

Działanie prądu na organizm ludzki

Prąd rażeniowy przepływający przez ciało człowieka powoduje zaburzenia w funkcjonowaniu wielu układów, szczególnie układów: nerwowego, oddechowego i krwionośnego.

Każde takie zaburzenie stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka.

Należy przy tym pamiętać, że skutki wywołane prądem rażeniowym mogą ujawnić się nawet po wielu latach.

Skutki przepływu prądu przez ciało człowieka

Z przeprowadzonych badań i zebranych wyników obserwacji wynika, że najpoważniejsze skutki przepływu prądu elektrycznego przez organizm ludzki, to:

- a) skurcze mięśni, szczególnie mięśni zginających,
- b) oparzenia zewnętrzne i wewnętrzne,
- c) utrata świadomości,
- d) zatrzymanie oddychania,
- e) zakłócenia pracy serca, występujące najostrzej przy prądach o częstotliwościach $40 \div 60$ Hz, które powodują migotanie komór serca.

Pośrednie oddziaływanie prądu elektrycznego na człowieka

Powstający w czasie awaryjnej pracy urządzeń czy niewłaściwej obsługi łuk elektryczny jest źródłem silnego promieniowania cieplnego i ultrafioletowego a także przyczyną (przy prądach zwarciovych o dużym natężeniu) powstawania dużych sił między elementami wiodącymi prąd elektryczny.

Człowiek znajdujący się w pobliżu palącego się łuku elektrycznego narażony jest na oparzenia, uszkodzenie narządu wzroku oraz na mechaniczne uszkodzenia ciała.

Ponadto, w wyniku porażenia bądź oddziaływania łuku elektrycznego może wystąpić utrata równowagi powodująca upadek z wysokości co w konsekwencji doprowadzić może do spowodowania poważnych mechanicznych uszkodzeń ciała człowieka.

Czynniki pogłębiające stopień porażenia

Stopień porażenia, czyli skutki przepływu prądu rażeniowego przez ciało człowieka, jest wynikiem działania następujących czynników:

- a) natężenia prądu rażeniowego,
- b) czasu przepływu prądu rażeniowego,
- c) częstotliwości prądu rażeniowego,
- d) drogi przepływu prądu przez człowieka,
- e) rezystancji ciała człowieka oraz jego naskórka,
- f) warunków środowiskowych,
- g) indywidualnych cech człowieka.

Znajomość wpływu czynników pogłębiających stopień porażenia ma istotne znaczenie dla zrozumienia zasad ochrony przeciwporażeniowej.

Natężenie prądu rażeniowego

Natężenie prądu rażeniowego jest wprost proporcjonalne do napięcia rażeniowego i odwrotnie proporcjonalne do rezystancji ciała człowieka.

Reakcje organizmów na przepływający przezeń prąd są różne i w dużej mierze zależne od indywidualnych cech osób porażonych. Skutki przepływu prądu potęgują się u dzieci, kobiet, osób starszych, osób otyłych i chorych (zwłaszcza na choroby serca).

Na podstawie wielu badań, stwierdzono ścisłą zależność skutków rażenia od natężenia prądu rażeniowego; wyniki tych badań zestawione są w tabeli 2.1. (są to wartości uśrednione dla mężczyzn).

Tabela. 2.1.¹

Natężenie prądu w mA	Objawy – skutki przepływu prądu o częst. 50+60 Hz
0.5	Brak widocznych reakcji
1 ~ 1.5	Początek odczuwania
1 ~ 3	Odczuwanie bezbolesne
3 ~ 6	Początek skurczów mięśni i odczucie bólu
10 ~ 15	Silne skurcze mięśni, trudności z oderwaniem rąk od przewodu, silne bóle w palcach, ramionach i plecach
15 ~ 25	Bardzo silne skurcze i bóle, samodzielne oderwanie się jest niemożliwe, trudności z oddychaniem
30	Początek paraliżu dróg oddechowych, możliwość utraty przytomności
75	Początek migotania komór sercowych
250	Migotanie komór sercowych w czasie pow. 0.4 s
4000	Paraliż i zatrzymanie akcji serca
> 5000	Zwęglenie się tkanek

Natężenie Prądu w mA	Objawy -skutki przepływu prądu stałego
5 ~ 8	Początek odczuwania przepływu prądu
10 ~ 15	Uczucie ciepła
20 ~ 25	Powstawanie skurczów mięśni, znaczne odczuwanie ciepła
1200	Powoduje śmierć

Czas przepływu prądu rażeniowego

Czas przepływu prądu ma wpływ na oddziaływanie cieplne oraz na pojawienie się migotania komór sercowych.

Badania dowiodły, że przy przepływie prądów rażeniowych w czasie poniżej 0.2 s wystąpienie migotania komór sercowych zdarza się bardzo rzadko, natomiast przy czasach powyżej 1 s bardzo często.

Częstotliwość prądu rażeniowego

Najgroźniejszymi z prądów rażeniowych są prądy o częstotliwościach 40 ÷ 60 Hz gdyż wywołują one migotanie komór sercowych.

¹ Kotlarski W., Grad J.: *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995

Prądy stałe i prądy o wysokich częstotliwościach stwarzają mniejsze niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia człowieka, co wcale nie oznacza, że rażenia tymi prądami należy lekceważyć.

Prądy stałe powodują bowiem rozkład krwi (zjawisko elektrolizy) i mogą spowodować zablokowanie krwioobiegu.

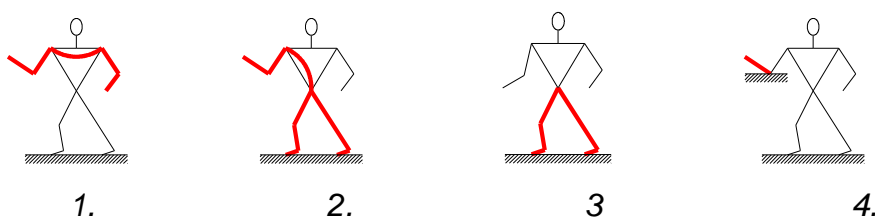
Prądy o wysokich częstotliwościach, nawet przy niezbyt dużych natężeniach prądu, powodują dotkliwe oparzenia naskórka i skóry (zjawisko naskórkowości).

Droga przepływu prądu rażeniowego

Najniebezpieczniejsze skutki wywołują prądy rażeniowe przepływające przez serce i obręb klatki piersiowej gdyż prowadzą one bezpośrednio do niedotlenienia organizmu.

Z powyższego wynika, że stopień porażenia człowieka będzie głębszy przy rażeniach prądem na drodze ręka - nogi.

Drogi przepływu prądu rażeniowego obrazuje rysunek 2.1.



Rys. 2.1. Przepływ prądu rażeniowego.

1. dłoń - dłoń 2. dłoń - stopy 3. stopa - stopa 4. dłoń - łokieć

Rezystancja ciała człowieka

Rezystancja ciała człowieka jest wypadkową rezystancji skóry wraz z naskórkiem oraz rezystancji wewnętrznej.

Rezystancja wewnętrzna ciała zawiera się w granicach $500 \div 1000 \Omega$ i tylko w niewielkim stopniu zależy od drogi przepływu prądu. W przeciętnych warunkach przyjmujemy, że rezystancja wewnętrzna wynosi 1000Ω .

Rezystancja skóry nie ma stałej wartości. Przy suchym i nieuszkodzonym naskórku przy napięciu kilku woltów, rezystancja skóry wynosi od $10 \text{ k}\Omega$ do $1 \text{ M}\Omega$.

Wyraźne zmniejszenie się wartości rezystancji skóry obserwujemy przy zwiększaniu się powierzchni elektrod, wilgotności, upływie czasu rażenia i wzroście napięcia rażeniowego. Napięcia rażeniowe powyżej 250 V powodują częściowe lub całkowite przebicie skóry.

Warunki środowiskowe

Warunki zewnętrzne, takie jak: wilgotność i temperatura powietrza, pozycja pracy, intensywność wykonywanej pracy, przewodność podłoża i ubrania roboczego, mają decydujący wpływ na zmniejszanie się rezystancji skóry i zwiększanie natężenia prądów rażeniowych.

Wyróżniamy warunki środowiskowe:

- 1) przy których wartość rezystancji ciała człowieka wynosi co najmniej 1000Ω ,
- 2) przy których wartość rezystancji ciała człowieka wynosi mniej niż 1000Ω .

Indywidualne cechy człowieka

Stan psychofizyczny człowieka obejmujący między innymi stan zdrowotny, podniecenie, zdenerwowanie, przebyte stresy, w znacznej mierze decyduje o odporności organizmu na przepływający prąd i zdolności szybkiego reagowania na zagrożenia.

Spożycie alkoholu zmniejsza zdolność reagowania na stany zagrożenia, zwiększa wydzielanie się potu i osłabia odporność organizmu na prąd rażeniowy.

Napięcie dotykowe bezpieczne

Na podstawie znajomości najmniejszych niebezpiecznych dla człowieka natężeń prądu wynoszących:

- a) 30 mA dla prądu o częstotliwości 40 ÷ 60 Hz,
- b) 70 mA dla prądu stałego,

i rezystancji ciała człowieka wynoszącej średnio 1000 Ω , określone zostały wartości maksymalne napięć dopuszczalnych dla człowieka - wartości napięć dotykowych bezpiecznych.

W warunkach środowiskowych, w których rezystancja ciała człowieka wynosi co najmniej 1000 Ω za napięcie bezpieczne uznaje się napięcia o wartościach:

- a) 50 V dla prądu przemiennego,
- b) 100 V dla prądu stałego.

W warunkach środowiskowych, w których rezystancja ciała człowieka nie przekracza 1000 Ω , za napięcie bezpieczne uznaje się napięcia o wartościach:

- a) 25 V dla prądu przemiennego,
- b) 50 V dla prądu stałego.

Napięcia o wartościach nie przekraczających wartości wyżej podanych oznaczają się - U_L ²

Metody eliminowania skutków przepływu prądów wrażeńowych podstawy ochrony przeciwporażeniowej

Jak przekonaliśmy się, przepływanie prądu elektrycznego przez ciało człowieka może być niebezpieczne dla jego zdrowia a nawet życia.

W celu ratowania bezcennej wartości jaką jest życie człowieka, należy przeciwdziałać zarówno przyczynom jak i skutkom występowania prądów rażeniowych poprzez minimalizację czynników pogłębiających stopień porażenia tych ostatnich.

² Kotlarski W., Grad J.: *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995

Przeciwdziałanie przyczynom występowania porażen prądem elektrycznym

Do metod przeciwdziałających przyczynom występowania porażen można zaliczyć:

- ograniczenie (eliminacja) „przypadkowości” w występowaniu porażen dzięki podnoszeniu kultury technicznej,
- właściwe projektowanie i budowę urządzeń i aparatów elektrycznych w sposób uniemożliwiający dotknięcie części czynnych,
- stosowanie odpowiednich materiałów izolacyjnych odpornych na uszkodzenia mechaniczne, wysokie temperatury, procesy starzeniowe,
- systematyczne szkolenie osób obsługi i dozoru nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych,
- stosowanie sprzętu ochrony osobistej i narzędzi elektroizolacyjnych,
- użytkowanie narzędzi, maszyn i urządzeń elektrycznych zgodnie z ich przeznaczeniem,
- systematyczną, regularną kontrolę stanu izolacji urządzeń i maszyn elektrycznych.³

Przeciwdziałanie skutkom rażenia prądem elektrycznym

Do metod ograniczających skutki wywołane przepływem prądu elektrycznego przez ciało człowieka należy zaliczyć:

- stosowanie do zasilania narzędzi i urządzeń napięć bezpiecznych,
- ograniczanie natężenia prądów rażeniowych,
- ograniczanie czasu przepływu prądów rażeniowych,
- wyłączenie z ruchu narzędzi i urządzeń posiadających zbyt niską wartość rezystancji izolacji,
- wyrównywanie potencjałów elektrycznych na częściach przewodzących dostępnych i obcych.

PAMIĘTAJ:

Zastosowanie wszystkich, nawet najdoskonalszych metod i środków przeciwdziałających porażeniom prądem elektrycznym nie gwarantuje pełnego bezpieczeństwa osobom obsługującym i eksploatującym narzędzia, urządzenia, aparaty i maszyny elektryczne. Winę za taki stan rzeczy ponosi sam człowiek.

³ Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. PIGPE – Zespół Elektroenergetyki, 1998