Moduł 2

Dobór, instalacja i działanie środków ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych

1. **Działanie prądu na organizm człowieka**
2. **Klasyfikacja środków ochrony przed porażeniem**
3. **Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim**
4. **Sprzęt ochronny**

1. Działanie prądu na organizm człowieka

Podczas eksploatacji instalacji i urządzeń elektrycznych najczęściej mamy do czynienia z napięciem sieciowym. W naszym kraju jest to wartość 400/230 V i częstotliwości 50 Hz. Napięcie o takiej wartości jest niebezpieczne dla organizmu ludzkiego. Również napięcia o innych wartościach mogą być niebezpieczne dla organizmu ludzkiego. Prąd elektryczny może działać na organizm ludzki pośrednio lub bezpośrednio.

Działanie pośrednie występuje bez przepływu prądu przez ciało człowieka. Jego skutkami są m.in.:

- oparzenia ciała wskutek pożarów wywołanych zwarciem elektrycznym,
- oparzenia ciała spowodowane dotknięciem do nagrzanych elementów,
- oparzenia ciała łukiem elektrycznym, a także metalizacja skóry spowodowana osadzaniem się roztopionych cząstek metalu,
- uszkodzenia wzroku wskutek dużej jaskrawości łuku elektrycznego,
- uszkodzenia mechaniczne ciała w wyniku upadku z wysokości lub upuszczenia trzymanego przedmiotu.

Działanie bezpośrednie – porażenie elektryczne wskutek przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie. Prąd ten może wywołać wiele zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych w organizmie poprzez oddziaływanie na układ nerwowy oraz w wyniku elektrolizy krwi i płynów fizjologicznych. Zmiany te mogą prowadzić do śmierci porażonego. Porażenie elektryczne może objawiać się:

- odczuwaniem bólu przy przepływie prądu, kurczami mięśni (skurcz mięśni dłoni może uniemożliwić samouwolnienie się porażonego),
- zatrzymaniem oddechu, zaburzeniami krążenia krwi,
- zaburzeniami wzroku, słuchu i zmysłu równowagi,
- utratą przytomności,
- migotaniem komór sercowych (fibrylacja) – bardzo groźnym dla życia człowieka, gdyż zazwyczaj prowadzi ono do śmierci,
- oparzeniami skóry i wewnętrznych części ciała.

U osoby porażonej bezpośrednio po rażeniu prądem może wystąpić wstrząs elektryczny objawiający się:

- przerażeniem,
- bladością,
- drżeniem ciała lub kończyn,
- nadmiernym wydzielaniem potu,
- stanem apatii lub euforii.

Może również wystąpić obrzęk mózgu i utrata przytomności, połączona z zatrzymaniem krążenia krwi i brakiem oddechu. Skutki te mogą się ujawnić także po pewnym czasie – od kilku minut do kilku miesięcy. Z tego powodu osoba rażona powinna koniecznie zgłosić się do lekarza.

O skutkach rażenia decydują następujące czynniki:

- rodzaj prądu rażeniowego,
- wartości napięcia i natężenia prądu rażeniowego,
- czas przepływu prądu rażenia,
- temperatura i wilgotność skóry,

- drogi przepływu prądu przez ciało człowieka,
- stan psychofizyczny porażonego,
- powierzchnia styku z przewodnikiem,
- siła docisku przewodnika do naskórka.

Niebezpieczne dla organizmu człowiek są wszystkie rodzaje prądu elektrycznego, do których zaliczamy:

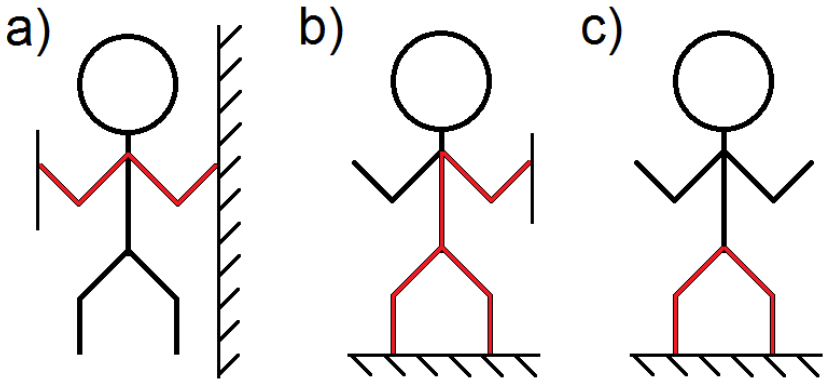
- prąd przemienny o małej częstotliwości (15-100Hz),
- prąd przemienny o dużej częstotliwości,
- krótkotrwałe, jednokierunkowe impulsy prądowe,
- prąd stały.

Wyróżniamy dwa rodzaje napięć, jakie mogą wystąpić podczas rażenia:

- Napięcie dotykowe – występuje między dwoma punktami nie należącymi do obwodu elektrycznego, z którymi mogą się zetknąć jednocześnie obie ręce lub ręka i noga człowieka. Napięcie dotykowe spodziewane jest to największa wartość napięcia dotykowego w urządzeniach lub w instalacji elektrycznej w przypadku uszkodzenia izolacji.
- Napięcie krokowe – występuje pomiędzy dwoma punktami na powierzchni ziemi lub na powierzchni stanowiska pracy, odległymi od siebie o 1 m (jeden krok).

Prąd rażeniowy jest zależny od impedancji ciała ludzkiego oraz napięcia, pod którego działaniem znalazł się człowiek. Przy niskich napięciach dotykowych, niskiej częstotliwości prądu i niskim zawilgoceniu powietrza i skóry, wartość impedancji skóry ciała ma znaczącą wartość w całej impedancji ludzkiego ciała. Wraz ze wzrostem napięcia dotykowego, częstotliwości prądu i zawilgocenia, impedancja ta staje się coraz mniejsza, aż do wartości pomijalnie małej. Najbardziej niebezpieczne dla człowieka są prądy o częstotliwości w przedziale 50-60Hz, ponieważ mogą wywołać poważne zaburzenia funkcji nerwów, skurcze mięśni i zaburzenia pracy serca.

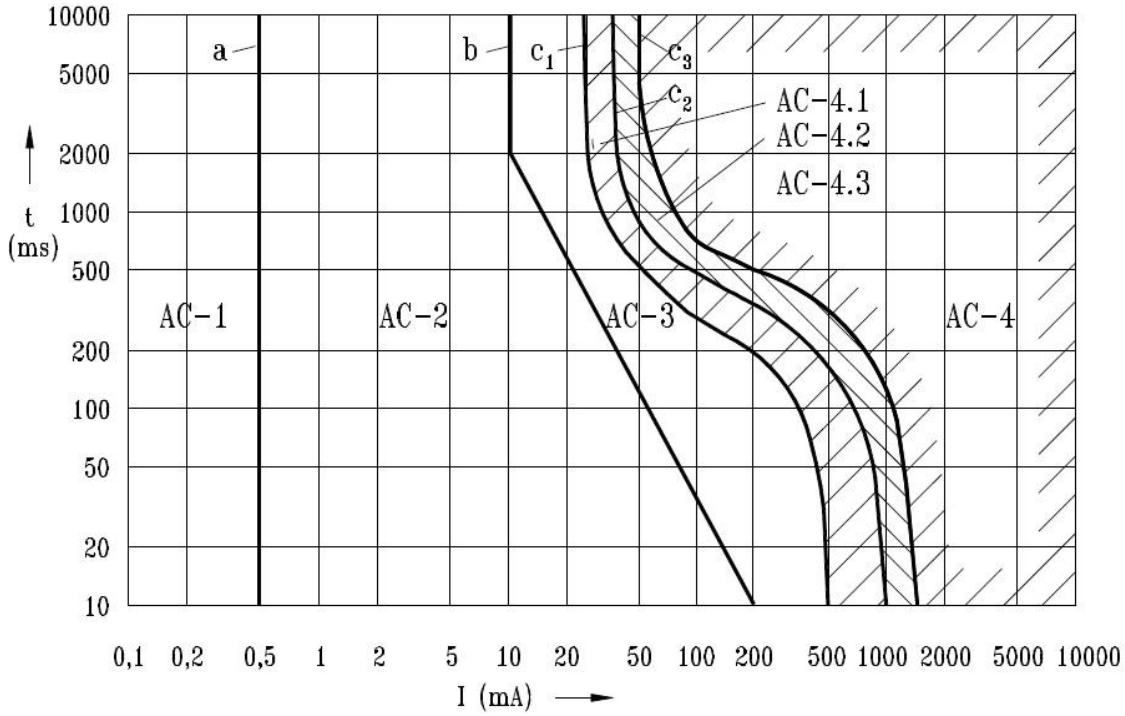
Droga przepływu prądu przez ciało ludzkie ma również wpływ na skutki rażenia. Najbardziej niebezpieczny jest przepływ prądu na drodze lewa ręka – noga (lub obie nogi) oraz obie ręce – stopy. Przepływ prądu może odbywać się na linii noga – noga.



Rys. 2.1 Droga przepływu prądu przez ciało ludzkie:
a) ręka – ręka, b) ręka – noga, c) noga – noga
Źródło: opracowanie własne

Na zależności czasu oddziaływania w funkcji natężenia prądu rażeniowego możemy wyróżnić strefy skutków oddziaływania prądu. Charakterystyki te wyznacza się

dla przepływu prądu rażeniowego na drodze lewa ręka – stopy, oddzielnie dla napięcia przemiennego o częstotliwości 50/60Hz oraz dla napięcia stałego.



Rys. 2.2 Charakterystyka czasowo-prądowa skutków oddziaływania prądu przemiennego o częstotliwości 50/60Hz na ciało ludzkie, przepływającego na drodze lewa ręka – stopy
Źródło: S. Niestępski – Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja. OWPW 2005

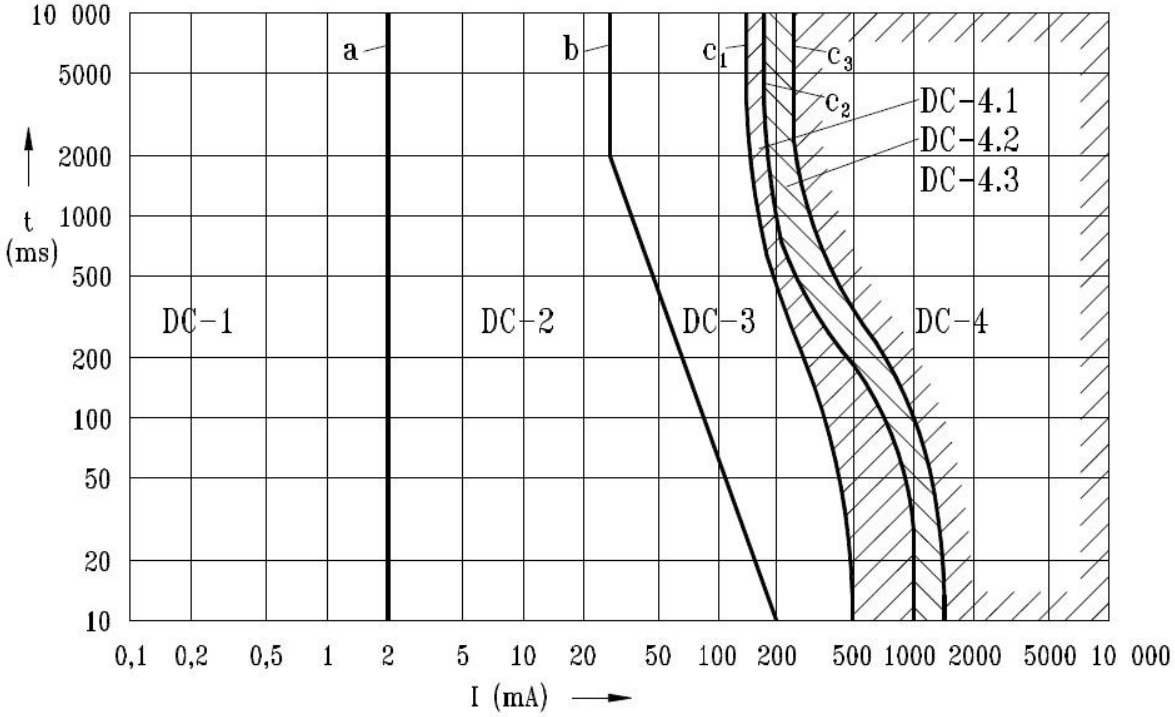
Strefy skutków oddziaływania prądu przemiennego o częstotliwości 50/60Hz na ciało ludzkie, przepływającego na drodze lewa ręka – stopy:

- **AC-1**: Zazwyczaj brak reakcji organizmu. Linia „a" oznacza granicę wartości prądów odczuwania.
- **AC-2**: Zazwyczaj nie występują szkodliwe skutki w organizmie. Linia „b" oznacza granicę samodzielnego uwolnienia się rażonego od części będącej pod napięciem.
- **AC-3**: Zazwyczaj nie występują uszkodzenia w organizmie. Przy przepływie prądu w czasie dłuższym niż 2s zachodzi prawdopodobieństwo skurczów mięśni uniemożliwiających samodzielne uwolnienie się rażonego od elementu będącego pod napięciem, oraz mogą wystąpić problemy z oddychaniem. Istnieje możliwość migotania przedsionków serca oraz przejściowe zatrzymanie jego akcji.
- **AC-4**: Dodatkowo, oprócz skutków charakterystycznych dla strefy AC-3, pojawia się wzrastające, wraz z wartością prądu i czasem jego przepływu, niebezpieczeństwo wystąpienia migotania komór sercowych, zatrzymania pracy serca, zatrzymania oddechu i wystąpienia poważnych oparzeń.

Ze względu na prawdopodobieństwo migotania komór sercowych wyróżnia się strefy:

- **AC-4.1**: 5% przypadków migotania komór serca,
- **AC-4.2**: <50% przypadków migotania komór serca,
- **AC-4.3**: >50% przypadków migotania komór serca.

Przyjęto, że graniczna bezpieczna wartość prądu rażeniowego, płynącego w dłuższym czasie przez ciało człowieka dla prądu przemiennego o częstotliwości 50/60Hz, wynosi 30mA. Dlatego właśnie wyłączniki różnicowoprądowe stosowane, jako ochrona uzupełniająca przed dotykiem bezpośrednim w instalacjach elektrycznych prądu przemiennego, mają prąd znamionowy różnicowy nie większy niż 30mA.



Rys. 2.3 Charakterystyka czasowo-prądowa skutków oddziaływania prądu stałego na ciało ludzkie, przepływającego na drodze lewa ręka – stopy
Źródło: S. Niestępski – Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja. OWPW 2005

Strefy skutków oddziaływania prądu stałego (prąd wznoszący) na ciało ludzkie, przepływającego na drodze lewa ręka – stopy:

- **DC-1**: Zazwyczaj brak reakcji organizmu. Linia „a" oznacza granicę wartości prądów odczuwania.
- **DC-2**: Zazwyczaj nie występują szkodliwe skutki w organizmie. Linia „b" oznacza granicę samodzielnego uwolnienia się rażonego od części będącej pod napięciem.
- **DC-3**: Zazwyczaj nie występują uszkodzenia organiczne. Istnieje prawdopodobieństwo odwracalnych zakłóceń powstawania i przewodzenia impulsów w sercu, które wzrasta wraz z natężeniem i czasem przepływu prądu.
- **DC-4**: Prawdopodobieństwo wystąpienia migotania komór serca oraz wzrastające wraz z natężeniem i czasem przepływu prądu inne skutki patofizjologiczne, np. poważne oparzenia.

Ze względu na prawdopodobieństwo migotania komór sercowych wyróżnia się strefy:

- **DC-4.1**: 5% przypadków migotania komór serca,
- **DC-4.2**: <50% przypadków migotania komór serca,
- **DC-4.3**: >50% przypadków migotania komór serca.

Przyjęto, że graniczna bezpieczna wartość prądu rażeniowego, płynącego w dłuższym czasie przez ciało człowieka dla prądu stałego, wynosi 70mA.

Na podstawie norm dotyczących środków ochrony przed porażeniem oraz powyższych charakterystyk można przyjąć graniczne wartości napięć dotykowych bezpiecznych dla człowieka, podanych w tabeli 1. Wartości te podane są dla napięć stałych i przemiennych oraz dla warunków normalnych i szczególnych.

Za warunki normalne przyjmuje się miejsca, w których wartość rezystancji ciała ludzkiego, mierzonej w stosunku do ziemi, jest większa niż 1000 Ω. Do środowisk normalnych zalicza się m.in.: lokale mieszkalne, biurowe, szpitalne, szkolne, sale widowiskowe.

Za warunki szczególne przyjmuje się miejsca, w których wartość rezystancji ciała człowieka, mierzona w stosunku do ziemi, jest mniejsza niż 1000 Ω. Do środowisk szczególnych zalicza się m.in.: tereny otwarte, piwnice, łazienki i natryski. W takich warunkach pomieszczenia są zwykle wilgotne; wilgotna jest również skóra człowieka, a podłoża charakteryzują się małą rezystancją.

Tabela 1. Maksymalne wartości napięć dotykowych długotrwałych

Rodzaj prądu	Warunki normalne	Warunki szczególne
Prąd przemienny	50 V	25 V
Prąd stały	120 V	60 V

Źródło: Markiewicz H.: Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. WNT, Warszawa 2002

Pośrednie działanie prądu elektrycznego występujące przy działaniu łuku elektrycznego może powodować następujące urazy:

- uszkodzenia ciała odłamkami zniszczonych urządzeń elektrycznych lub podczas upadku, wskutek dynamicznego działania prądu,
- oparzenia ciała, a nawet spalenia kończyn i innych części ciała ludzkiego, których rozległość i głębokość są zależne od gęstości energii cieplnej łuku,
- metalizację nieosłoniętych części ciała, wywołane roztopionymi, gorącymi cząstkami metali,
- uszkodzenia wzroku na skutek promieniowania nadfioletowego, widzialnego i podczerwonego.

2. Klasyfikacja środków ochrony przed porażeniem

Ochrona człowieka przed skutkami porażenia prądem elektrycznym realizowana jest przez następujące środki ochrony przeciwporażeniowej:

1. środki nietechniczne:
   - popularyzacja sposobów i zasad bezpiecznego użytkowania energii elektrycznej,

- szkolenie wstępne i okresowe wszystkich pracowników użytkujących urządzenia elektryczne i obsługujących urządzenia elektryczne,
- szkolenie w zakresie udzielania pierwszej pomocy przy porażeniach,
- wymagania kwalifikacyjne dla pracowników obsługujących urządzenia elektryczne,
- organizacja pracy (instrukcje eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych, pisemne polecenia wykonywania prac),
- egzekwowanie przestrzegania reguł bezpieczeństwa,
- badania okresowe.

2. środki techniczne:
   - ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa),
   - ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa),
   - ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim - realizowana przez zasilanie napięciem bezpiecznym,
   - sprzęt ochronny (w tym środki ochrony indywidualnej) – dla zastosowań, w których wyżej wymienione nie mogą być wykorzystane, np. przy naprawie urządzeń elektroenergetycznych.

3. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim zwana ochroną podstawową. Jej zadaniem jest ochrona użytkownika przed zagrożeniem wynikającym z dotyku do części czynnych urządzeń elektrycznych, czyli części znajdujących się pod napięciem niebezpiecznym w czasie normalnej pracy tych urządzeń.

Ochronę tę realizuje się poprzez utrudnienie człowiekowi dotyku do tych części. W urządzeniach elektrycznych o napięciu do 1kV wymaga się zastosowania przynajmniej jednego z następujących środków ochrony:

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

Ochrona przez izolowanie części czynnych polega na całkowitym pokryciu elementów przewodzących prąd elektryczny izolacją roboczą o odpowiedniej wytrzymałości elektrycznej. Musi ona być dostosowana do narażeń wewnętrznych, wynikających z charakteru urządzenia (napięć oraz możliwych przepięć), a także dostosowana do spodziewanych narażeń zewnętrznych i środowiskowych, takich jak:

- podwyższona wilgotność,
- niska lub wysoka temperatura,
- narażenia mechaniczne,
- agresywność chemiczna otaczającego środowiska,
- bezpośrednio padające światło słoneczne.

Rys. 2.4 Przewód elektryczny w izolacji roboczej
Źródło: technokabel.com.pl

Ochrona przez stosowanie obudów lub osłon polega na umieszczeniu w ich wnętrzu części czynnych, co zapobiega dotykowi bezpośredniemu. Obudowy i osłony chronią także aparaty i urządzenia elektryczne przed niekorzystnymi wpływami środowiska.

Ten środek ochrony musi spełniać następujące warunki:

- obudowy lub osłony nie mogą dać się usunąć bez użycia narzędzia lub klucza, co ogranicza dostęp do ich wnętrza osobom nieupoważnionym, a jeżeli osoby te muszą je otwierać – to części czynne mają być odłączone spod napięcia bądź odpowiednio osłonięte,
- muszą być odporne na normalnie występujące w warunkach eksploatacji narażenia zewnętrzne: mechaniczne, temperaturę, wilgotność, agresywność chemiczną otaczającego środowiska itp.,
- obudowy i osłony muszą mieć stopień ochrony IP dostosowany do rzeczywistych warunków środowiskowych w miejscu ich użytkowania, jednak nie mniej IP 2X, natomiast łatwo dostępne górne powierzchnie poziome stopień IP min. 4X; warunek ten nie dotyczy gniazd bezpiecznikowych i opraw żarówek.

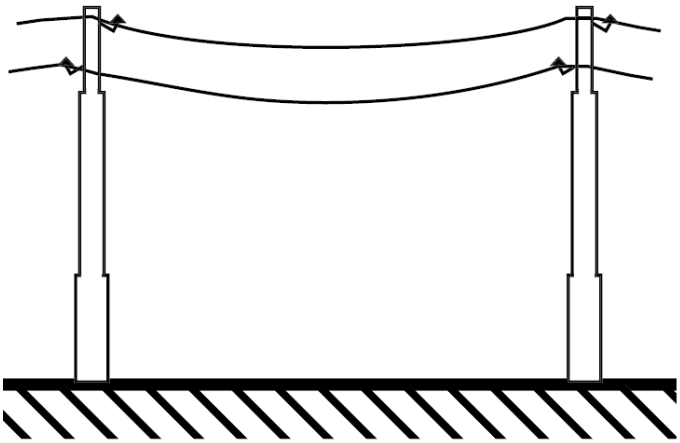
Rys. 2.5 Obudowy do komponentów elektrycznych o IP65
Źródło: http://automatykab2b.pl/images/stories/15751:obudowa.jpg

Ochrona przez stosowanie ogrodzeń, barier i przeszkód polega na umieszczeniu części znajdujących się pod napięciem poza, w miejscu niedostępnym dla dotyku lub ochrony tych części przed przypadkowym dotknięciem.

Rys. 2.6 Transformator SN z barierą ochronną
Źródło: http://bhp.nazwa.pl/wypadek_old/pracownie/pola/oprac1/stacje1.jpg

Ochrona przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki polega na umieszczaniu elementów przewodzących prąd tak, by były niedostępne dla użytkownika. Oznacza to, że znajdować się muszą poza obszarem w kształcie walca o średnicy 2,5 m, który rozciąga się 2,5 m ponad poziomem ustawienia stóp człowieka i 1,25 m poniżej tego poziomu.

Ten środek ochrony może być stosowany głównie w sieciach przesyłowych.



Rys. 2.7 Sieć przesyłowa
Źródło: http://kultbezp.ciop.pl

Ochrona przed dotykiem pośrednim, zwana ochroną dodatkową, polega na zastosowaniu, oprócz ochrony podstawowej, jednego ze środków ochrony dodatkowej, w celu ograniczenia skutków porażenia prądem elektrycznym poprzez:

- uniemożliwienie przepływu prądu przez ciało rażonego,
- ograniczenie wartości prądu rażeniowego lub czasu jego przepływu.

Do środków ochrony dodatkowej zaliczamy:

- samoczynne wyłączenia zasilania,
- urządzenia II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej,
- izolowanie stanowiska,
- nieuziemione połączenia wyrównawcze,
- separacje elektryczne.

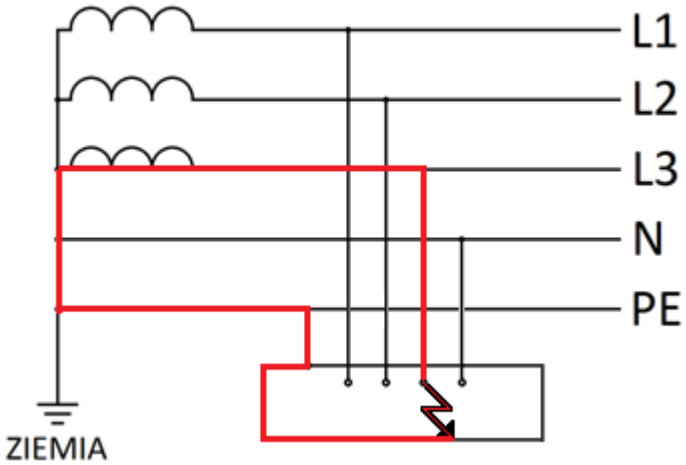
Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania polega na zastosowaniu środków technicznych, powodujących wyłączenie zasilania w odpowiednim czasie. Ochronę tą należy zastosować we wszystkich instalacjach, w których w przypadku wystąpienia uszkodzenia izolacji grozi pojawienie się napięcia niebezpiecznego, czyli wyższego niż wartość napięć dotykowych długotrwałych.

Obecnie jest to najbardziej rozpowszechniony środek ochrony przeciwporażeniowej, stosowany w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia.

Warunkiem prawidłowego działania tego rodzaju ochrony jest stworzenie odpowiedniej drogi dla prądu zwarciowego, zwanej pętlą zwarcia. Wartość impedancji pętli zwarcia decyduje o wartości prądu zwarciowego, który powoduje działanie urządzenia wyłączającego. Pętla zwarciowa złożona jest z przewodów: fazowych oraz ochronnych – łączących wszystkie dostępne części przewodzące urządzeń elektrycznych z punktem neutralnym sieci lub z ziemią, w zależności od układu sieciowego.

Urządzeniami samoczynnie wyłączającymi prąd zwarcia mogą być:

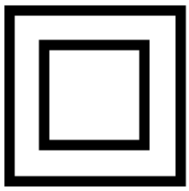
- zabezpieczenia przetężeniowe, które reagują na wzrost wartości prądu w obwodzie, np. bezpieczniki topikowe albo wyłączniki nadprądowe,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe reagujące na pojawienie się prądu upływu z obwodu. Ten typ zabezpieczeń możemy stosować we wszystkich układach sieciowych oprócz układu TN-C.



Rys. 2.8 Przebieg pętli zwarciowej w sieci TN-S
Źródło: opracowanie własne

Ochrona przez zastosowanie urządzenia II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej polega na zastosowaniu środków technicznych w urządzeniach elektrycznych, które zapobiegają pojawieniu się niebezpiecznego napięcia dotykowego na częściach przewodzących dostępnych. Ochronę tą realizujemy poprzez wyposażenie urządzenia w:

- izolację podwójną, składającą się z izolacji podstawowej i niezależnej od niej dodatkowej izolacji, równoważnej pod względem wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej. Taką izolację ma np. sprzęt gospodarstwa domowego, narzędzia ręczne, itp.,
- izolację wzmocnioną, która jest wprawdzie izolacją podstawową, lecz równoważną podwójnej pod względem wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej,
- obudowy izolacyjne, które są osłonami wykonanymi z materiału izolacyjnego o odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej i odporności na wpływy środowiska, zapewniającymi stopień ochrony co najmniej IP2X. W takich obudowach wykonywany jest np. sprzęt instalacyjny (rozdzielnice skrzynkowe, wtyki, gniazda, itp.).



Rys. 2.9 Symbol II klasy ochronności
Źródło: opracowanie własne

Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska polega na izolowaniu od ziemi stanowiska pracy, na którym może się znaleźć człowiek, bądź takim wyposażeniu tego stanowiska, by nie było możliwe jednoczesne dotknięcie dwóch części przewodzących dostępnych lub jednej części przewodzącej dostępnej i jakiejkolwiek części przewodzącej obcej.

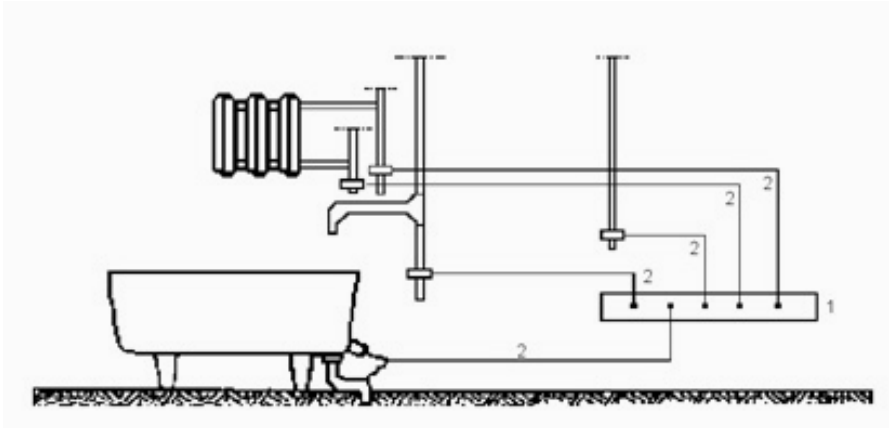
Ochrona ta ma na celu zapobieżenie możliwości porażenia prądem elektrycznym w wyniku równoczesnego dotknięcia części przewodzących znajdujących się pod różnymi potencjałami, np. co może zdarzyć się przy uszkodzeniu izolacji podstawowej części czynnych. Wymaganie to można spełnić przez:

- pokrycie lub wykonanie podłogi i ścian z materiału izolacyjnego, niepodlegającego działaniu wilgoci oraz oddalenie od siebie części przewodzących dostępnych od części przewodzących obcych poza strefę zasięgu ręki,
- umieszczenie odpowiednich barier wykonanych w miarę możliwości z materiałów izolacyjnych, nieprzyłączonych do ziemi ani do części przewodzących dostępnych,
- izolowanie części przewodzących obcych.

Izolowanie stanowiska można stosować tam, gdzie użycie innych środków jest trudne do wykonania lub niemożliwe, np. nie można dostatecznie szybko wyłączyć zasilania lub zmniejszyć wartości napięcia dotykowego. Znajduje ono zastosowanie najczęściej w specyficznych warunkach, np. w laboratoriach bądź w energetyce, gdzie podlega pewnym obostrzeniom.

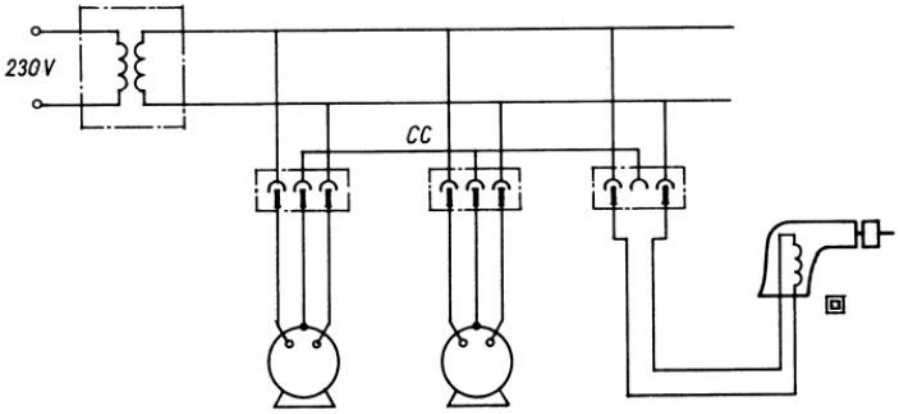
Ochrona przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych polega na połączeniu ze sobą wszystkich jednocześnie dostępnych części przewodzących obcych i części przewodzących dostępnych odpowiednim przewodem wyrównawczym, co zapobiega pojawieniu się niebezpiecznych napięć dotykowych.

System nie uziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych nie powinien mieć połączenia z ziemią przez łączone części przewodzące dostępne lub obce.



Rys. 2.10 Połączenie wyrównawcze miejscowe: 1 – szyna wyrównawcza, 2 - połączenie wyrównawcze
Źródło: http://nop.ciop.pl/m6-2/images/p6-2-19b.jpg

Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej polega na zasilaniu chronionego urządzenia lub urządzeń ze źródła separacyjnego, którym najczęściej jest odpowiedni transformator lub przetwornica. Części czynne obwodu separowanego nie mogą być połączone w żadnym punkcie z innym obwodem lub z ziemią. Ewentualne dotknięcie do elementów takiego obwodu przez człowieka nie powoduje porażenia, gdyż nie zamyka się droga dla prądu rażeniowego, co przesądza o skuteczności takiego rozwiązania. Jednakże dla poprawności działania tego środka obwód odbiorczy podlega licznym obostrzeniom – obwód powinien być tak wykonany, aby ograniczyć możliwość zwarć doziemnych oraz odbiorniki powinny być połączone ze sobą nieuziemionym przewodem wyrównawczym CC. Wartość napięcia w obwodzie wtórnym nie może być większa niż 500 V.



Rys. 2.11 Ochrona przez separowanie odbiornika
Źródło: H. Markiewicz Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. WNT 1999

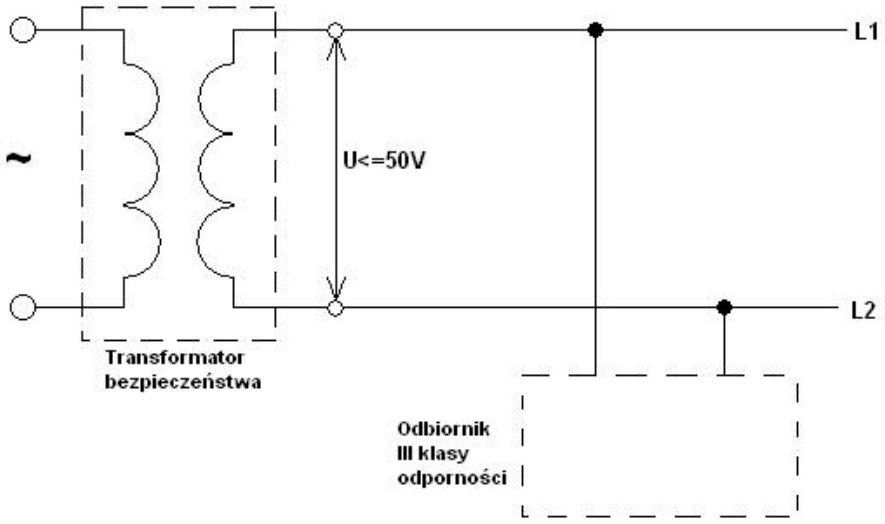
Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim

Sposób tej ochrony polega na zasilaniu urządzeń bardzo niskim napięciem, nie stanowiącym zagrożenia dla człowieka, ze spełniającego odpowiednie warunki źródła energii takiego, jak:

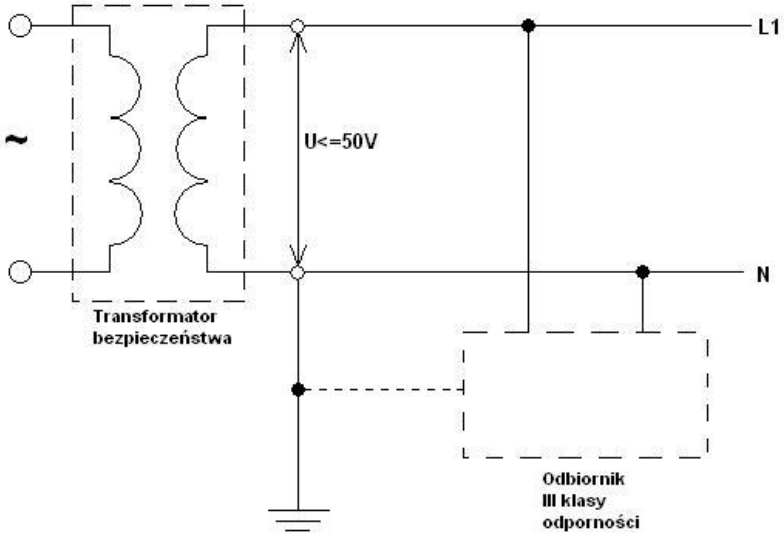
- transformator ochronny albo urządzenie równoważne (przetwornica),

- źródło elektrochemiczne (np. bateria akumulatorów).

Obwód ma być odseparowany od ziemi (SELV) lub uziemiony (PELV). Gniazda wtyczkowe i wtyczki stosowane w obwodach o bardzo niskim napięciu nie mogą pasować do wtyczek i gniazd wtyczkowych stosowanych w innych obwodach.



Rys. 2.12 Obwód niskiego napięcia SELV
Źródło: K. Majka. – Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego napięcia



Rys. 2.13 Obwód niskiego napięcia PELV
Źródło: K. Majka. – Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego napięcia

4. Sprzęt ochronny

W celu zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji instalacji i urządzeń elektrycznych stosuje się sprzęt ochronny, którego zadaniem jest ochrona osób obsługujących instalacje i urządzenia przed:

- porażeniem prądem elektrycznym,

- działaniem łuku elektrycznego,
- poparzeniem,
- oddziaływaniem nadmiernego hałasu,
- wibracją,
- zapyleniem,
- toksycznością,
- urazami mechanicznymi.

Ze względów bezpieczeństwa sprzęt ochronny powinien posiadać aktualne certyfikaty bezpieczeństwa, dopuszczające go do eksploatacji. Niesprostanie wymaganiom przepisów i norm bhp dyskwalifikuje sprzęt z użytku.

Do sprzętu ochronnego zaliczamy:

- narzędzia,
- ogrodzenia,
- osłony,
- tablice bezpieczeństwa.

Prawidłowe gospodarowanie sprzętem ochronnym obejmuje:

- dokonywanie prób kontrolnych sprzętu w regulaminowym czasie oraz zapisywanie wyników w odpowiednim formularzu,
- właściwe przechowywanie sprzętu ochronnego,
- prowadzenie systematycznej ewidencji sprzętu,
- usuwanie z użytku uszkodzonego sprzętu ochronnego,
- bieżące uzupełnianie potrzebnego sprzętu.

Sprzęt ochronny możemy podzielić na 4 grupy w zależności od przeznaczenia:

- sprzęt izolujący pracownika od części czynnych lub części przewodzących dostępnych,
- sprzęt służący do stwierdzania obecności napięcia,
- sprzęt zabezpieczający,
- sprzęt pomocniczy.

Do pierwszej grupy urządzeń zaliczamy:

- drążki izolacyjne manipulacyjne do odłączników i do zakładania uziemień oraz drążki izolacyjne pomiarowe,
- kleszcze izolacyjne i uchwyty do zakładania bezpieczników,
- narzędzia izolowane, np. szczypce płaskie, śrubokręty,
- rękawice gumowe dielektryczne (elektroizolacyjne),
- półbuty i kalosze gumowe dielektryczne,
- pomosty izolacyjne, chodniki gumowe, hełmy ochronne izolacyjne.

Rys. 2.14 Sprzęt izolujący, a – drążek do przenoszenia przewodów oponowych, b – kleszcze izolacyjne
Źródło: http://www.aktywizacja.com.pl

Sprzęt ochronny izolujący dzieli się na:

- zasadniczy, za pośrednictwem którego możemy w sposób bezpieczny prowadzić działania na częściach czynnych,
- dodatkowy, który sam nie stanowi pełnego zabezpieczenia, lecz stanowi uzupełnienie ochrony, użyty wraz ze sprzętem zasadniczym.

Tabela 2. Maksymalne wartości napięć dotykowych długotrwałych

Rodzaj sprzętu	Sprzęt izolujący o napięciu:	
	do 1 kV	powyżej 1 kV
Zasadniczy	- drążki izolacyjne - wskaźniki napięcia - rękawice elektroizolacyjne - uchwyty bezpieczników mocy - izolowane narzędzia monterskie	- drążki izolacyjne - wskaźniki napięcia - kleszcze do bezpieczników
Dodatkowy	- dywaniki i chodniki dielektryczne - kalosze elektroizolacyjne - hełmy elektroizolacyjne	- rękawice i półbuty elektroizolacyjne - dywaniki i chodniki dielektryczne - pomosty izolacyjne

Źródło: http://bezel.com.pl

Do sprzętu służącego do stwierdzania obecności napięcia zaliczamy wskaźniki napięcia, do których należą:

- wskaźniki neonowe,
- wskaźniki akustyczne,
- wskaźniki akustyczno-optyczne,
- wskaźniki jednobiegunowe,

- wskaźniki dwubiegunowe.

Rys. 2.15 Dwubiegunowy wskaźnik napięcia
Źródło: http://haupa.pl

Do sprzętu zabezpieczającego zaliczamy:
- sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia,
- sprzęt zabezpieczający osoby wykonujące prace na wysokości.

Sprzęt, który zabezpiecza przed pojawieniem się niebezpiecznego napięcia podczas prac przy sieciach przesyłowych, to w głównej mierze uziemiacze. Chronią one przed pojawieniem się napięcia w miejscach przeprowadzania prac.

Rys. 2.16 Uziemiacz zatrzaskowy z uchwytem izolacyjnym
Źródło: http://uziemiacze.pl/system/html/B_zdjecie-76de5718.jpg

Do sprzętu zabezpieczającego osoby wykonujące prace na wysokości zalicza się:
- szelki bezpieczeństwa,
- pasy bezpieczeństwa,
- słupołazy,
- podnośniki i drabinki.

Podstawowym sprzętem ochrony indywidualnej, zabezpieczającym pracownika przed upadkiem z wysokości są szelki bezpieczeństwa z tylną klamrą zaczepową, linką asekuracyjną i amortyzatorem bezpieczeństwa.

Do sprzętu pomocniczego zalicza się:

- przegrody i przeszkody,
- przenośne ogrodzenia,
- barierki i liny,
- płyty izolacyjne,
- siatki ochronne,
- tablice ostrzegawcze i informacyjne.

Sprawdzanie sprzętu ochronnego

Sprzęt ochronny należy sprawdzać:

- przed każdym użyciem,
- okresowo w terminach określonych w przepisach i dokumentacji fabrycznej sprzętu.

Badanie okresowe powinno być przeprowadzone przez upoważnione do takich badań laboratorium. W zakres tych badań wchodzi próba napięciowa sprzętu. Terminy badań określonego rodzaju sprzętu przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Terminy badań sprzętu ochronnego

Nazwa sprzętu	Terminy badań okresowych
Rękawice elektroizolacyjne Obuwie elektroizolacyjne Wskaźniki napięcia 1 - 110 kV Drążki izolacyjne pomiarowe	co 6 m-cy
Wskaźniki napięcia 220 - 750 kV Drążki manipulacyjne Drążki do zakładania uziemień Kleszcze do bezpieczników Dywaniki i chodniki gumowe	co 2 lata
Pomosty izolacyjne	co 3 lata

Źródło: http://bezel.com.pl

Bibliografia:

1. Markiewicz H., (2011): *Instalacje elektryczne*. Warszawa: WNT
2. Bartodziej G., Kałuża E., (2000). *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Warszawa: WSiP.
3. Bastian P., Schuberth G., Spielvogel O., Steil H.-J., Tkotz K., Ziegler K. (2010). *Praktyczna elektrotechnika ogólna*. Warszawa: Rea.
4. Kotlarski W., Grad J. (2011). *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Warszawa: WSiP.
5. Markiewicz H. (2002). *Bezpieczeństwo w elektroenergetyce*. Warszawa: WNT.
6. Majka K., (2003) *Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego napięcia*. Lublin.
7. Musiał E., (2005). *Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne*. Warszawa: WSiP.
8. Niestępski S., (2005). *Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja.* Warszawa: OWPW.
9. Katalogi przewodów.
10. Katalogi osprzętu instalacyjnego.
11. Katalogi bezpieczników i wyłączników instalacyjnych.
12. Polska Norma PN-IEC 60634 (wieloarkuszowa) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
13. Polska Norma PN HD 361 S3:2002 Klasyfikacja przewodów i kabli.

Netografia:

1. http://automatykab2b.pl/images/stories/15751:obudowa.jpg
2. http://bezel.com.pl
3. http://bhp.nazwa.pl/wypadek_old/pracownie/pola/oprac1/stacje1.jpg
4. http://haupa.pl
5. http://kultbezp.ciop.pl
6. http://nop.ciop.pl/m6-2/images/p6-2-19b.jpg
7. http://uziemiacze.pl/system/html/B_zdjecie-76de5718.jpg
8. http://www.aktywizacja.com.pl
9. www.technokabel.com.pl