

## **Bezpieczniki topikowe**

### **1. Definicja i zasada działania**

Bezpieczniki topikowe pojawiły się jako elementy zabezpieczające za sprawą znanego wynalazcy Thomasa Edisona. Według norm PN-92/E-06170/01 i PN-91/E-06160/10 bezpiecznik topikowy jest elementem zabezpieczającym, który przez stopienie odpowiednio skonstruowanego elementu (topika) otwiera obwód, w którym jest umieszczony, odcinając dopływ prądu. Stopienie elementu topikowego może nastąpić w wyniku bezpośredniego oddziaływania temperatury otoczenia (bezpieczniki topikowe termiczne) lub w sposób pośredni w wyniku wydzielania się ciepła pod wpływem płynącego przez topik prądu większego od określonej wartości przez dostatecznie długi czas (bezpieczniki topikowe przetężeniowe).

### **2. Podział bezpieczników topikowych, stosowane symbole i oznaczenia**

Podział bezpieczników topikowych ze względu na rodzaj energii powodującej stopienie elementu topikowego:

- a) termiczne (przerwywają obwód gdy temperatura otoczenia przekroczy pewną wartość),
- b) przetężeniowe (przerwywają obwód gdy wartość prądu płynącego przez topik jest większa od określonej wartości przez dostatecznie długi czas)

Podział bezpieczników topikowych przetężeniowych ze względu na czas zadziałania oraz stosowane oznaczenia według normy IEC 127:

- a) bezpieczniki z bardzo szybkim czasem reakcji (**FF**)
- b) bezpieczniki z szybkim czasem reakcji (**F**)
- c) bezpieczniki ze średnim czasem reakcji (**M**)
- d) bezpieczniki z długim czasem reakcji (**T**)
- e) bezpieczniki z bardzo długim czasem reakcji (**TT**)

Litera F w najpopularniejszych wkładkach może być pominięta.

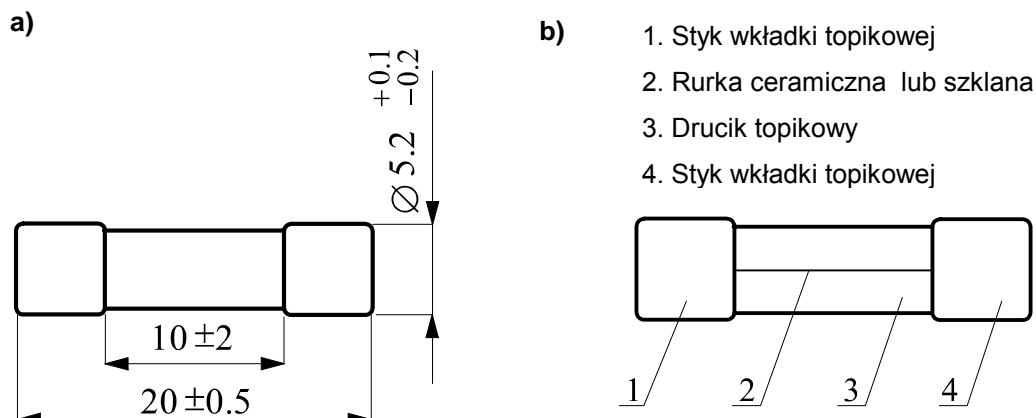
Podział bezpieczników topikowych przetężeniowych ze względu na zdolność wyłączania dużych prądów oraz stosowane oznaczenia według normy PN-77/E-06170:

- a) bezpieczniki z dużą zdolnością wyłączania spodziewanych prądów zwarciovych do 1500 A (**G**)
- b) bezpieczniki z niską zdolnością wyłączania spodziewanych prądów zwarciovych do 35 A (**N**)

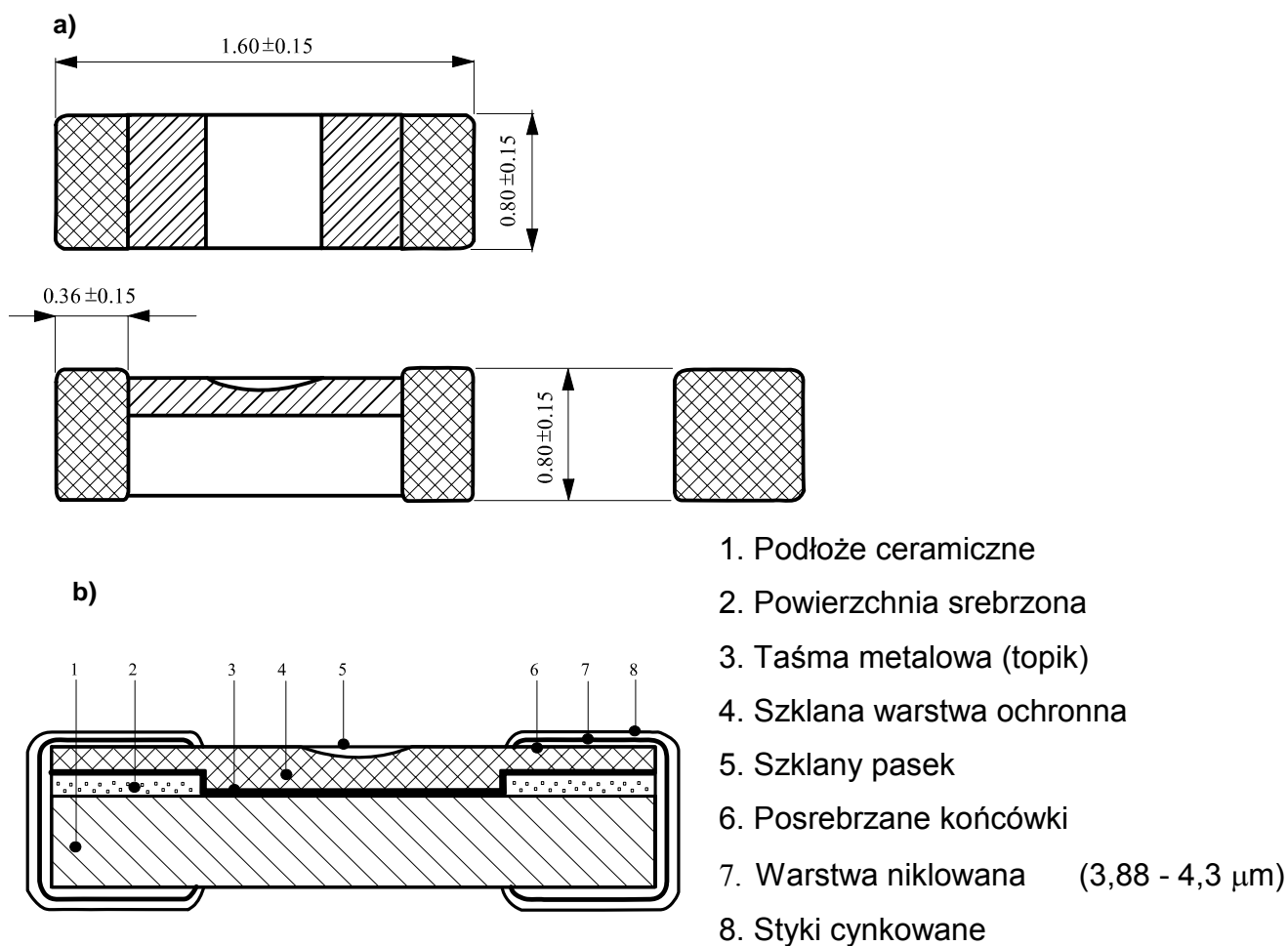
Podział bezpieczników topikowych ze względu na gabaryty:

- a) bezpieczniki miniaturowe (co najmniej jeden z podstawowych wymiarów nie przekracza 10 mm)
- b) bezpieczniki subminiaturowe (podstawowe wymiary nie przekraczają 10 mm)

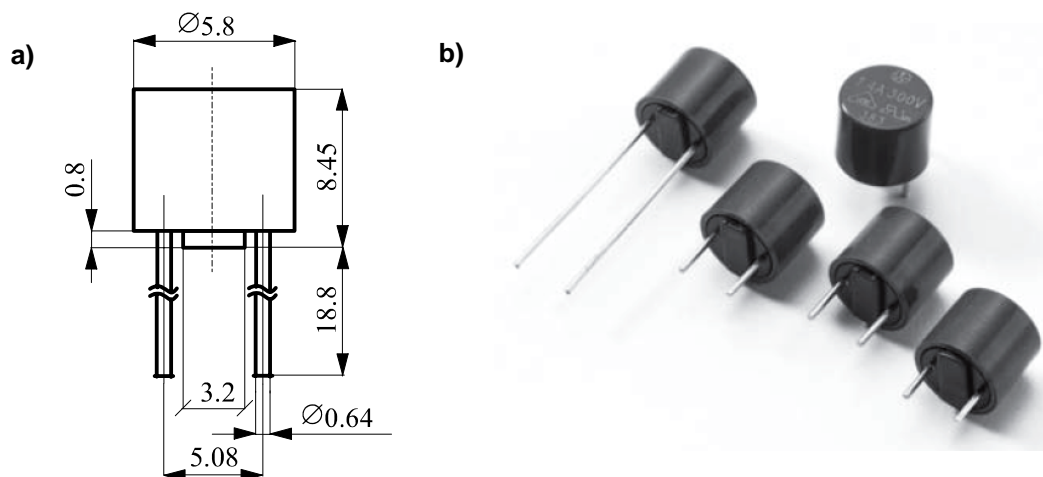
### 3. Budowa najpopularniejszych typów bezpieczników



Rys 1. Najpopularniejsza wkładka bezpiecznikowa typu 5x20 mm: a) wymiary, b) budowa.



Rys.2. Bezpieczniki miniaturowe do montażu powierzchniowego: a) wymiary, b) budowa.



Rys.3. Bezpieczniki wlotowywane do obwodów drukowanych: a) wymiary, b) zdjęcie.

#### 4. Właściwości i podstawowe parametry bezpieczników topikowych

##### 4.1. Całka Joule'a ( $I^2t$ )

W celu zadziałania bezpiecznika potrzebna jest określona wartość energii elektrycznej, która zamieni się na ciepło, rozgrzeje drut topikowy i spowoduje jego przerwanie.

Wartość energii, która wydzielą się w bezpieczniku pod wpływem płynącego prądu wyraża się zależnością:

$$\int_t i^2(t) \cdot R(T) \cdot dt = I^2 \cdot t \cdot R(T) \quad (1)$$

wprowadzając uproszczenie zakładając stałą rezystancję drutu topikowego w różnych temperaturach:

$$\int_t i^2(t) \cdot R \cdot dt = (I^2 \cdot t) \cdot R \quad (2)$$

Wyrażenie ( $I^2 \cdot t$ ) nazywane całką Joule'a podawane przez producentów jest wartością energii potrzebnej do stopienia elementu topikowego i przerwania przepływu prądu w obwodzie. Wartość całki Joule'a determinuje czas potrzebny do zadziałania bezpiecznika w zależności od wartości prądu przeciążeniowego (jeśli prąd przeciążeniowy będzie odpowiednio większy to bezpiecznik zadziała szybciej). Całka Joule'a jest także podawana w większości katalogów dla elementów półprzewodnikowych dużej mocy. Podana wartość określa dopuszczalne warunki pracy, aby struktura półprzewodnika nie uległa uszkodzeniu. W celu skutecznej ochrony elementu półprzewodnikowego o znanej wartości ( $I^2 \cdot t$ ) przed uszkodzeniem w przypadku przeciążenia lub zwarcia stosuje się bezpiecznik którego wartość ( $I^2 \cdot t$ ) jest mniejsza od wartości całki Joule'a elementu półprzewodnikowego. W przypadku równości całek Joule'a bezpiecznika i zabezpieczanego elementu może wystąpić stan równowagi termicznej w wyniku rozpraszania ciepła do otoczenia i nie nastąpi stopienie elementu

topikowego. Wartość całki Joule'a można wyznaczyć bezpośrednio z charakterystyki czasowo-prądowej z dobrym przybliżeniem odczytując czas przedłukowy dla wartości prądu równej  $10 \cdot I_N$ :

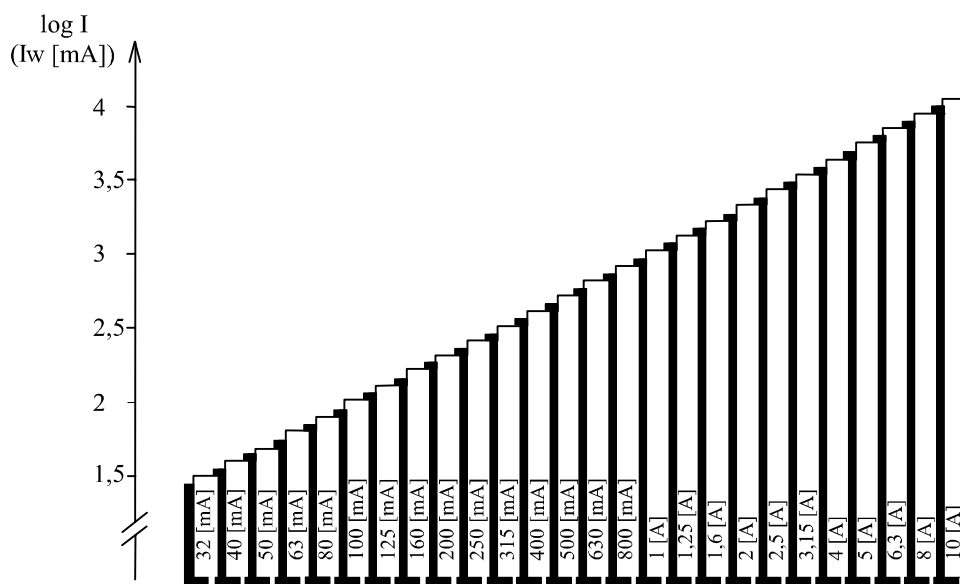
$$I^2 \cdot t = 100 \cdot (I_N)^2 \cdot t \quad (3)$$

Wyznaczona z charakterystyk czasowo-prądowych całka Joule'a jest związana tylko z energią, jaka potrzebna jest do przerwania topika i powstania łuku elektrycznego, ponieważ charakterystyki czasowo-prądowe dotyczą czasu przedłukowego. Aby otrzymać rzeczywistą wartość całki Joule'a należy dodać do wyznaczonej część odpowiadającą za energię łuku elektrycznego, która zależy nie tylko od samego bezpiecznika, ale także od parametrów samego układu. Według normy IEC 127 standardowe bezpieczniki z niską zdolnością wyłączania w nominalnych warunkach pracy charakteryzują się tym, że około 90 % energii przypada na czas przedłukowy.

#### 4.2. Znamionowy prąd pracy $I_N$

Znamionowy prąd pracy  $I_N$  określa maksymalną wartość prądu, przy którym bezpiecznik nie powinien zadziałać. W celu zapewnienia skutecznej ochrony należy dobrać bezpiecznik o odpowiedniej wartości prądu nominalnego stosownej do wartości prądu płynącego w obwodzie. Bezpieczniki są produkowane o określonych wartościach znamionowego prądu pracy według szeregu określanego normami IEC 127. Na rys. nr 10 została przedstawiona zależność, według której można dobrać odpowiedni bezpiecznik stosownie do wartości prądu płynącego w obwodzie.

#### 4.3. Znamionowe napięcie pracy $U_N$



Rys. 6. Znormalizowany szereg znamionowego prądu pracy bezpieczników.

Znamionowe napięcie pracy  $U_N$  jest to maksymalne napięcie, przy którym bezpiecznik jest zdolny przerwać obwód (wyższe napięcie może spowodować powstanie niegasnącego łuku).

#### 4.4. Zdolność wyłączania dużych prądów

Zdolność wyłączania dużych prądów jest to wartość prądu spodziewanego, czyli o takiej wartości jaki pojawiłby się w obwodzie bez zabezpieczenia (dla prądu przemiennego wartość skuteczna składowej okresowej), którą bezpiecznik topikowy jest w stanie przerwać, przy określonym napięciu w określonych warunkach użytkowania. Bezpieczniki topikowe ze względu na zdolność wyłączania można podzielić na dwa typy:

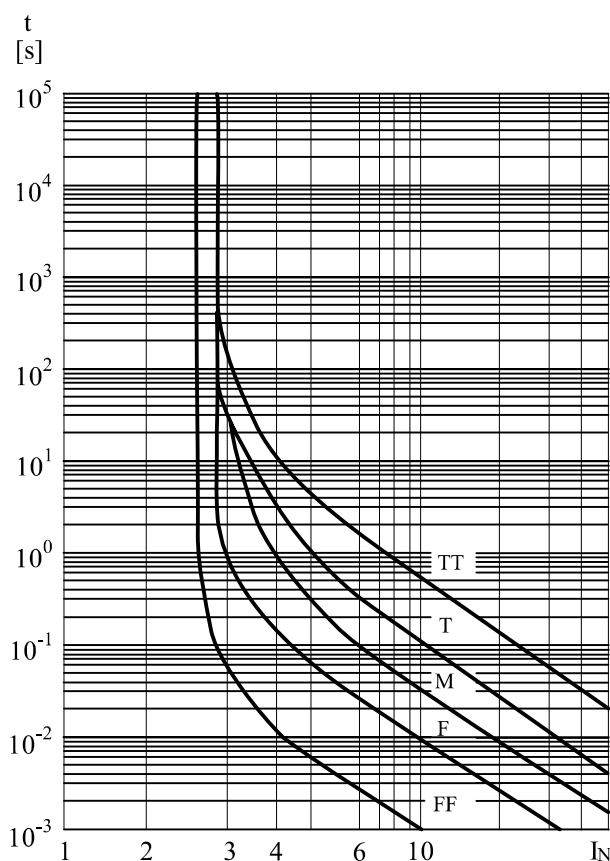
- a) bezpieczniki z dużą zdolnością wyłączania (oznaczenie **G**) spodziewanych prądów zwarciovych (do 1500 A). W praktyce są to wyłącznie szybkie wkładki (obowiązkowo w oznaczeniu występuje litera **F**) stosowane są do zabezpieczenia delikatnych przyrządów w sieci 230 V. Wkładki są w postaci szklanych rurek wypełnionych piaskiem kwarcowym pomagającym szybko gasić łuk po zadziałaniu bezpiecznika w przeciwieństwie do zwykłych wkładek nieposiadających substancji gaszących.
- b) bezpieczniki z niską zdolnością wyłączania (oznaczenie **N**) spodziewanych prądów zwarciovych (do 35 A przy prądzie przemiennym) W praktyce wkładki są powszechnie stosowane w obwodach sieciowych jako zwłoczne (w oznaczeniu występuje litera **T**). Wkładki nie zabezpieczą elementów układu przed uszkodzeniem, ale ich zadanie jest tylko przerwanie obwodu i niedopuszczenie do uszkodzenia przewodów czy pożaru .

#### 4.5. Spadek napięcia, rezystancja i tracona moc w bezpieczniku

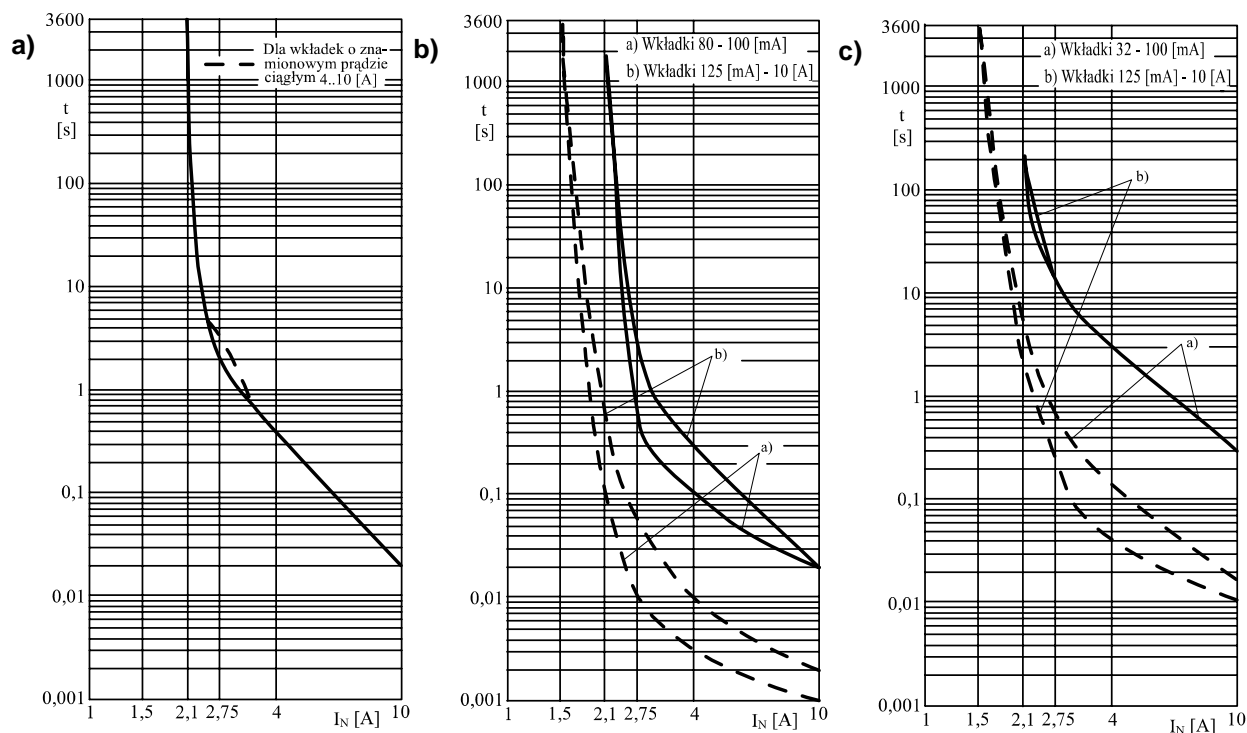
Według normy IEC 127 maksymalna wartość mocy traconej w bezpieczniku jest określana jako wartość mocy jaka wydzieli się w bezpieczniku dla prądu równego  $1,5 \cdot I_N$  w ciągu jednej godziny. Zgodnie z normą IEC 127 bezpiecznik nie powinien zadziałać przy prądzie płynącym przez niego równym  $1,5 \cdot I_N$ . Moc rozpraszana w bezpieczniku nie może przekroczyć dopuszczalnych mocy dla opravek bezpiecznikowych przeznaczonych dla tego bezpiecznika podawanych przez normę IEC 257. Wartość mocy traconej w bezpieczniku zależy od spadku napięcia, jaki na nim występuje. Spadek napięcia na bezpieczniku z kolei zależy od jego rezystancji. W niektórych układach nie można zastosować bezpiecznika topikowego ze względu na jego zbyt dużą wartość rezystancji i straty mocy. Bezpieczniki topikowe o prądzie nominalnym poniżej 1 A posiadają rezystancję rzędu kilku  $\Omega$ . Zastosowanie bezpiecznika topikowego na wyjściu zasilacza spowodowałoby pogorszenie jego rezystancji wyjściowej, która zwykle wynosi ułamek  $\Omega$ . Do ochrony układów, w których nie można zastosować bezpieczników topikowych z wyżej wymienionych powodów stosowane są bezpieczniki elektroniczne.

#### 4.6. Charakterystyki czasowo - prądowe

Charakterystyki czasowo-prądowe bezpieczników obrazują spodziewany obszar rozrzutu czasów przedłukowych różnych typów bezpieczników (czasów do zapalenia łuku elektrycznego) w zależności od wartości prądu przeciążenia (rys. nr 7). Całkowity czas działania bezpiecznika jest sumą czasu przedłukowego i czasu palenia się łuku elektrycznego. Przy napięciach mniejszych od nominalnego napięcia dla bezpiecznika i przy prądach przeciążeniowych do  $10 \cdot I_N$  czas trwania łuku będzie co najwyżej rzędu pojedynczych milisekund i całkowity czas zadziałania bezpiecznika będzie czasem odczytanym z charakterystyki.



Rys. 7. Charakterystyki czasowo-prądowe typowych bezpieczników, gdzie:  $I_N$  - nominalna wartość prądu bezpiecznika,  $t$  - czas do zapalenia łuku elektrycznego.

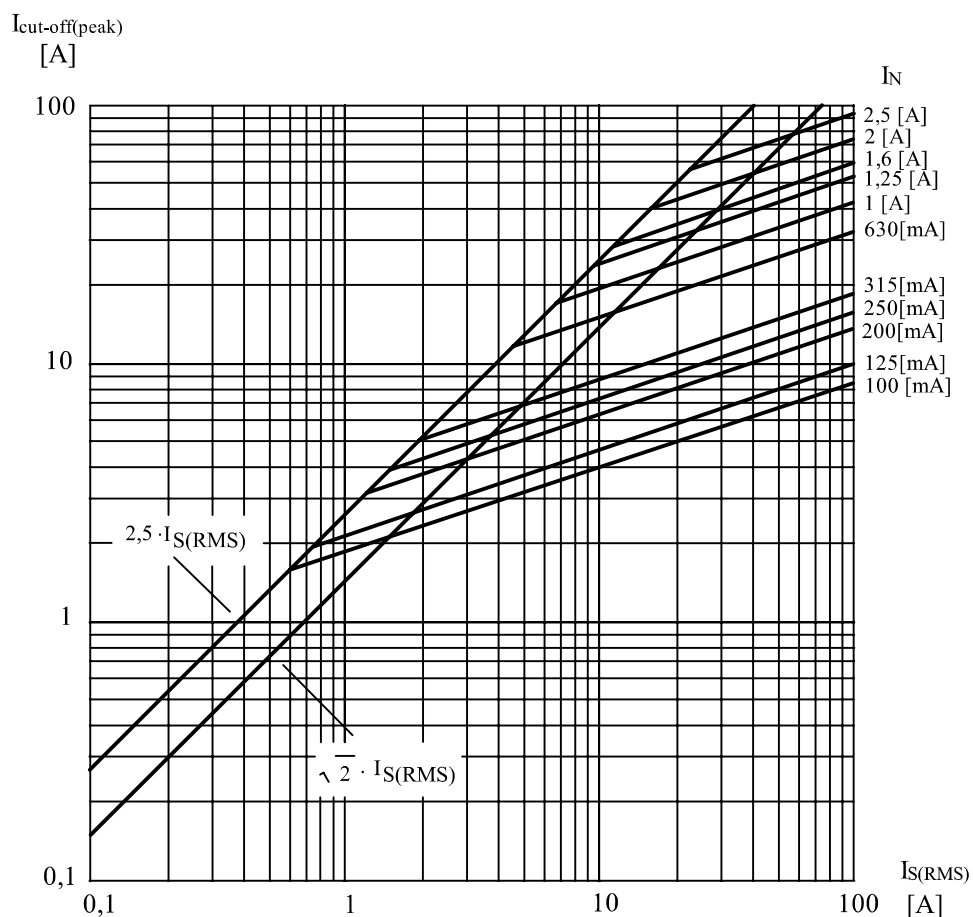


Rys. 8. Charakterystyki czasowo-prądowe bezpieczników topikowych: a) WTA-F-G, b) WTA-F, c) WTA-T.

W przypadku, gdy zostanie przekroczone napięcie nominalne lub wystąpi zwarcie w którym wartość prądu spodziewanego jest większa od zdolności wyłączania bezpiecznika czas trwania łuku elektrycznego ma znaczną wartość. W tym przypadku nie można zastosować charakterystyk czasowo-prądowych do oszacowania czasu przepalenia się bezpiecznika.

#### 4.7. Charakterystyki prądów ograniczonych

Dla prądów spodziewanych, większych co najmniej 10 razy od prądu nominalnego bezpiecznika ważna jest znajomość charakterystyk prądów ograniczonych, gdyż czas wyłączania bezpiecznika jest wtedy mniejszy od 10ms. Większość bezpieczników przeznaczonych jest do pracy w obwodach prądu przemiennego 50Hz, tak więc, dla czasów mniejszych niż 10ms proces przerywania prądu ma charakter ograniczania prądu. Szczytowa wartość prądu płynącego w obwodzie podczas procesu przepalenia bezpiecznika jest nazywana prądem ograniczonym. Charakterystyka prądów ograniczonych przedstawia zależność prądu ograniczonego od prądu spodziewanego w określonych warunkach działania bezpiecznika.

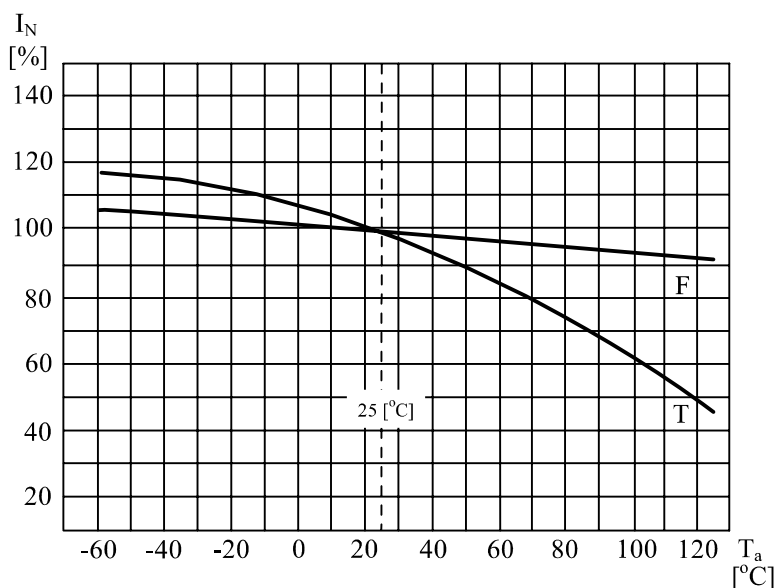


Rys. 9. Charakterystyki prądów ograniczonych typowych bezpieczników topikowych, gdzie:  $I_N$  - nominalna wartość prądu bezpiecznika,  $I_{cut-off (peak)}$  - szczytowa wartość prądu (prąd ograniczony),  $I_{S(RMS)}$  - spodziewana wartość prądu (wartość skuteczna).

#### 4.8. Wpływ temperatury otoczenia na wartość nominalnego prądu pracy $I_N$

Wartość nominalnego prądu pracy  $I_N$  ściśle zależy od temperatury otoczenia  $T_a$ . Na rys. 10 została przedstawiona zależność nominalnego prądu pracy bezpiecznika szybkiego (F) oraz zwłocznego (T) od temperatury otoczenia. Im wyższa wartość temperatury tym mniejsza wartość prądu jest konieczna do zadziałania bezpiecznika.

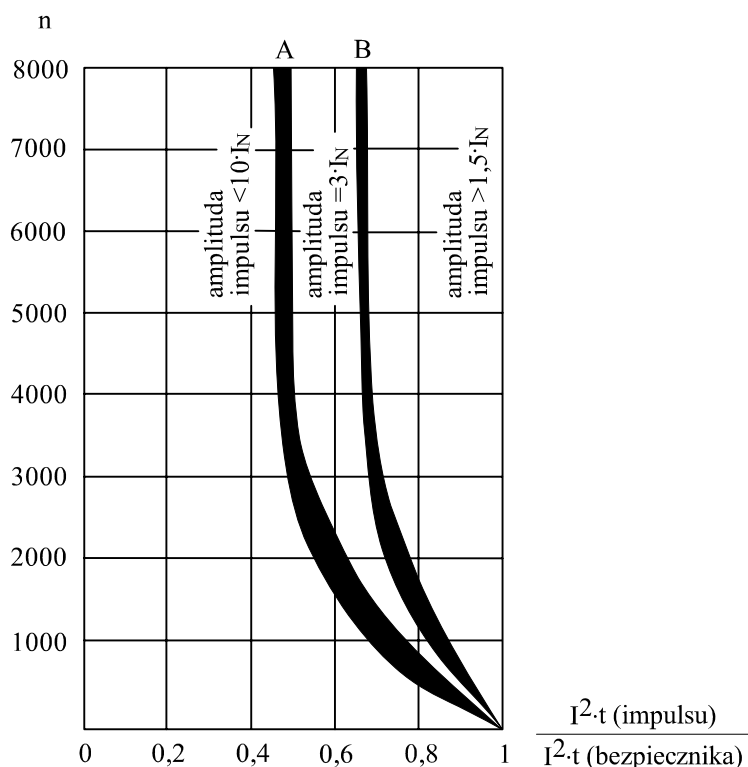




Rys. 10. Zależność nominalnego prądu pracy  $I_N$  od temperatury otoczenia.

#### 4.9. Charakterystyki procesu starzenia

Bezpieczniki topikowe z długim (T) i bardzo długim czasem reakcji (TT) czasem reakcji szybciej od innych typów bezpieczników ulegają procesowi starzenia podczas impulsowego przepływu prądu o amplitudzie prądu większej niż  $1,5 \cdot I_N$ . Na rys. nr 11 został ukazany efekt starzenia typowych bezpieczników topikowych w postaci zależności pomiędzy stosunkiem wartości  $I^2 \cdot t$  impulsu do wartości  $I^2 \cdot t$  bezpiecznika i liczby cykli impulsów. Kształt prądu impulsów zastosowanych do badania nie jest istotny ale ważna jest jego wartość całki Joule'a. Działanie serią impulsów o wartości  $I^2 \cdot t$  w przybliżeniu równym 50 %  $I^2 \cdot t$  bezpiecznika i amplitudzie prądu 10-krotnie większej od nominalnej wartości jego prądu powoduje otwarcie bezpiecznika po około 3000-3500 impulsach.



Rys. 11. Charakterystyki starzenia typowych bezpieczników topikowych.

### 5. Procesy zachodzące podczas pracy bezpiecznika

Większość bezpieczników zostaje przepalona w warunkach zwarcia. Prądy zwarciove w układach elektronicznych osiągać duże wartości rzędu kilkudziesięciu amperów, a w sieciach energetycznych mogą dochodzić do kilkuset, czy kilku tysięcy amperów. Bezpieczniki pracujące w sieciach energetycznych powinny zadziałać dostatecznie szybko, aby nie dopuścić do narostu prądu zwarcia do maksymalnej wartości spodziewanej (czyli wartości prądu zwarcia jaki by wystąpił bez zabezpieczenia).

W obwodach prądu przemiennego oraz stałego szybkość narastania prądu zwarcia będzie zależeć od:

- nominalnego napięcia sieci,
- wypadkowej rezystancji obwodu zwarcia (suma rezystancji wewnętrznej źródła zasilania, rezystancji bezpiecznika i przewodów doprowadzających),
- indukcyjności obwodu,
- chwili czasowej w której nastąpiło zwarcie.

W momencie przerywania obwodu przez bezpiecznik występują na nim duże wartości przepięć. Przepięcia wynikają z istnienia indukcyjności jaką się charakteryzują źródła zasilające, w tym także sieć 230 V. Narastający prąd zwarcia powoduje stopienie drutu topikowego, ale nie spowoduje natychmiastowego przerywania przepływu prądu w obwodzie. W chwili stopienia topika powstaje łuk elektryczny, który charakteryzuje się dużo większą wartością rezystancji niż topik. W obwodzie zwarciovym do rezystancji

bezpiecznika zostanie wtrącona rezystancja łuku elektrycznego. W szeregowym obwodzie zawierającym indukcyjność prąd nie może zaniknąć do zera w nieskończenie krótkim czasie, dlatego w momencie wtrącenia do obwodu znacznej rezystancji łuku, powstanie przepięcie o takiej wartości, aby zachować ciągłość prądu. Szybkość narastania przepięcia może wynieść do 200 V/ $\mu$ s w sieci energetycznej 230 V.

Wielkość przepięcia ściśle będzie zależeć od rezystancji powstałego łuku:  $U_p = R_l \cdot i(t)$

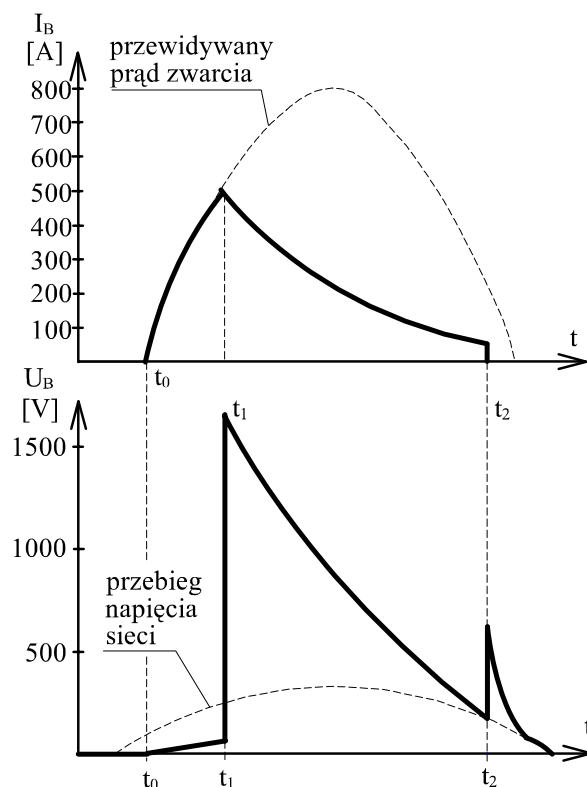
gdzie:

$U_p$  - napięcie przepięcia

$R_l$  - rezystancja łuku

$i(t)$  - chwilowa wartość prądu

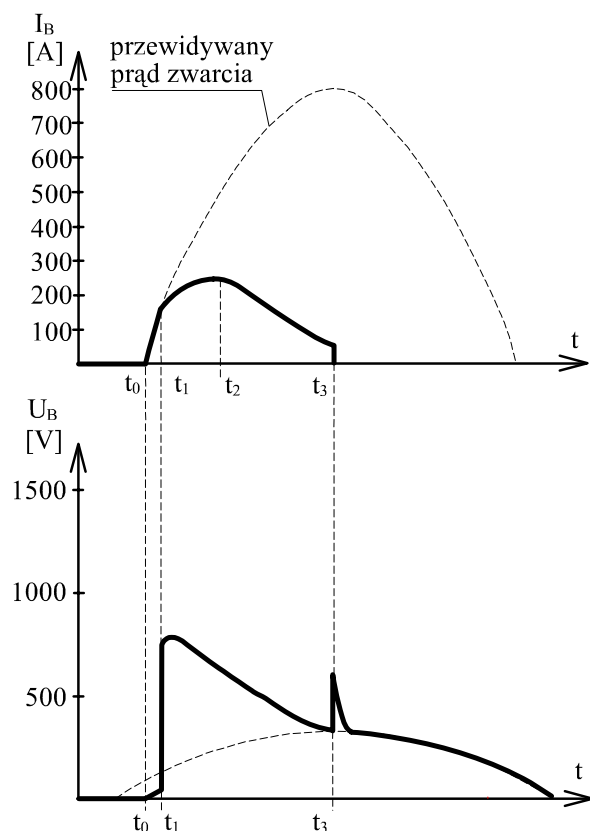
Na rys. 12 zostały przedstawione przebiegi napięcia i prądu typowego bezpiecznika topikowego bez przewężenia podczas zwarcia obciążenia. W chwili  $t_0$  wystąpiło zwarcie obciążenia a w chwili  $t_1$  powstało przepięcie wynikające z nagłego wtrącenia znacznej rezystancji łuku elektrycznego. W dalszym przebiegu procesu przerywania obwodu rezystancja powstałego łuku będzie się zwiększać a wartość płynącego prądu i wielkość powstałego przepięcia będzie maleć. Stopniowo prąd zmaleje do wartości, w której powstały łuk zgaśnie. W momencie wygaszenia łuku obwód zostanie ostatecznie przerwany, ale w momencie skokowego zaniku prądu powstanie jeszcze jedno przepięcie o wartości pomijalnie małej w porównaniu z energią pierwszego przepięcia (chwila  $t_2$  na rys. nr 12). W wyniku powstających przepięć przy szybkim przerywaniu obwodu bezpieczniki o dużej zdolności wyłączania wypełnia się gasiwem (np. piaskiem kwarcowym). W obwodach zasilanych prądem stałym trudniej jest wygasić powstały łuk, dlatego w danych katalogowych jest podawane maksymalne napięcie pracy przy prądzie zmiennym i znacznie niższe dopuszczalne napięcie pracy przy prądzie stałym (wiele bezpieczników przeznaczonych jest do pracy tylko przy prądzie zmiennym).



Rys. 12. Przebieg napięcia i prądu podczas zwarcia w typowym bezpieczniku topikowym.

W bezpieczniku z topikiem wykonanym z materiału o jednakowym przekroju łuk elektryczny powstaje jednocześnie na całej jego długości i charakteryzuje się stosunkowo dużą rezystancją, co powoduje występowanie przepięć o dużych wartościach. Wielkość powstających przepięć można zmniejszyć poprzez zastosowanie bezpieczników z przewężonym topikiem.

Na rys. 13 zostały przedstawione przebiegi napięcia i prądu typowego bezpiecznika topikowego z przewężeniem podczas zwarcia obciążenia. W chwili  $t_0$  nastąpiło zwarcie obciążenia. Jeżeli topik będzie miał przewężenie, to łuk powstanie najpierw w miejscu przewężenia. Rezystancja łuku i powstałe przepięcie (chwila  $t_1$  na rys. nr 13) będzie znacznie mniejsze niż w przypadku, gdy topik jest wykonany z drutu lub taśmy o jednakowym przekroju.



Rys. 13. Przebieg napięcia i prądu podczas zwarcia w typowym bezpieczniku z przewężonym topikiem.

Następnie powstały łuk obejmuje coraz większą długość topika, co powoduje stopniowy wzrost jego rezystancji. Dalszy wzrost rezystancji powoduje spadek wartości prądu do poziomu, przy którym łuk ulega wygaszeniu (chwila  $t_3$  na rys. nr 13). Podczas zaniku łuku powstaje przepięcie, ale w związku z niewielką wartością przerywanego prądu posiada ono niewielką energię. Bezpieczniki charakteryzujące się znamionowym napięciem pracy (wyłączeniowym) 500 lub 600 V posiadają kilka przewężeń.

## 6. Zastosowania bezpieczników topikowych

W praktyce istnieją trzy sytuacje, w których stosuje się bezpiecznik topikowy:

- bezpiecznik ma za zadanie chronić podzespół lub blok przed uszkodzeniem w awaryjnych warunkach pracy (np. w przypadku przeciążenia). Bezpiecznik ma za zadanie jak najszybciej przerwać przepływ prądu po przekroczeniu wartości nominalnej (należy zastosować bezpiecznik topikowy działający bezzwłocznie),
- wiele urządzeń w pierwszej chwili po włączeniu pobiera większy prąd (często nawet kilkakrotnie) od nominalnego prądu pracy. W tej sytuacji bezpiecznik przy krótkotrwałym przeciążeniu nie powinien zadziałać (należy zatem zastosować bezpiecznik zwłoczny),

- c) gdy bezpiecznik nie jest w stanie uchronić przed uszkodzeniem, a w razie awarii w układzie jego zadanie polega tylko na przerwaniu obwodu i niedopuszczeniu do powstania dalszych szkód, a w szczególności pożaru.

Bezpieczniki ze względu na swoją rezystancję a także ze względu na traconą w nich moc nie wszędzie mogą znaleźć zastosowanie. Wkładki bezpiecznikowe o prądzie nominalnym poniżej 1 A mogą mieć rezystancję od kilku do kilkudziesięciu  $\Omega$  i przez to nie są one stosowane bezpośrednio na wyjściu zasilacza, ponieważ pogorszyłyby one rezystancję wyjściową zasilacza, która ma wartość poniżej 1  $\Omega$ .

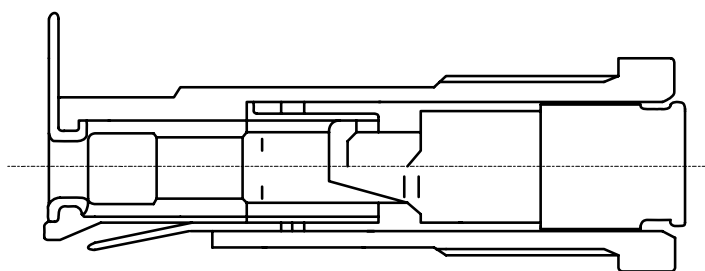
W niektórych obwodach niskonapięciowych ze względu na spadek napięcia i straty mocy we wkładkach bezpiecznikowych, nie można zastosować bezpieczników topikowych i należy je zastąpić bezpiecznikami elektronicznymi.

## 7. Oprawki bezpiecznikowe, zagadnienie bezpieczeństwa

Istotną cechą bezpieczników jako elementów zabezpieczających jest możliwość prostej wymiany po przepaleniu. Wymusiło to pojawienie się odpowiednich do stosowanych bezpieczników oprawek bezpiecznikowych. Oprawki produkowane są w wersji do montażu powierzchniowego SMD, do druku (bezpieczniki subminiaturowe, bezpieczniki 5x20), przelotowe, do montażu tablicowego. Oprawka bezpiecznikowa jest elementem, który powinien pozwalać na łatwą i szybką wymianę wkładki bezpiecznikowej.

Oprawki bezpiecznikowe generalnie można podzielić na dwa typy:

- a) zamknięte - wymiana bezpiecznika może być przeprowadzona bez otwierania obudowy urządzenia. Zmniejszają ryzyko porażenia elektrycznego podczas wymiany przez niewykwalifikowane osoby. Na rys. 14 została przedstawiona typowa oprawka bezpiecznikowa typu zamkniętego przeznaczona do bezpieczników typu 5x20.

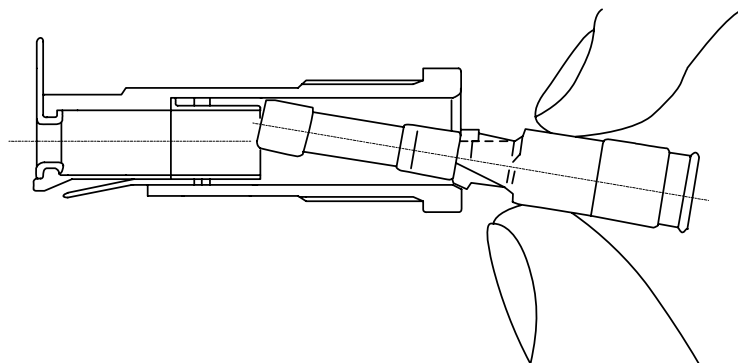


Rys. 14. Oprawka typu zamkniętego z założoną wkładką bezpiecznikową.

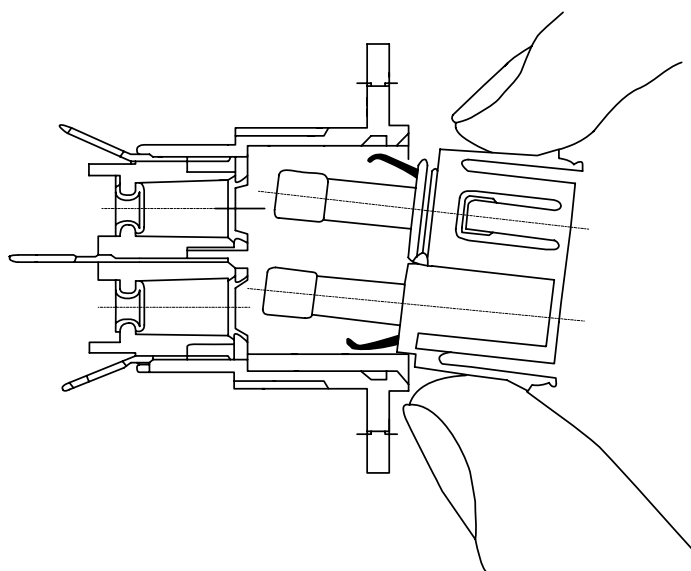
- b) otwarte - generalnie są stosowane wewnątrz sprzętu do których użytkownik nie ma dostępu. Oprawka oraz wkładka bezpiecznikowa muszą być dopasowane ze sobą nie tylko pod względem mechanicznym, ale także elektrycznym.

Stosownie do normy IEC 257 nominalna wartość prądu oprawki jest określona przez dopuszczalną nominalną wartość mocy, jaką może ona przyjąć. Natomiast nominalna dopuszczalna wartość mocy

zdefiniowana przez IEC 257 jest ustaloną wartością rozpraszanej mocy bezpiecznika, którą jego obudowa lub oprawka bezpiecznikowa jest zdolna przyjąć w zalecanych przez producenta warunkach użytkowania. Nominalnymi wartościami dopuszczalnej mocy są 1.6, 2.5 oraz 4 W. Znaczy to, że dla określonej wartości mocy rozpraszanej przez bezpiecznik umieszczony w oprawce temperatura oprawki nie może przekroczyć pewnych granicznych wartości podawanych przez normy.



Rys. 15. Wymiana wkładki bezpiecznikowej.

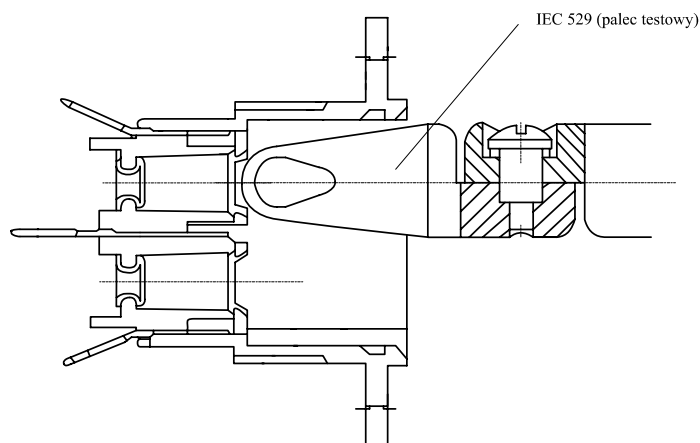


Rys. 16. Wymiana wkładki bezpiecznikowej w podwójnym gnieździe

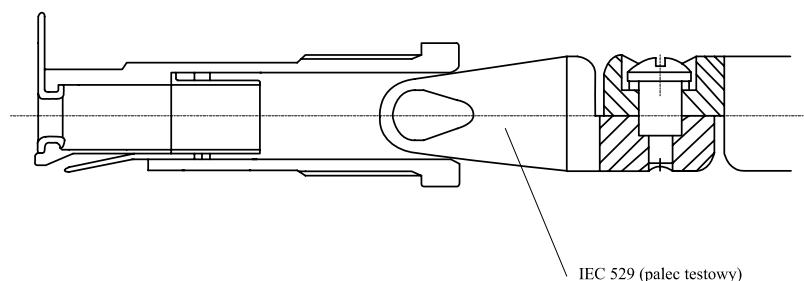
Oprawki bezpiecznikowe typu zamkniętego, do których najczęściej mają dostęp niewykwalifikowane osoby muszą spełniać normy pod względem bezpieczeństwa oraz ochrony użytkownika przed porażeniem elektrycznym.

Oprawka bezpiecznikowa powinna być tak zaprojektowana, aby po usunięciu główki bezpiecznikowej oprawki (najczęściej mocowanej w gnieździe bezpiecznikowym poprzez połączenie bagnetowe lub na gwint) i bezpiecznika topikowego nie był możliwy kontakt użytkownika z częściami będącymi pod napięciem. Na rys. 15 została przedstawiona wymiana bezpiecznika topikowego w typowej oprawce bezpiecznikowej oraz w podwójnym gnieździe bezpiecznikowym (rys. 16). Do badania zgodności z normami bezpieczeństwa służy specjalny palec testowy IEC 529 symulujący ludzki palec. Na rys. nr 17

oraz 18 zostały przedstawione sytuacje badania palcem testowym typowej oprawki bezpiecznikowej i podwójnego gniazda bezpiecznikowego.



Rys. 17. Badanie podwójnego gniazda bezpiecznikowego module palcem testowym IEC 529.



Rys. 18. Badanie oprawki bezpiecznikowej palcem testowym IEC 529.

## 9. Bezpieczniki topikowe termiczne

W odróżnieniu od tradycyjnych bezpieczników topikowych przetężeniowych, które działają podczas przepływu przez nie nadmiernego prądu, bezpieczniki termiczne reagują na temperaturę otoczenia. Bezpieczniki termiczne stosuje się do ochrony urządzeń przed przekroczeniem nadmiernej temperatury. Bezpiecznik termiczny jest umieszczony w hermetycznej obudowie metalowej, co gwarantuje niezawodność w różnych warunkach otoczenia. Styki bezpiecznika są dociskane przez dwie przeciwdziałające sprężyny spiralne. W związku z tym bezpiecznik jest nieczuły na wibracje i wstrząsy mechaniczne. Aktywacja bezpiecznika następuje, gdy temperatura otoczenia przekroczy punkt stopienia wrażliwego na ciepło elementu bezpiecznika. Po stopieniu topika nastąpi rozwinięcie sprężyn i przerwanie połączenia elektrycznego. Bezpieczniki termiczne są produkowane dla różnych temperatur rozwarcia.

Tabela 2. Dane katalogowe typowych bezpieczników topikowych termicznych

Maksymalne obciążenie rezystancyjne	15 A, 250 V
Maksymalne obciążenie indukcyjne	2 A, 250 V



Rezystancja wewnętrzna	8 mΩ
Tolerancja	+0 / -4 °C
Wymiary	φ 4 mm, długość 12 mm
Długość wyprowadzeń	35 mm

Tabela 3. Zakres temperatur rozwarcia typowych bezpieczników topikowych termicznych

Typ	T <sub>R</sub> [°C]
D070-002	72
D076-002	77
D081-002	84
D085-002	87
D090-002	93
D096-002	98
D098-002	100

Typ	T <sub>R</sub> [°C]
D103-002	104
D108-002	109
D115-002	117
D118-002	121
D125-002	128
D139-002	141
D149-002	152

Typ	T <sub>R</sub> [°C]
D167-002	171
D181-002	184
D192-002	194
D213-002	216
D226-002	228
D242-002	240

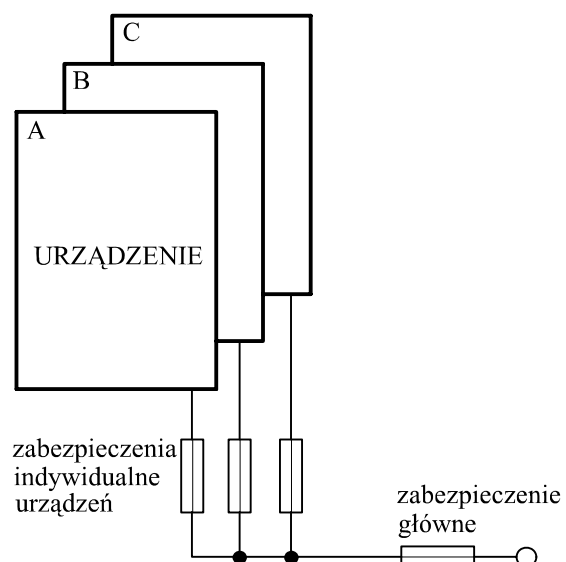
gdzie: T<sub>R</sub> - temperatura rozwarcia



Rys. 19. Bezpieczniki termiczne.

## 9. Gradacja zabezpieczeń

Istotną sprawą przy projektowaniu układów zabezpieczeń szczególnie dla zespołu urządzeń lub urządzeń posiadających budowę modułową jest gradacja zabezpieczeń. W przypadku zespołu urządzeń zastosowanie w każdym z nich zabezpieczenia (oprócz zabezpieczenia głównego chroniącego wszystkie urządzenia) powoduje, że w przypadku awarii któregoś z nich reszta urządzeń będzie nadal pracować (rys. 20). Zabezpieczenie główne ma nieco wyższy próg zadziałania niż zabezpieczenia indywidualne.



Rys. 20. Przykład zastosowania gradacji zabezpieczeń.