

INDUKCYJNOŚCI

Krótki wstęp teoretyczny...

Do elementów indukcyjnych zaliczamy cewki i dławiki.

Cewka składa się z pewnej liczby zwojów drutu lub innego przewodnika nawiniętych np. jeden obok drugiego na powierzchni walca (cewka cylindryczna), na powierzchni pierścienia (cewka toroidalna) lub na płaszczyźnie (cewka spiralna lub płaska).

Wewnątrz zwojów może znajdować się dodatkowo rdzeń z materiału diamagnetycznego lub ferromagnetycznego.

Dławik - zwykle kilkuzwojowa cewka indukcyjna powietrzna lub nawinięta na rdzeń ferrytowy.

Indukcyjność jest cechą cewki przeciwdziałającą wszelkim zmianom płynącego przez nią prądu. Mechanizm ten wynika z działania siły elektromotorycznej indukcji w cewce.

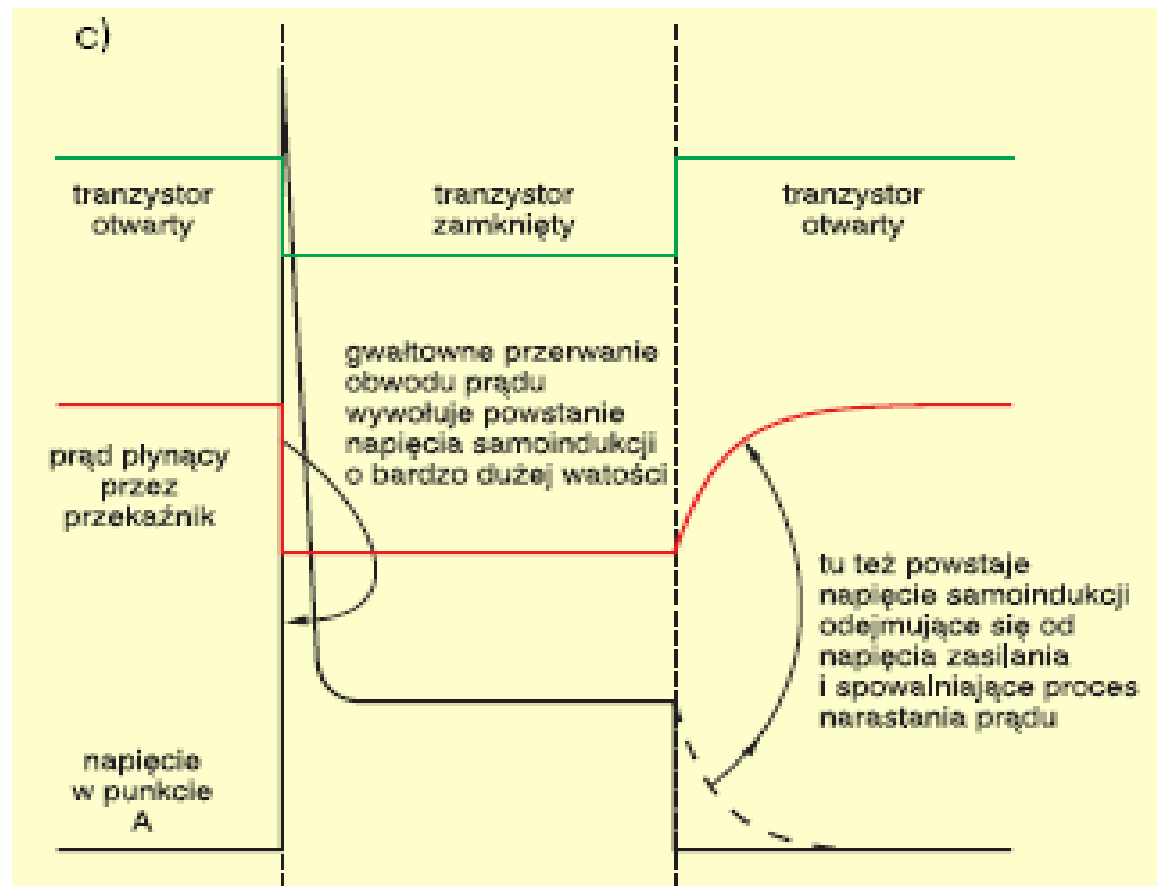
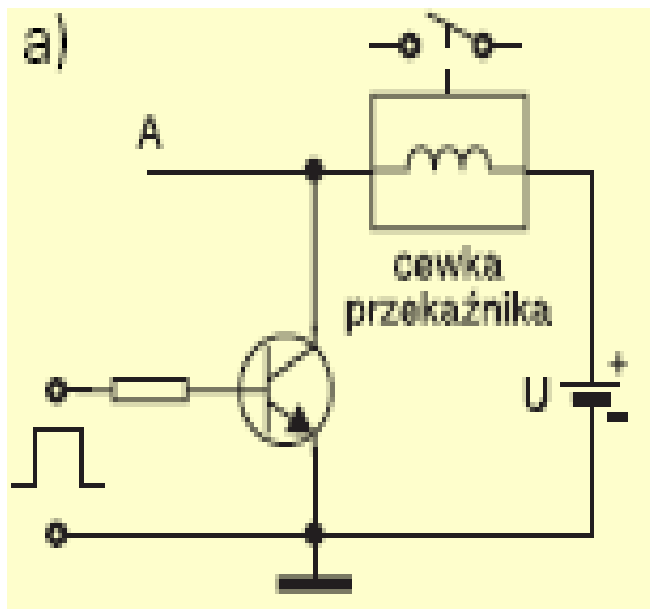
Indukcyjność zależy od długości i przekroju przewodu, geometrii stworzonej cewki oraz od przenikalności magnetycznej ośrodka otaczającego cewkę. Indukcyjność cewek może być zmieniana poprzez wprowadzenie do ich wnętrza rdzeni ze sproszkowanego żelaza.

Wkręcając lub wykręcając rdzeń zwiększamy lub zmniejszamy indukcyjność cewek.

Krótki wstęp teoretyczny...

Przebieg

W momencie przerywania obwodu (zatkanie tranzystora) na cewce pojawia się napięcie o bardzo dużej wartości. Napięcie to może mieć wartość setek woltów i uszkodzić tranzystor.



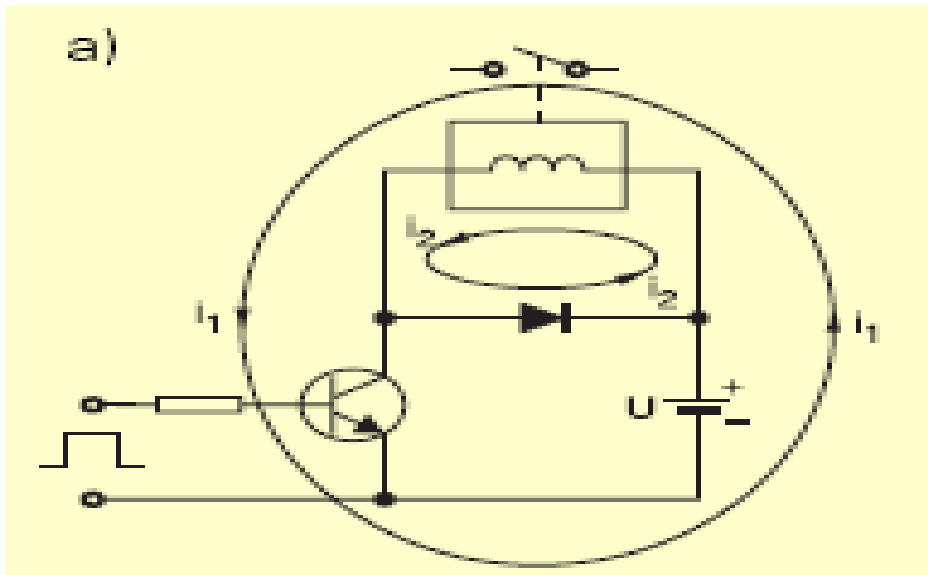
Krótki wstęp teoretyczny...

Przebiecie

Eliminację tego niekorzystnego zjawiska uzyskuje się przez dołączenie, równoległe z cewką, diody.

Podczas działania przekaźnika jest ona spolaryzowana w kierunku zaporowym i prąd przez nią nie płynie.

Po przerwaniu obwodu, prąd "chce" nadal płynąć przez cewkę przekaźnika, więc na cewce indukuje się napięcie, jednak będzie ono rzędu 0,6...0,7V



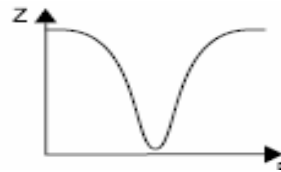
Krótki wstęp teoretyczny...

Rezonans

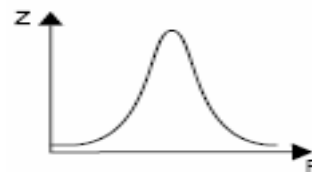
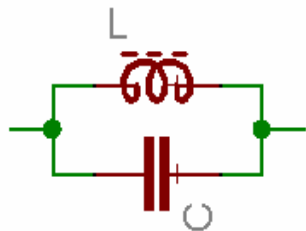
Cewka wraz z kondensatorem tworzą obwód rezonansowy. Częstotliwość rezonansowa jest to taka częstotliwość, przy której reaktancje cewki i kondensatora są równe. Oblicza się ją ze wzoru : $f = 1/(2\pi \times \sqrt{LC})$

Dla częstotliwości rezonansowej całkowita impedancja obwodu cewka-kondensator jest :

a) najniższa przy połączeniu szeregowym



b) najwyższa przy połączeniu równoległym



Indukcyjności

Budowa:

Elementy indukcyjne zwykle wykonane są w postaci pewnej ilości zwojów drutu miedzianego, nawiniętego na rdzeniu magnetycznym, lub bez rdzenia.

Podstawowe zależności:

$$U = L \times dl/dt, \quad X_L = \omega \times L, \quad W = (1/2) \times L \times I^2, \quad \tau = L/R$$

gdzie:

U – napięcie [V]

L – indukcyjność [H]

t – czas [s]

I – natężenie prądu [A]

X_L – reaktancja [Ω]

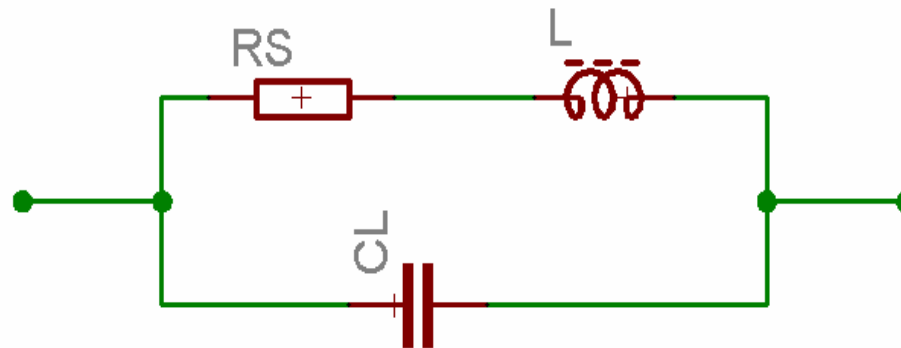
ω – pulsacja ($= 2 \times \pi \times f$) [rad/s]

W – energia w elemencie indukcyjnym [J]

τ – stała czasowa [s]

R – rezystancja [Ω]

Model cewki



gdzie:

L – indukcyjność

C_L – pojemność własna cewki

R_S – rezystancja szeregową (rezystancja drutu + pozostałe straty w drucie i rdzeniu)

Parametry

Indukcyjność znamionowa

indukcyjność podawana przez producenta elementu; indukcyjność rzeczywista różni się od pojemności nominalnej, jednak zawsze mieści się w podanej klasie tolerancji

Tolerancja (klasa dokładności)

Ze względu na rozrzuty produkcyjne cewki nie mają indukcyjności dokładnie zgodnej ze znamionową, podaje się maksymalne dopuszczalne odchyłki. Tolerancje wyraża się w procentach wartości znamionowej.

Rezystancja szeregową (R_s)

Rezystancja jaką posiada cewka przy przepływie prądu stałego.

Temperaturowy współczynnik indukcyjności (TWI)

Określa względną zmianę indukcyjności, zależną od zmian temperatury.

Parametry

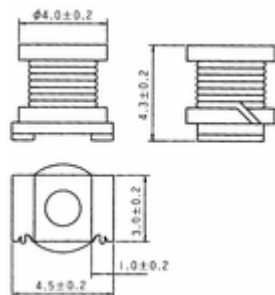
Pojemność własna (CL)

Suma wszystkich pojemności pasożytniczych i występujących między zwojami cewki. Ze względu na te pojemności każda cewka posiada maksymalną częstotliwość pracy przy której zachowuje jeszcze własności indukcyjności.

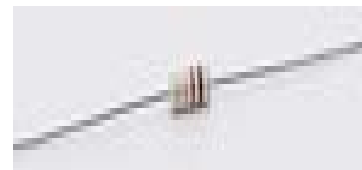
Dobroć (Q)

Miara strat w cewce. Nie jest wyrażona jednostką. Jest stosunkiem reaktancji cewki do rezystancji szeregowej : $Q = X_L/R_S$

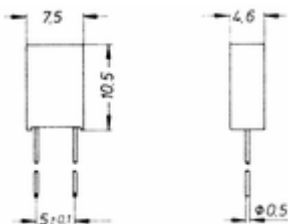
Cewka SMD



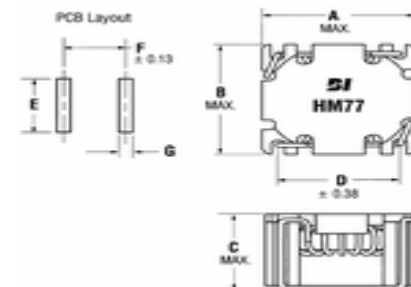
Cewka subminiatururowa



Cewka miniatururowa



Dławik dużej mocy



Dławik dużej mocy z wyprowadzeniami osiowymi



Zastosowanie

Filtry strojone (obwody rezonansowe) służące do wybierania lub tłumienia pewnych częstotliwości. Zastosowanie to wymaga cewek o wielkiej dobroci i dobrej stabilności.

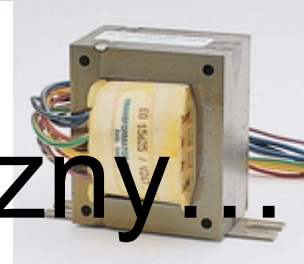
Filtry przeciwzakłóceńowe, służące do tłumienia niepożądanych sygnałów w.cz. Stosuje się cewki o wysokiej impedancji w dużym zakresie częstotliwości (niska dobroć).

Filtrowanie prądu stałego i magazynowanie energii.



TRANSFORMATORY

Krótki wstęp teoretyczny...



Transformator jest to maszyna elektryczna służąca do przenoszenia energii elektrycznej prądu przemiennego drogą indukcji z jednego obwodu elektrycznego do drugiego.

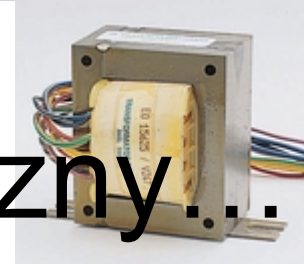
Oba obwody mogą być odseparowane galwanicznie - co oznacza, że nie ma połączenia elektrycznego pomiędzy uzwojeniami, a energia przekazywana jest przez pole magnetyczne.

Transformator zbudowany jest z dwóch lub więcej cewek (zwanymi uzwojeniami) nawiniętych na wspólny rdzeń magnetyczny wykonany zazwyczaj z materiału ferromagnetycznego.

Jedno z uzwojeń (zwane pierwotnym) podłączone jest do źródła prądu przemiennego, powoduje to przepływ w nim prądu przemiennego.

Przemienny prąd wywołuje powstanie zmiennego pola magnetycznego, pole to przenika przez pozostałe cewki (zwane wtórnymi) i w wyniku indukcji elektromagnetycznej powstanie w nich zmiennej siły elektromotorycznej (napięcia).

Krótki wstęp teoretyczny...



*Rdzeń transformatora nie może stanowić jednolitej masy, gdyż prądy wirowe, które w takim przypadku powstają, powodują duże straty. W związku z tym używa się **blach transformatorowych**, które są układane w pakiet blaszek, wzajemnie od siebie odizolowanych. Są one często wycinane w formie liter E i I. Tworzą w ten sposób **rdzeń EI**, w którym uzwojenie umieszczone jest w środku, aby uzyskać możliwie duże pole magnetyczne.*

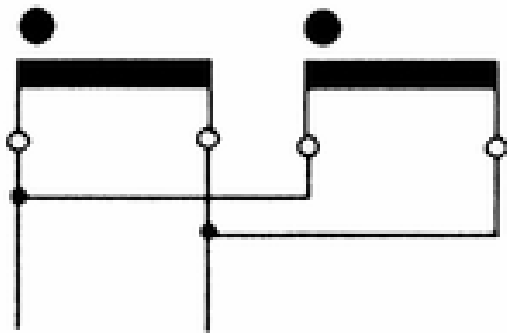
*W pewnych przypadkach lepszym rozwiązaniem są transformatory o **rdzeniu toroidalnym**, które to dają bardzo małe rozproszenie.*

Rdzenie toroidalne używane są rzadko do mocy powyżej 500 VA.

Krótki wstęp teoretyczny...

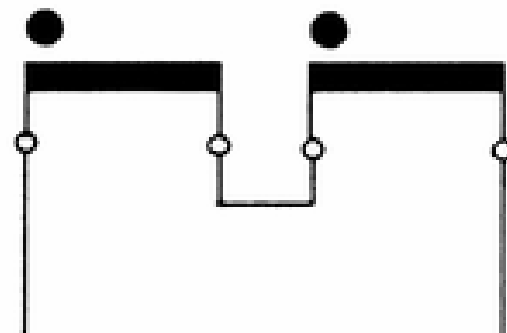
Łączenie szeregowe i równoległe uzwojeń

Łączenie równoległe



Podwajanie prądu

Łączenie szeregowe



Podwajanie napięcia

Przy łączeniu szeregowym lub równoległym uzwojeń należy uwzględnić polaryzację uzwojeń (na rys. oznaczona kropką).

Przy łączeniu równoległym łączymy końce z kropkami ze sobą i końce bez kropek ze sobą. Przy łączeniu szeregowym koniec z kropką ma być łączony z końcem bez kropki.

Podstawowe zależności:

$$U_1/U_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2 = n$$

gdzie:

U_1 – napięcie na uzwojeniu pierwotnym

U_2 – napięcie na uzwojeniu wtórnym

I_1 – prąd płynący przez uzwojenie pierwotne

I_2 – prąd płynący przez uzwojenie wtórne

N_1 – liczba zwojów w uzwojeniu pierwotnym

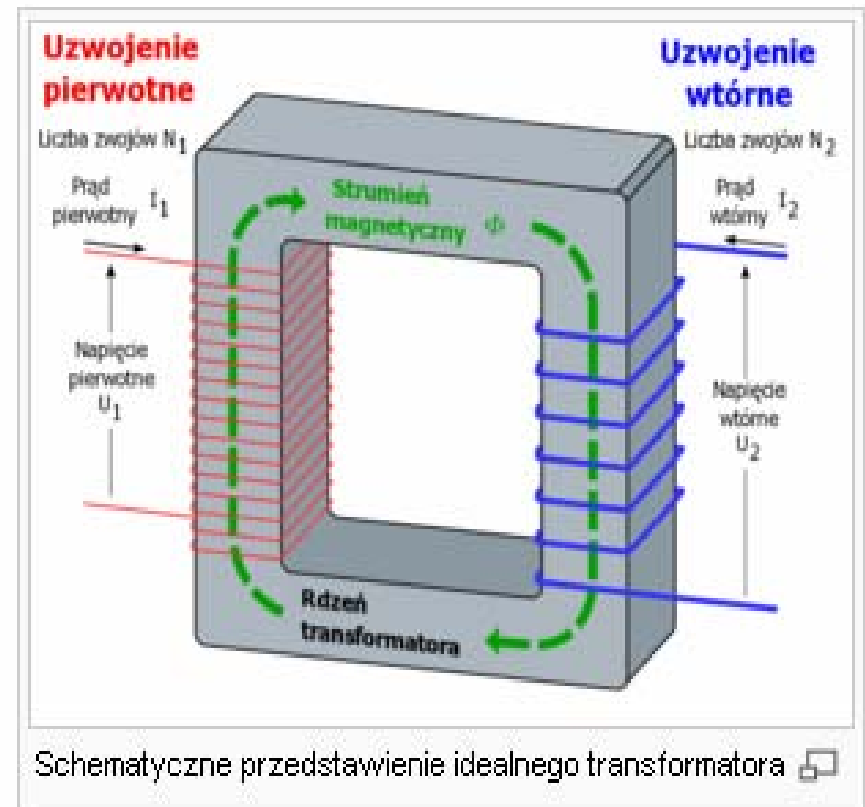
N_2 – liczba zwojów w uzwojeniu wtórnym

n – przekładnia transformatora

Wartości napięć i prądów są wartościami skutecznymi!

przenoszona moc jest taka sama po obu stronach transformatora, ulega zmniejszeniu jedynie o moc strat

transformator o przekładni n zwiększa impedancję n^2 razy



Parametry

Moc znamionowa

Najbardziej charakterystyczny parametr transformatorów. Jest to maksymalna moc jaką można przenieść z uzwojenia pierwotnego do wtórnego. Jest ona ograniczona przede wszystkim przekrojem rdzenia oraz średnicami drutów nawojowych obu uzwojeń. Najczęściej jest podawana na obudowie transformatora w watach [W] lub woltamperach [VA]. Przekroczenia maksymalnej mocy przepustowej powoduje silne nagrzewanie się transformatora, a nawet jego przepalenie

Napięcie pierwotne

Napięcie uzwojenia pierwotnego na jakie zostało ono przewidziane przez producenta. Typowo jest to 220V, lecz spotyka się również 110V, 360V i inne. Przekroczenie tego napięcia prowadzi z reguły do spalenia uzwojenia pierwotnego, przy zaniżonym napięciu transformator może pracować dowolnie długo (oczywiście zmieni się wtedy również napięcie wtórne).

Prąd jałowy transformatora

Jest to prąd jaki płynie przez uzwojenie pierwotne przy nieobciążonym transformatorze. dla transformatorów o mocach do ~100W prąd ten jest w granicach 10-200mA.

Parametry

Napięcie wtórne

Napięcie, jakie możemy uzyskać w uzwojeniu wtórnym przy zasilaniu uzwojenia pierwotnego napięciem znamionowym. Podawane jest zazwyczaj napięcie przy znamionowym obciążeniu, oznacza to że transformator nieobciążony ma napięcie wtórne wyższe od danego.

Sprawność transformatora:

Stosunek mocy po stronie wtórnej do mocy pobieranej przez transformator. Parametr ten charakteryzuje straty jakie występują w transformatorze. Sprawność dla transformatorów małej mocy jest rzędu 80% i rośnie z mocą transformatora, dla mocy 100W wynosi ona już ~95%.

Rodzaje transformatorów

Transformator sieciowy

Transformuje jedną wartość napięcia zmiennego na inną np. 220 V na 10 V.

Transformator pełny

Transformator z oddzielnymi uzwojeniami pierwotnymi i wtórnymi. Posiada galwaniczne oddzielenie wejścia i wyjścia.

Autotransformator

Ma wspólne uzwojenie pierwotne i wtórne. Dlatego ten typ transformatora nie posiada oddzielenia galwanicznego między wejściem i wyjściem.

Może być używany zarówno do transformacji napięć w górę jak i w dół.

Rodzaje transformatorów

Transformator regulacyjny

Jest najczęściej odmianą autotransformatora, gdzie odczep uzwojenia wtórnego jest ruchomy, tak że napięcie w tym uzwojeniu można zmieniać.

Może być również w wersji dwuuzwojeniowej, czyli jako pełny transformator.

Transformator separujący

Jest transformatorem dwuuzwojeniowym, którego używa się do zasilania urządzeń napięciem odizolowanym od podstawowej sieci zasilającej.

Transformator małej częstotliwości (akustyczny)

Ten rodzaj transformatora jest używany przede wszystkim w celu transformowania impedancji. Używa się go do dopasowania impedancji pomiędzy np. dwoma stopniami wzmacniacza lub też do dopasowania impedancji między wzmacniaczem a głośnikiem.

Rodzaje transformatorów

Transformator częstotliwości pośrednich

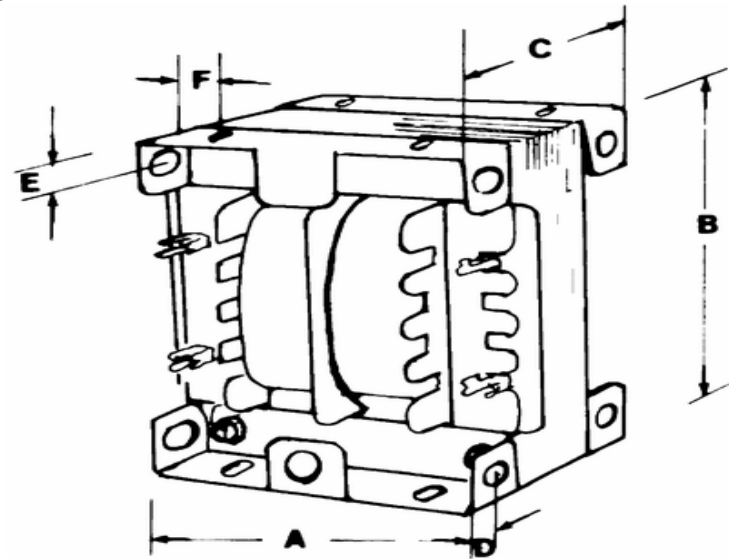
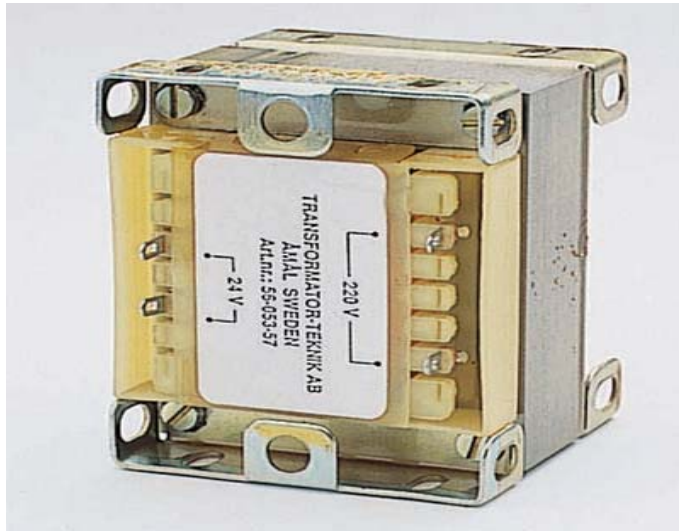
Składa się z dwóch połączonych stopni rezonansowych. Jest skonstruowany na pewne częstotliwości pracy np. 455 kHz (AM) lub 10,7 MHz (FM), które mogą być dostrojone przy pomocy ruchomych rdzeni.

Transformator prądowy (przekładnik prądowy)

Stosuje się do pomiaru (za pośrednictwem pola magnetycznego) natężenia prądu płynącego przez przewód. Oznacza to, że obwód przepływu prądu nie musi być przerywany dla dokonania pomiaru.

Transformatorów tych używa się np. w wyłącznikach różnicowo-prądowych.

Transformator sieciowy 24 V

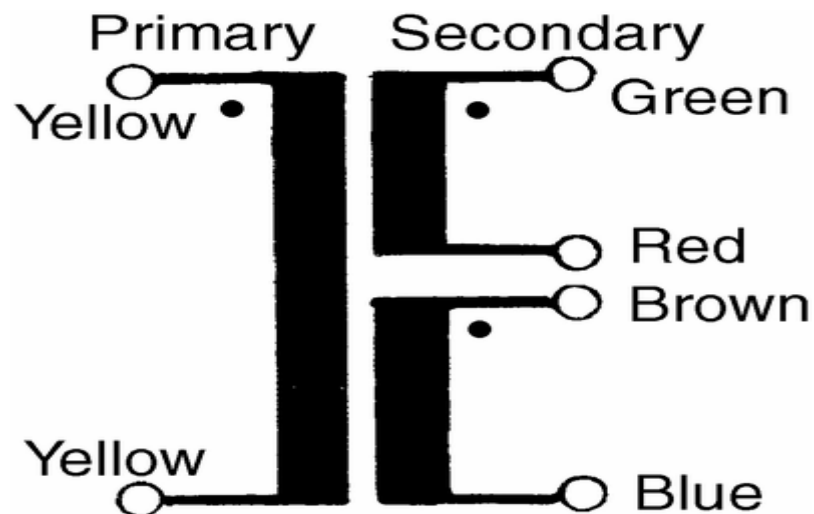


Napięcie pierwotne: 230 V~

Wzrost

	nap. bez	Zalecany bezp. po str. pierw.	A	B	C	D	E	F	Masa
Rozmiar	obciąż.		mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
20 VA	15 %	160 mA	50	61	49	7	5	10	0,5
60 VA	15 %	500 mA	65	79	65	9	7	12,5	1,3
125 VA	10 %	1 A	80	97	76	10	8,5	12,5	2,3

Transformator toroidalny



Moc:	30-500 VA	Moc:	30 VA	50 VA	80 VA	120 VA	200 VA	300 VA
Napięcie pierw.:	230 V _~	Wymiary, mm:	Ø65×W35	Ø80×h35	Ø95×h40	Ø98×h45	Ø110×h50	Ø115×h70
Częstotliwość:	48-60 Hz	Masa, kg:	0,5	0,75	1,1	1,3	1,9	2,7
Wytrzym. izolacji:	4000 V	Śruba:	M4	M4	M5	M6	M6	M6



BEZPIECZNIKI

Krótki wstęp teoretyczny...

Bezpieczniki są to elementy zabezpieczające działające poprzez rozłączenie obwodu w wyniku spalenia części przewodzącej bezpiecznika (wkładki) .

Bezpiecznik może mieć różnorodną konstrukcję w zależności od sposobu działania i przeznaczenia

W przeważającej liczbie zastosowań bezpieczniki nie chronią obwodu lub urządzenia przed uszkodzeniem a jedynie mają nie dopuścić do dalszych uszkodzeń, a przede wszystkim do powstania pożaru lub wybuchu.



Parametry

Prąd znamionowy

Najbardziej charakterystyczny parametr bezpieczników. Jest to maksymalny prąd nie powodujący jeszcze zadziałania bezpiecznika.

To jak duży prąd i po jakim czasie spowoduje jego zadziałanie bezpiecznika zależy od rodzaju zastosowanego bezpiecznika.

Napięcie maksymalne

Zdecydowana większość bezpieczników przepala się w warunkach zwarcia, kiedy to w obwodzie płynie bardzo duży prąd zwarciovowy, powodujący powstawanie, w miejscu przerwanego druciku topikowego, łuku elektrycznego.

Napięcie podane na wkładce to maksymalne napięcie, przy którym nastąpi niezawodne przerwanie łuku.

Prąd zwarciovowy (zdolność wyłączenia)

Jest to maksymalna wartość prądu zwarciovowego, przy którym bezpiecznik skutecznie przerwie obwód (nastąpi przerwanie łuku elektrycznego).

Rodzaje bezpieczników

Rurkowe wkładki topikowe

Bezpiecznikami o długości 20 mm i średnicy 5,2 mm, o prądach znamionowych w zakresie od 32 mA do 10 A.

Są najczęściej stosowanymi bezpiecznikami w sprzęcie elektronicznym.

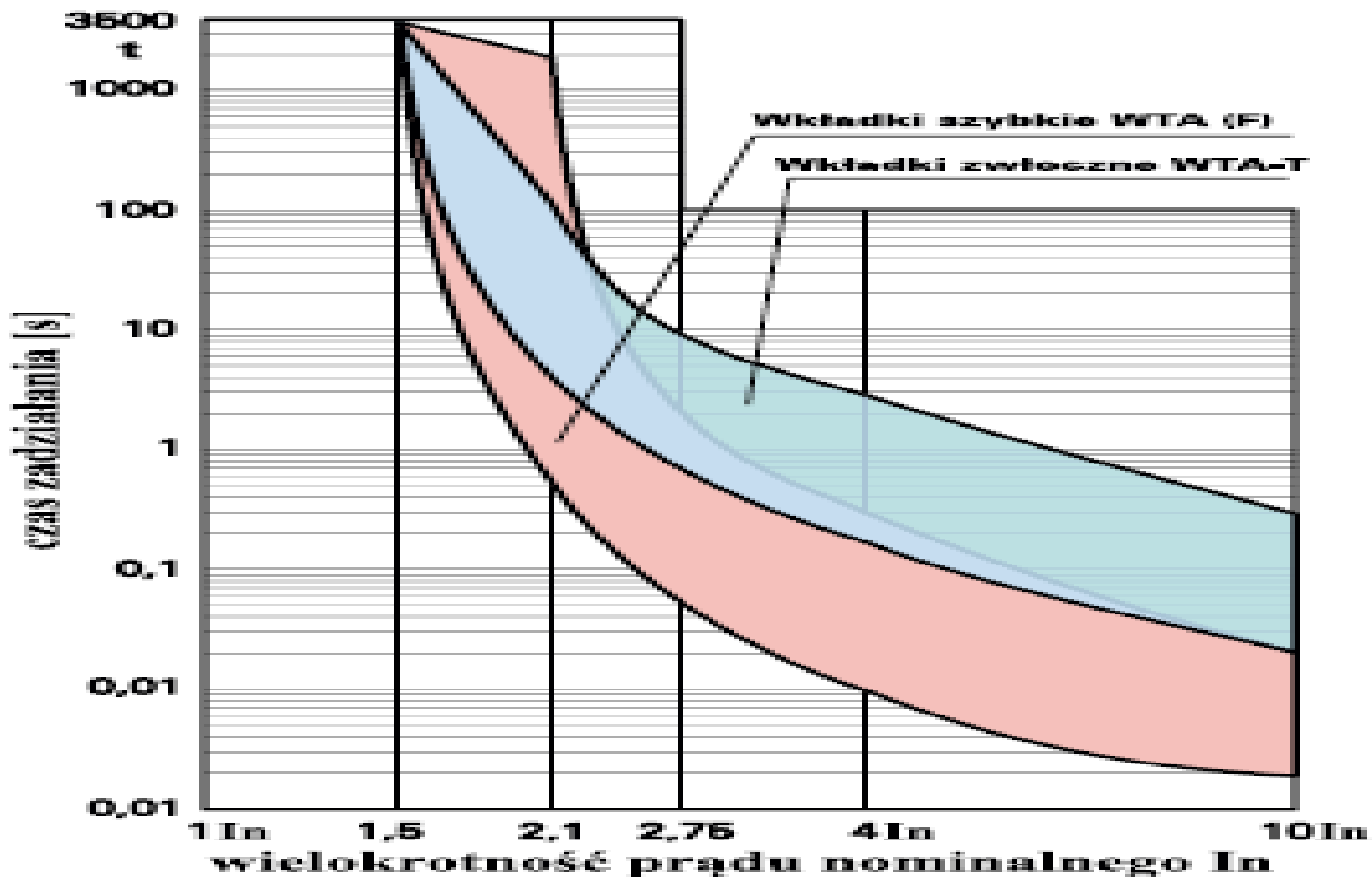
W katalogach i ofertach handlowych oznaczone są jako WTA – Wkładka Topikowa Aparaturowa

W obrębie WTA wyróżnia się wkładki szybkie (oznaczane WTA), wkładki zwłoczne (WTA-T) oraz wkładki szybkie o dużej zdolności wyłączenia (WTA-G).

We wszystkich rodzajach elementem czynnym jest topik – kawałek drucika, który przy zbyt dużym prądzie ulega stopieniu i przerywa obwód.

Rurkowe wkładki topikowe

Wkładki szybkie różnią się od wkładek zwłoczných głównie charakterystyką czasu zadziałania w zależności od wartości przepływającego przez bezpiecznik prądu, który jest wielokrotnością wartości prądu nominalnego. Przedstawia to poniższa charakterystyka:



Rurkowe wkładki topikowe

WTA-G są rzadko używane. Od zwykłych bezpieczników szybkich F różnią się zdolnością gaszenia łuku i skracania całkowitego czasu przepływu prądu zwarcia.

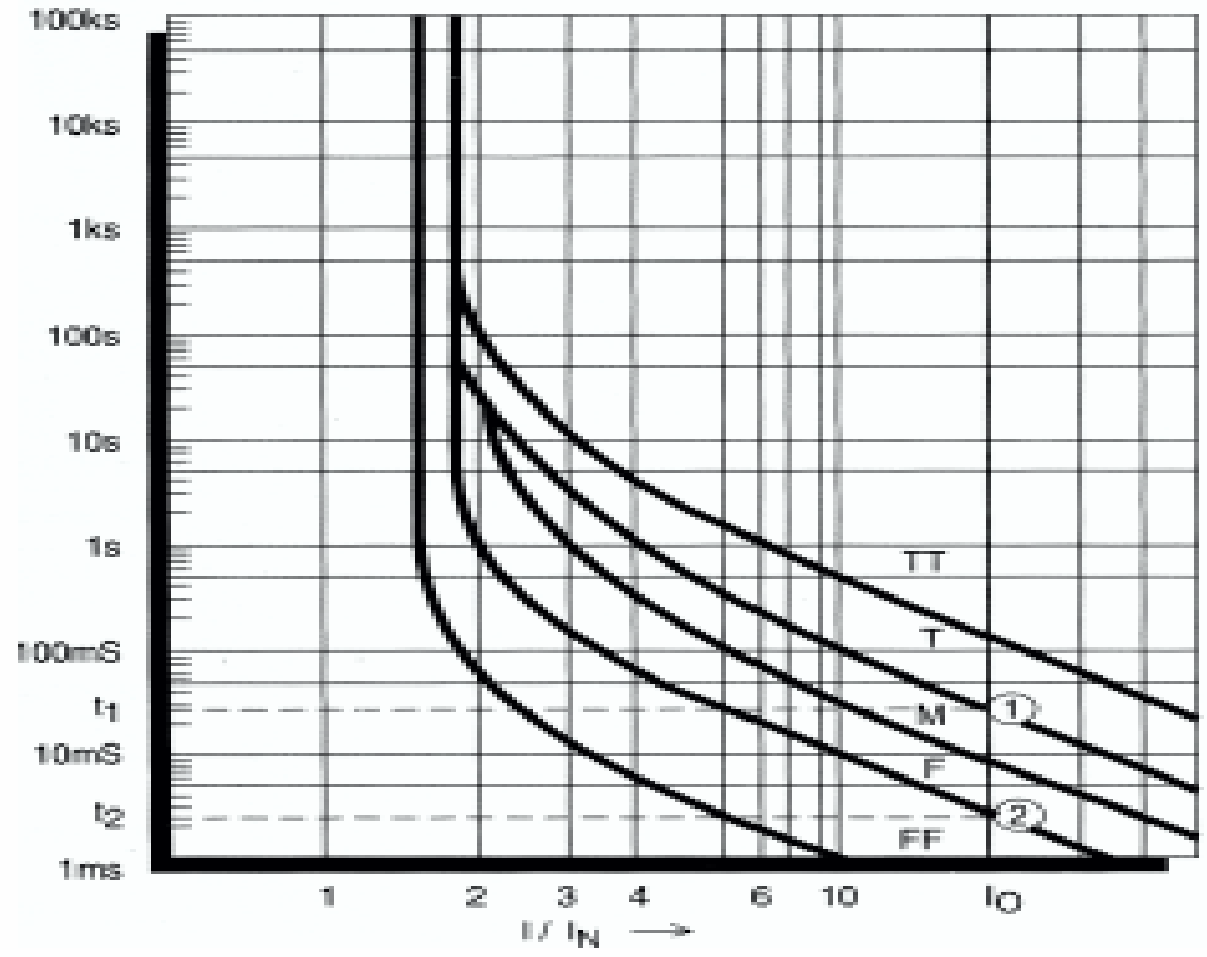
Mają zdolność wyłączenia równą 1500 A.

Obecnie ceny półprzewodników są porównywalne z ceną bezpieczników, dlatego w wielu wypadkach rezygnuje się z próby dobrania bezpiecznika typu G, stosując zwykły licząc się z tym, że w przypadku zwarcia obciążenia elementy półprzewodnikowe ulegną zniszczeniu i trzeba je będzie wymienić.

Rurkowe wkładki topikowe

Obecnie według standardu IEC rozróżnia się pięć rodzajów wkładek:

- *FF – bardzo szybkie*
- *F – szybkie*
- *M – średnio szybkie*
- *T – opóźnione*
- *TT – zwłoczne*



Zestawienie rurkowych wkładek topikowych

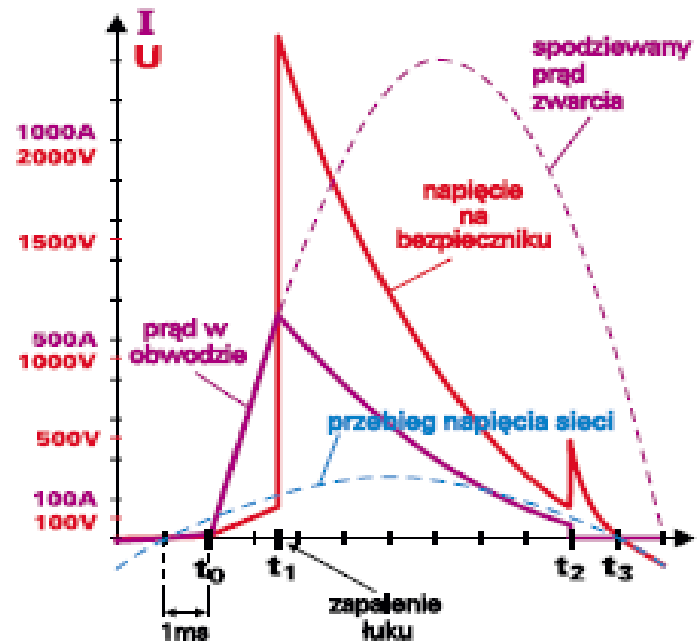
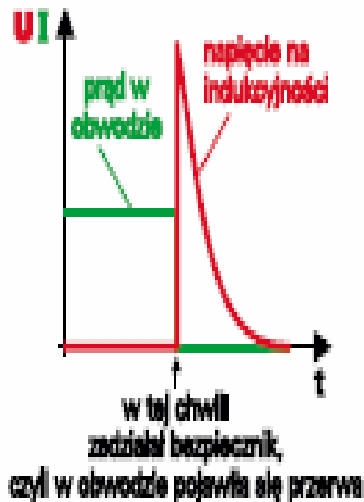
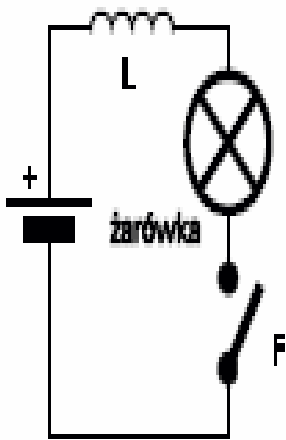
	WTA (szybkie)	WTA-T (zwłoczne)	WTA-G (duża zdolność wyłączenia)
oznaczenia	<i>W katalogach i normach oznaczane są literką F, na obudowie literkę F zwykle się pomija</i>	<i>Oznaczone literką T</i>	<i>Oznaczenie katalogowe zawiera litery F i G</i>
zdolność wyłączenia	<i>przy prądzie przemiennym 35 A, przy stałym 20 A</i>	<i>przy prądzie przemiennym 35 A, przy stałym 20 A</i>	<i>1500 A</i>
zastosowania	<i>Wyjście zasilacza sieciowego, dobrze dobrany szybki bezpiecznik może uchronić przed zniszczeniem elementy półprzewodnikowe w razie przeciążenia czy zwarcia</i>	<i>Stosowane przede wszystkim w obwodach gdzie mogą wystąpić chwilowe przeciążenia np. przy rozruchu silników, transformatorów, w obwodach sieciowych sprzętu elektronicznego</i>	

Bezpieczniki półprzewodnikowe

Służą do ochrony półprzewodników.

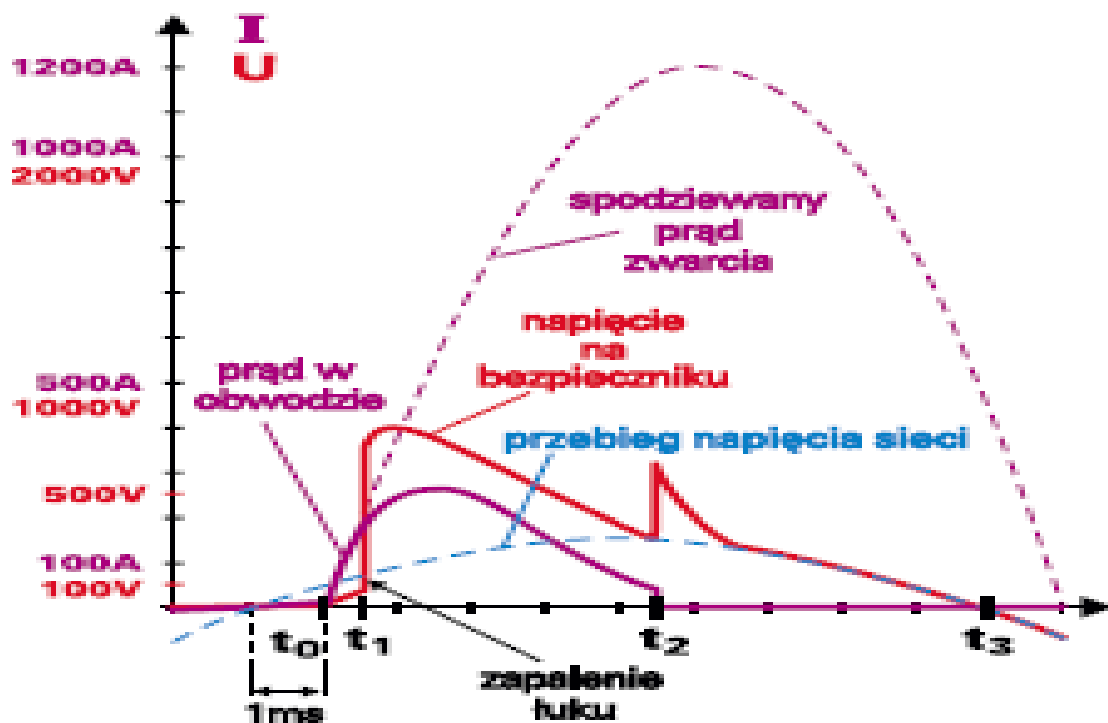
Przyczyną uszkodzenia półprzewodnika wcale nie musi być prąd, może nią być przepięcie powstające w chwili zadziałania bezpiecznika

Przepięcie pojawia się w chwili zwarcia i zadziałania bezpiecznika. Przyczyną jest indukcyjność obwodu zasilającego, która przeciwdziała każdej gwałtownej zmianie prądu indukując napięcie.



Bezpieczniki półprzewodnikowe

Dzięki specjalnej konstrukcji (m.in. przewężeniom paska topikowego) proces wyłączenia jest jeszcze szybszy niż w zwykłych bezpiecznikach, a powstające przepięcia znacznie mniejsze.



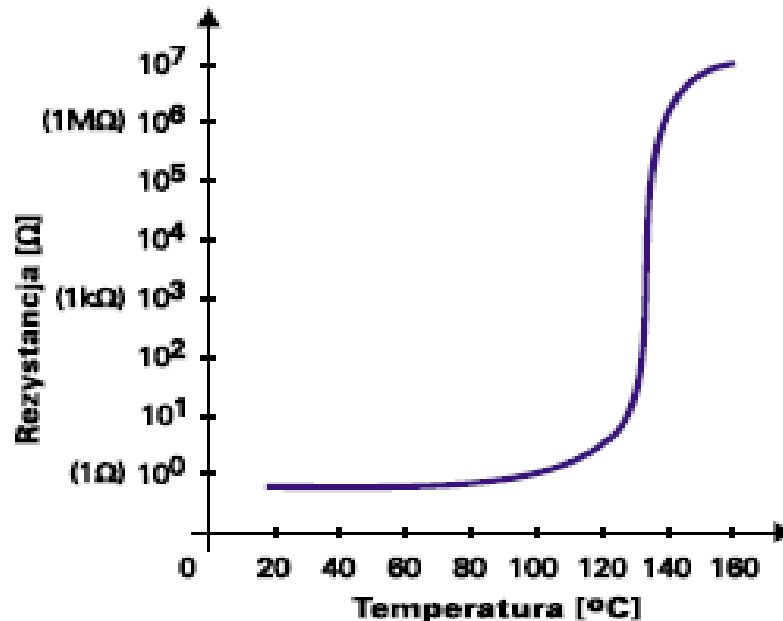
Bezpieczniki polimerowe

Są to bezpieczniki wielokrotnego działania, których nie trzeba wymieniać ani naprawiać.

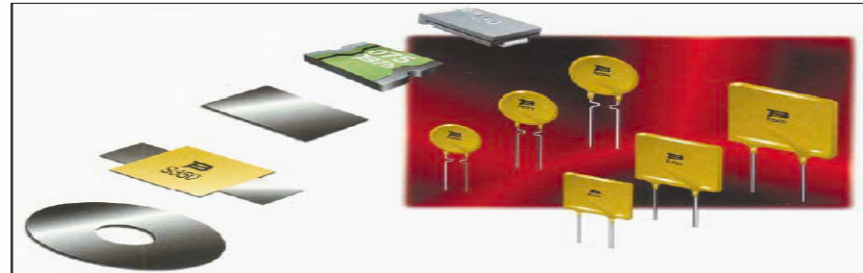
Dostępne pod handlowymi nazwami PolySwitch oraz MultiFuse.

Materiałem czynnym bezpiecznika jest specjalne tworzywo sztuczne, zawierające cząstki przewodzącego prąd węgla.

Gdy prąd płynący przez bezpiecznik jest niewielki, tworzywo sztuczne jest zimne a rezystancja niewielka. Przepływ dużego prądu powoduje nagrzanie bezpiecznika i gwałtowny wzrost rezystancji po przekroczeniu pewnej jej wartości.



Bezpieczniki polimerowe



Gdy nastąpi przeciążenie, temperatura i rezystancja wzrastają, a prąd maleje. Po zadziałaniu bezpiecznika ustala się stan równowagi. Przez nagrzaną bezpiecznik płynie niewielki prąd, na bezpieczniku występuje praktycznie całe napięcie zasilające i wydzielana przy tym niezbyt duża moc strat wystarcza do utrzymania bezpiecznika w stanie gorącym. Aby wrócić do stanu pierwotnego, wystarczy wyłączyć zasilanie, by temperatura bezpiecznika zmniejszyła się poniżej $+100^{\circ}\text{C}$.

Gwarantowana trwałość bezpieczników wynosi od 15 do 300 rozłączeń w zależności od wersji

Zastosowanie:

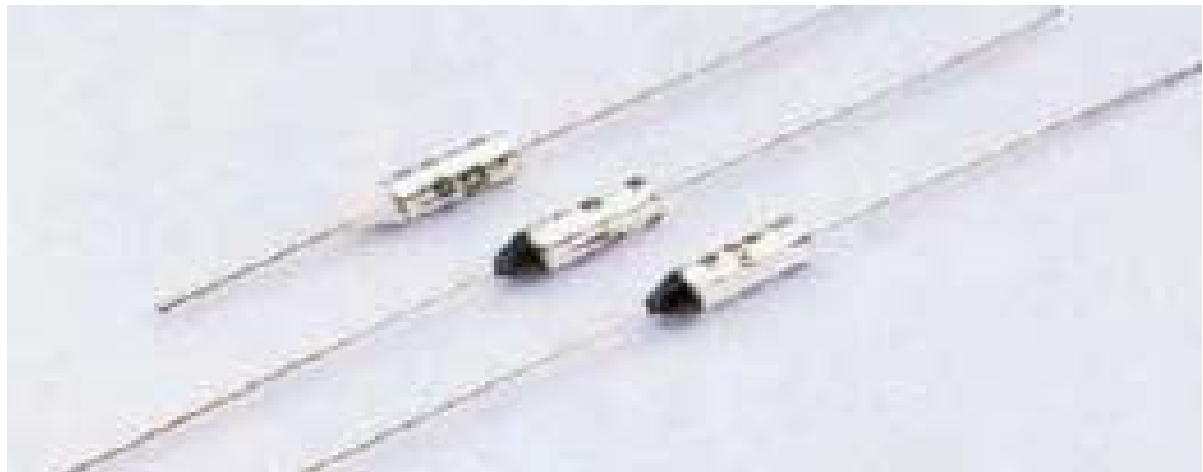
do zabezpieczania silników elektrycznych (w przemyśle samochodowym), akumulatorów, głośników, urządzeń telekomunikacyjnych, w przemyśle komputerowym np. w portach USB

Bezpieczniki termiczne

Bezpieczniki termiczne rozłączają obwód nie pod wpływem prądu przez nie płynącego, tylko wskutek wzrostu temperatury otoczenia.

Są stosowane do ochrony przed uszkodzeniem pod wpływem nadmiernej temperatury.
Są elementami jednokrotnego zadziałania.

Są zbudowane inaczej niż typowe wkładki topikowe, zazwyczaj nie zawierają drucika topikowego, ich rezystancja jest bardzo mała i mogą przewodzić duże prądy zmienne, nawet do 15 czy 20A.



Bezpiecznik szybki, rurkowy



Napięcie znam.: 250 V \sim

Zdolność łącz.

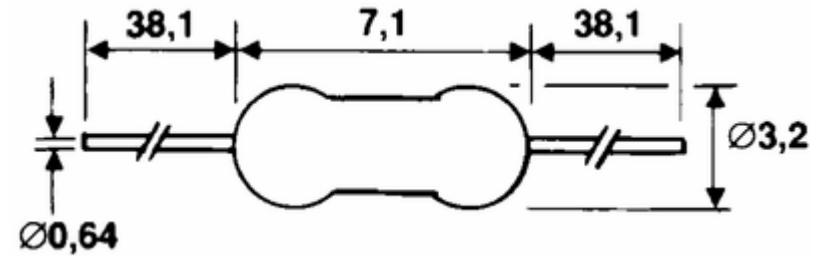
50 mA–3,15 A: 35 A

4–10 A: $10 \times I_n$

Charakterystyka wyłączenia:

Prąd znam.	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$	$2,75 \times I_n$	$4 \times I_n$	$10 \times I_n$		
I_n	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max
50–100 mA	60 min	30 min	10 ms	500 ms	3 ms	100 ms	20 ms
125 mA–10 A	60 min	30 min	50 ms	2 s	10 ms	300 ms	20 ms

Bezpiecznik zwłoczny, miniaturowy



Napięcie znam.: 125 V (CSA, UL)

Zdolność łącz.: 50 A przy 125 V

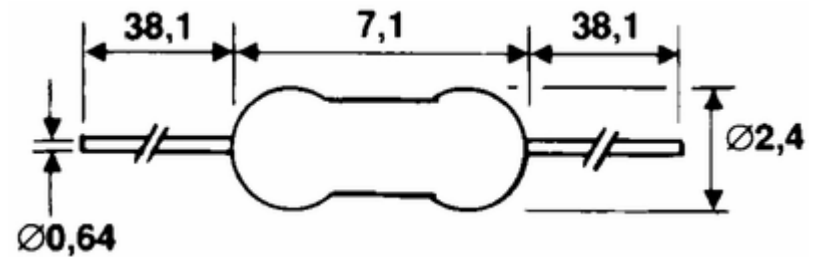
Charakterystyka wyłączenia:

Prąd znam $1 \times I_n$ $2 \times I_n$

I_n min max

375 mA – 7 A 4 h 60 s

Bezpiecznik szybki, miniaturowy



Napięcie znam.: 125 V (CSA, UL)

Zdolność łącz.: 50 A \sim / 300 A=

Charakterystyka wyłączenia:

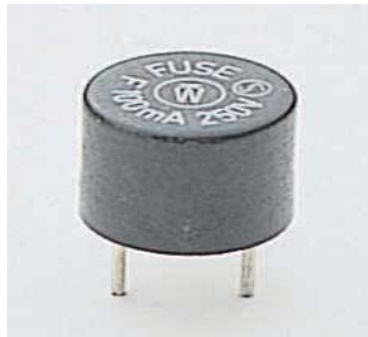
Prąd znam. $1 \times I_n$ $2 \times I_n$

I_n min max

62 mA – 7 A 4 h 1 s

10 A 4 h 3 s

Bezpiecznik miniaturowy TR5



Napięcie znam.: 250 V

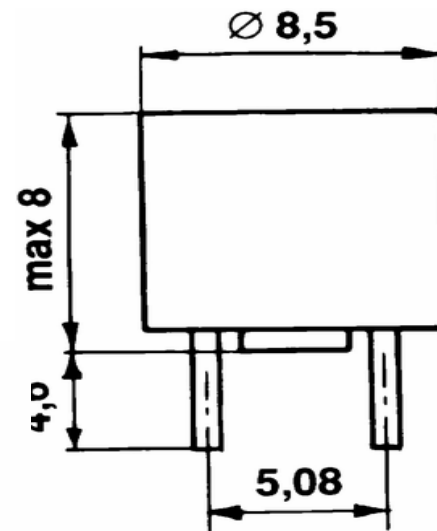
Zdolność łącz.: 35 A lub $10 \times I_n$ (maximum)

Charakterystyka wyłączenia:

Prąd znam.	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$	$2,75 \times I_n$	$4 \times I_n$	$10 \times I_n$
------------	------------------	------------------	-------------------	----------------	-----------------

Szybki	>1h	<30min	10ms-3s	3ms-0,3s	<20ms
--------	-----	--------	---------	----------	-------

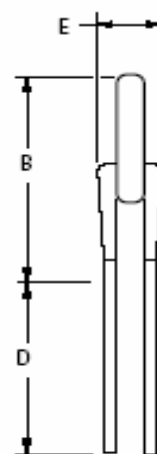
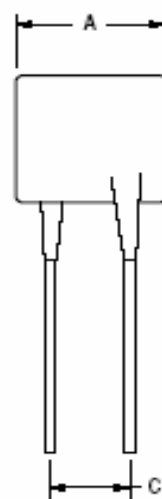
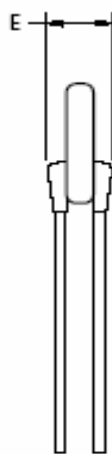
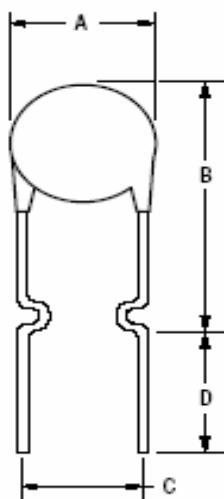
Zwł.	>1h	<2min	0,4-10s	0,15-3s	20-150ms
------	-----	-------	---------	---------	----------



Bezpieczniki polimerowe typu „Multifuse”



Model	A Max.	B Max.	C		D Min.	E Max.
			Nom.	Tol. \pm		
MF-R010	7.4	12.7	5.1	0.7	7.6	3.1



Bezpieczniki termiczne



Max obciąż. rezyst.: 15 A, 250 V

Max obciąż. indukcyj.: 2 A, 250 V

Rezyst. wewn.: 8 mΩ

Tolerancja: +0, -4 °C

Wymiary: Ø4 × Dł. 12 mm

Dług. wyprowadzeń: 35 mm

Bibliografia:

- ***P. Horowitz, W. Hill, „Sztuka elektroniki” , WKŁ, Warszawa 2001***
- ***Joseph J.Carr „Zasilacze urządzeń elektronicznych”, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2004***
- ***<http://www.tme.pl>***
- ***<http://www.elfa.se>***
- ***<http://www.edw.com.pl>***
- ***<http://www.wikipedia.pl>***



Dziękuję za uwagę...