

Lekcja Ochrona przeciwporażeniowa

Powszechne stosowanie urządzeń zasilanych energią elektryczną niesie ze sobą różnego rodzaju zagrożenia dla człowieka, zwierząt i środowiska, np.:

- szkodliwe oddziaływanie elektryczności statycznej na człowieka i procesy technologiczne,
- porażenia oraz oparzenia prądem i łukiem elektrycznym,
- zagrożenia pożarowe i wybuchowe,
- szkodliwe oddziaływania silnych pól elektrycznych i elektromagnetycznych,

W celu ochrony człowieka przed skutkami porażenia prądem elektrycznym są stosowane następujące środki ochrony przeciwporażeniowej:

środki nietechniczne takie, jak:

- popularyzacja sposobów i zasad bezpiecznego użytkowania energii elektrycznej,

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

środki techniczne takie, jak:

- 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).

- Ponieważ wszystkie urządzenia elektryczne, których wartości napięć roboczych są większe niż wartości bezpieczne, zasadniczo stwarzają niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym, ochrona przeciwporażeniowa powinna być stosowana w każdej sieci czy instalacji elektroenergetycznej i we wszystkich przyłączonych odbiornikach energii elektrycznej.

Ze względu na fakt, iż skuteczność środków nietechnicznych w poważnej mierze zależy od człowieka i jego postępowania, wymaga się zatem stosowania rozwiązań mniej od niego zależnych – takimi więc są środki techniczne, „wbudowane” w urządzenie przez producenta.

- Rodzaj technicznych środków ochrony w poszczególnych urządzeniach lub ich częściach powinien być dostosowany zwłaszcza do wartości napięcia, warunków środowiskowych oraz sposobu użytkowania i obsługi. Istotne są też kwalifikacje osób mających dostęp do urządzenia oraz rezystancja ciała ludzkiego i charakter kontaktu człowieka z potencjałem ziemi. W przypadku urządzeń eksploatowanych przez osoby poinstruowane i wykwalifikowane, dopuszcza się w pewnych warunkach niestosowanie niektórych rozwiązań ochrony. Natomiast w pozostałych przypadkach wymaga się stosowania ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrony podstawowej) razem z ochroną przed dotykiem pośrednim (ochroną dodatkową).

Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym

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

- **w warunkach normalnych** (dla urządzeń sprawnych, użytkowanych zgodnie z zasadami o eksploatacji), a także
- **w przypadku pojedynczego uszkodzenia** (np. w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej (zwarcie L-PE))

Ochrona w warunkach normalnych jest zapewniona ochroną podstawową, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia jest zapewniona ochroną przy uszkodzeniu.

System ochrony przeciwporażeniowej dzieli się na trzy stopnie ochrony:

- 1) ochrona przeciwporażeniowa podstawowa,
- 2) ochrona przeciwporażeniowa dodatkowa (ochrona przy uszkodzeniu),
- 3) ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca.

- **Ochrona przeciwporażeniowa podstawowa** (ochrona przed dotykiem bezpośrednim) - zapewnia ochronę przed porażeniem elektrycznym w warunkach braku uszkodzenia (w warunkach normalnych),
- **Ochrona przeciwporażeniowa przy uszkodzeniu**- przewiduje ochronę urządzenia w przypadku pojedynczego uszkodzenia np. w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej (zwarcie L-PE). Stosuje się w tym przypadku środek ochrony: ochrona przy uszkodzeniu (ochrona przy dotyku pośrednim),
- **Ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca**
 - 1) **Ochrona uzupełniająca ochronę podstawową** (ochrona uzupełniająca przed dotykiem bezpośrednim) polega na zainstalowaniu w obwodzie chronionym wyłącznika różnicowoprądowego wysokoczułego o prądzie wyzwalającym $I_{\Delta n}$ nie większym od 30 mA.
 - 2) **Ochrona uzupełniająca ochronę przy uszkodzeniu** (ochrona uzupełniająca przy dotyku pośrednim) polega na wykonaniu połączeń wyrównawczych miejscowych. Ich rola polega na ograniczeniu długotrwanie utrzymującego się napięcia dotykowego do poziomu dopuszczalnego.

Lekcja Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

- Człowiek może zostać porażony prądem elektrycznym, jeżeli jego ciało stanie się częścią obwodu elektrycznego popłynie przez nie prąd elektryczny o odpowiednio dużej wartości. Może się to wydarzyć, kiedy człowiek - w wyniku błędu, lekkomyślności lub uszkodzenia izolacji – dłonią lub dowolną inną częścią ciała dotyka przewodu lub części przewodzącej urządzenia znajdującej się pod napięciem.

- Procesom życiowym w organizmie towarzyszą złożone zjawiska elektryczne polegające m.in. na przenikaniu jonów przez błony komórkowe i na przewodzeniu impulsów elektrycznych (bioprądów) wzdłuż włókien nerwowych i włókien mięśniowych. Te impulsy przekazują informacje do ośrodków nerwowych, a z nich - polecenia (mimowolne lub sterowane wolą) skurczu mięśni. Bioprądy wywołują różnicę potencjałów na powierzchni ciała, rzędu mikrowoltów, które rejestruje się jako elektrokardiogramy (prądy czynnościowe serca), encefalogramy (mózgu), retinogramy (oka). Nawet nieduży prąd rażeniowy – zbyt mały, by spowodować uszkodzenia cieplne lub elektrochemiczne – może zakłócić procesy życiowe, bo liczne tkanki są elektropobudliwe. Najlepszym przewodnikiem prądu elektrycznego w organizmie człowieka są arterie, żyły i mięśnie.

Prąd elektryczny przepływając przez ciało człowieka wywołuje w nim zmiany chemiczne i biologiczne groźne dla zdrowia i życia. Działanie prądu może się objawiać w postaci zmian elektrolitycznych, oparzeń oraz zaburzeń czynności fizjologicznych.

Skutki rażenia prądu zależą od:

- rodzaju prądu (częstotliwości),
- wartości prądu rażeniowego,
- czasu trwania rażenia,
- drogi przepływu prądu,
- rezystancji ciała człowieka,
- warunków środowiskowych.

Najbardziej niebezpieczny dla człowieka jest prąd przemienny o częstotliwości 50-60 Hz. Prądy o wyższych częstotliwościach są mniej niebezpieczne. Człowiek jest mniej wrażliwy na działanie prądu stałego niż na działanie prądu przemiennego o małych wartościach (20 mA).

Jako graniczne długotrwałe wartości bezpieczne (minimalnie niebezpieczne dla człowieka wartości prądu płynącego przez organizm) przyjmuje się:

- dla prądu przemiennego – 30 mA,
- dla prądu stałego – 70 mA.

Szczególnie niebezpieczny jest przepływ prądu przez klatkę piersiową, drogą ręka-ręka, ręka-nogi, głowa-ręka.

Czasu przepływu prądu

Czas przepływu prądu rażeniowego przez ciało człowieka ma istotny wpływ na skutki rażenia prądem elektrycznym, a w szczególności na migotanie komór sercowych. Jeżeli czas przepływu nie przekracza 0,1 - 0,5 s, to następstwa rażenia są znacznie złagodzone, chociaż w pewnych warunkach środowiskowych mogą być bardzo groźne.

Drogi przepływu prądu przez ciało człowieka

Droga przepływu prądu rażenia przez ciało człowieka ma istotny wpływ na skutki porażenia prądem elektrycznym, przy czym największe znaczenie ma to jaka część prądu przepływa przez serce i przez układ oddechowy.

Przy przepływie prądu na drodze:

- **ręka-ręka** - przez serce przepływa 3,3% ogólnego prądu rażenia,
- **lewa ręka-nogi** - przez serce przepływa 3,7% ogólnego prądu rażenia,
- **prawa ręka-nogi** - przez serce przepływ 6,7% ogólnego prądu rażenia,
- **noga-noga** - przez serce przepływa 0,4% ogólnego prądu rażenia.

Prawie dwukrotnie większy prąd przepływający przez serce na drodze prawa ręka - noga tłumaczy się tym, że oś podłużna serca leży właśnie na tej drodze.

Wartości natężenia prądu

Wartość progowa prądu samouwolnienia przy prądzie stałym wynosi $I = 30$ mA (dla kobiet 20 mA). Przy tych wartościach prądów rażeniowych samodzielne uwolnienie się od elektrod mimo bolesnych skurczów mięśni rąk jeszcze jest możliwe. Wartość progowa prądu samouwolnienia przy prądzie przemiennym, wynosi 10 mA. (dla kobiet. 6 mA);

Kondycji psychofizycznej człowieka

Kondycja psychofizyczna człowieka ma duży wpływ na bezpieczeństwo porażenia, np. stan podniecenia porażonego powoduje wydzielanie się potu, a tym samym zmniejszenie rezystancji ciała i w konsekwencji wzrost natężenia prądu rażenia.

Takie stany psychiczne jak: roztargnienie, zdenerwowanie, zamroczenie alkoholem, zmniejszają zdolność reagowania porażonego prądem elektrycznym. Stan fizyczny ma również wpływ na odporność organizmu, np. na stan osłabienia lub wyczerpania chorobowego.

- Objawy działania na człowieka prądu przemiennego 50...60 Hz przy przepływie na drodze ręka-ręka lub ręka-noga przedstawiają się następująco:

Wartość skuteczna prądu w mA	Objawy
0...0,5	prąd niewyczuwalny
0,6...1,6	prąd wyraźnie wyczuwalny (swędzenie, łaskotanie)
1,6...3,5	cierpienie dłoni i przegubów, lekkie sztywnienie rąk
3,5...15	silne sztywnienie rąk, ból przedramion, skurcze dłoni i drżenie rąk; przy wzroście wartości prądu coraz silniejsze skurcze mięśni palców i ramion, zaciskanie się rąk obejmujących przedmiot i niemożność samodzielnego oderwania się.
15...25	nie kontrolowane skurcze, utrudniony oddech, wzrost ciśnienia krwi; prąd nie powoduje groźnych następstw przy czasie przepływu nie dłuższym niż kilkanaście sekund.
25...50	bardzo silne skurcze mięśni rąk i klatki piersiowej; nieregularność pracy serca, przy dłuższym działaniu prądu w górnym zakresie – migotanie komór serca
50...70	migotanie komór sercowych, porażenie mięśni oddechowych, przy dłuższym działaniu śmierć przez uduszenie
Powyżej 70	przy dłuższym działaniu prądu zwykle śmierć

- Prąd przepływający przez ciało człowieka jest proporcjonalny do napięcia dotykowego (napięcie między dwoma elementami przewodzącymi, które znajdują się w zasięgu człowieka) i odwrotnie proporcjonalny do rezystancji ciała. Rezystancja ciała człowieka zmienia się w szerokim zakresie jest zależna od: warunków środowiskowych, stanu naskórka, indywidualnych cech człowieka.

- Wypadkowa rezystancja ciała człowieka składa się z rezystancji skóry i rezystancji wewnętrznej organizmu. Rezystancja wewnętrzna jest niewielka i wynosi 500 -1000 Ω . Rezystancja skóry natomiast zmienia się w szerokich granicach. Przy suchym naskórku wynosi od 5 do 100 k Ω i może się zmieniać pod wpływem wilgotności, przedłużającego się czasu rażenia i wzrostu napięcia rażeniowego.

- Po podstawieniu niebezpiecznych wartości prądu oraz rezystancji ciała w danych warunkach środowiskowych (przyjmując najniższą wartość) do wzoru na Prawo Ohma, otrzymuje się maksymalne wartości napięć dopuszczalnych dla człowieka – napięcie dotykowe bezpieczne U_L .

Rodzaj prądu	Napięcie bezpieczne U_L, V	
	Warunki Środowiskowe W1	Warunki Środowiskowe W2
Przemienny	≤ 50	≤ 25
Stały	≤ 120	≤ 60

W1 warunki normalne, w których wartość rezystancji ciała ludzkiego mierzonej w stosunku do ziemi jest nie mniejsza niż 1000 Ω ; do środowisk normalnych zalicza się: lokale mieszkalne, biurowe, sale widowiskowe, szpitalne, szkolne itp.,

W2 warunki szczególne, w których wartość rezystancji ciała człowieka mierzona w stosunku do ziemi jest mniejsza niż 1000 Ω ; do środowisk szczególnych zalicza się: tereny otwarte, łazienki i natryski, sauny, obory, chlewnie, pomieszczenia produkcyjne o wilgotności względnej większej niż 75 % oraz o temperaturze wyższej niż 35° C lub mniejszej niż -5° C. W takich warunkach środowiskowych pomieszczenia są zwykle wilgotne, wilgotna jest również skóra człowieka, a podłogi (podłoża) charakteryzują się małą rezystancją.

Dodatkowo wyróżnia się warunki środowiskowe specjalne (W3), np. baseny kąpielowe lub wnętrza metalowych zbiorników, dla których dopuszczalne wartości napięć rażeniowych dotykowych powinny być mniejsze niż dla klasy W2.