



PŘEKRAČUJEME HRANICE  
PRZEKRACZAMY GRANICE  
2014—2020



EVROPSKÁ UNIE / UNIA EUROPEJSKA  
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ  
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

Realizowane w ramach projektu

**„Edukacja transgraniczna w dziedzinie  
prac na urządzeniach elektrycznych”,**

reg. č. CZ.11.3.119/0.0/0.0/16\_013/0002972,

współfinansowanego przez:

**Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach  
Programu INTERREG V-A Republika Czeska – Polska z  
Funduszu Mikroprojektów 2014-2020 w Euroregionie  
Silesia.**

Wykonawcy:

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

Politechnika Śląska v Gliwicach.

## Statystyki pożarów

Tab.1. Względna liczba pożarów spowodowanych wadami instalacji elektrycznych lub wadami urządzeń grzejnych, nieprawidłową eksploatacją instalacji lub urządzeń grzejnych oraz elektrycznością statyczną na tle ogólnej liczby pożarów w latach 2000–2017

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ogólna liczba pożarów	135 889	116 602	151 026	220 866	146 728	184 316	186 180	161 089	161 799	159 122	135 555	171 833	183 888	126 426	145 222	184 795	126 214	125 871
Požary od instalacji i urządzeń elektrycznych	6970	6817	7260	7304	6807	7403	7718	6960	7033	6801	6903	6210	6423	5974	3726	6651	4058	6313
Względna liczba pożarów od instalacji i urządzeń elektrycznych	5,13%	5,85%	4,80%	3,31%	4,64%	4,02%	4,14%	4,32%	4,45%	4,27%	4,09%	3,55%	3,49%	4,73%	2,57%	3,59%	3,22%	5,02%
Średnio	4,18%																	

## Statystyki pożarów

Tab.2. Pożary spowodowane wadami instalacji elektrycznych lub wadami urządzeń grzejnych, nieprawidłową eksploatacją instalacji lub urządzeń grzejnych oraz elektrycznością statyczną w latach 2000–2016

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Wady urządzeń elektrycznych (bez urządzeń grzejnych)	5613	5430	5907	5909	5533	6143	6454	5835	5914	5787	5864	5359	5480	5139	3009	5737	3121
Nieprawidłowa obsługa urządzeń elektrycznych (bez urządzeń grzejnych)	755	702	695	624	574	566	602	552	551	472	492	387	443	395	319	429	364
Wady elektrycznych urządzeń grzewczych	329	386	367	357	369	363	362	361	350	373	343	291	304	296	258	327	300
Nieprawidłowa obsługa elektrycznych urządzeń grzewczych	241	261	233	242	207	249	266	192	192	150	188	134	161	125	121	131	138
Elektryczność statyczna	32	38	58	172	69	82	34	20	26	19	17	39	35	19	19	27	135
<b>Razem</b>	<b>6970</b>	<b>6817</b>	<b>7260</b>	<b>7304</b>	<b>6807</b>	<b>7403</b>	<b>7718</b>	<b>6960</b>	<b>7033</b>	<b>6801</b>	<b>6903</b>	<b>6210</b>	<b>6423</b>	<b>5974</b>	<b>3726</b>	<b>6651</b>	<b>4058</b>

## Statystyki pożarów

Tab.3. Względna liczba pożarów spowodowanych wadami instalacji elektrycznych lub wadami urządzeń grzejnych, nieprawidłową eksploatacją instalacji lub urządzeń grzejnych oraz elektrycznością statyczną na tle ogólnej liczby pożarów budynków w latach 2000–2016

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Požary budynków użyteczności publicznej	3119	2823	2896	2948	2820	2879	2871	2682	2700	2546	2467	2418	2406	2318	2227	2458	2598
Požary budynków mieszkalnych	23 207	23 134	24 508	25 545	25 059	26 382	26 677	26 454	27 214	27 491	28 274	27 521	29 130	27 491	27 352	29 548	31122
Požary budynków produkcyjnych	2539	2107	2331	2462	2321	2482	2488	2489	2367	2198	2211	2453	2360	2068	2323	2425	2306
Požary budynków magazynowych	1429	1116	1333	1461	1361	1258	1294	1266	1383	1197	1096	1253	1134	976	979	1117	907
Ogólna liczba pożarów budynków	27 755	29 180	31 068	32 416	31 561	33 001	33 330	32 891	33 664	33 432	34 048	33 645	35 030	32 853	32 881	35 541	36933
Požary od instalacji i urządzeń elektrycznych oraz elektryczności statycznej	6970	6817	7260	7304	6807	7403	7718	6960	7033	6801	6903	6210	6423	5974	3726	6651	4058
Względna liczba pożarów od instalacji i urządzeń elektrycznych	25,11%	23,36%	23,36%	22,53%	21,56%	22,43%	23,15%	21,16%	20,89%	20,34%	20,27%	18,45%	18,34%	18,18%	11,33%	18,64%	10,99%
Średnio	20%																

## Statystyki zgonów w Polsce

Tabela 1. Rzeczywiste statystyki zgonów w Polsce z powodu wybranych zdarzeń

	Liczba zgonów rocznie z następujących powodów:								
	kontakt z jadowitym zwierzęciem	porażenie piorunem	porażenie prądem	pożar	utonięcie	wypadki kolejowe (jako pasażer/ka)	wypadki samochodowe (jako użytkownik lub pieszy)	zabójstwo	zatrucie pokarmowe
Średnia z lat 2008–2010	9,6	5,7	130,8	555	877	23	4591	416	43

Źródło: GUS



PŘEKRAČUJEME HRANICE  
PRZEKRACZAMY GRANICE  
2014—2020



EVROPSKÁ UNIE / UNIA EUROPEJSKA  
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ  
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

## Nazewnictwo

**Część przewodząca dostępna** – część przewodząca urządzenia, którą można dotknąć, nie będąca normalnie pod napięciem, i która może znaleźć się pod napięciem w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej.

**Część przewodząca obca** – część przewodząca nie będąca częścią urządzenia ani instalacji elektrycznej, która może się znaleźć pod określonym potencjałem, zazwyczaj potencjałem ziemi lokalne.



## Rażenia prądem elektrycznym

**Rażenie elektryczne** następuje, gdy człowiek dotknie jedno-cześnie dwóch części o różnych potencjałach elektrycznych i przez jego ciało płynie prąd elektryczny.

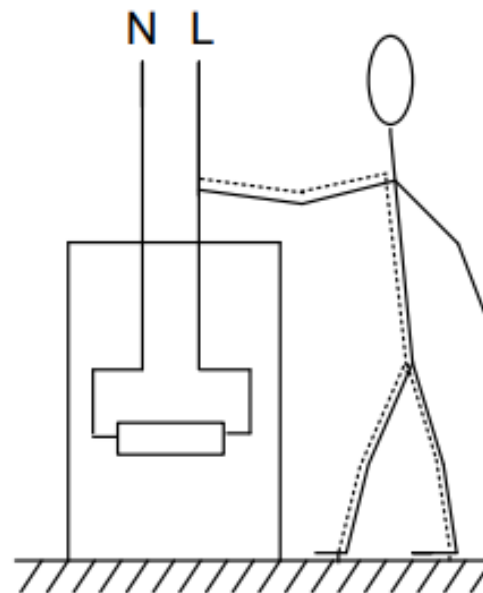
Najczęściej rażenie rozpatruje się na drodze **ręka (ręce) – stopy** lub **ręka – ręka**.

Rozróżnia się przy tym **rażenie przy dotyku bezpośrednim** i **pośrednim**.

## Ražení przy dotyku bezpośrednim

Ražení przy **dotyku bezpośrednim** na drodze **ręka – stopy** to ražení przez:

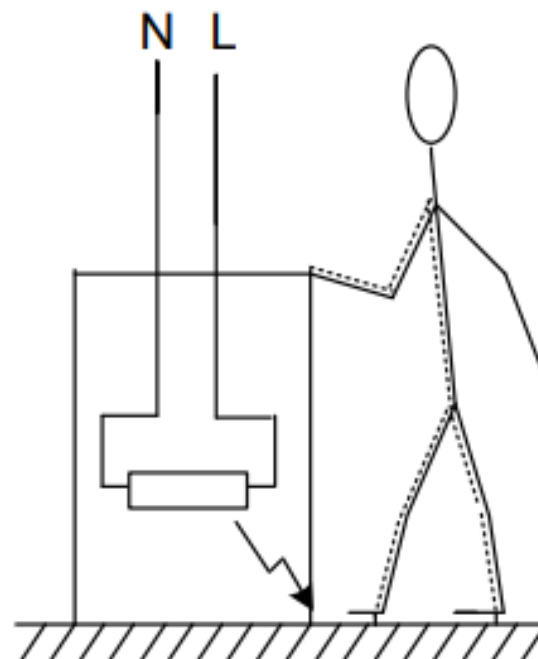
- dotknięcie części czynnej, czyli części będącej w czasie normalnej pracy urządzenia pod napięciem,
- dotknięcie żyły przewodu o uszkodzonej izolacji,
- dotknięcie części czynnej wewnątrz urządzenia podczas nieostrożnej pracy pod napięciem lub na skutek uszkodzenia obudowy urządzenia.



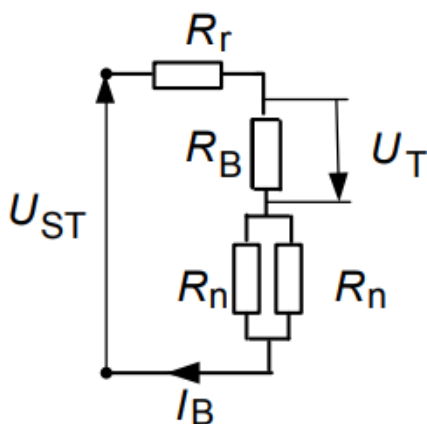
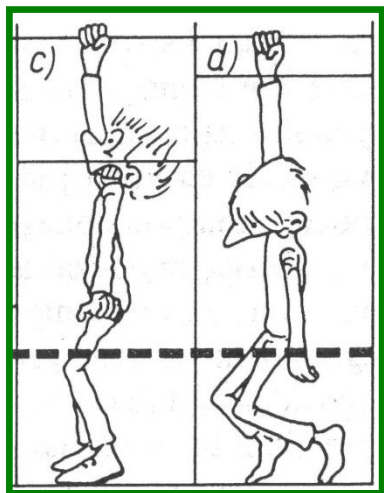
## Raženie przy dotyku pośrednim

Raženie przy **dotyku pośrednim** na drodze **ręka – stopy** to raženie przez:

- dotknięcie części przewodzącej dostępnej, czyli części, która w czasie normalnej pracy urządzenia nie znajduje się pod napięciem, a na której napięcie pojawiło się na skutek uszkodzenia izolacji roboczej urządzenia.



## Schemat elektryczny obwodu rażeniowego na drodze ręka - stopy



Rys. 2. Schemat elektryczny obwodu rażeniowego. Oznaczenia:  $U_{ST}$  – napięcie dotykowe spodziewane,  $U_T$  – napięcie dotykowe rażeniowe,  $I_B$  – prąd rażeniowy,  $R_B$  – rezystancja ciała człowieka ( $Z_T$ ),  $R_r$  – rezystancja przejścia między dłonią a częścią dotykaną,  $R_n$  – rezystancja przejścia między stopą a stanowiskiem

Przyjmujemy:

$$R_r = 0$$

$$R_n = 0$$

$$R_B = 1000 \Omega$$

zatem

Prąd rażeniowy:

$$I_B = \frac{U_{ST}}{R_B} = \frac{230}{1000} = 230 \text{ mA}$$

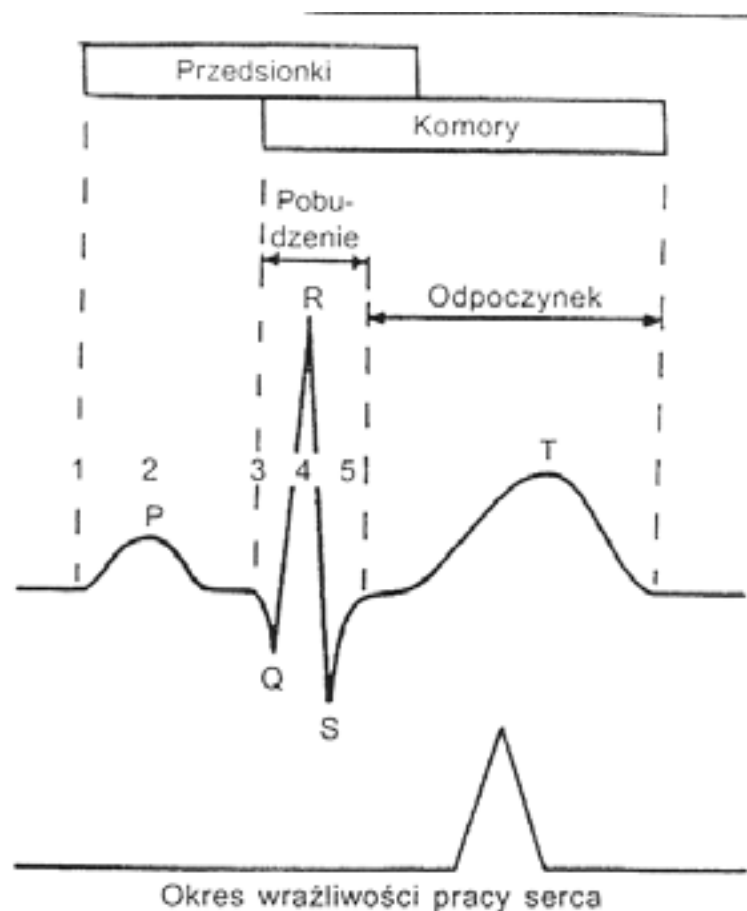
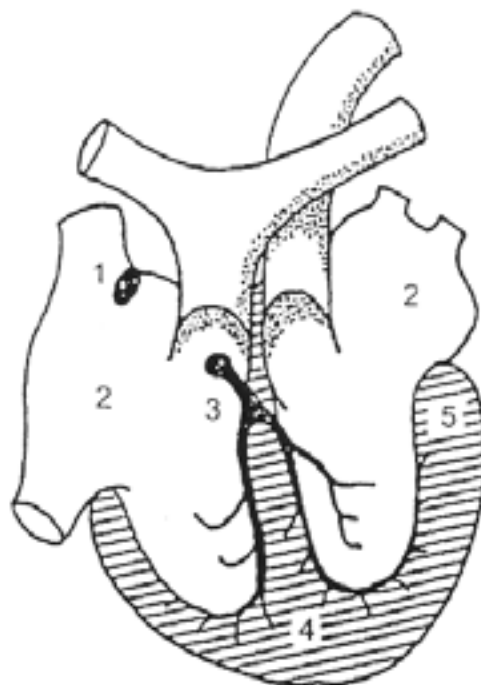
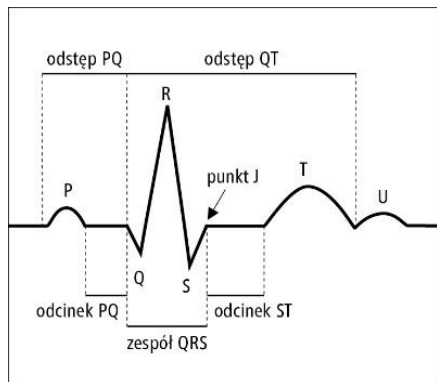


## Rażenia prądem elektrycznym

### Odczuwalne skutki rażenia prądem elektrycznym to:

- ból i skurcze mięśni, co może prowadzić do uniemożliwienia samouwolnienia,
- zaburzenia krążenia krwi, oddechu, funkcjonowania zmysłów wzroku, słuchu i utrzymania równowagi,
- oparzenia skóry i organów wewnętrznych,
- elektroliza krwi i płynów ustrojowych,
- utrata przytomności,
- migotanie komór serca (fibrylacja), zazwyczaj prowadzące do śmierci.

## Budowa serca oraz przebieg jednego cyklu pracy

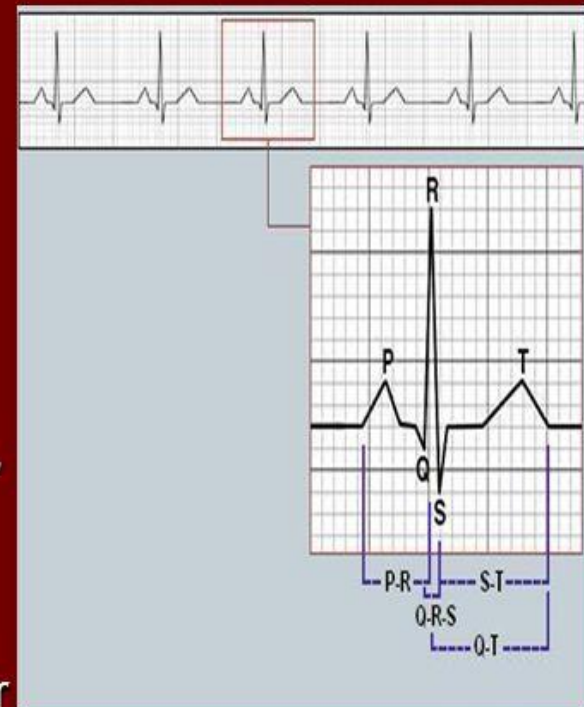


Budowa serca oraz zapis EKG zdrowego człowieka

# Charakterystyka EKG - ekokardiogram

## Załamki:

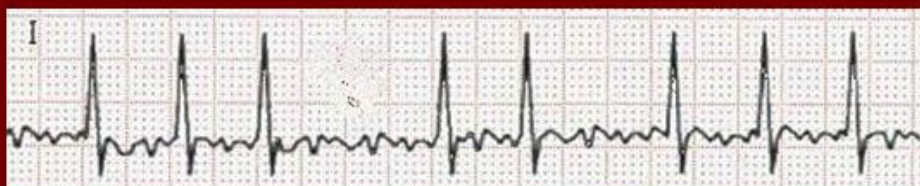
- załamek P – jest wyrazem depolaryzacji mięśnia przedsionków (dodatni we wszystkich 11 odprowadzeniach, poza aVR, gdzie jest ujemny)
- zespół QRS – odpowiada depolaryzacji mięśnia komór
- załamek T – odpowiada repolaryzacji komór
- załamek U – występuje sporadycznie



# Zaburzenia rytmu serca

Jednym z poważniejszych form arytmii jest **migotanie**:

○ przedsionków



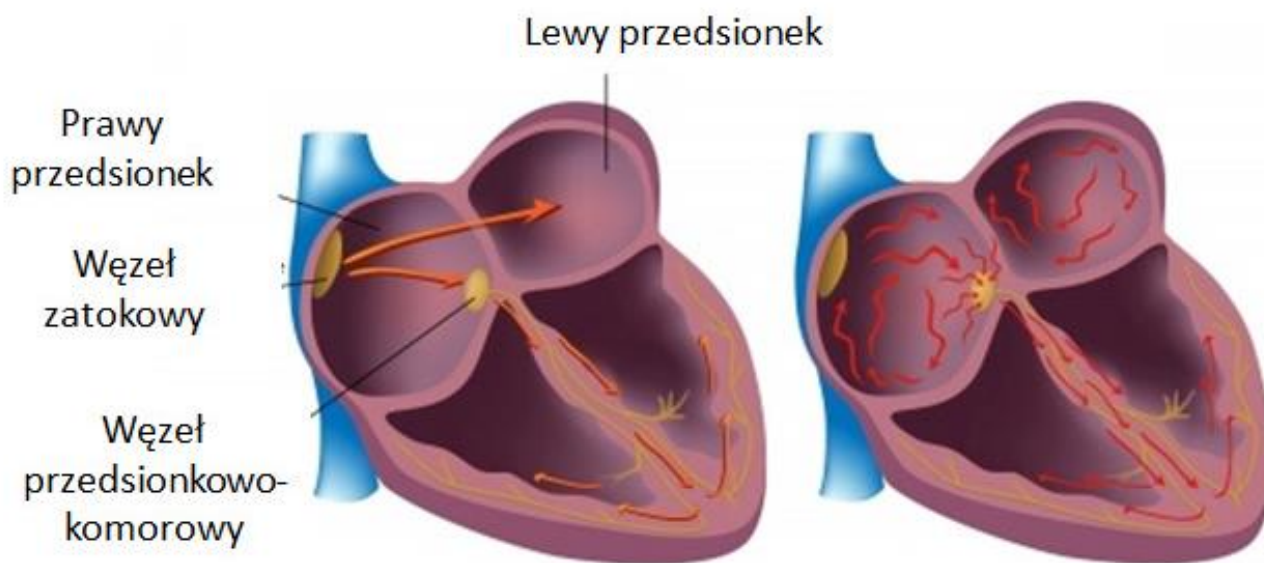
EKG migotania przedsionków



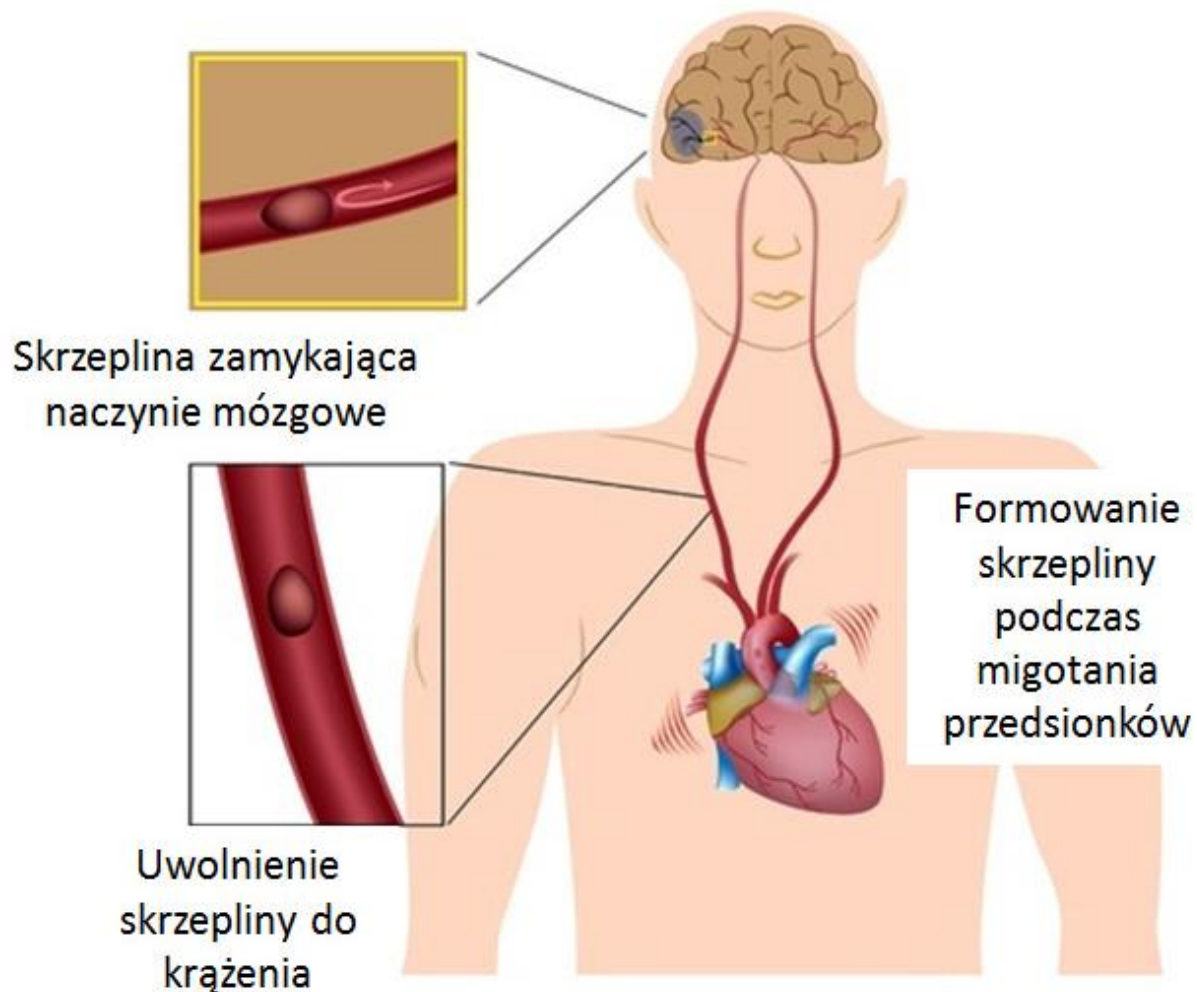
EKG migotania komór

## Prawidłowy rytm

## Migotanie przedsionków



## Groźne powikłanie migotania przedsionków – udar mózgu





## Ražení proudem elektrickým

**Skutek działania prądu elektrycznego na ciało człowieka zależy od:**

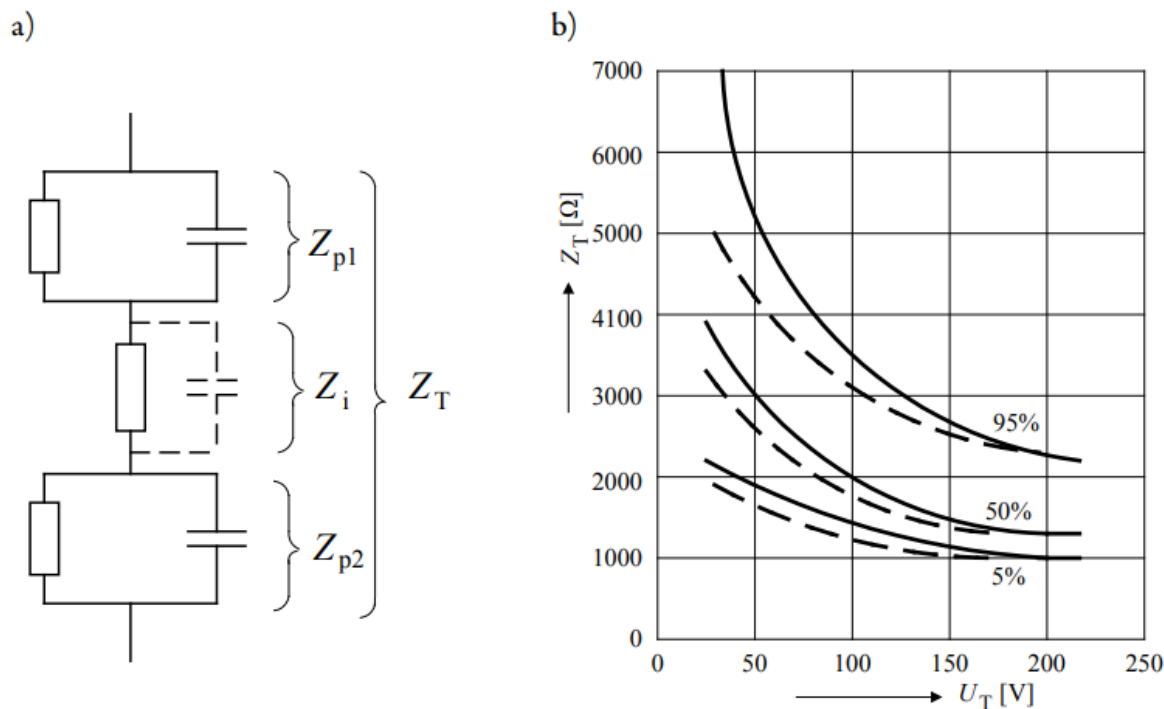
- natężenia prądu rażeniowego,
- czasu przepływu prądu rażeniowego,
- drogi przepływu prądu przez ciało człowieka,
- rodzaju prądu rażeniowego (prąd przemienny, impulsy prądowe, prąd stały, częstotliwość prądu przemiennego),
- stanu psychofizycznego porażonego.

## Impedancja ciała człowieka

- Na wartość prądu rażenia ma wpływ impedancja ciała człowieka.
- Na jej wartość mają wpływ: skóra, mięśnie, kości itd., które przy porażeniach znajdują się na drodze przepływu prądu.
- Impedancja ciała człowieka  $Z_T$  składa się z:
  - składowej czynnej – rezystancja  $R_T$
  - składowej biernej – reaktancja  $X_T$

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

## Impedancja ciała człowieka w zależności od napięcia dotykowego (rażenia)



**Rys. 6.** Impedancja ciała człowieka: a) schemat elektryczny, b) impedancja  $Z_T$  na drodze ręka – ręka lub ręka – stopa dla prądu przemiennego (linie ciągłe) i prądu stałego (linie przerywane) w zależności od wartości napięcia przyłożonego do obwodu rażeniowego i prawdopodobieństwa wystąpienia wartości mniejszej. Oznaczenia:  $Z_{p1}$ ,  $Z_{p2}$  – impedancja skóry,  $Z_i$  – impedancja wewnętrzna,  $Z_T$  – impedancja całkowita [1]

## Impedancja ciała człowieka w zależności od napięcia dotykowego (rażenia) – wartości statystyczne

**Tablica 2.** Impedancja ciała człowieka  $Z_T$  przy przepływie prądu przemiennego na drodze ręka – ręka [1]

Napięcie dotykowe V	Wartości $Z_T$ ( $\Omega$ ) przy których prawdopodobieństwo wystąpienia wartości mniejszych wynosi		
	5% populacji	50% populacji	95% populacji
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
Wartość asymptotyczna	650	750	850

**Uwaga:** niektóre pomiary wykazują, że impedancja całkowita ciała człowieka przy przepływie prądu na drodze ręka – stopa jest niższa niż dla przepływu prądu na drodze ręka – ręka (10% – 30%)

## Impedancja ciała człowieka

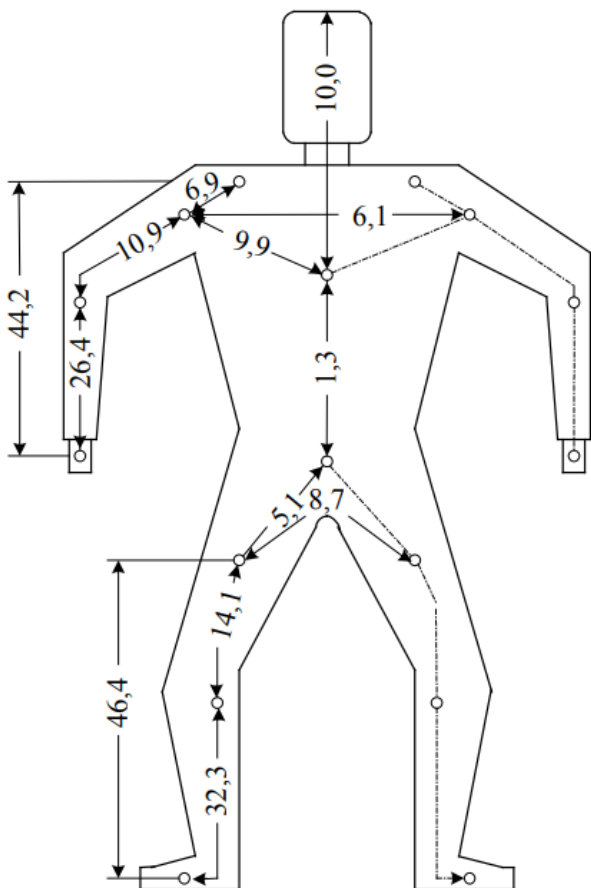
Impedancja ciała ludzkiego  $Z_c$  zależy od impedancji wewnętrznej ciała oraz od impedancji skóry  $Z_p$ .

Wartość impedancji skóry  $Z_{p1}$  oraz  $Z_{p2}$  jest zmienna i zależy od:

- napięcia dotyku,
- natężenia i częstotliwości prądu,
- czasu rażenia,
- temperatury,
- wilgotności skóry,
- wielkości powierzchni kontaktowych.

Wartość impedancji wewnętrznej ciała zależy przede wszystkim od drogi przepływu prądu.

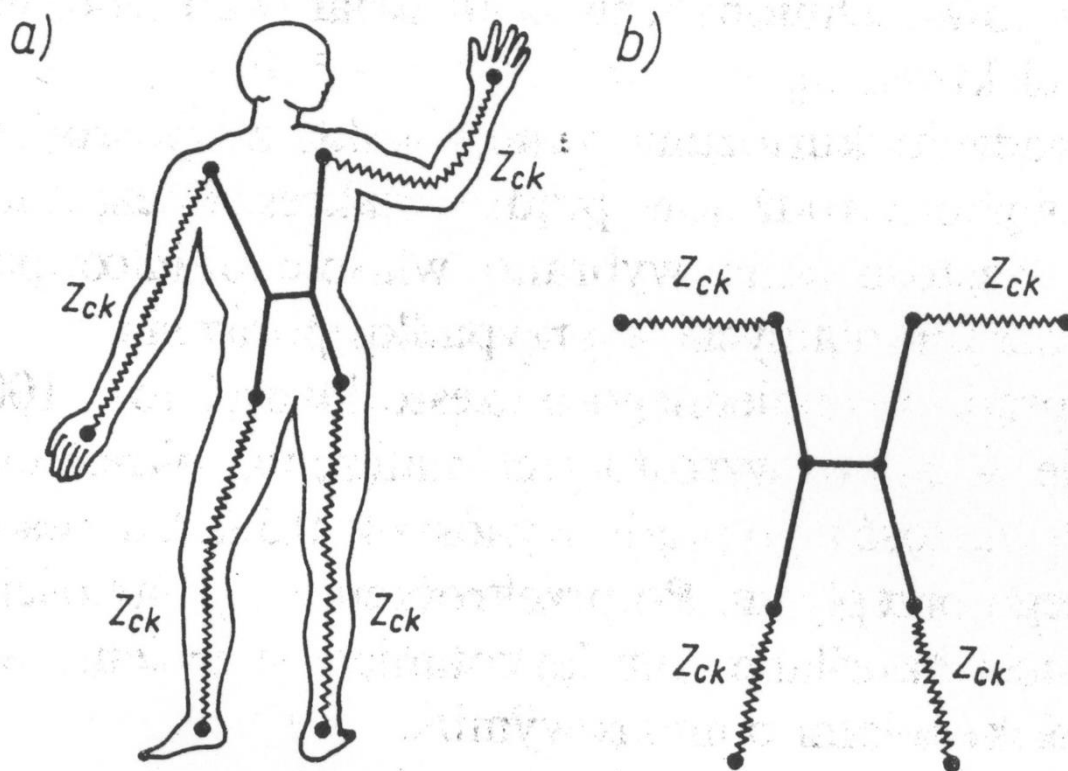
## Procentowy rozkład impedancji wewnętrznej ciała ludzkiego przy przepływie prądu rażeniowego na drodze ręka-dwie stopy



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

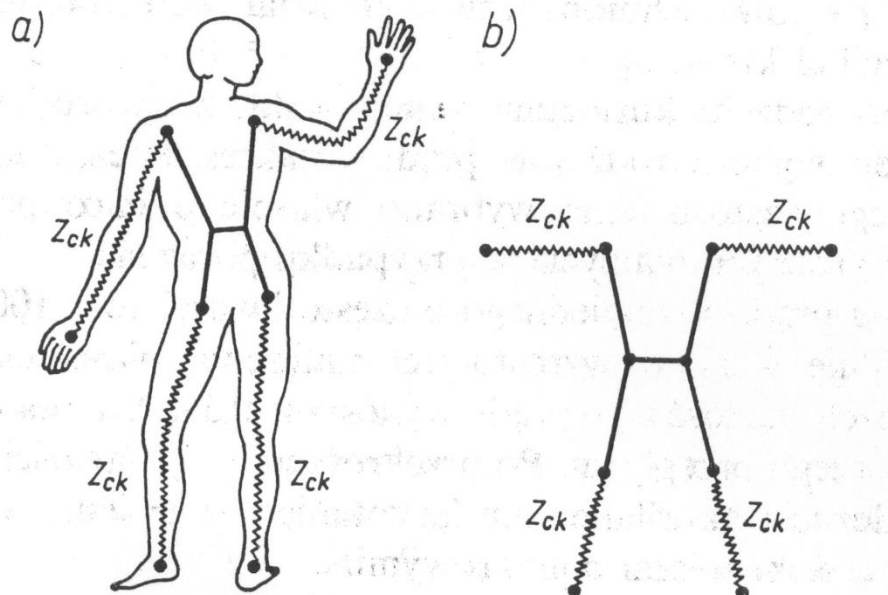
- ręka – dwie stopy wynosi około 75%,
- dwie ręce – dwie stopy wynosi około 50%,
- dwie ręce – tułów wynosi około 25%.

## Rozklad impedancji w ciele człowieka



Rys. 3.5. Uproszczony rozklad impedancji w ciele człowieka. Impedancje częściowe  $Z_{ck}$  skupione tylko w kończynach górnych i dolnych: a) rozklad impedancji częściowych; b) elektryczny schemat zastępczy

## Rozklad impedancji w cieles czlowieka



$$Z_{ck} = 500 \Omega$$

Impedancja wypadkowa  $Z_w$  dla następujących dróg przepływu prądu:

▪ ręka-ręka lub ręka-stopą:  $Z_w = Z_{ck} + Z_{ck} = 500 + 500 = 1000 \Omega$

▪ ręka-stopy:  $Z_w' = Z_{ck} + \frac{Z_{ck}Z_{ck}}{2Z_{ck}} = 500 + 250 = 750 \Omega$

▪ ręce-stopy:  $Z_w' = \frac{Z_{ck}}{2} + \frac{Z_{ck}}{2} = 250 + 250 = 500 \Omega$

## Rażenia prądem elektrycznym

### **DZIAŁANIE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO NA ORGANIZM CZŁOWIEKA**

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.

#### **Skutki rażenia prądu zależą od:**

- rodzaju prądu (prąd stały, zmienny),
- natężenia,
- czasu,
- drogi przepływu prądu,
- rezystancji ciała człowieka,
- warunków środowiskowych.

**Najbardziej niebezpieczny dla człowieka jest prąd przemienny o częstotliwości 50-60 Hz.**

#### **Prąd powoduje:**

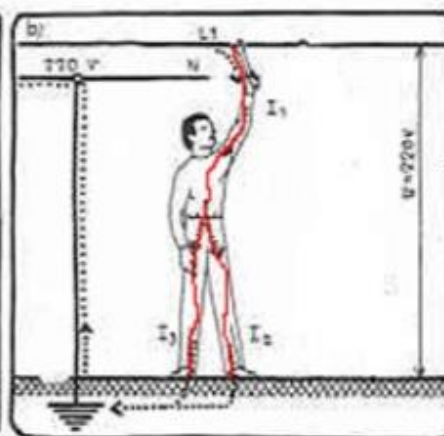
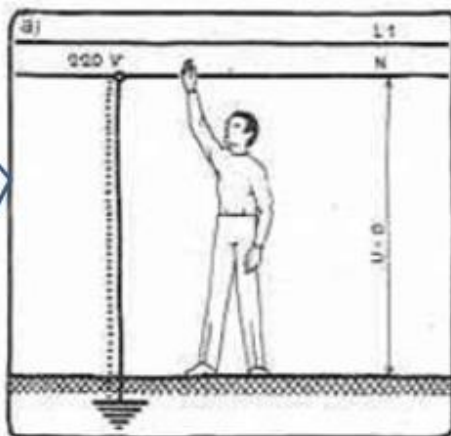
Zakłócenia pracy serca i układu nerwowego, układu oddechowego, skurcze mięśni, poparzenia zewnętrzne i wewnętrzne.



## Rażenia prądem elektrycznym

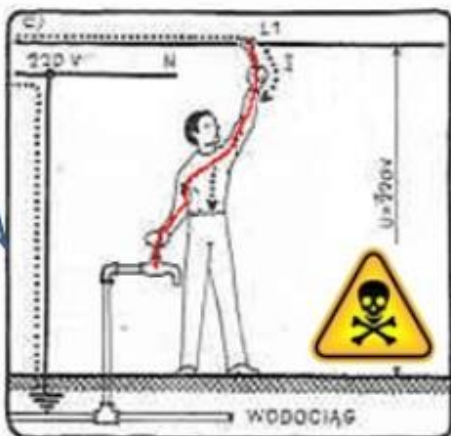
### Sposoby porażenia prądem

•do porażenia nie dochodzi – człowiek dotyka się przewodu neutralnego (napięcie między ziemią 0V)

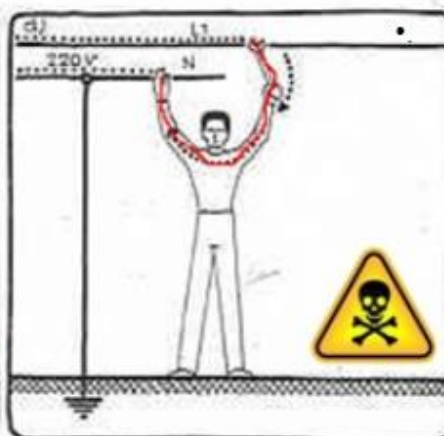


•prąd płynie przez człowieka, tym mniejszy im lepsza izolacja z butów i podłogi)

•śmiertelne zagrożenie – prąd płynie przez człowieka od przewodu L do wodociągu.



•śmiertelne zagrożenie – prąd płynie przez człowieka z przewodu L do przewodu N. Niebezpieczeństwo jest tym większe im większy prąd przepłynie i im dłuższy czas



## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

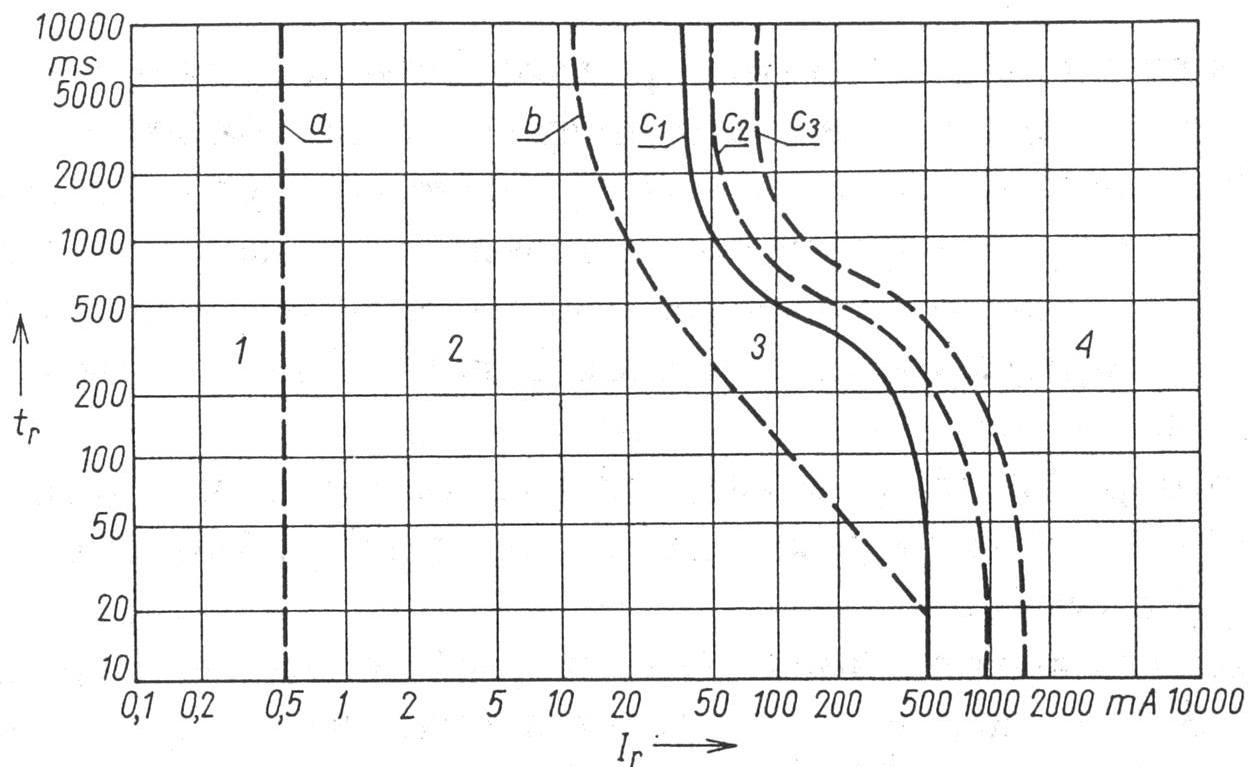
Prąd przemienny sinusoidalny o częstotliwości 50 lub 60 Hz jest najbardziej rozpowszechnionym środkiem przenoszenia energii elektrycznej.

Z pośród wszystkich stojących do wyboru rodzajów prądu i zakresów częstotliwości do powszechnego zastosowania wybrano właśnie prąd o parametrach najbardziej groźnych dla życia w przypadku porażeń.

- $I_r \leq 0,5 \text{ mA}$  – brak odczucia przepływu prądu
- $I_r \geq 0,5 \text{ mA}$  – łaskotanie i mrowienie w miejscach styku ciała z elektrodami pomiarowymi

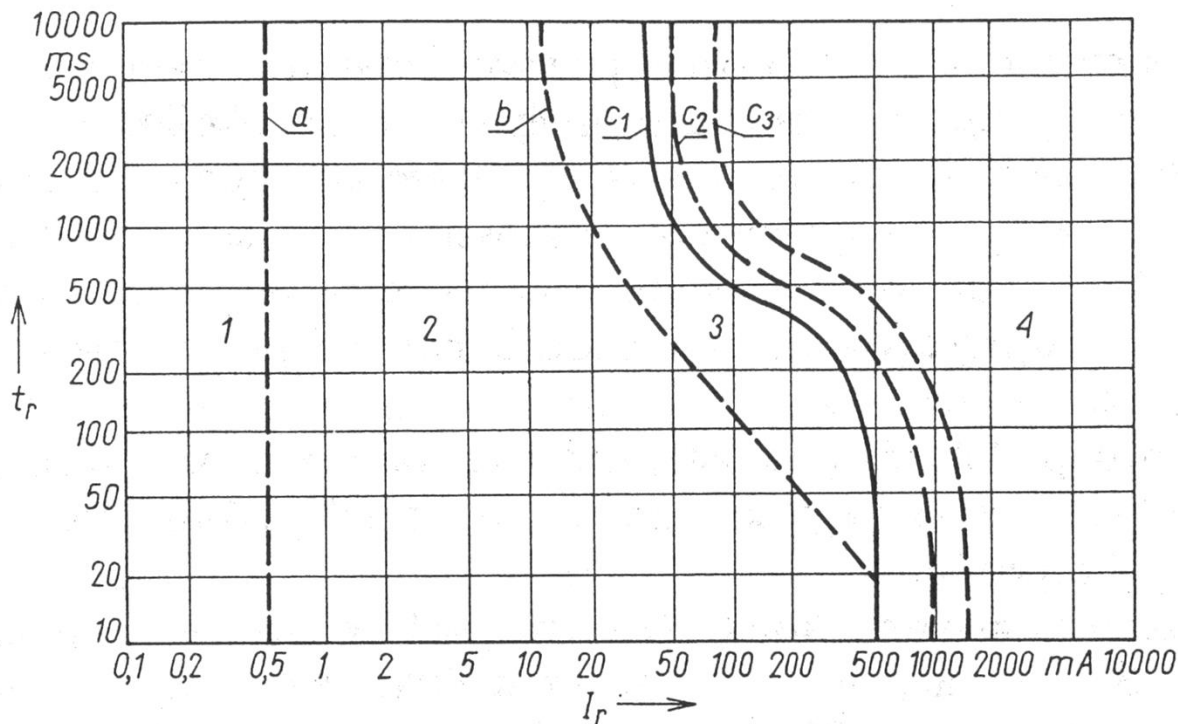
Minimalną wartość prądu, która wywołuje ww. odczucia nazywa się **wartością progową prądu odczuwania** (percepcji).

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



Rys. 3.6. Krzywe graniczne specyficznych reakcji organizmu ludzkiego przy przepływie prądu przemiennego 15 ÷ 100 Hz na drodze rażenia: lewa ręka-stopy  
 $I_r$  — prąd rażenia,  $t_r$  — czas trwania rażenia (pozostałe oznaczenia w tekście)

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



**Strefa 1** – brak odczuć przepływu prądu.

**Strefa 2** – drętwienie, ból i skurcze włókien mięśniowych. Zdarza się, że skurcze mięśni są tak silne, że uniemożliwiają otwarcie dłoni osobie trzymającej w nich elektrody.

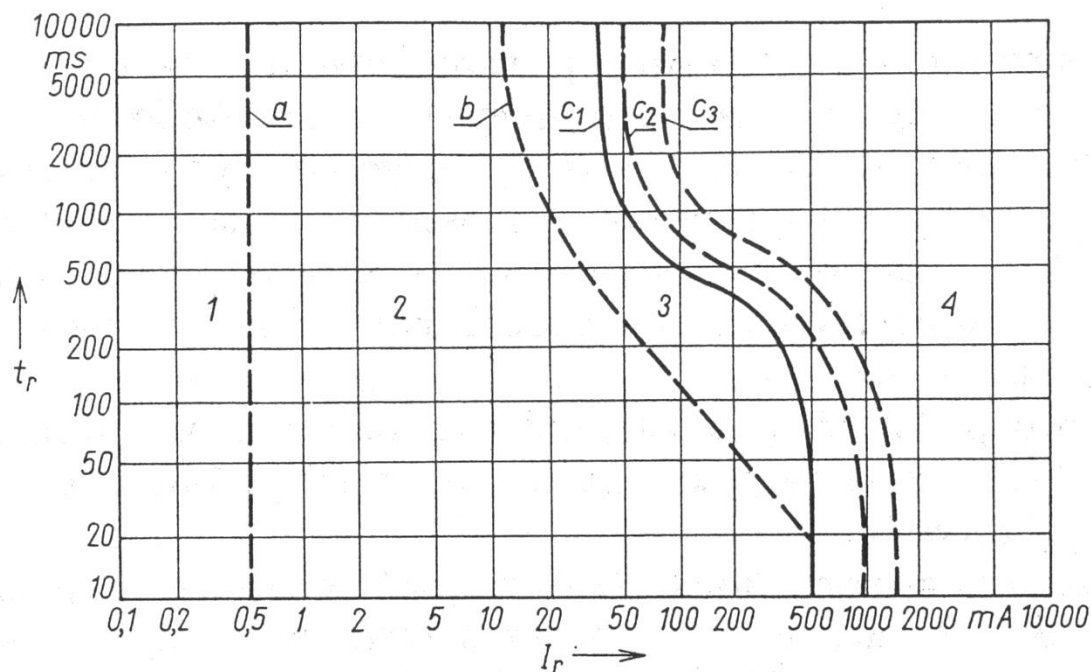


## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

**Wartość progowa natężenia prądu**, przy której jest jeszcze możliwe rozwarcie palców trzymających elektrody i ich wypuszczenie z dłoni nosi nazwę **prądu samouwolnienia**.

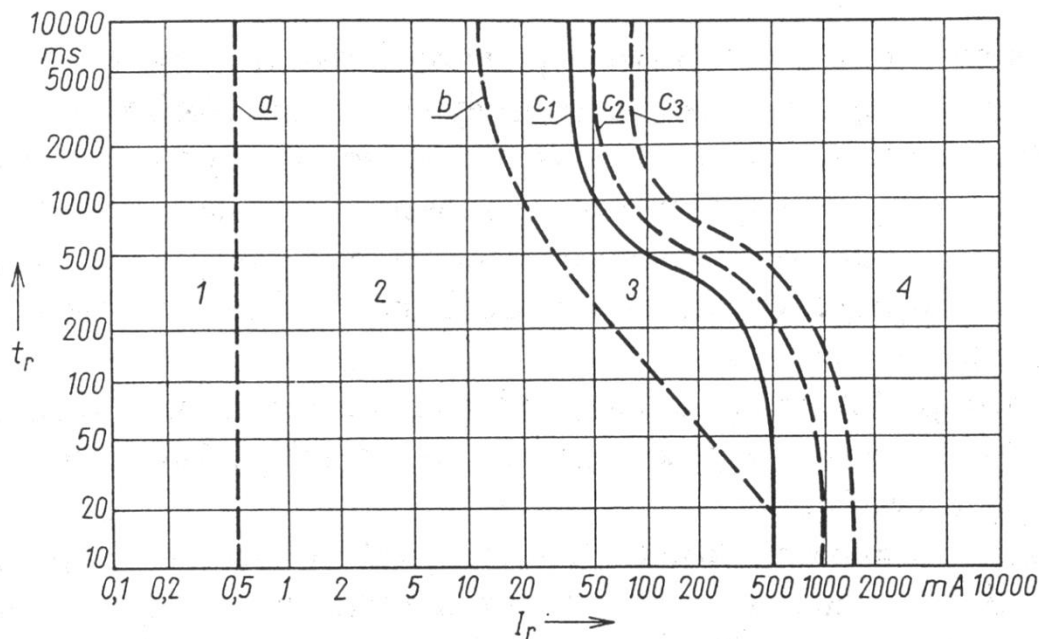
Przyjmuje się wartość prądu równą **10 mA** jako graniczne natężenie prądu samouwolnienia.

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



**Strefa 3** – nasilenie bólu, skurcze mięśni oddechowych, a tym samym niedotlenienie, wzrost dwutlenku węgla we krwi, zakwaszenie tkanek, czego obrazem jest sinica skóry i błon śluzowych. Może wystąpić także skurcz naczyń wieńcowych prowadzący do zawału serca lub migotania przedsionków.

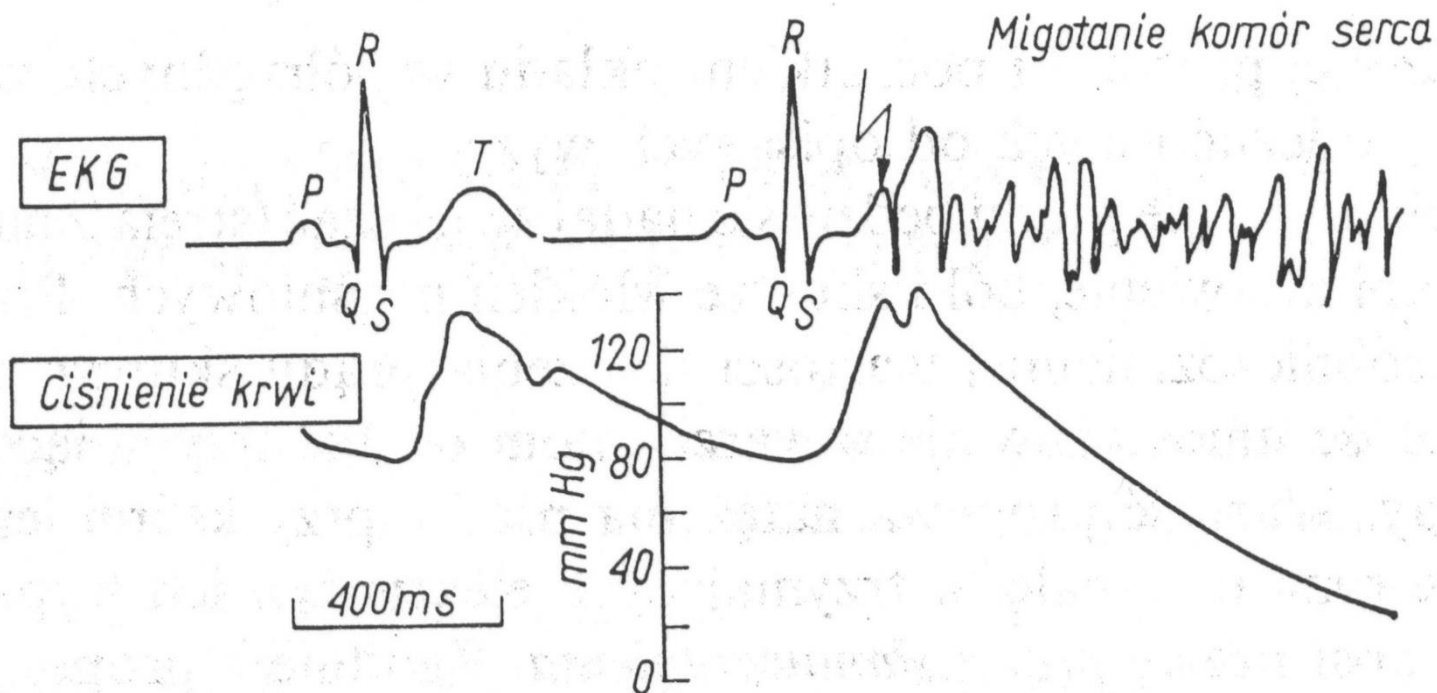
## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



**Strefa 4** – oprócz skutków opisanych w strefie 3 może wystąpić także migotanie komór serca, co jest równoznaczne z zatrzymaniem czynności serca i ustaniem krążenia krwi.

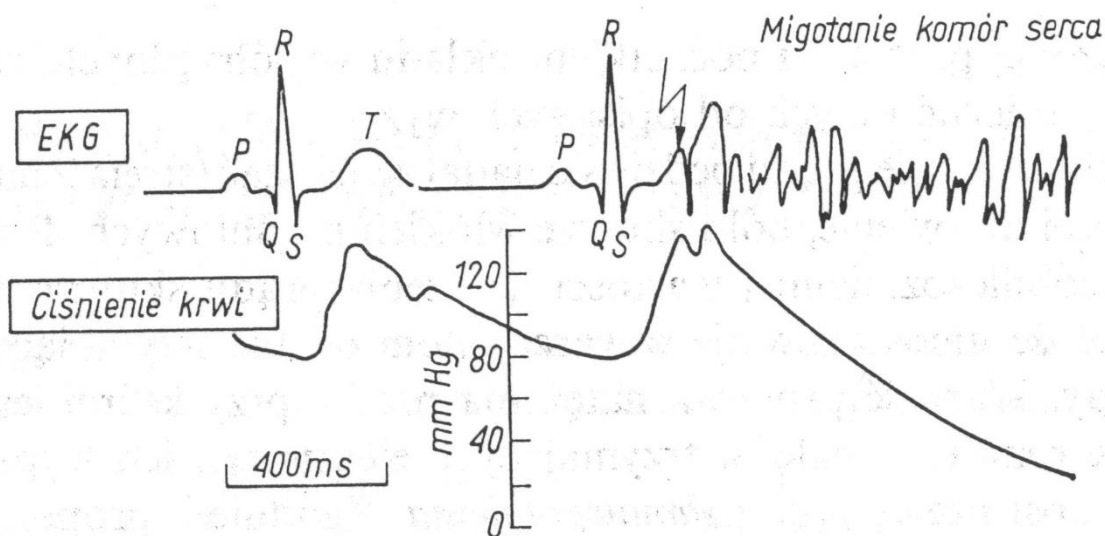
Ten rodzaj zaburzeń pracy serca jest uważany za podstawową przyczynę zgonów podczas porażeń prądem przy niskim napięciu.

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



Zmiany obrazu EKG i ciśnienia tętniczego krwi przy wystąpieniu fibrylacji komór serca

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

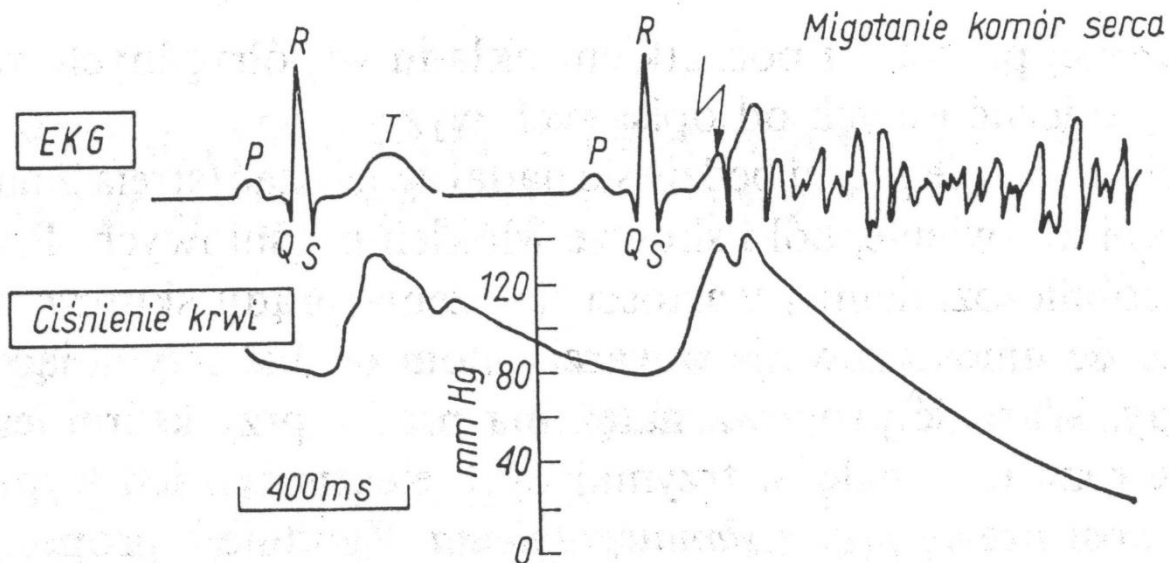


W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym na elektrokardiogramie pojawiają się zakłócenia, które sygnalizują wystąpienie niemiarowych i nieskoordynowanych skurczów mięśnia komór serca.

Skurcze te są bardzo szybkie i wynoszą 6,7 ÷ 10 Hz (400÷600 na minutę).

Prawidłowa praca serca to 60÷70 skurczów na minutę.

## Rażenia prądem elektrycznym



Mięsień serca drga (migoce) nierytmicznie.

Ciśnienie krwi gwałtownie spada i krwioobieg zostaje zatrzymany.

Następuje niedotlenienie mózgu, po 10 sekundach utrata przytomności, po 20 sekundach zatrzymanie wentylacji płuc, a tym samym rozpoczyna się śmierć kliniczna.

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

- W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym na elektrokardiogramie pojawiają się zakłócenia, które sygnalizują wystąpienie niemiarowych i nieskoordynowanych skurczów mięśnia komór serca. Skurcze te są bardzo szybkie i wynoszą 6,7 ÷ 10 Hz (400÷600 na minutę).
- Mięsień serca nie kurczy się rytmicznie z częstotliwością 60÷70 razy na minutę, jak to ma miejsce przy normalnym pompowaniu krwi za jego pośrednictwem, lecz tylko drga (migoce) nierytmicznie. Ciśnienie krwi gwałtownie spada i krwioobieg zostaje zatrzymany.
- Następuje niedotlenienie mózgu, utrata przytomności po 10 sekundach, zatrzymanie wentylacji płuc po 20 sekundach, a tym samym rozpoczyna się śmierć kliniczna.

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

Wartość progowa natężenia prądu rażenia, która wyzwała migotanie komórek zależy od:

- kondycji psychofizycznej,
- drogi przepływu prądu,
- natężenia, rodzaju i kształtu prądu,
- czasu rażenia.

Migotanie komórek wywołują prądy o różnym natężeniu i różnym czasie trwania rażenia.

np:

$$I_r \leq 50\text{mA}, t_r > 1 \text{ sek.} = I_r > 400\text{mA}, t_r < 0,01 \text{ sek.}$$

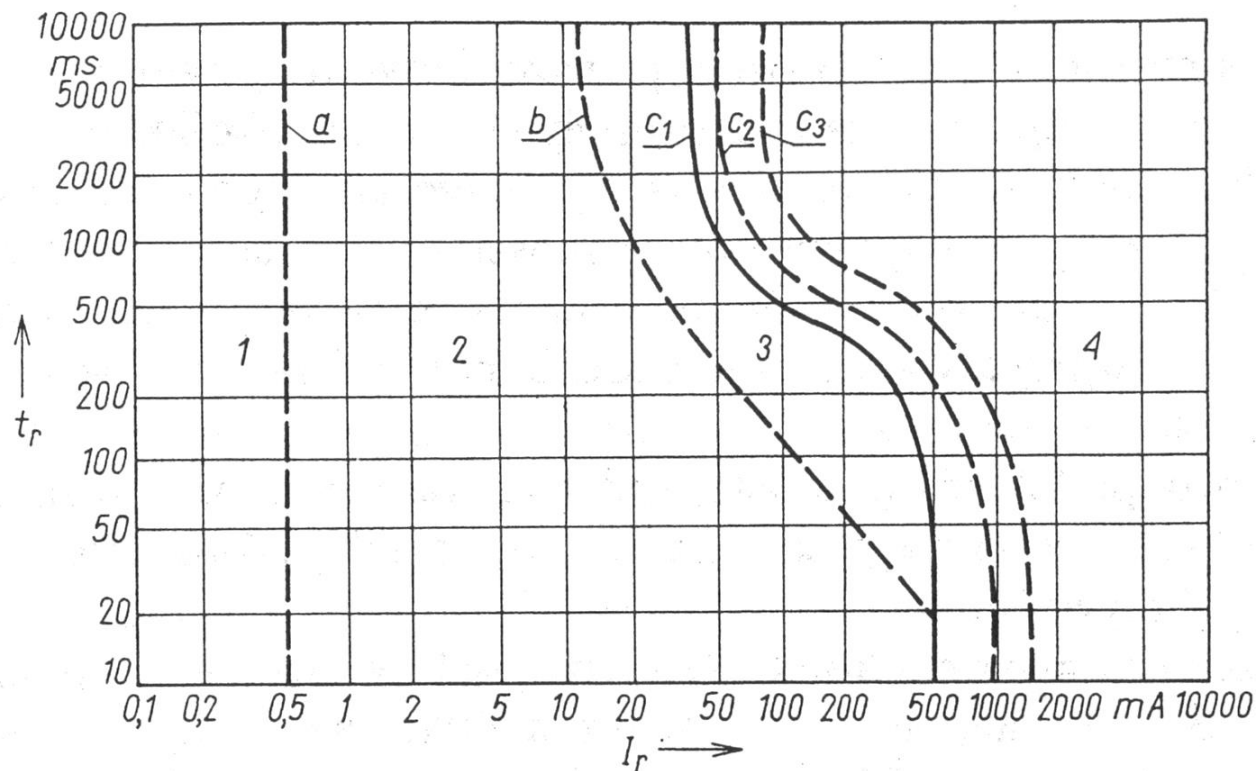


## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

Po analizie wielu danych, IEC zaproponowała powszechne przyjęcie następujących granicznych wartości prądów wywołujących migotanie komór serca:

- **400÷500 mA** dla krótkich czasów rażenia od **10÷100ms**,
- **40÷50 mA** dla czasów rażenia dłuższych niż **1 sek.**

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz

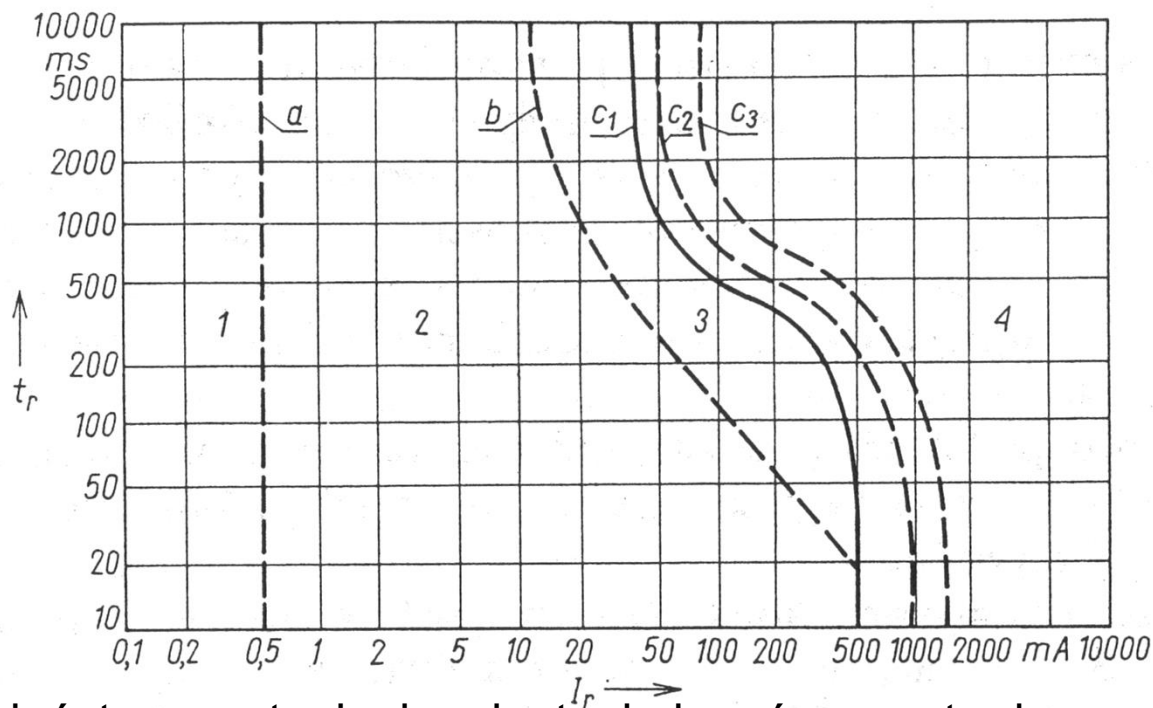


**Krzywa a** – wartość progowa prądu percepcji.

**Krzywa b** – wartość progowa prądu samouwolnienia.

**Krzywe c** – wartości progowe prądów fibrylacji komórek serca.

## Skutki rażenia człowieka prądem przemiennym o częstotliwości 15 ÷ 100 Hz



Prawdopodobieństwo wystąpienia migotania komór wzrasta do:

- ok. 5% - krzywa  $c_2$ ,
- 50% - krzywa  $c_3$ ,
- ponad 50% w obszarze leżącym powyżej krzywej  $c_3$ .

## Skutki rażenia człowieka prądem stałym

- Wypadki porażenia prądem stałym stanowią kilka procent z ogólnej liczby wypadków elektrycznych.
- Wypadki śmiertelne przy prądzie stałym należą do rzadkości i mają miejsce wyłącznie w bardzo niekorzystnych warunkach środowiskowych jakie panują np. w kopalniach.
- Mała śmiertelność przy porażeniach prądem stałym tłumaczy się lepszymi warunkami do samouwolnienia.
- Przy czasach rażenia dłuższych niż 1 okres pracy serca (0,75 sek.) wartość progowa prądu fibrylacji jest zdecydowanie większa przy prądzie stałym niż przy prądzie przemiennym o częstotliwości 50 Hz.



## Skutki rażenia człowieka prądem stałym

- Przy prądzie przemiennym o częstotliwości 50 Hz po przekroczeniu granicy percepcji osoba badana przez cały czas czuje łaskotanie i mrowienie, mimo że natężenie prądu nie ulega dalszej zmianie.
- Przy prądzie stałym, mimo stałego zwiększania natężenia prądu, osoba badana nie odczuwa, że granica percepcji, wynosząca 2 mA, została osiągnięta i przekroczona. Fakt osiągnięcia i przekroczenia tej granicy zostaje stwierdzony dopiero wtedy, kiedy prąd rażenia zostanie nagle wyłączony i załączony ponownie.



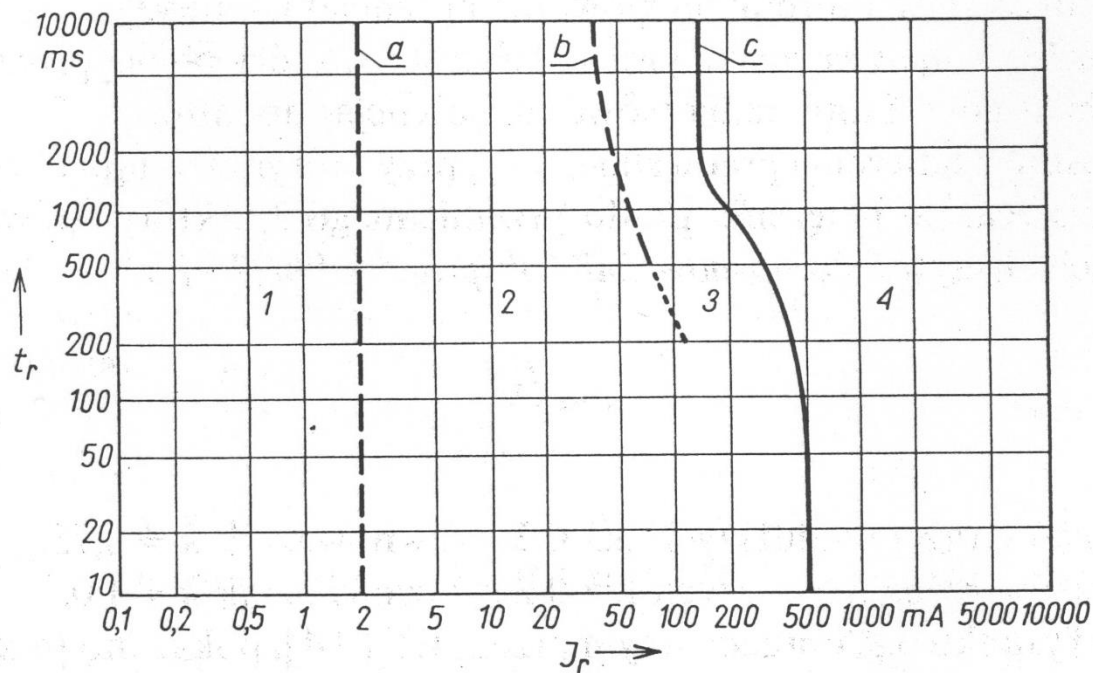
## Skutki rażenia człowieka prądem stałym

- Stałemu przepływowi przez ciało prądu stałego na poziomie wyższym niż prąd percepcji nie towarzyszą żadne, odczuwalne zmysłami, reakcje.
- Wartość progowa prądu samowolnienia wynosząca 30 mA, jest możliwa do ustalenia tylko w chwili załączania i wyłączania prądu stałego. Osoba badana odczuwa wtedy bolesne kurczowe reakcje mięśni.

## Skutki rażenia człowieka prądem stałym

- Wartość progowa prądu fibrylacji przy rażeniu prądem stałym zależy od kondycji psychofizycznej człowieka oraz od parametrów rażenia, tzn.: natężenia prądu, czasu rażenia i drogi rażenia.
- Próg fibrylacji komór serca jest dla prądów zstępujących około dwukrotnie wyższy niż dla prądów wstępujących.
- Prądem zstępującym nazywa się prąd stały, który płynie przez ciało w kierunku stóp, które mają wówczas potencjał ujemny.
- Prądem wstępującym nazywa się prąd stały, który płynie przez ciała od stóp w górę. Stopy mają wówczas potencjał dodatni.

## Skutki rażenia człowieka prądem stałym



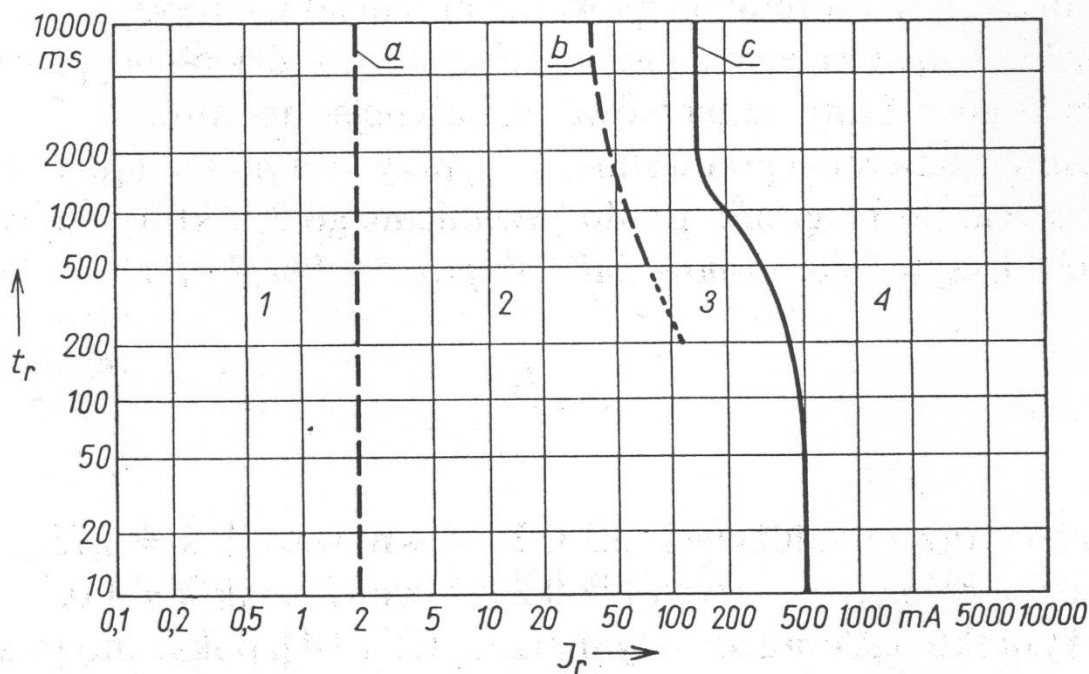
Rys. 3.8. Krzywe graniczne różnych reakcji organizmu przy przepływie przez ciało prądu stałego  $I_r$ , na drodze rażenia lewa ręka-stopy w funkcji czasu rażenia  $t_r$ ,

**Krzywa a** – wartość progowa prądu percepcji.

**Krzywa b** – wartość progowa prądu samouwolnienia.

**Krzywa c** – wartość progowa prądów fibrylacji komór serca.

## Skutki rażenia człowieka prądem stałym

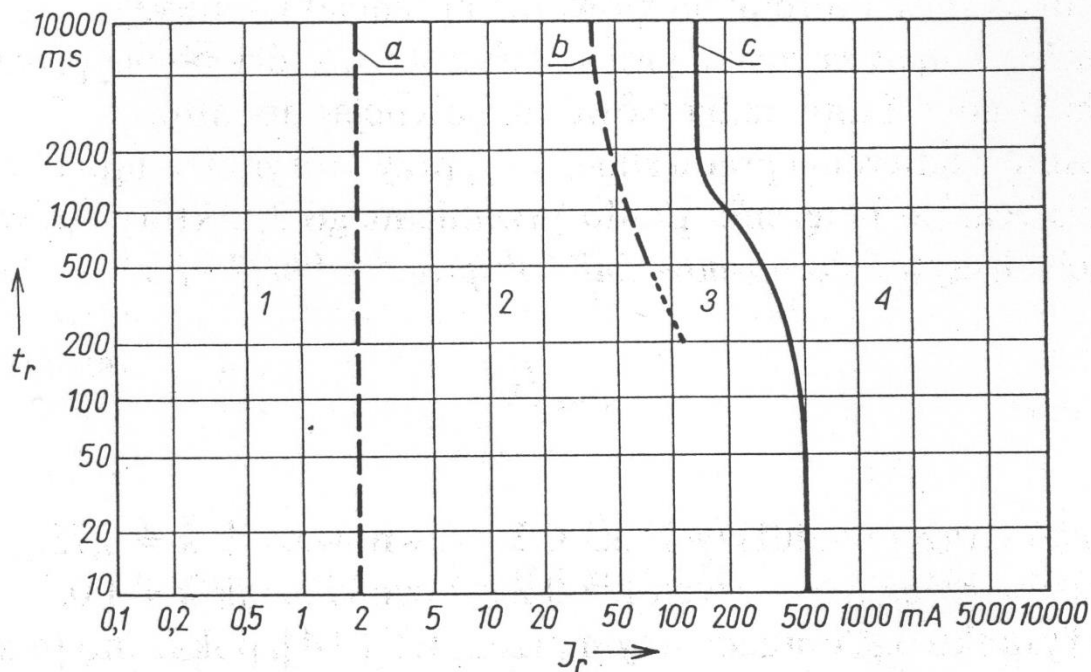


Rys. 3.8. Krzywe graniczne różnych reakcji organizmu przy przepływie przez ciało prądu stałego  $I_r$  na drodze rażenia lewa ręka-stopy w funkcji czasu rażenia  $t_r$ .

**Strefa 1** – nie występują żadne, odczuwalne czuciowo, reakcje organizmu.

**Strefa 2** – brak szkodliwych skutków przepływu prądu.

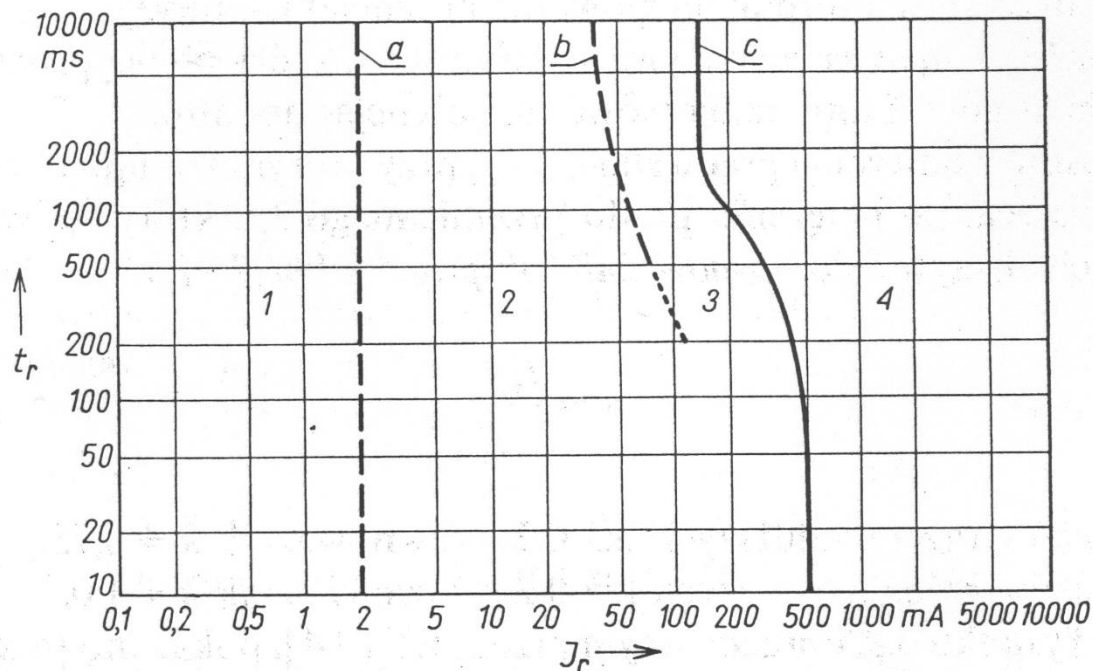
## Skutki rażenia człowieka prądem stałym



Rys. 3.8. Krzywe graniczne różnych reakcji organizmu przy przepływie przez ciało prądu stałego  $I_r$  na drodze rażenia lewa ręka-stopy w funkcji czasu rażenia  $t_r$ .

**Strefa 2** – brak szkodliwych skutków przepływu prądu. Podczas załączania i wyłączania prądu występuje przykre odczucie mrowienia, drętwienie i skurcze włókien mięśniowych.

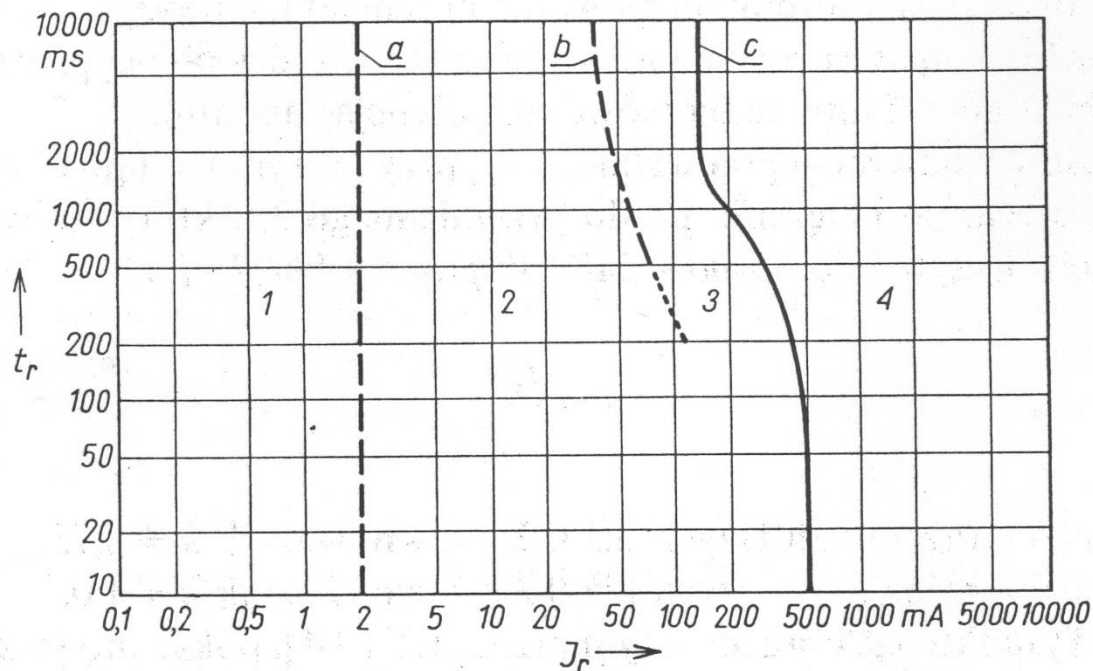
## Skutki rażenia człowieka prądem stałym



Rys. 3.8. Krzywe graniczne różnych reakcji organizmu przy przepływie przez ciało prądu stałego  $I_r$  na drodze rażenia lewa ręka-stopy w funkcji czasu rażenia  $t_r$

**Strefa 3** – nie występują urazy organiczne, ale w miarę wzrostu wartości prądu i czasu rażenia dochodzi do odwracalnych zakłóceń w generacji i przewodnictwie impulsów w obrębie mięśnia sercowego

## Skutki rażenia człowieka prądem stałym



Rys. 3.8. Krzywe graniczne różnych reakcji organizmu przy przepływie przez ciało prądu stałego  $I_r$ , na drodze rażenia lewa ręka-stopy w funkcji czasu rażenia  $t_r$ .

**Strefa 4** – oprócz nasilenia zjawisk patofizjologicznych, które wystąpiły w obszarze 3, dodatkowo dochodzi prawdopodobieństwo wystąpienia fibrylacji komór serca, możliwość powstania oparzeń i utraty przytomności.



## Oddziaływanie prądu na organizm człowieka

- **Porażeniem prądem elektrycznym** nazywamy skutki chorobowe uznawane za niedopuszczalne i szkodliwe dla organizmu człowieka, wywołane przepływem prądu przez jego ciało.
- W praktyce w ochronie przeciwporażeniowej nie operuje się pojęciem minimalnej niebezpiecznej wartości prądu, lecz pojęciem **najwyższej dopuszczalnej wartości napięcia dotykowego**, które może się długotrwale utrzymywać w określonych warunkach środowiskowych. Napięcie to nazywamy napięciem dopuszczalnym (długotrwale) i oznaczamy je symbolem  $U_L$ .

## Oddziaływanie prądu na organizm człowieka

O skutkach przepływu prądu elektrycznego przez ciało człowieka decydują przede wszystkim trzy czynniki:

1. **Wartość prądu rażeniowego i jego rodzaj** (prąd stały czy prąd przemienny i jego częstotliwość). **Minimalna niebezpieczna dla człowieka wartość prądu płynącego przez jego ciało przez dłuższy czas wynosi:**

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

2. **Czas przepływu prądu rażeniowego.** Jeżeli czas przepływu nie przekracza 0,3 sek., to następstwa rażenia są mniej groźne.

3. **Droga przepływu przez ciało.** Najbardziej niebezpieczny jest przepływ prądu w pobliżu serca, na drodze **ręka – ręka** lub **ręka – stopa**.






## Oddziaływanie prądu na organizm człowieka




Przykładowe wartości prądu rażeniowego przy rażeniu napięciem 230 V o rezystancji ciała  $R_{cz} = 1\text{k}\Omega$  (wilgotny naskórek, duża powierzchnia styczności, pomijalnie mała rezystancja obuwia) wynoszą:

- **230 mA** – przy dotknięciu jedną ręką przewodu fazowego, a drugą przewodu neutralnego lub metalowej uziemionej rury,
- **72 mA** – dotknięcie przewodu fazowego stojąc na wilgotnym podłożu (np.. wilgotny beton),
- **0,02 mA** – dotknięcie przewodu fazowego stojąc na suchym podłożu.

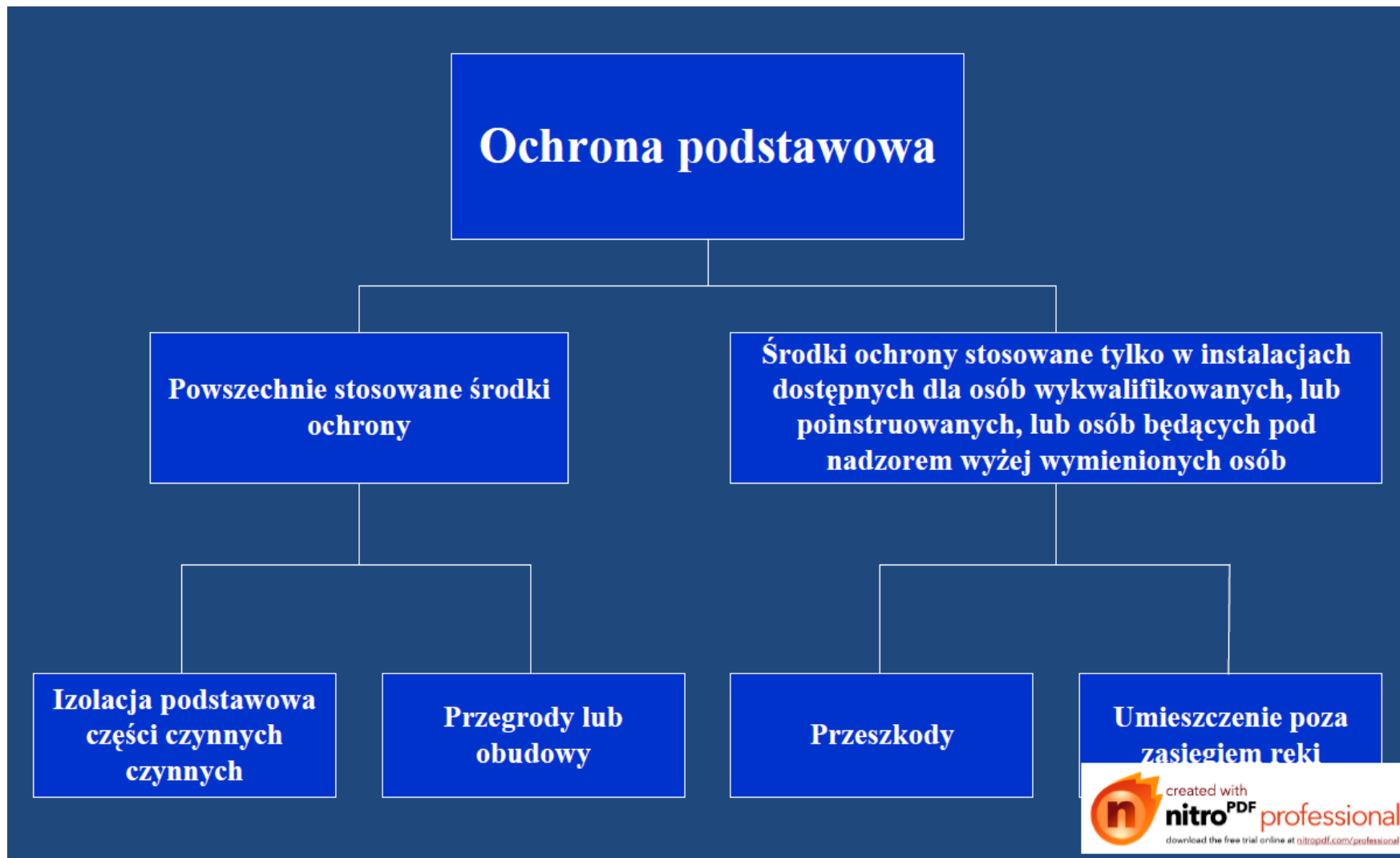
## Klasy ochronności urządzeń elektrycznych i elektronicznych

Klasa ochronności	Symbol	Cecha charakterystyczna	Warunki stosowania	Przykłady zastosowania
Klasa 0	nie ma	Izolacja jedynie podstawowa. Brak zacisku ochronnego.	Środowisko nieprzewodzące lub dla urządzenia przewidziana indywidualna separacja elektryczna.	plafoniere, żyrandole.
Klasa I		Izolacja jedynie podstawowa. Zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN. Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) z żyłą ochronną, a wtyczka ze stykiem ochronnym.	Przyłączenie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego. Zastosowanie w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych.	Silniki elektryczne, rozdzielnice, kuchenki elektryczne, zmywarki, itp.
Klasa II		Izolacja podwójna lub wzmocniona. Brak zacisku ochronnego. Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) bez żyły ochronnej, wtyczka bez styku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych pomieszczeń i miejsc nie stanowią inaczej. Żadnych połączeń ze środkami ochrony instalacji.	Elektronarzędzia ręczne, młynki do kawy, lamy biurowe, gołarki, transformatory ochronne.
Klasa III		Zasilanie napięciem bardzo niskim w układzie SELV lub PELV ( $\leq 50$ VAC). Przewód ruchomy zasilający (jeżeli jest) bez żyły ochronnej, wtyczka bez styku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach.	Przenośne lampy oświetleniowe, zabawki elektryczne, elektronarzędzia ręczne.

## Klasy ochrannosti

Klasa ochrannosti	Symbol	Cecha charakterystyczna	Warunki stosowania	Przykłady zastosowania
Klasa 0	nie ma	Izolacja jedynie podstawowa. Brak zacisku ochronnego.	Środowisko bez części przewodzących obcych. Zastosowanie izolowania stanowiska lub zasilanie przez transformator separacyjny tylko jednego urządzenia.	plafonierey, żyrandole.
Klasa I		Izolacja jedynie podstawowa. Zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN.	Przyłączenie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego. Zastosowanie w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych.	Silniki elektryczne, rozdzielnice, kuchenki elektryczne, zmywarki, itp.
Klasa II		Izolacja podwójna lub wzmocniona. Brak zacisku ochronnego.	Stosowanie we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych pomieszczeń i miejsc nie stanowią inaczej	Elektronarzędzia ręczne, młynki do kawy, lamy biurowe, gołarki, transformatory ochronne.
Klasa III		Zasilanie napięciem bardzo niskim w układzie SELV lub PELV.	Stosowanie we wszystkich warunkach.	Przenośne lampy oświetleniowe, zabawki elektryczne, elektronarzędzia ręczne.

## Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim)





## Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)

**Izolacja podstawowa** jest środkiem ochrony realizowanym w postaci izolacji stałej lub gazowej.

- Izolacja podstawowa stała powinna pokrywać wszystkie części czynne mogące stwarzać zagrożenie.
- Izolacja nie może dać się usunąć z części czynnej inaczej niż przez zniszczenie.
- W przypadku urządzeń produkowanych fabrycznie izolacja powinna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń elektrycznych.
- Jeżeli izolacja podstawowa jest wykonywana w trakcie montażu instalacji, to jej jakość powinna być potwierdzona próbami analogicznymi do tych, którym poddaje się izolacje podobnych urządzeń produkowanych fabrycznie.



## Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim)

**Ochrona przez stosowanie obudów lub przegród** polega na tym, że wszystkie części czynne urządzenia są umieszczone wewnątrz obudów lub przegród i niemożliwe jest ich dotknięcie.

- Obudowy i przegrody powinny być trwale zamocowane, nie mogą dać się usunąć bez użycia klucza lub narzędzia i muszą być odporne na normalnie występujące w warunkach eksploatacji narażenia zewnętrzne:
  - mechaniczne,
  - wilgotność,
  - temperaturę,
  - opady atmosferyczne.



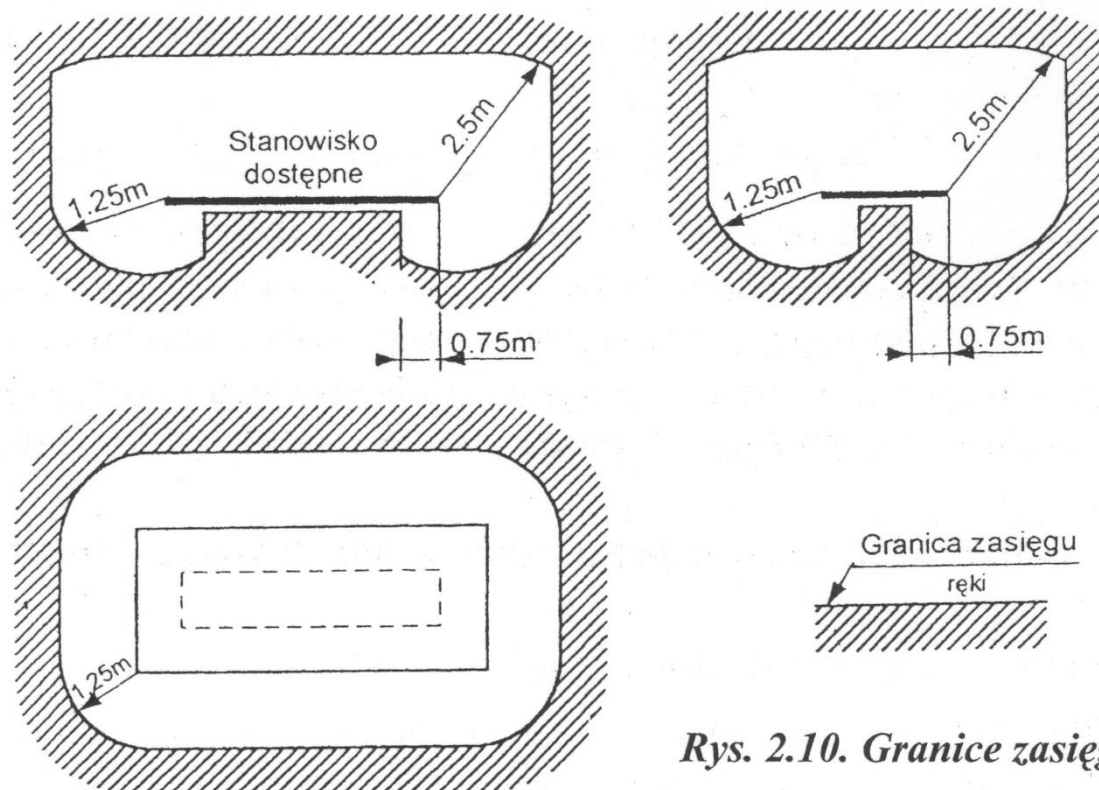
## Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)

**Przeszkody** są to elementy konstrukcyjne w postaci bariery, poręczy, taśmy lub linki, chroniące przed przypadkowym dotknięciem części czynnych i zbytнім zbliżeniem się do nich, lecz nie chroniąc przed zamierzonym dotykiem spowodowanym jej rozmyślnym obejściem.

- Przeszkody powinny być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem, ale mogą dać się usunąć bez użycia klucza lub narzędzia.
- Tymczasowe przeszkody założone na czas prac konserwacyjno-remontowych należy, a przeszkody stałe zaleca się, wykonywać z elementów nieprzewodzących.

## Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim)

**Ochrona przez umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki** polega na umieszczeniu ich w taki sposób, aby były niedostępne z danego stanowiska



*Rys. 2.10. Granice zasięgu ręki*



## Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)

- Ochrona ta może być stosowana głównie w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.
- W miejscach, w których normalnie wykonuje się czynności z użyciem przedmiotów o dużej objętości lub długości, odległości podane na rysunku powinny być powiększone tak, aby zostały uwzględnione odpowiednie wymiary tych przedmiotów.



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

Stosowanie środków ochrony przy uszkodzeniu ma na celu:

- zabezpieczenie przed skutkami niebezpiecznego napięcia dotykowego w wypadku uszkodzenia izolacji podstawowej i pojawienia się napięcia na częściach przewodzących dostępnych,
- niedopuszczenie do występowania niebezpiecznych napięć dotykowych,
- ograniczenie prądu rażeniowego do wartości przyjętej za dopuszczalną długotrwale,
- ograniczenie czasu przepływu prądu rażeniowego dzięki szybkiemu wyłączeniu obwodu, w którym nastąpiło zagrożenie porażeniem.

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

### Samoczynne wyłączenie zasilania

- Samoczynne wyłączenie zasilania polega na wyłączeniu obwodu, a przynajmniej tego bieguna obwodu, w którym wystąpiło uszkodzenie izolacji podstawowej, w celu zapewnienia ochrony przy uszkodzeniu.
- Urządzeniami ochronnymi powodującymi samoczynne wyłączenie zasilania są zabezpieczenia nadprądowe:
  - wyłączniki nadprądowe,
  - bezpieczniki.
- Samoczynne wyłączenie zasilania jest środkiem ochrony wymagającym ułożenia przewodu ochronnego w każdym obwodzie.

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

Tablica 2.6. Największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania (w sekundach) w obwodach odbiorczych o prądzie znamionowym  $I_n \leq 32$  A [N3]

Układ	$50 \text{ V} \leq U_0 \leq 120 \text{ V}$		$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$		$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$		$U_0 > 400 \text{ V}$	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	<sup>1)</sup>	0,4	5,0	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	<sup>1)</sup>	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

<sup>1)</sup> Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem.

Uwaga:

W obwodach odbiorczych o prądzie znamionowym  $I_n > 32$  A oraz w obwodach rozdzielczych o dowolnym prądzie znamionowym dopuszcza się czas wyłączenia:

5 s w układzie TN

1 s w układzie TT

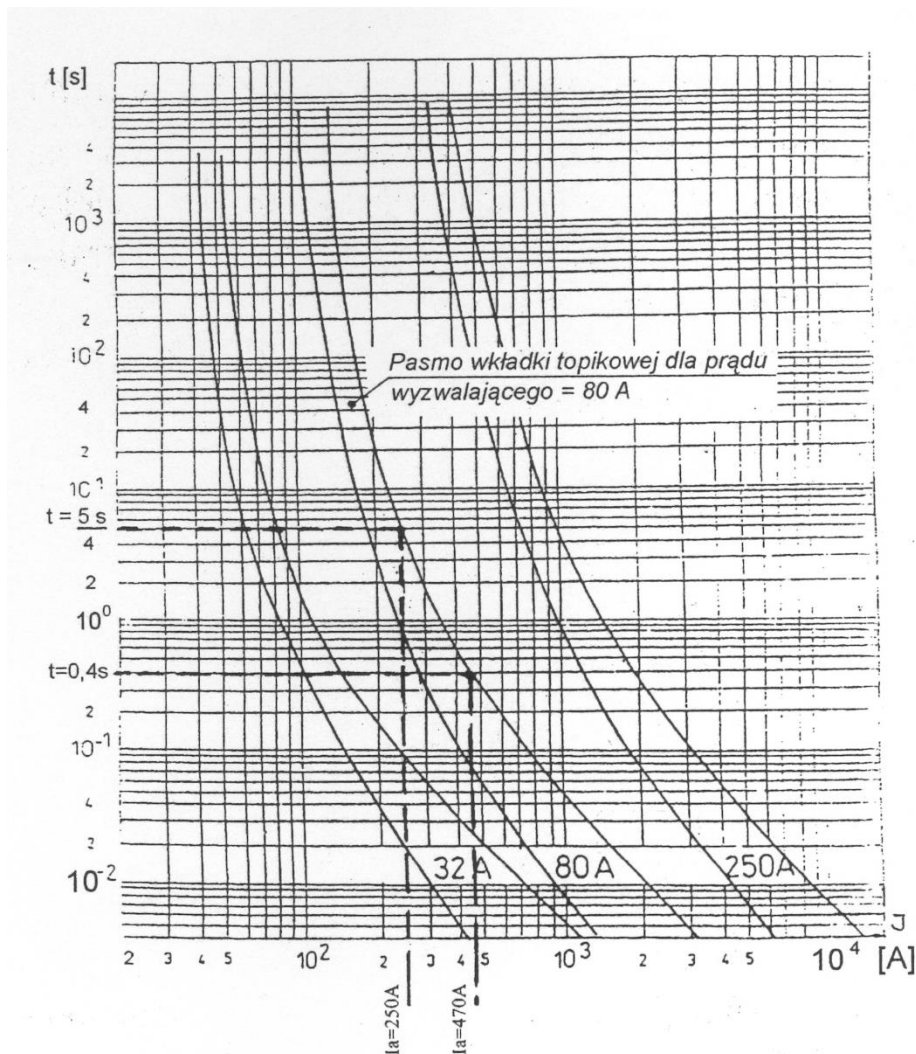


## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

Do samoczynnego wyłączenia zasilania używamy:

- bezpieczników topikowych,
- wyłączników nadprądowych np. tpu S310.
  
- **Bezpieczniki topikowe** są to urządzenia ochronne jednorazowego działania, w których po przekroczeniu określonej wartości prądu następuje samoczynne wyłączenie obwodu po czasie zależnym od wartości prądu i typu wkładki topikowej.
- Cechą charakterystyczną bezpiecznika jest pasmowa charakterystyka czasowo-prądowa wkładki topikowej.

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Charakterystyka pasmowa $t=f(I)$ wkładek topikowych WT-1F



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Bezpieczniki topikowe



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Bezpieczniki topikowe

1. Typ charakterystyki czasowo-prądowej oznaczamy dwoma literami.
2. Pierwsza litera jest mała a druga duża.
3. Pierwszą litera może być **g** lub **a**.
  - **g** - wkładka ogólnego przeznaczenia o pełnozakresowej zdolności wyłączenia
  - **a** – wkładka o niepełnozakresowej zdolności wyłączenia, przeznaczona do wyłączenia jedynie prądów zwarciovych

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Bezpieczniki topikowe

Drugi człon symboli oznacza kategorię użytkowania:

- G – wkładka ogólnego przeznaczenia, zwłaszcza do zabezpieczania przewodów instalacji elektrycznych,
- F – wkładka o charakterystyce szybkiej,
- L – wkładka do zabezpieczania przewodów linii rozdzielczych, narpowietrznych i kablowych,
- M – wkładka do zabezpieczeń silników i urządzeń rozdzielczych,
- R – wkładka do zabezpieczeń urządzeń półprzewodnikowych,
- Tr – wkładka do zabezpieczania transformatorów (podaje się na niej moc transformatora, a nie prąd znamionowy),
- B – wkładka do zabezpieczania w podziemiach kopalń.

Produkowane są bezpieczniki: gG, gL, gF, aM, aR, gR, gTr, gB.

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Bezpieczniki topikowe

- Wskaźnik zadziałania wkładek bezpiecznikowych oznacza się kolorami.
- Barwa wskaźnika zadziałania zależy od prądu znamionowego wkładki topikowej.

Barwa wskaźnika zadziałania	Prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej
różowa	2
brązowa	4
zielona	6
czerwona	10
szara	16
niebieska	20
żółta	25
czarna	35
biała	50
miedziana	63
srebrna	80
czerwona	100



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

### Wyłączniki nadprądowe typu S300

- Wyłączniki nadprądowe są to wyłączniki przeznaczone do zabezpieczeń przed skutkami przeciążeń i zwarć w instalacji oraz urządzeniach domowych.
- Wyłączniki te mogą być użytkowane przez osoby niewykwalifikowane i nie wymagają konserwacji.
- Zastępują one bezpieczniki w obwodach odbiorczych instalacji domowych i istnieje obowiązek ich stosowania.



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300

- Wykonywane są jako 1, 2, 3, 4 – torowe.
- Są wyposażone w wyzwalacze termobimetalowe i elektromagnetyczne o charakterystykach B, C lub D.
- Tego typu wyłączniki nie nadają się do zabezpieczenia silników przed przeciążeniami ze względu na brak możliwości nastawienia wartości prądu zadziałania na poziomie równym  $1,1I_n$ .

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300



S311 B16



S312 B40



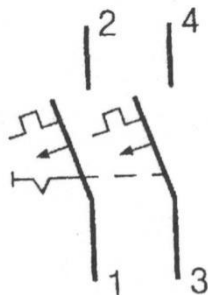
S313 C32



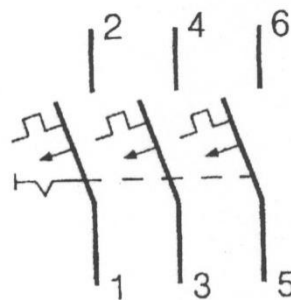
S314 B50



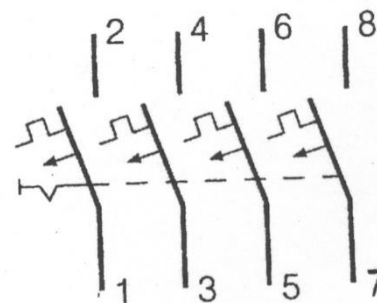
wyłączniki S301



wyłączniki S302

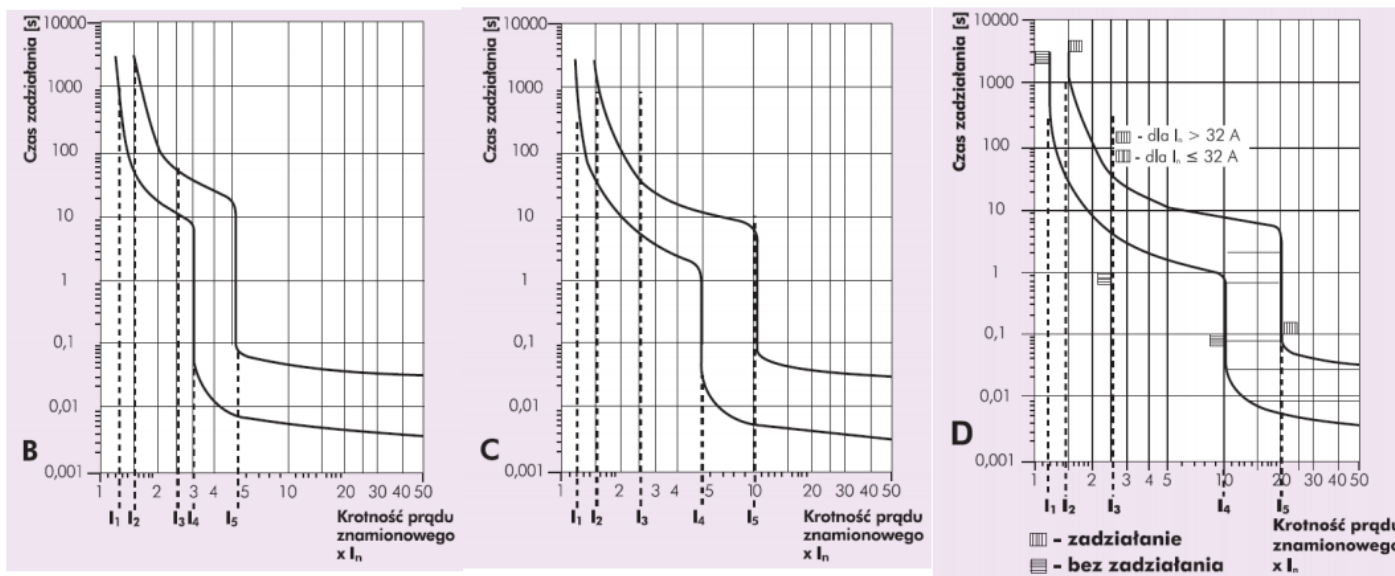


wyłączniki S303



wyłączniki S304

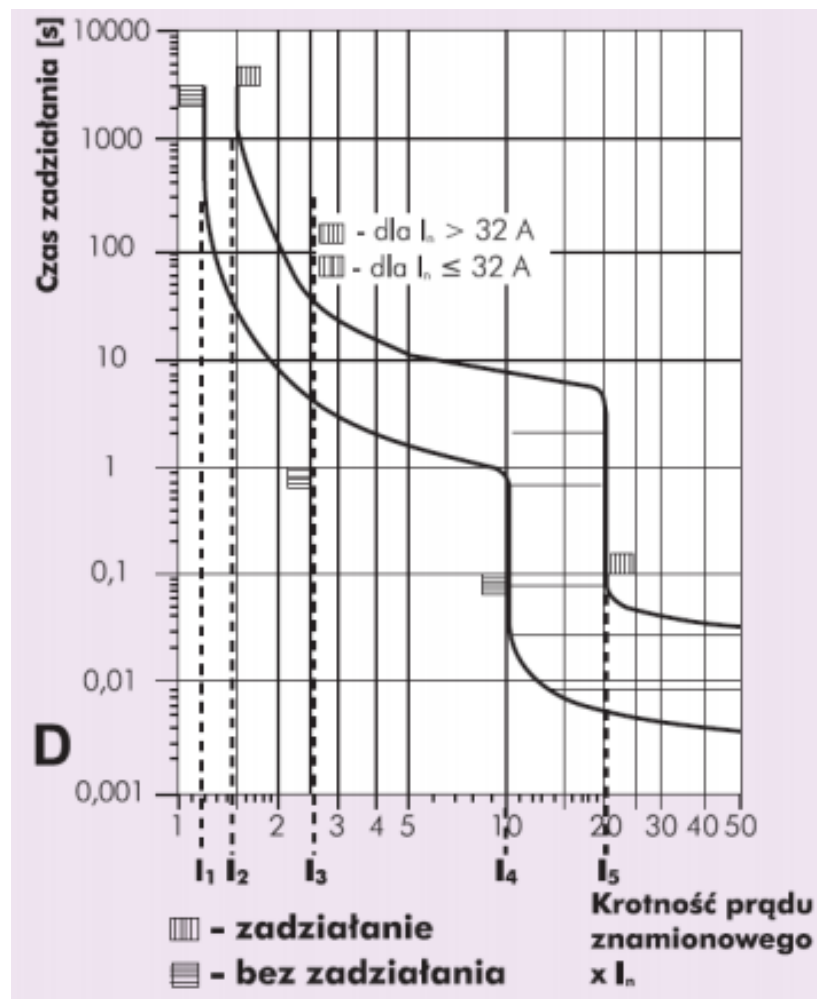
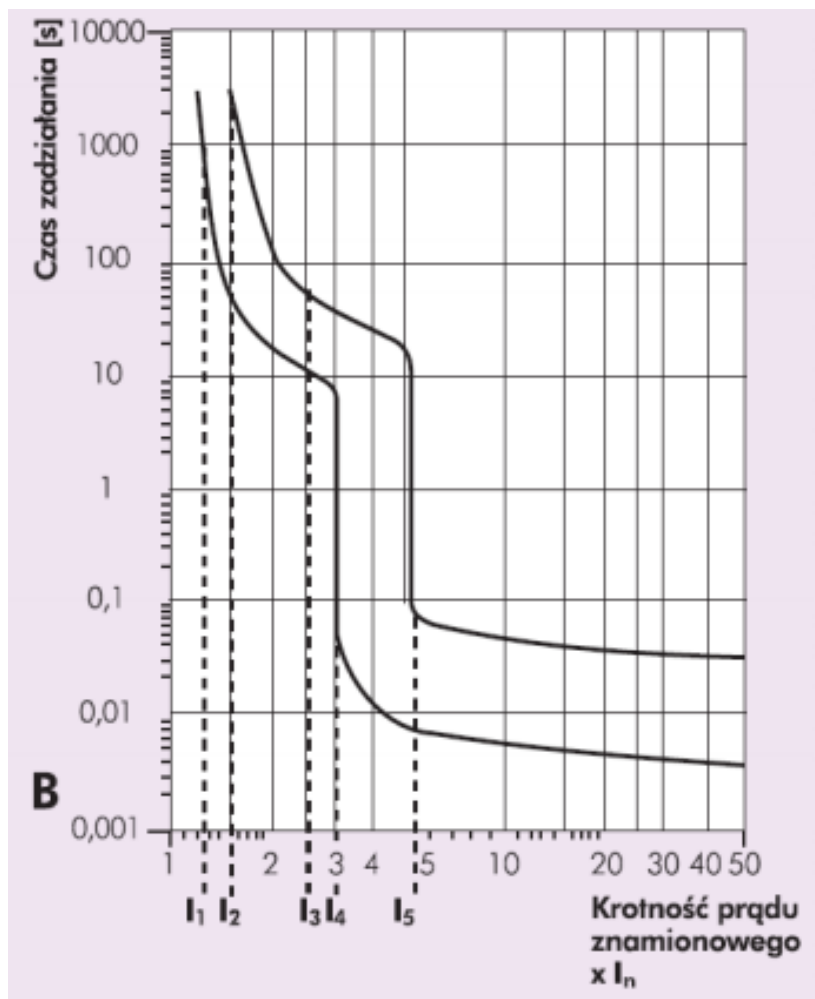
## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300



Typ	Wyzwalacz termobimetalowy			Wyzwalacz elektromagnesowy		
	Prąd $I_1$	Prąd $I_2$	Prąd $I_2$	Prąd $I_4$	Prąd $I_5$	Czas
B	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$\geq 1h$ $< 1h$	$3 I_n$	$5 I_n$	$\geq 0,1 s$ $< 0,1 s$
C	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$\geq 1h$ $< 1h$	$5 I_n$	$10 I_n$	$\geq 0,1 s$ $< 0,1 s$
D	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$\geq 1h$ $< 1h$	$10 I_n$	$20 I_n$	$\geq 0,1 s$ $< 0,1 s$

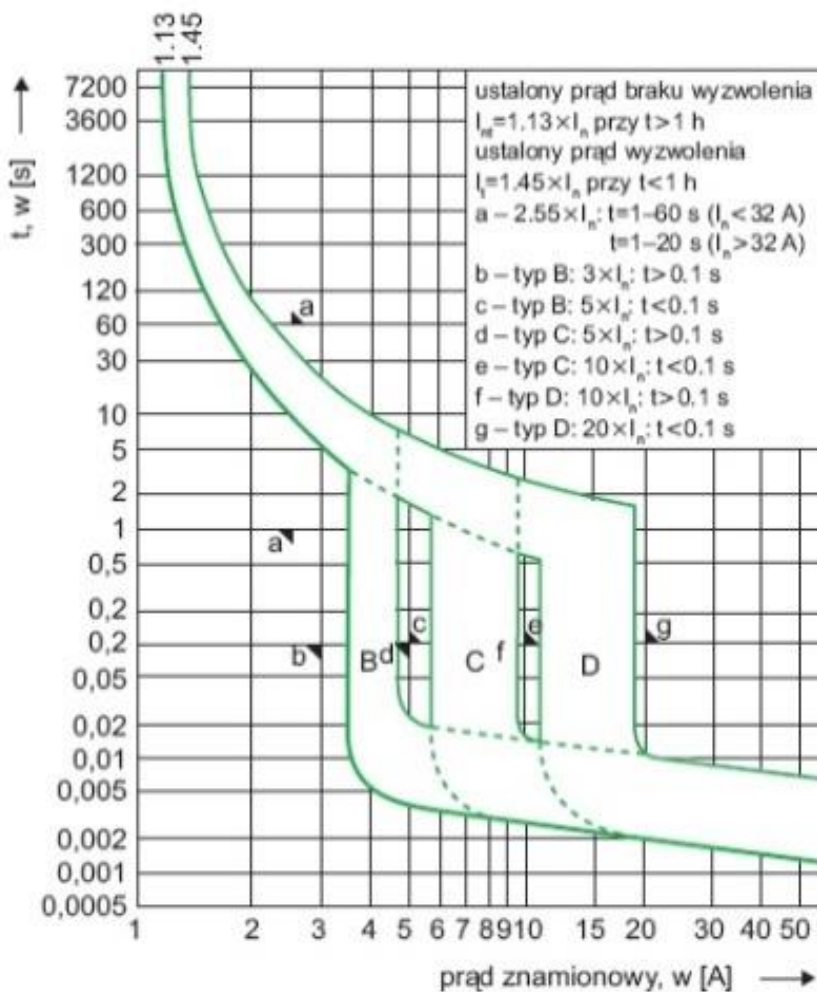
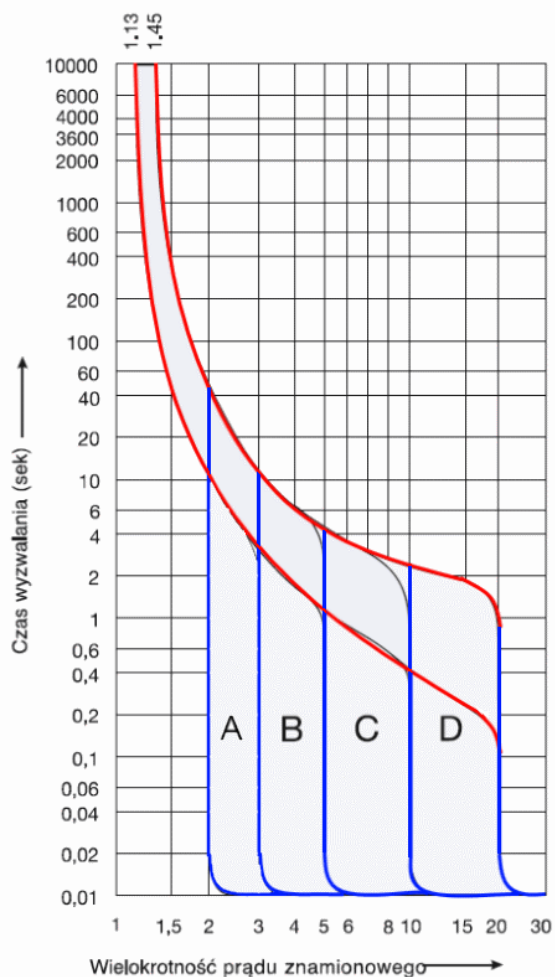
Rys. 6. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników instalacyjnych serii S 300

## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300



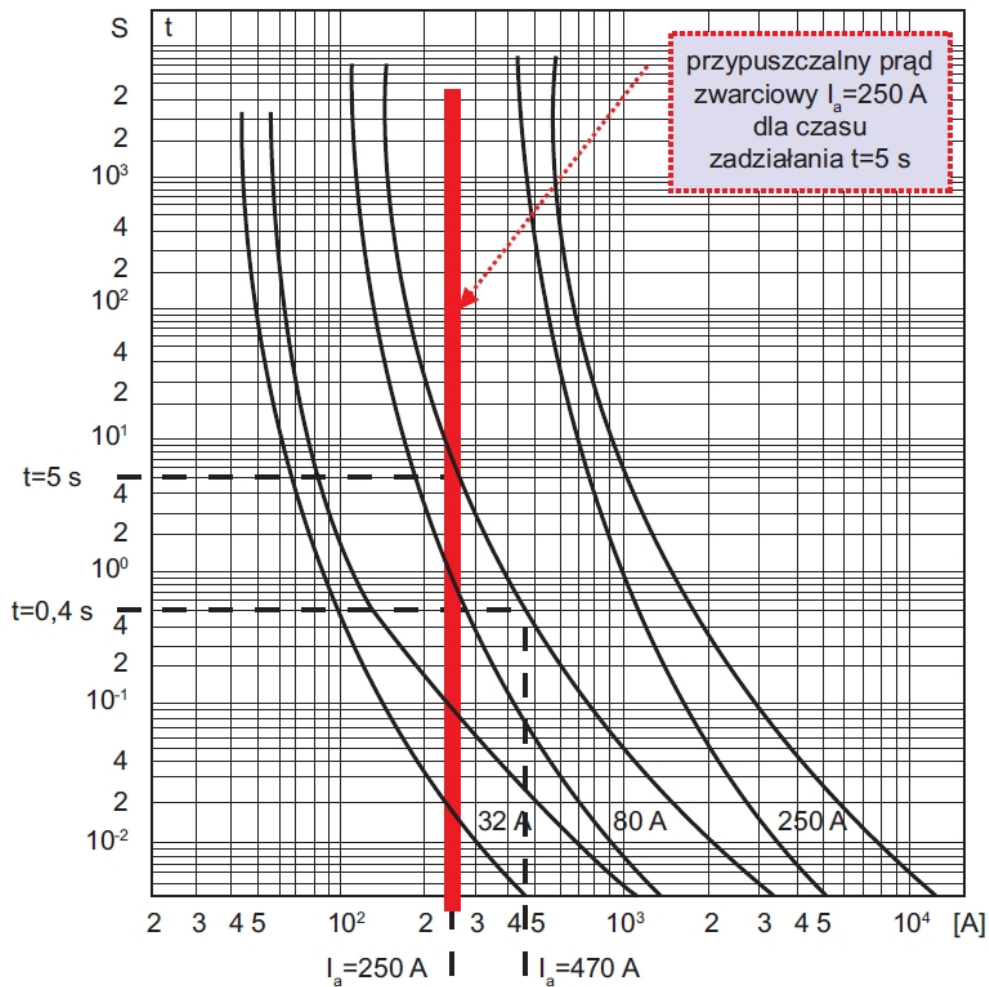
# Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

## Wyłączniki nadprądowe typu S300



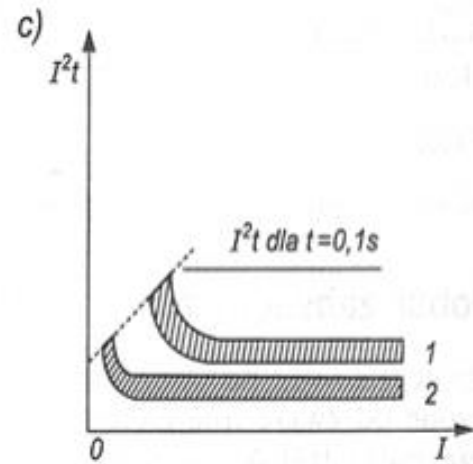
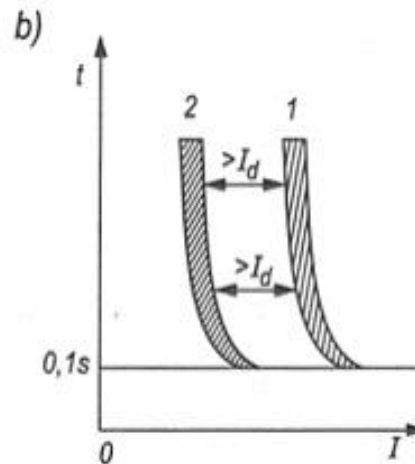
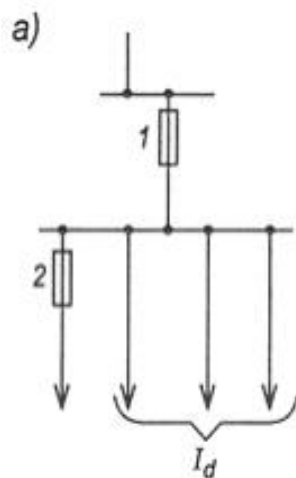
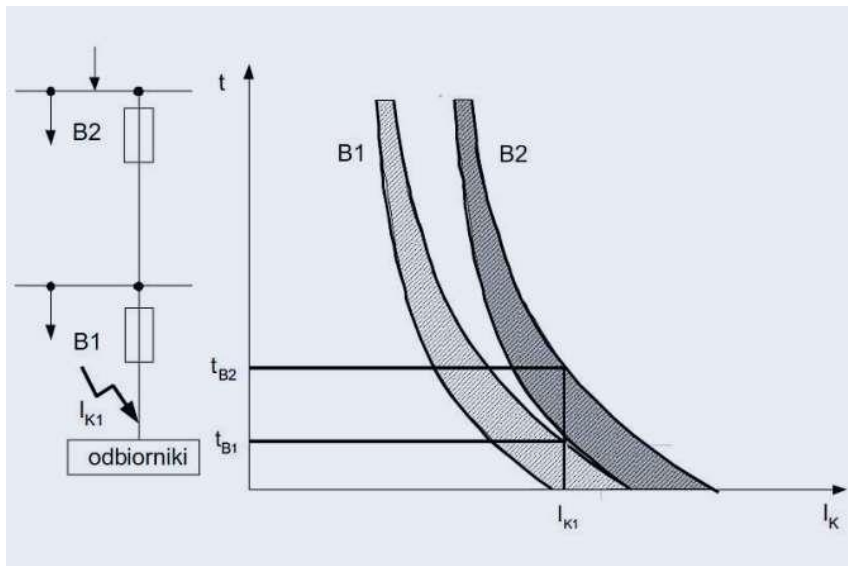
# Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

## Wyłączniki nadprądowe typu S300

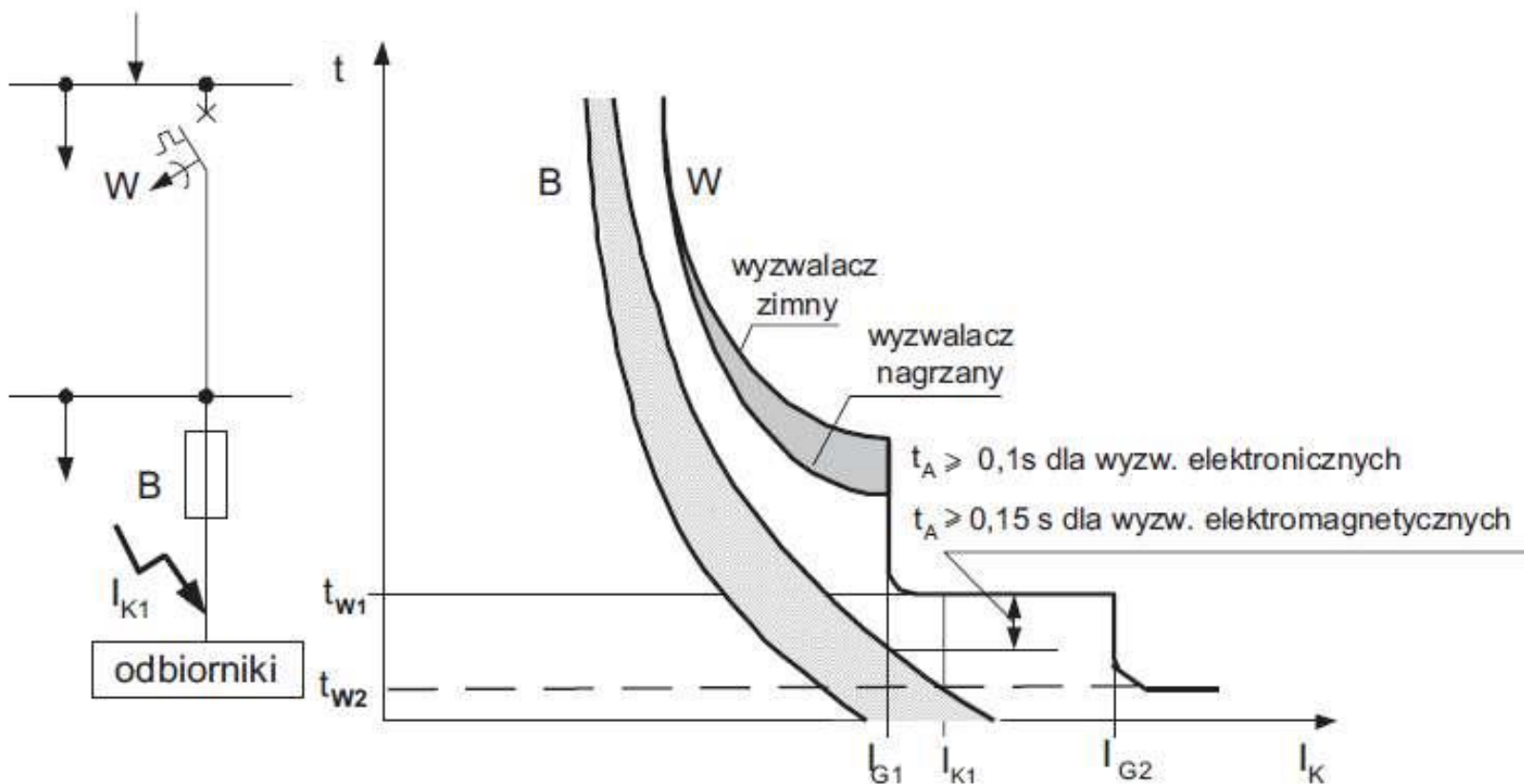


# Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa)

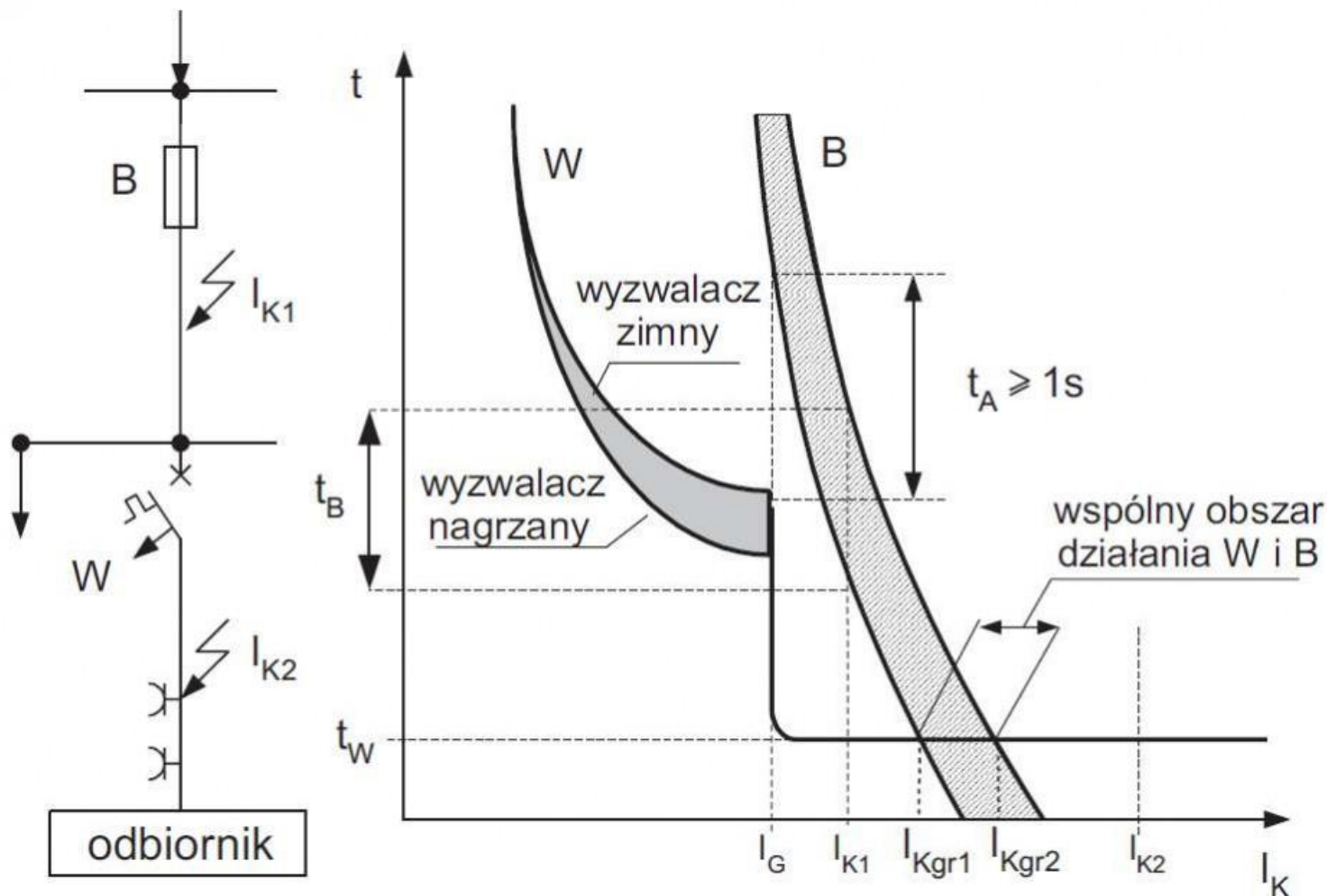
## Wyłączniki nadprądowe typu S300



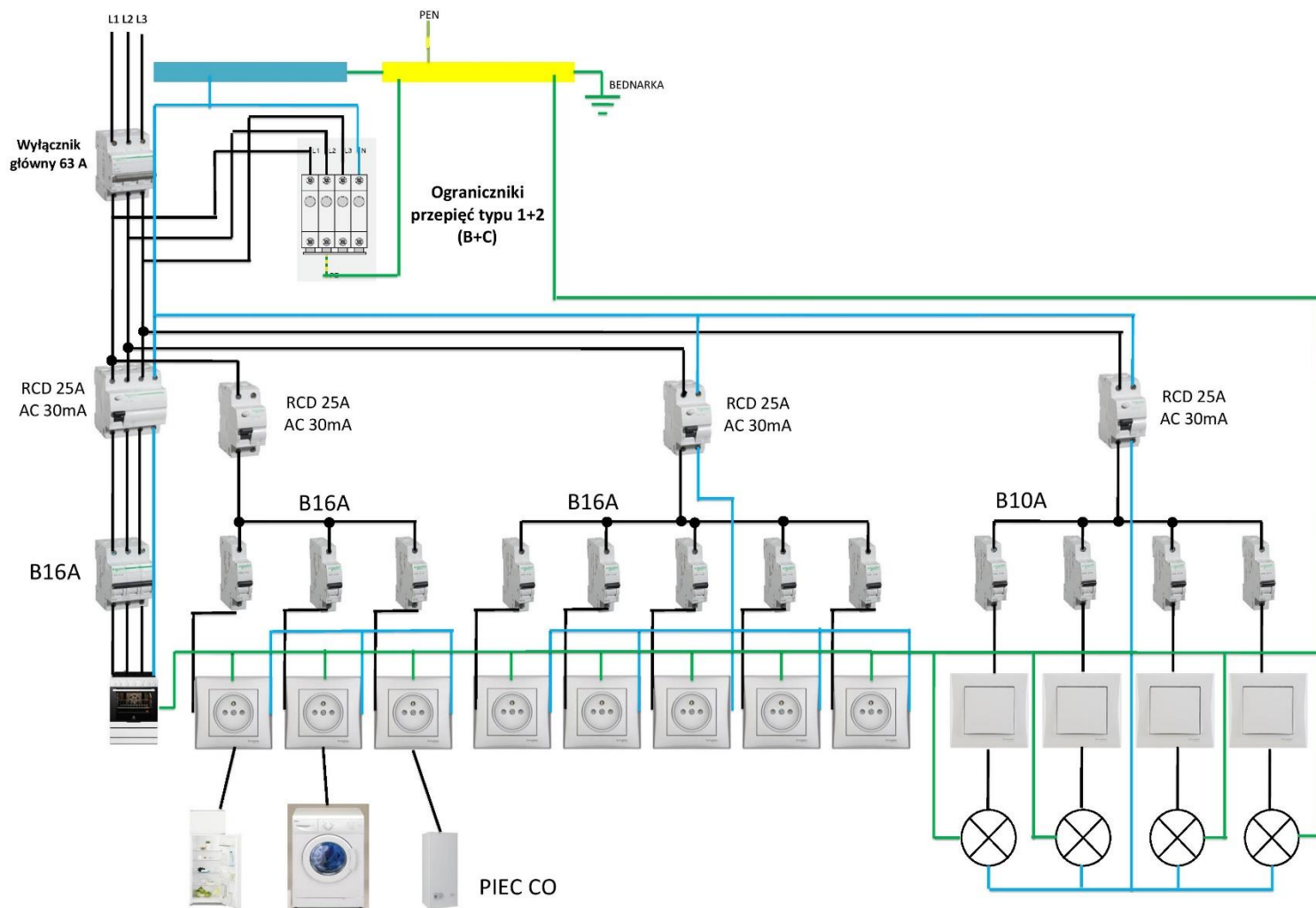
## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300



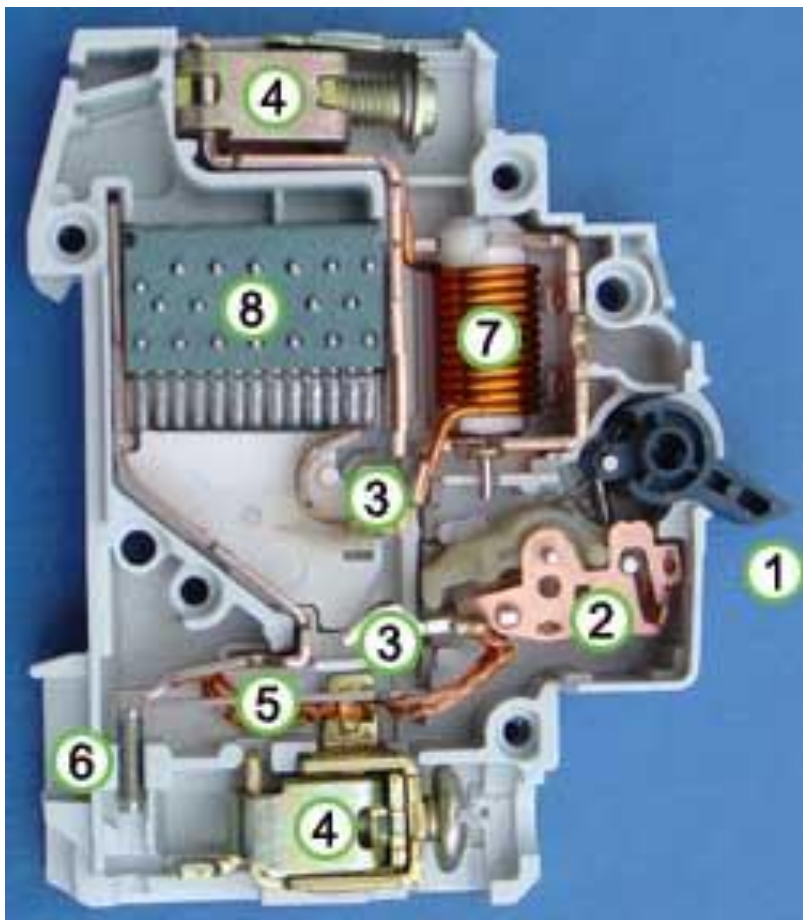
## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Wyłączniki nadprądowe typu S300



## Przykład instalacji elektrycznej



## Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa) Budowa wyłącznika instalacyjnego



- 1 - Dźwignia napędowa
  - 2 - Zamek
  - 3 - Styk stały i styk ruchomy
  - 4 - Zaciski przyłączowe
  - 5 - Wyzwalacz termobimetalowy (przeciążeniowy)
  - 6 - Wkręt regulacyjny
  - 7 - Wyzwalacz elektromagnetyczny (zwarciowy)
  - 8 - Komora gaszeniowa (do gaszenia łuku elektrycznego)
- Wyłącznik ma dwa wyzwalacze: [zwarciowy](#) (elektromagnetyczny lub elektroniczny), [przeciążeniowy](#) ([termobimetaliczny](#) lub elektroniczny).

## Odczucia i reakcje organizmu człowieka powodowane rażeniem prądem stałym

Reakcja organizmu i skutki	Natężenie prądu wrażeniowego, mA
Próg odczuwania prądu przez kobiety	1,5
Próg odczuwania prądu przez mężczyzn	2,5
Uczucie mrowienie oraz skurcze w dłoni podczas załączania i wyłączania prądu	3 - 10
Kłujące bóle w przegubach dłoni, uczucie ciepła w ręce	10 - 25
Silne skurcze mięśni, trudności w oddychaniu, parzenie na powierzchni styku	25 - 70
Możliwość utraty przytomności, wystąpienia migotania komórek sercowych oraz znamion prądowych	70 - 200