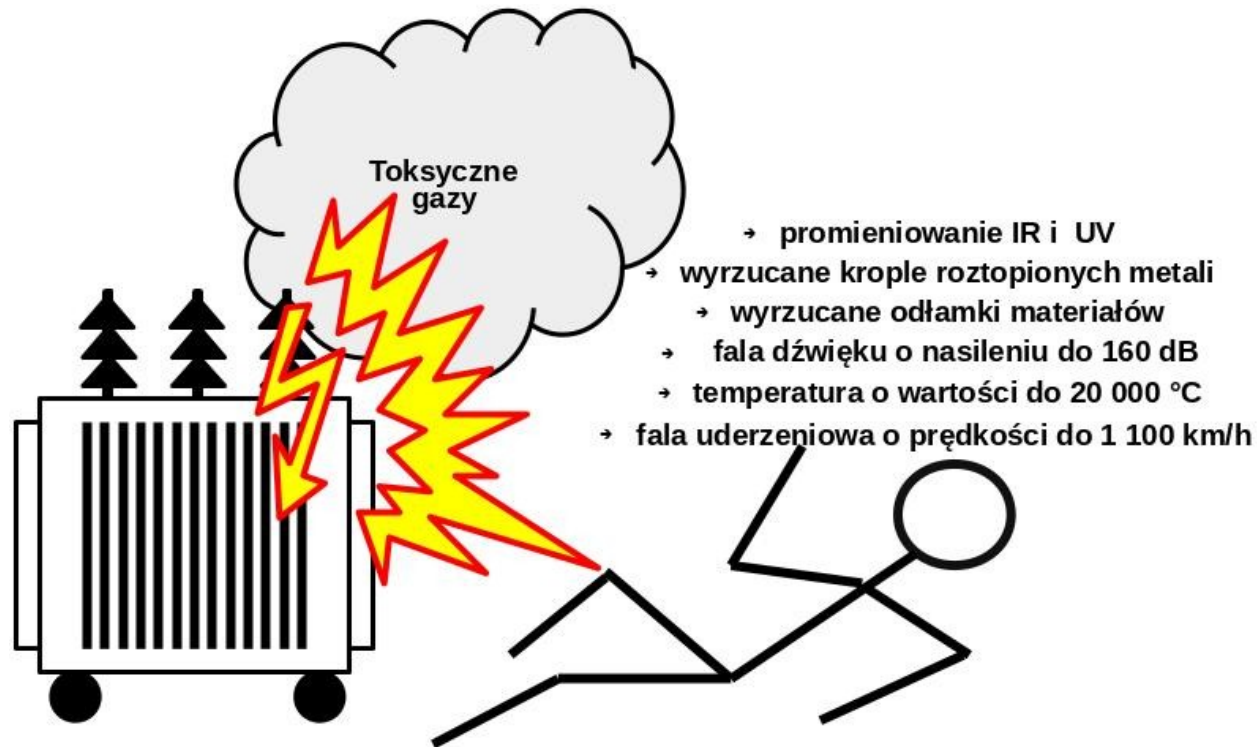
- oparzenia;
- uszkodzenia wzroku (temperatura, promieniowanie podczerwone i ultrafioletowe, odpryski stopionego metalu);
- porażenie prądem elektrycznym;
- uszkodzenia słuchu.

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – informacje podstawowe

W celu zapobiegania skutkom oddziaływania łuku elektrycznego należy:

- odłączać napięcie w czasie wykonywania prac elektrycznych, jeżeli nie ma przeciwwskazań;
- stosować wyposażenie urządzeń elektrycznych o odpowiednim stopniu ochrony (osłonięte części pod napięciem);
- stosować odpowiednią odzież roboczą;
- stosować środki ochrony indywidualnej;
- dobierać pracowników o odpowiednich kwalifikacjach i doświadczeniu;
- szkolić pracowników.

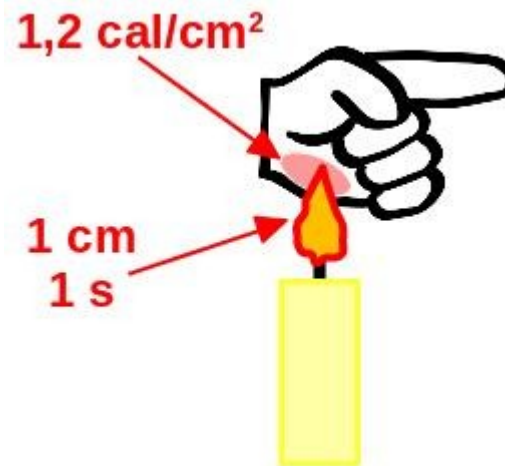


# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – ocena zagrożenia

Standard opracowany przez Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników (IEEE), o oznaczeniu IEEE 1584 dotyczy oceny zagrożenia oparzenia łukiem elektrycznym podczas wykonywania prac pod napięciem. Obliczenia energii wyzwolonej i granicy ochrony, są podstawą do doboru środków ochrony indywidualnej, które mają zapewnić niedopuszczenie do oparzeń 2-go i 3-go stopnia.

Za wartość graniczną energii wyemitowanej, która nie powoduje oparzeń 2-go i 3-go stopnia uważa się wartość  $5 \text{ J/cm}^2$  ( $1,2 \text{ cal/cm}^2$ ). Graficznie skutki oddziaływania energii w wartości  $1,2 \text{ cal/cm}^2$  przedstawia rysunek.



Zaczerwienienie skóry spowodowane oddziaływaniem energii o wartości  $1,2 \text{ cal/cm}^2$  (odległość źródła płomienia – 1 cm, czas oddziaływania płomienia – 1 s)

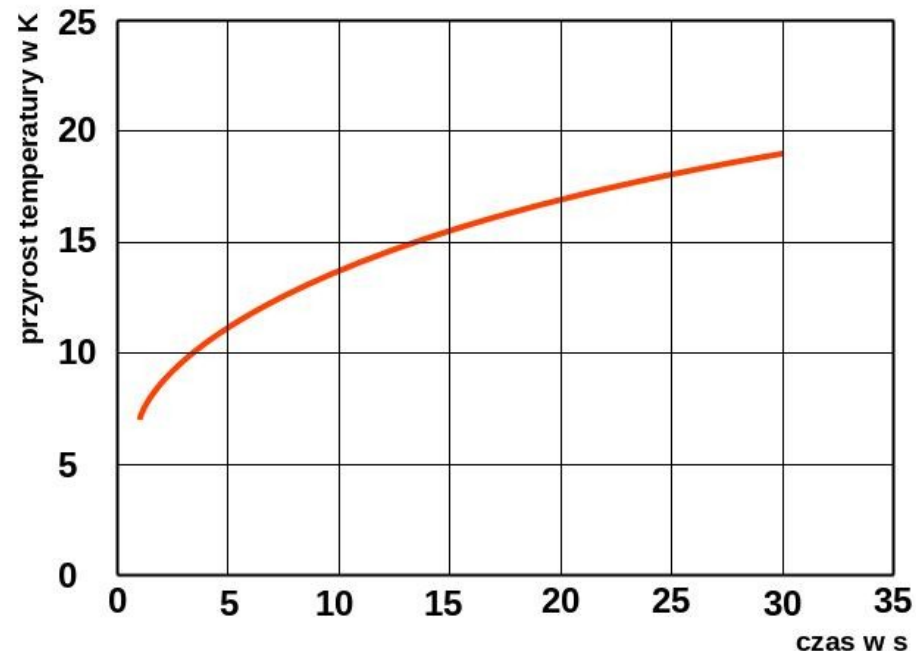
# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – ocena zagrożenia

Dobór środków ochrony indywidualnej opiera się o krzywą Stoll-Chianta przedstawiającą przyrost temperatury w funkcji czasu (rysunek).

Wszystkie wyniki znajdujące się nad krzywą powodują oparzenia 2-go i 3-go stopnia.

Wyniki znajdujące się poniżej krzywej powodują przeważnie zaczerwienienie skóry, które nie wymagają pomocy lekarskiej. Sporadycznie mogą się zdarzać oparzenia 1-go stopnia, które mogą wymagać pomocy lekarskiej i mogą powodować utratę czasu pracy.



Wykres przedstawiający krzywą Stoll-Chianta (oznaczoną barwą czerwoną)

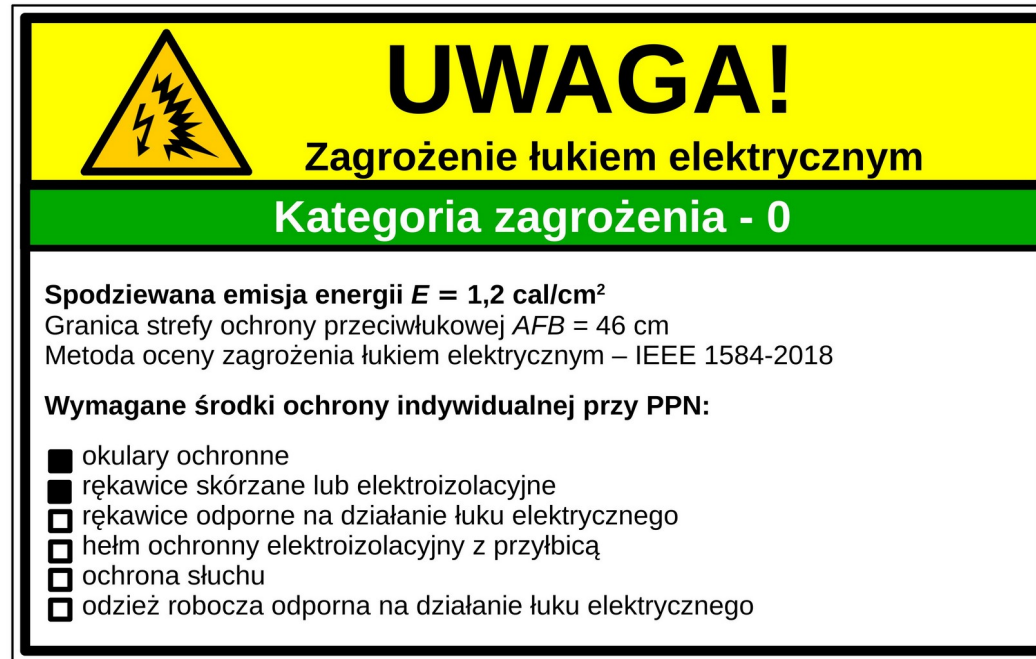


# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – tabliczki ostrzegawcze

Urządzenia oznacza się za pomocą etykiet informujących o ocenie zagrożenia, umożliwiającej dobór odzieży roboczej, środków ochrony indywidualnej i organizację pracy.

Na etykietach umieszcza się informacje o kategorii zagrożenia łukiem, energii wyemitowanej podczas wyładowania łukowego, granicy strefy ochrony przeciwłukowej i dodatkowo są umieszczane informacje o środkach ochrony osobistej i zagrożeniu porażeniem elektrycznym.



**Tabliczka ostrzegawcza o zagrożeniu łukiem elektrycznym.  
Ustalona kategoria zagrożenia łukiem – 0, spodziewana emisja energii  $1,2 \text{ cal/cm}^2$ .**


# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – tabliczki ostrzegawcze

Obliczenia wg normy IEEE 1584-2018 - IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations umożliwiają ustalenie kategorii zagrożenia łukiem i na podstawie kategorii ustalenie środków ochrony indywidualnej.

Środki ochrony indywidualnej powinny odpowiadać obliczonej emisji energii.

Dobierając środki ochronne należy pamiętać o nadrzędnej zasadzie wynikającej o ogólnych przepisów BHP (Dz.U. 2008 nr 108 poz. 690), o priorytecie środków ochrony zbiorowej przed środkami ochrony indywidualnej.

UWAGA!  
Zagrożenie łukiem elektrycznym

Kategoria zagrożenia - 2

**Spodziewana emisja energii  $E = 8,0 \text{ cal/cm}^2$**   
Granica strefy ochrony przeciwłukowej  $AFB = 130 \text{ cm}$   
Metoda oceny zagrożenia łukiem elektrycznym – IEEE 1584-2018

**Wymagane środki ochrony indywidualnej przy PPN:**

- okulary ochronne
- rękawice skórzane lub elektroizolacyjne
- rękawice odporne na działanie łuku elektrycznego
- hełm ochronny elektroizolacyjny z przyłbicą
- ochrona słuchu
- odzież robocza odporna na działanie łuku elektrycznego

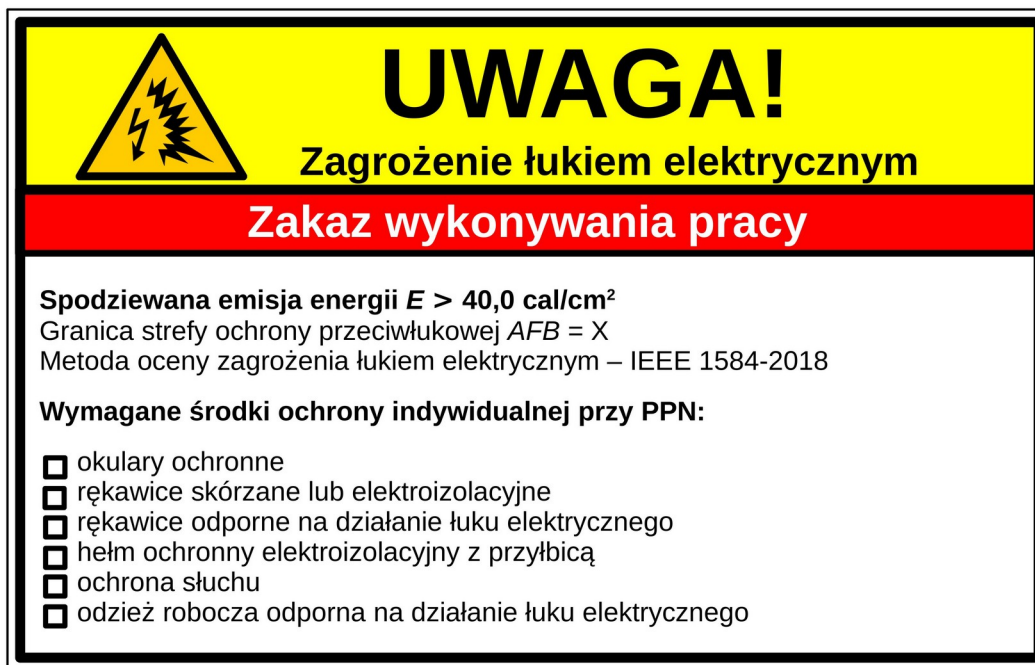
**Tabliczka ostrzegawcza o zagrożeniu łukiem elektrycznym.  
Ustalona kategoria zagrożenia łukiem – 2, spodziewana emisja energii  $8,0 \text{ cal/cm}^2$ .**

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – tabliczki ostrzegawcze

Jeżeli obliczona energia wyemitowana jest większa niż 40 cal/cm<sup>2</sup> praca nie może być wykonywana, również środkach ochrony indywidualnej wytrzymujących taką energię. Fala uderzeniowa towarzysząca wyładowaniu o energii większej niż 40 cal/cm<sup>2</sup> powoduje odrzucenie człowieka na kilka metrów, co może spowodować poważne obrażenia.

W takich przypadkach stosuje się m. in. rozdzielnie o budowie łukochronnej, zdalnie sterowane roboty do wykonywania prac, przekaźniki światłowodowe do wykrywania łuku, powodujące szybkie zadziałanie zabezpieczeń.



**Tabliczka ostrzegawcza o zagrożeniu łukiem elektrycznym.  
Spodziewana emisja energii przekracza 40 cal/cm<sup>2</sup>, praca przy załączonym napięciu nie może być wykonywana ze względów bezpieczeństwa.**

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – wymagana odzież robocza i środki ochrony osobistej

Kategoria zagrożenia łukiem	Energia wyzwolona [cal/cm <sup>2</sup> ]	Opis odzieży roboczej	Ochrona dłoni i przedramienia	Ochrona stóp	Dodatkowe środki ochrony osobistej
<b>0</b>	$0 < E \leq 1,2$	Koszula nietopliwa, łatwopalna (np. bawełna nieprzetworzona o gramaturze 150 g/cm <sup>2</sup> )	Rękawice skórzane	Brak wymagań	Okulary ochronne
<b>1</b>	$1,2 < E \leq 4$	Koszula i spodnie odporne na łuk	Rękawice skórzane lub elektroizolacyjne	Skórzane buty robocze	Okulary ochronne, hełm ochronny z przyłbicą
<b>2</b>	$4 < E \leq 8$	Koszula i spodnie odporne na łuk	Rękawice skórzane lub elektroizolacyjne	Skórzane buty robocze	Okulary ochronne, hełm ochronny z przyłbicą, ochrona słuchu
<b>3</b>	$8 < E \leq 25$	Koszula i spodnie odporne na łuk	Rękawice odporne na łuk	Skórzane buty robocze	Okulary ochronne, hełm ochronny z przyłbicą, ochrona słuchu
<b>4</b>	$25 < E \leq 40$	Koszula i spodnie odporne na łuk	Rękawice odporne na łuk	Skórzane buty robocze	Okulary ochronne, hełm ochronny z przyłbicą, ochrona słuchu

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – odzież robocza

Normy na odzież chroniącą przed zagrożeniami cieplnymi spowodowanymi łukiem elektrycznym, określają dwie metody badania odporności odzieży: metodę łuku swobodnego (PN-EN 61482-1-1) i metodę łuku wymuszonego i ukierunkowanego za pomocą komory probierczej (PN-EN 61482-1-2).

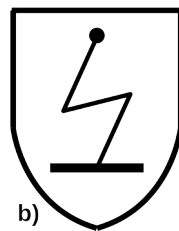
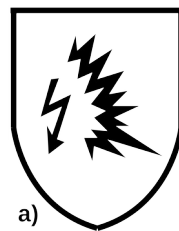
W metodzie łuku swobodnego (ang. open arc test) wyznacza się wskaźniki ELIM, ATPV i EBT50 dla danego materiału.

**ELIM** (ang. Energy Incident Limit) – maksymalna energia cieplna, która nie spowoduje oparzeń drugiego stopnia (z prawdopodobieństwem wynoszącym 100 %).

**ATPV** (ang. Arc Thermal Performance Value) – energia cieplna, która może spowodować oparzenia drugiego stopnia (z prawdopodobieństwem wynoszącym 50%).

**EBT50** (ang. Energy Breakopen Threshold) – energia cieplna, która może spowodować pęknięcie materiału (z prawdopodobieństwem wynoszącym 50%).

Obie normy nie są normami zharmonizowanymi, normy są zalecane jako metoda badania do czasu opracowania norm zharmonizowanych. Współczynniki ATPV i EBT50 nie zapewniają zgodności z wymaganiami Dyrektyw Europejskich dotyczących bezpieczeństwa pracy, z tego względu do czasu opracowania odpowiednich norm europejskich wprowadzono współczynnik ELIM.



Oznaczenia odzieży roboczej:  
a) odporność na łuk elektryczny,  
b) właściwości antyelektrostatyczne

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

## Zagrożenie łukiem elektrycznym – odzież robocza

W metodzie łuku wymuszonego i ukierunkowanego (ang. test box) bada się czy energia przenikająca przez materiał nie spowoduje oparzeń drugiego stopnia.

Wartość prądu i średnia wartość energii testu w czasie badania odzieży chroniącej przed cieplnymi skutkami łuku elektrycznego

Klasa	Prąd testu [kA]	Czas trwania testu [ms]	Średnia wartość energii [cal/cm <sup>2</sup> ]
1	4	500	3,2
2	7	500	10

Obecnie oznaczenia „Klasa 1” i „Klasa 2” zostały zastąpione odpowiednio, oznaczeniami „APC1” i „APC2”.

Wartość energii podaną w jednostce kJ/cm<sup>2</sup> można przeliczyć na jednostkę cal/cm<sup>2</sup> stosując współczynnik o wartości 0,239. Przykładowo wartość energii wynosząca 5 kJ/cm<sup>2</sup>, będzie wynosiła po przeliczeniu 1,2 cal/cm<sup>2</sup> ( $5 \times 0,239 = 1,195$ ).

# Zagrożenie łukiem elektrycznym

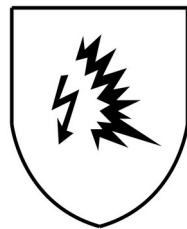
## Zagrożenie łukiem elektrycznym – hełm izolacyjny z przyłbicą

Hełmy z przyłbicą zabezpieczające przed działaniem łuku elektrycznego są podzielone na klasy związane z poziomem odporności na działanie ciepłe łuku elektrycznego.

Wartość prądu i średnia wartość energii testu w czasie badania hełmów z przyłbicą chroniących przed cieplnymi skutkami łuku elektrycznego

Klasa	Prąd testu [kA]	Czas trwania testu [ms]	Średnia wartość energii [cal/cm <sup>2</sup> ]
1	4	500	3,2
2	7	500	10

Hełmy ochronne z przyłbicą bada się na podstawie normy niemieckiej GS-ET-29, która dostosowuje normę na badania odzieży przed zagrożeniami cieplnymi spowodowanymi łukiem elektrycznym EN 61482-1-2 do badania hełmów ochronnych.



**Symbol graficzny do oznaczania środków ochrony przed oddziaływaniem łuku elektrycznego klasy 1 i 2.**

# Zagrożenie pożarem

## Zagrożenie pożarem spowodowane urządzeniami elektrycznymi

Wadliwe urządzenia elektryczne mogą być przyczyną pożaru, aby zapobiegać powstawaniu pożaru stosuje się różne rozwiązania techniczne, np. wyłączniki różnicowoprądowe, detektory iskrzenia, urządzenia monitorujące temperaturę i inne.

Prądy doziemne związane z uszkodzeniem izolacji mogą być wyłączone przez wyłączniki różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym ( $I_{\Delta n}$ ) nie większym niż 500 mA.

**Detektory iskrzenia AFD** (ang. *Arc flash detector*) są przeznaczone do wyłączania urządzeń w przypadku wykrycia iskrzenia, które może być związane z uszkodzeniem izolacji.

Detektory iskrzenia nie mogą reagować na iskrzenie związane z normalną pracą urządzeń elektrycznych, np. iskrzenie silników komutatorowych, iskrzenie łączników.

Detektory iskrzenia stosuje się w miejscach, w których pożar może spowodować szczególne zagrożenie.

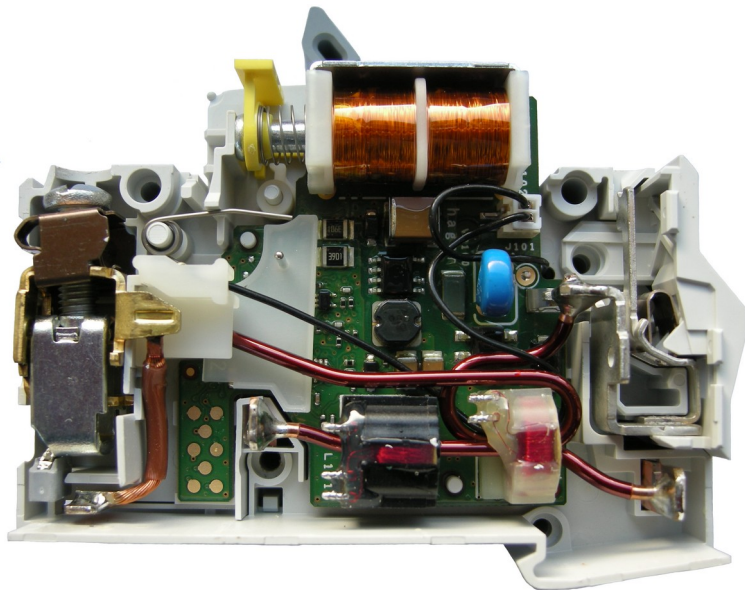


Wyłącznik nadprądowy  
z detektorem iskrzenia

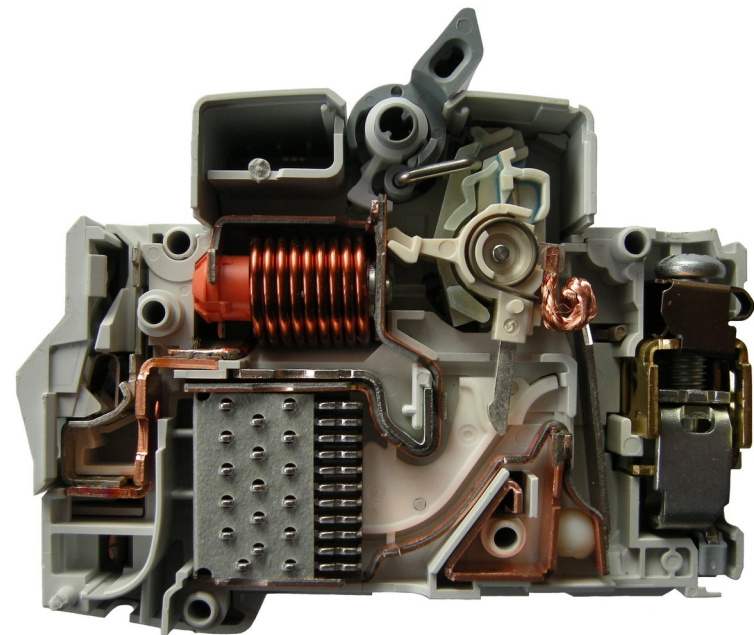


# Zagrożenie pożarem

Zagrożenie pożarem spowodowane urządzeniami elektrycznymi



Wyłącznik nadprądowy z detektorem iskrzenia, strona detektora iskrzenia



Wyłącznik nadprądowy z detektorem iskrzenia, strona wyłącznika nadprądowego

# Stosowanie przepisów prawa, a odpowiedzialność karna

## Przepisy dotyczące bezpieczeństwa pracy – Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej

Prawo do bezpiecznych warunków pracy gwarantuje konstytucja i nadzoruje państwo, w sposób określony w odpowiedniej ustawie.

**Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483 [1]**

*Art. 24. Praca znajduje się pod ochroną Rzeczypospolitej Polskiej. Państwo sprawuje nadzór nad warunkami wykonywania pracy.*

*Art. 66. 1. Każdy ma prawo do bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Sposób realizacji tego prawa oraz obowiązki pracodawcy określa ustawa.*

*Art. 83. Każdy ma obowiązek przestrzegania prawa Rzeczypospolitej Polskiej.*

# Stosowanie przepisów prawa, a odpowiedzialność karna

## Przepisy dotyczące bezpieczeństwa pracy – Prawo energetyczne

**Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348 [4]**

*Art. 51.1. Projektowanie, produkcja, import, budowa oraz eksploatacja urządzeń, instalacji i sieci powinny zapewniać racjonalne i oszczędne zużycie paliw lub energii przy zachowaniu:*

...

*3) zgodności z wymaganiami odrębnych przepisów, a w szczególności przepisów: prawa budowlanego, o ochronie przeciwporażeniowej, o ochronie przeciwpożarowej, o dozorze technicznym...*

...

*Art. 54.1. Osoby zajmujące się eksploatacją sieci oraz urządzeń i instalacji określonych w przepisach, o których mowa w ust. 6, obowiązane są posiadać kwalifikacje potwierdzone świadectwem wydanym przez komisje kwalifikacyjne.*

# Stosowanie przepisów prawa, a odpowiedzialność karna

## Przepisy dotyczące bezpieczeństwa pracy – Kodeks pracy

**Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 [2]**

*Art. 94. Pracodawca jest obowiązany w szczególności:*

...

*4) zapewniać bezpieczne i higieniczne warunki pracy oraz prowadzić systematyczne szkolenie pracowników w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy;*

*Art. 207. § 1. Pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy...*

*§ 2. Pracodawca jest obowiązany chronić zdrowie i życie pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki.*

...

*§ 3. Pracodawca oraz osoba kierująca pracownikami są obowiązani znać, w zakresie niezbędnym do wykonywania ciężących na nich obowiązków, przepisy o ochronie pracy, w tym przepisy oraz zasady bezpieczeństwa i higieny pracy.*

...

*Art. 100. § 1. Pracownik jest obowiązany wykonywać pracę sumiennie i starannie oraz stosować się do poleceń przełożonych, które dotyczą pracy, jeżeli nie są one sprzeczne z przepisami prawa lub umową o pracę.*

*§ 2. Pracownik jest obowiązany w szczególności:*

...

*3) przestrzegać przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy...*

# Stosowanie przepisów prawa, a odpowiedzialność karna

## Odpowiedzialność karna – Kodeks karny

**Dz.U. 1997 nr 88 poz. 553 [5]**

*Art. 2. Odpowiedzialności karnej za przestępstwo skutkowe popełnione przez zaniechanie podlega ten tylko, na kim ciążył prawny, szczególny obowiązek zapobiegnięcia skutkowi.*

*Art. 220. § 1. Kto, będąc odpowiedzialny za bezpieczeństwo i higienę pracy, nie dopełnia wynikającego stąd obowiązku i przez to naraża pracownika na bezpośrednie niebezpieczeństwo utraty życia albo ciężkiego uszczerbku na zdrowiu, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.*

*Art. 156. § 1. Kto powoduje ciężki uszczerbek na zdrowiu w postaci:*

- 1) pozbawienia człowieka wzroku, słuchu, mowy, zdolności płodzenia,*
- 2) innego ciężkiego kalectwa, ciężkiej choroby nieuleczalnej lub długotrwałej, choroby realnie zagrażającej życiu, trwałej choroby psychicznej, całkowitej albo znacznej trwałej niezdolności do pracy w zawodzie lub trwałego, istotnego zeszpecenia lub zniekształcenia ciała, podlega karze pozbawienia wolności na czas nie krótszy od lat 3.*

*§ 2. Jeżeli sprawca działa nieumyślnie, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.*

*§ 3. Jeżeli następstwem czynu określonego w § 1 jest śmierć człowieka, sprawca podlega karze pozbawienia wolności od lat 5, karze 25 lat pozbawienia wolności albo karze dożywotniego pozbawienia wolności.*

# Bibliografia

1. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r.
2. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974r. Kodeks pracy.
3. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane.
4. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne.
5. Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny.
6. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.
7. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych.
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.
9. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2022 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach spawalniczych.
12. PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
13. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
14. PN-EN 50110-1:2001 Eksploatacja urządzeń elektrycznych.
15. PN-EN 61010-1:2011 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 1: Wymagania ogólne.
16. Musiał E., Jabłoński W. - Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne niskiego napięcia w zakresie ochrony przeciwporażeniowej - nowelizacja projektu..... INPE nr 24.
17. Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary.
18. Jabłoński W. Napięciowe kryteria skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu w liniach oraz instalacjach elektrycznych niskiego i wysokiego napięcia (publikacja dostępna na stronie internetowej Stowarzyszenia Elektryków Polskich w dniu 18.04.2018).
19. M. Szadkowski – Zarys analizy kategorii zagrożenia porażenia łukiem elektrycznym w instalacjach elektrycznych zakładów przemysłowych.
20. G. Matusiak, M. Włodarczyk, R. Nader, H. Nowikow, B. Dudek – Metodyka badań odporności osłon twarzy, chroniących przed termicznymi skutkami łuku elektrycznego.
21. GS-ET-29 Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Elektriker-Gesichtsschutz Stand: 2019-06, rev.: 01

