Działanie prądu na organizm i zagrożenia

> Skutek porażenia prądem zależy od czterech czynników naraz — natężenia, czasu przepływu, drogi przez ciało i rezystancji organizmu — a nie od samego napięcia, które jest tylko przyczyną, nie miarą skutku.

Skróty użyte na tej stronie (4)

Skrót	Co znaczy
CO2	Dwutlenek węgla: gaz, który wydychamy, a jego stężenie w pomieszczeniu pokazuje, jak bardzo powietrze zużyli ludzie i czy trzeba wietrzyć
DC	Domain Controller: serwer, który trzyma Active Directory i loguje użytkowników
ISO	International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie
PN-EN	Polska Norma będąca wersją normy europejskiej, np. PN-EN 54 dla elementów systemów sygnalizacji pożaru

Po co to istnieje

Rozporządzenia i procedury opisane we wcześniejszych rozdziałach mają jeden wspólny cel — nie dopuścić do sytuacji opisanej na tej stronie. Zrozumienie, co dokładnie prąd robi z organizmem człowieka i od czego zależy dotkliwość porażenia, tłumaczy, dlaczego wyłącznik różnicowoprądowy reaguje na tak małe wartości prądu, dlaczego stosuje się bardzo niskie napięcia w pomieszczeniach wilgotnych i dlaczego procedura pracy przy urządzeniach odłączonych od napięcia jest tak rygorystyczna.

Od czego zależy skutek porażenia

Pojęcie: porażenie prądem elektrycznym. Uszkodzenie organizmu spowodowane przepływem prądu elektrycznego przez ciało człowieka. Porażenie może nastąpić w wyniku dotyku bezpośredniego albo dotyku pośredniego.

Pojęcie: dotyk bezpośredni. Zetknięcie się człowieka z częścią czynną urządzenia, która w normalnych warunkach pracy jest pod napięciem — na przykład z odsłoniętym przewodem fazowym.

Pojęcie: dotyk pośredni. Zetknięcie się człowieka z częścią przewodzącą urządzenia, która normalnie nie jest pod napięciem, ale znalazła się pod nim wskutek uszkodzenia izolacji — na przykład z metalową obudową urządzenia, w którym doszło do przebicia izolacji na obudowę.

Skutek porażenia — od ledwo wyczuwalnego mrowienia po zatrzymanie akcji serca — zależy od czterech czynników jednocześnie: natężenia prądu przepływającego przez ciało, czasu trwania tego przepływu, drogi, jaką prąd przebywa przez organizm, oraz rezystancji samego ciała w danych warunkach, która decyduje o tym, jakie natężenie popłynie przy danym napięciu. Rezystancja ciała nie jest stała — spada gwałtownie, gdy skóra jest wilgotna albo spocona, dlatego to samo napięcie w suchych warunkach bywa tylko nieprzyjemne, a w środowisku mokrym może być śmiertelne.

Progi działania prądu przemiennego na organizm

Wraz ze wzrostem natężenia prądu przepływającego przez ciało kolejne progi oznaczają coraz poważniejsze skutki — od progu odczuwalności, przez próg samouwolnienia, aż po zagrożenie migotaniem komór.

Pojęcie: próg odczuwalności. Najmniejsze natężenie prądu, przy którym człowiek zaczyna odczuwać jego przepływ przez ciało.

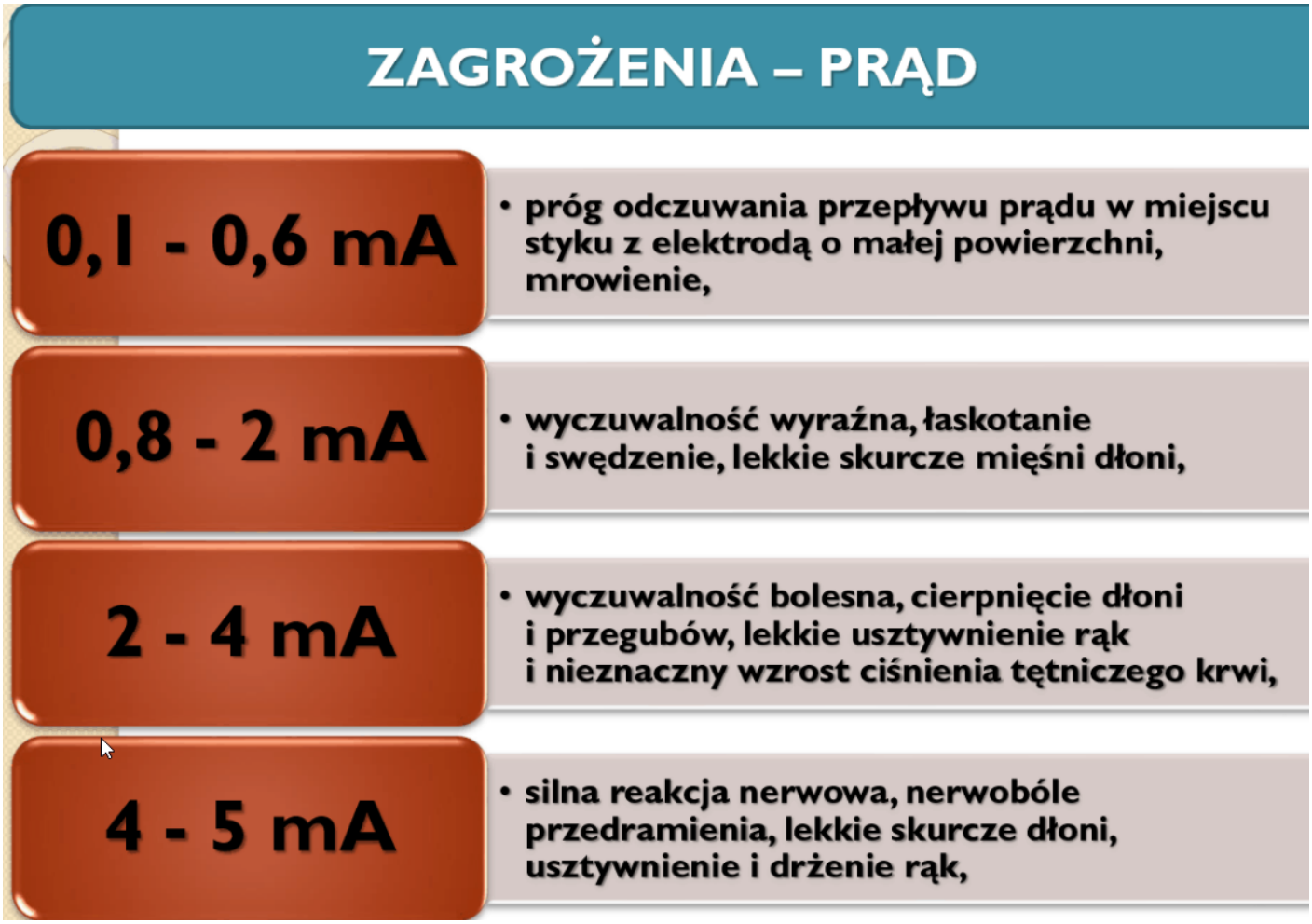
Pojęcie: próg samouwolnienia. Graniczne natężenie prądu, powyżej którego mięśnie dłoni zaciskają się na tyle silnie, że rażony nie jest już w stanie o własnych siłach puścić przedmiotu, przez który płynie prąd, ani odsunąć się od niego.

> **Pojęcie: migotanie komór.** Zaburzenie rytmu serca polegające na chaotycznych, nieskoordynowanych skurczach komór serca zamiast rytmicznego bicia — najgroźniejszy ze skutków porażenia prądem, bezpośrednio zagrażający życiu, bo serce w tym stanie nie pompuje krwi.

W notatkach źródłowych, z których korzystamy, zachował się fragment tabeli wiążącej konkretne zakresy natężenia z opisanymi skutkami. Część wartości liczbowych w oryginale jest nieczytelna — przytaczamy dokładnie te, które dały się odczytać, w kolejności rosnącego natężenia, a tam, gdzie zabrakło konkretnej liczby, mówimy to wprost zamiast zgadywać.

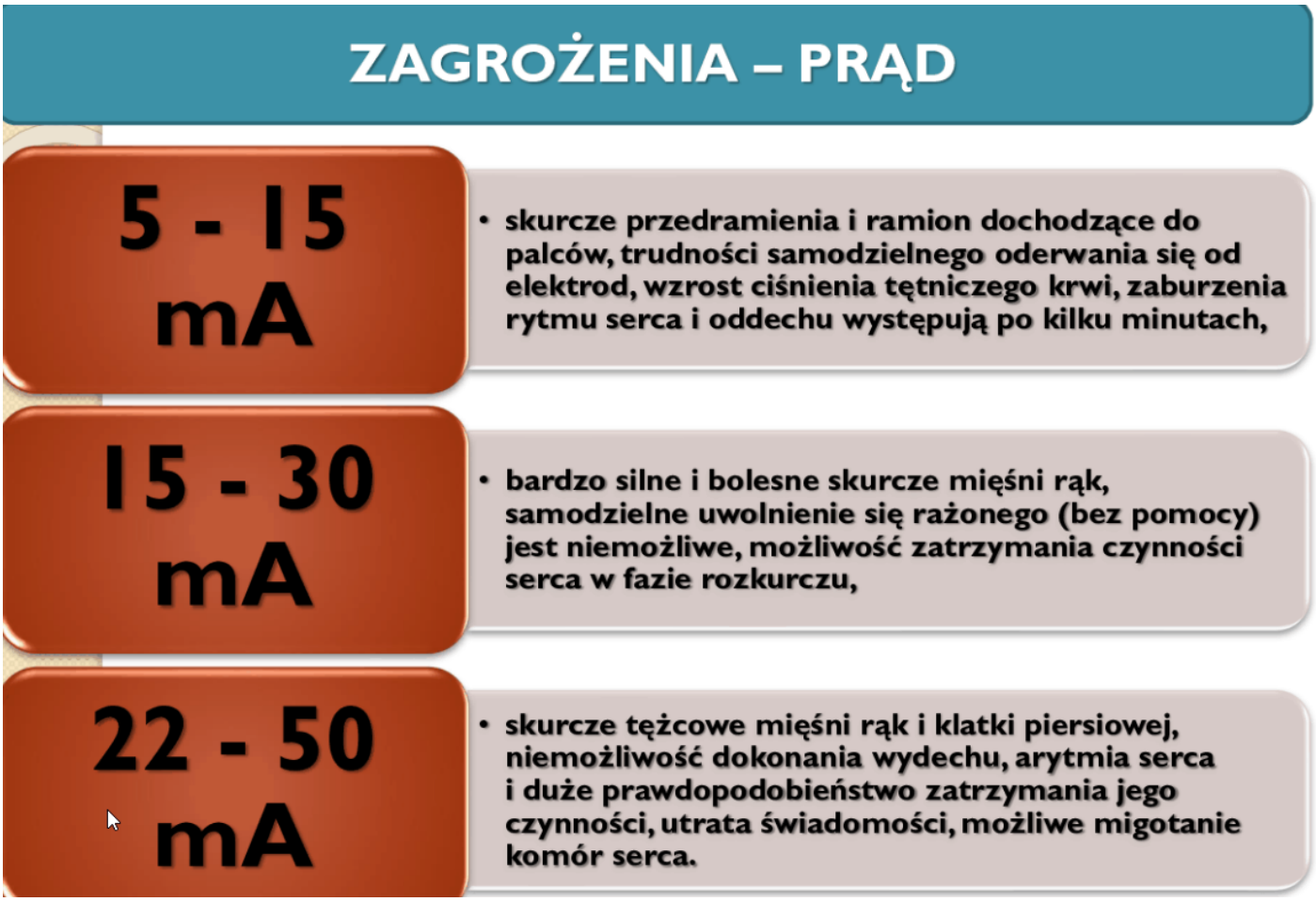
Natężenie	Skutek
2–4 mA	próg odczuwania przepływu prądu w miejscu styku z elektrodą o małej powierzchni, mrowienie
4–5 mA	wyczuwalność wyraźna, łaskotanie i swędzenie, lekkie skurcze mięśni dłoni
wartość nieczytelna w źródle	wyczuwalność bolesna, cierpnięcie dłoni i przegubów, lekkie usztywnienie rąk i nieznaczny wzrost ciśnienia tętniczego
wartość nieczytelna w źródle	silna reakcja nerwowa, nerwobóle przedramienia, lekkie skurcze dłoni, usztywnienie i drżenie rąk
15–30 mA	skurcze przedramienia i ramion dochodzące do palców, trudności samodzielnego oderwania się od elektrod (próg samouwolnienia), wzrost ciśnienia tętniczego krwi, zaburzenia rytmu serca i oddechu — występują po kilku minutach
22–50 mA	bardzo silne i bolesne skurcze mięśni rąk, samodzielne uwolnienie się rażonego bez pomocy jest niemożliwe, możliwość zatrzymania czynności serca w fazie rozkurczu
wartość wyższa, nieczytelna w źródle	skurcze tężcowe mięśni rąk i klatki piersiowej, niemożliwość dokonania wydechu, arytmia serca, duże prawdopodobieństwo zatrzymania jego czynności, utrata świadomości, możliwe migotanie komór serca

Te same progi, w pełniejszej i czytelniejszej postaci, zebrane są w dwóch tabelach źródłowych — najpierw zakres niższych natężeń:



Progi odczuwania prądu rażeniowego 0,1-5 mA (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

a następnie zakres wyższych natężeń, aż po próg zagrożenia migotaniem komór:



Progi rażenia prądem 5-50 mA (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Dokładne granice poszczególnych progów bywają aktualizowane w normach dotyczących oddziaływania prądu na organizm ludzki — przy pracy z konkretnymi wartościami granicznymi warto zweryfikować je w aktualnie obowiązującej normie, zamiast opierać się wyłącznie na tabeli powyżej.

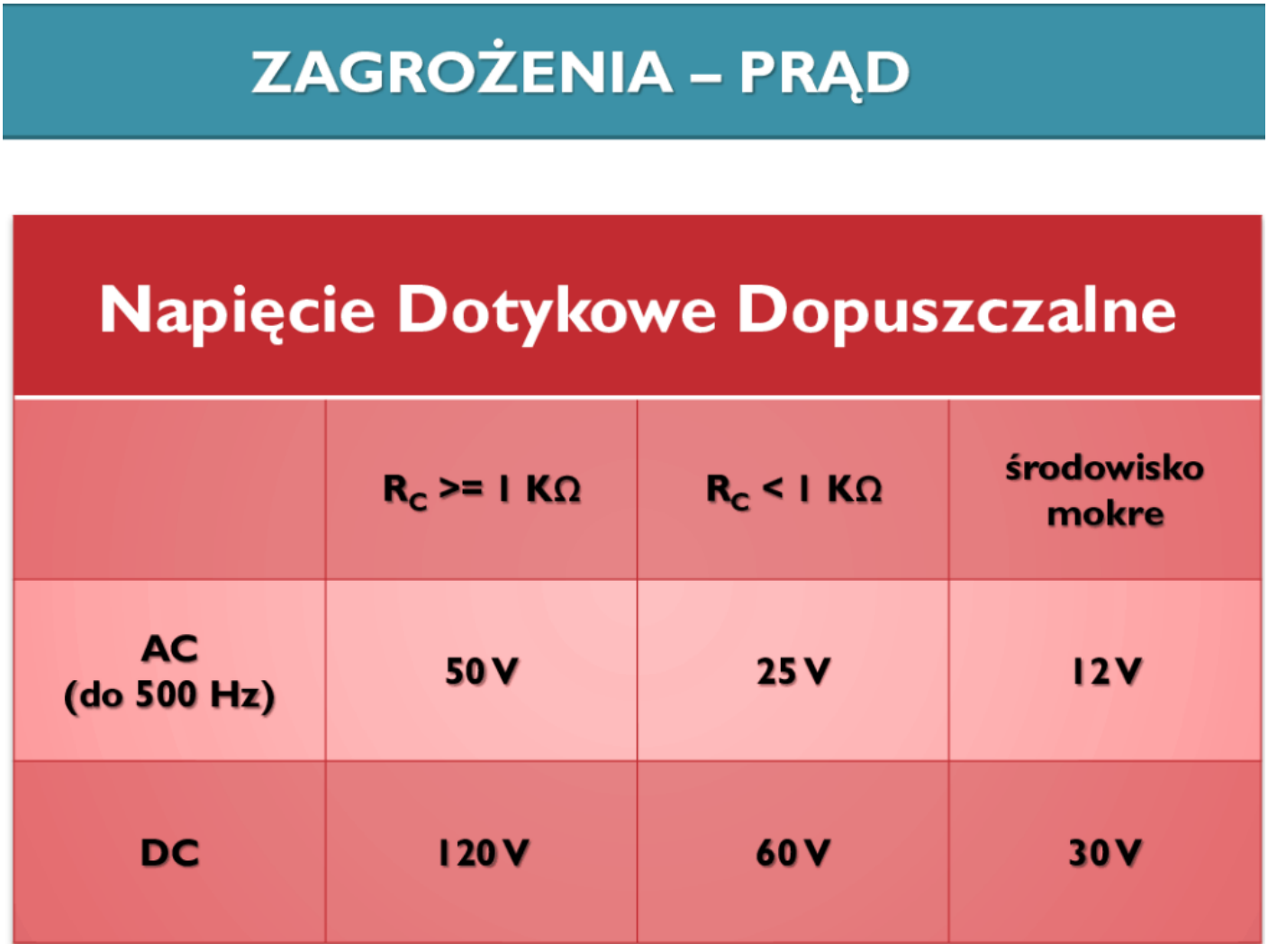
Napięcie dotykowe dopuszczalne

Pojęcie: napięcie dotykowe. Napięcie, jakie pojawia się między dwoma częściami dostępnymi jednoczesnemu dotykowi człowieka w przypadku uszkodzenia izolacji — na przykład między metalową obudową uszkodzonego urządzenia a podłogą, na której stoi człowiek.

Pojęcie: napięcie dotykowe dopuszczalne (UL). Największa wartość napięcia dotykowego, jaka może utrzymywać się przez czas nieograniczony w danych warunkach środowiskowych, nie stwarzając zagrożenia dla człowieka. Wartość ta zależy od tego, czy prąd jest przemienny czy stały, oraz od wilgotności środowiska — im bardziej wilgotne albo

przewodzące otoczenie, tym niższe napięcie jest uznawane za bezpieczne, bo rezystancja ciała i otoczenia spada.

Warunki środowiskowe	AC (do 500 Hz)	DC
warunki normalne	50 V	120 V
środowisko wilgotne / szczególne zagrożenie	25 V	60 V
środowisko mokre / szczególnie niebezpieczne	12 V	30 V



Dopuszczalne długotrwałe napięcia dotykowe AC i DC (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Napięcie dotykowe dopuszczalne jest jedną z wielkości, do których odnosi się dobór środków ochrony przeciwporażeniowej opisanych na stronie Ochrona przeciwporażeniowa — samoczynne wyłączenie zasilania musi zadziałać na tyle szybko, żeby napięcie dotykowe nie przekroczyło tej wartości na dłużej, niż pozwala na to czas zadziałania zabezpieczenia.

> **Pojęcie: napięcie krokowe.** Napięcie powstające między dwoma punktami na powierzchni ziemi, oddalonymi od siebie o długość kroku, w pobliżu miejsca, w którym prąd wpływa do ziemi — na przykład w miejscu zerwanego przewodu wysokiego napięcia leżącego na ziemi. Zagrożenie napięciem krokowym jest przyczyną, dla której w pobliżu takiego miejsca porusza się drobnymi krokami albo skokami obunóż, zamiast normalnym krokiem, żeby zminimalizować różnicę potencjałów między stopami.

Skutki porażenia dla organizmu

Skutki porażenia prądem są z reguły dla organizmu ludzkiego ciężkie i obejmują zaburzenia oddychania, zaburzenia pracy serca, poparzenia wewnętrzne i zewnętrzne, trwałą degenerację tkanek, a w najcięższych przypadkach śmierć. Do tego dochodzą urazy mechaniczne spowodowane upadkiem albo upuszczeniem przedmiotu w chwili wystąpienia porażenia — reakcja mięśniowa na prąd bywa gwałtowna i nieprzewidywalna, więc porażenie na wysokości albo przy obsłudze ciężkiego narzędzia niesie dodatkowe ryzyko niezwiązane bezpośrednio z samym prądem.

Łuk elektryczny i oparzenia

> **Pojęcie: łuk elektryczny.** Wyładowanie elektryczne w gazie, powstające przy nagłym przerwaniu obwodu, w którym płynął prąd o znacznym natężeniu — towarzyszy mu bardzo wysoka temperatura i silne promieniowanie świetlne. Łuk elektryczny powstaje na przykład w momencie przepalenia się wkładki topikowej bezpiecznika — gdy prąd o zbyt dużym natężeniu topi element topikowy, w miejscu przerwania zapala się łuk, który gaśnie dopiero wtedy, gdy natężenie płynącego prądu spadnie do zera. Czas palenia się łuku zależy od rozłączanego napięcia, natężenia prądu oraz środowiska, w którym się pali.

Łuk elektryczny stanowi zagrożenie niezależne od samego porażenia prądem — jego temperatura powoduje ciężkie oparzenia skóry i dróg oddechowych nawet bez bezpośredniego kontaktu z częścią czynną, a intensywne promieniowanie świetlne może uszkodzić wzrok. Praca przy urządzeniach, w których może dojść do zwarcia o dużej mocy, uwzględnia to ryzyko osobno od ryzyka samego porażenia.

Zagrożenie pożarowe od instalacji

Uszkodzona albo przeciążona instalacja elektryczna jest jedną z najczęstszych przyczyn pożarów, dlatego zagrożenie pożarowe traktuje się jako osobną kategorię ryzyka obok samego porażenia. W

starszym polskim podziale, który znamy z materiałów egzaminacyjnych, pożary związane z urządzeniami pod napięciem klasyfikowano jako osobną grupę pożarów, właśnie ze względu na obecność napięcia w miejscu pożaru. Poniższa tabela pokazuje ten starszy podział A do F; według normy PN-EN 2 grupy E nie ma, o czym piszemy niżej.

Grupa pożaru (starszy podział)	Materiał palny
A	ciała stałe pochodzenia organicznego, przy spalaniu których występuje zjawisko żarzenia
B	ciecze palne i substancje stałe topniejące wskutek ciepła
C	gazy palne
D	metale lekkie, na przykład magnez, sód, potas, lit metaliczny (ogniwa litowo-jonowe to osobny przypadek, patrz niżej)
E (oznaczenie historyczne, w PN-EN 2 go nie ma)	pożary grup A, B, C występujące w obrębie urządzeń pod napięciem
F	tłuszcze i oleje w urządzeniach kuchennych

W tym starszym podziale grupa E jest tą, która dotyczy bezpośrednio instalacji i urządzeń elektroenergetycznych — obejmuje typowe pożary grup A, B lub C, ale zachodzące w obrębie urządzeń wciąż pod napięciem, co wyklucza gaszenie wodą albo pianą, bo obie te substancje przewodzą prąd i stwarzają ryzyko porażenia osoby gaszącej. Do gaszenia pożarów w obrębie urządzeń pod napięciem stosuje się gaśnice, których środek gaśniczy nie przewodzi prądu — proszkowe albo śniegowe — nigdy wodne ani pianowe, dopóki nie ma pewności, że napięcie zostało odłączone. Gaśnica śniegowa to gaśnica na dwutlenek węgla. To jest odpowiedź, której oczekuje egzamin, i nie wycofujemy jej, tylko uzupełniamy ją niżej o stan obecnych norm.

Grupa E: oznaczenie historyczne i co mówi dziś norma

Norma PN-EN 2, która opisuje klasy pożarów, wymienia dziś klasy A, B, C, D i F, a klasy E w niej nie ma (stan na 4 października 2026 roku: EN 2:1992 ze zmianą A1:2004). Stare oznaczenie E nadal pojawia się w szkoleniach, w starych instrukcjach bezpieczeństwa i na starszych gaśnicach, więc musimy je rozumieć, ale nie jest ono oznaczeniem normy. Norma ISO 3941:2026, opublikowana w styczniu 2026 roku, dodaje klasę L dla ogniw i baterii litowo-jonowych, nadal bez klasy E, a to, czy klasa L trafi do europejskiej normy EN 2, nie zostało potwierdzone.

Zdolność gaśnicy do pracy przy napięciu opisuje inna norma. PN-EN 3-7 przewiduje badanie dielektryczne gaśnicy (próba do 35 kV) i pozwala oznaczyć ją napisem, że może być używana na urządzeniach pod napięciem do 1000 V z odległości 1 m, a gaśnica bez takiego oznaczenia ma ostrzeżenie, że nie wolno jej używać na urządzeniach pod napięciem. O tym, czy wolno nią gasić sprzęt pod napięciem, decyduje więc tabliczka gaśnicy i odległość, a nie litera E.

Pytanie	Wersja egzaminacyjna (starsza)	Wersja według PN-EN
Jak nazywamy pożar sprzętu pod napięciem	grupa E	pożar klasy A, B albo C, a napięcie opisuje oznaczenie na gaśnicy
Czym gasimy doraźnie	gaśnica proszkowa albo śniegowa (CO2)	gaśnica proszkowa albo CO2 z oznaczeniem do 1000 V z 1 m, mgła wodna tylko z potwierdzonym badaniem dielektrycznym
Skąd wiemy, że wolno	z grupy E	z tabliczki gaśnicy i odległości
Czego nie wolno	wody i piany	zwykłej wody, piany i każdej gaśnicy bez oznaczenia dielektrycznego
Co w serwerowni	nie omawia	stały system gaszenia bez gaśnic, w sali tylko CO2 albo mgła dielektryczna

Gaśnicą gasimy tylko doraźnie, na samym początku pożaru i tylko wtedy, gdy możemy to zrobić bezpiecznie. Serwerownia ma zwykle własny stały system gaszenia (gaz obojętny, środek chemiczny albo mgła wodna), który działa bez gaśnic i bez udziału ludzi. Proszek, który w egzaminie jest poprawną odpowiedzią dla grupy E, w serwerowni niszczy sprzęt, bo drobny pył wchodzi do obudów i wentylatorów, a w wilgoci działa korodująco. Szczegóły omawiamy na stronach Gaśnice i sprzęt podręczny: rodzaje, oznaczenia, rozmieszczenie, Stałe urządzenia gaśnicze: gazy, mgła wodna i tryskacze w serwerowni oraz Pożar i klasy pożarów: co się pali w serwerowni i dlaczego.

□□ Ćwiczenia

1. Dwie osoby dotykają tego samego uszkodzonego urządzenia w tych samych warunkach napięciowych, ale jedna ma suche dłonie, a druga spocone. Który z czterech czynników decydujących o skutku porażenia różni się między nimi najbardziej i dlaczego wpływa to na natężenie prądu przepływającego przez ciało?

Odpowiedź

Różni się przede wszystkim rezystancja ciała — wilgotna, spocona skóra ma znacznie niższą rezystancję niż skóra sucha. Ponieważ z prawa Ohma natężenie prądu przy danym napięciu jest odwrotnie proporcjonalne do rezystancji, osoba z niższą rezystancją (spoconymi dłońmi) będzie przewodzić znacznie większy prąd przy tym samym napięciu dotykowym, co zwiększa ryzyko cięższych skutków porażenia.

2. W pomieszczeniu o podwyższonej wilgotności doszło do uszkodzenia izolacji urządzenia. Dlaczego dopuszczalne napięcie dotykowe w takich warunkach jest niższe niż w warunkach normalnych?

Odpowiedź

W środowisku wilgotnym rezystancja skóry i otoczenia człowieka jest niższa, więc to samo napięcie dotykowe wywołuje większy prąd przepływający przez ciało niż w warunkach suchych. Dlatego norma przyjmuje niższą wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego dla warunków wilgotnych (25 V AC) i jeszcze niższą dla środowiska mokrego (12 V AC) niż dla warunków normalnych (50 V AC) — chroniąc przed zwiększonym ryzykiem wynikającym z niższej rezystancji.

3. Doszło do pożaru urządzenia elektrycznego, które wciąż jest pod napięciem. Dlaczego nie wolno go gasić wodą ani pianą, i jakiego rodzaju gaśnicy należy użyć zamiast tego?

Odpowiedź

Woda i piana gaśnicza przewodzą prąd elektryczny, więc ich użycie na urządzeniu pod napięciem stwarza ryzyko porażenia osoby gaszącej przez strumień środka gaśniczego. Do gaszenia pożarów w obrębie urządzeń pod napięciem — pożarów grupy E — stosuje się gaśnice proszkowe albo śniegowe, których środek gaśniczy nie przewodzi prądu.

Uzupełnienie: to jest odpowiedź w starszym podziale z grupą E, bo według PN-EN 2 klasy E nie ma. Dziś patrzymy na oznaczenie na gaśnicy (do 1000 V z odległości 1 m), a w serwerowni zamiast proszku bierzemy CO2 albo mgłę dielektryczną, ponieważ proszek niszczy sprzęt, i pamiętamy, że serwerownię chroni zwykle stały system gaszenia.

Powiązane: Prąd: wielkości i zależności · Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem · Ochrona przeciwporażeniowa

Revision #36
Created 2026-09-25 08:26:33 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:16:39 UTC by Tomasz Konieczny