

Termistory PTC

Definicja

Według norm CECC 44000, EN144000, IEC 738-1 i DIN 44080 termistor PTC jest rezystorem półprzewodnikowym czułym na zmiany temperatury. Po przekroczeniu temperatury przełączania (temperatura Curie) charakterystycznej dla danego materiału z którego zbudowany jest termistor wartość rezystancji gwałtownie wzrasta wraz ze zwiększaniem się temperatury. Wysoki dodatni współczynnik temperaturowy (ang. Positive Temperature Coefficient) nadał termistorowi nazwę PTC. Różnią się one od termistorów NTC (ang. Negative Temperature Coefficient) następującymi cechami:

- a) temperaturowy współczynnik termistora NTC ma wartość ujemną w całym zakresie temperatur natomiast dla termistora PTC jest dodatni tylko w pewnym zakresie temperatur (poza tym zakresem przyjmuje wartość zerową lub ujemną),
- b) bezwzględna wartość temperaturowego współczynnika termistorów PTC jest dużo większa niż dla termistorów NTC.

Termistory PTC używane są w rozmaitych zastosowaniach. Służą do ograniczania wartości prądu, wykrywania zmiany temperatury, do rozmagnesowywania lamp kineskopowych oraz przede wszystkim do ochrony urządzeń i innych elementów przed przegrzaniem.

Znajdują także zastosowanie w wykrywaczach poziomu cieczy, urządzeniach opóźniających oraz termostatach.

Właściwości termistorów PTC

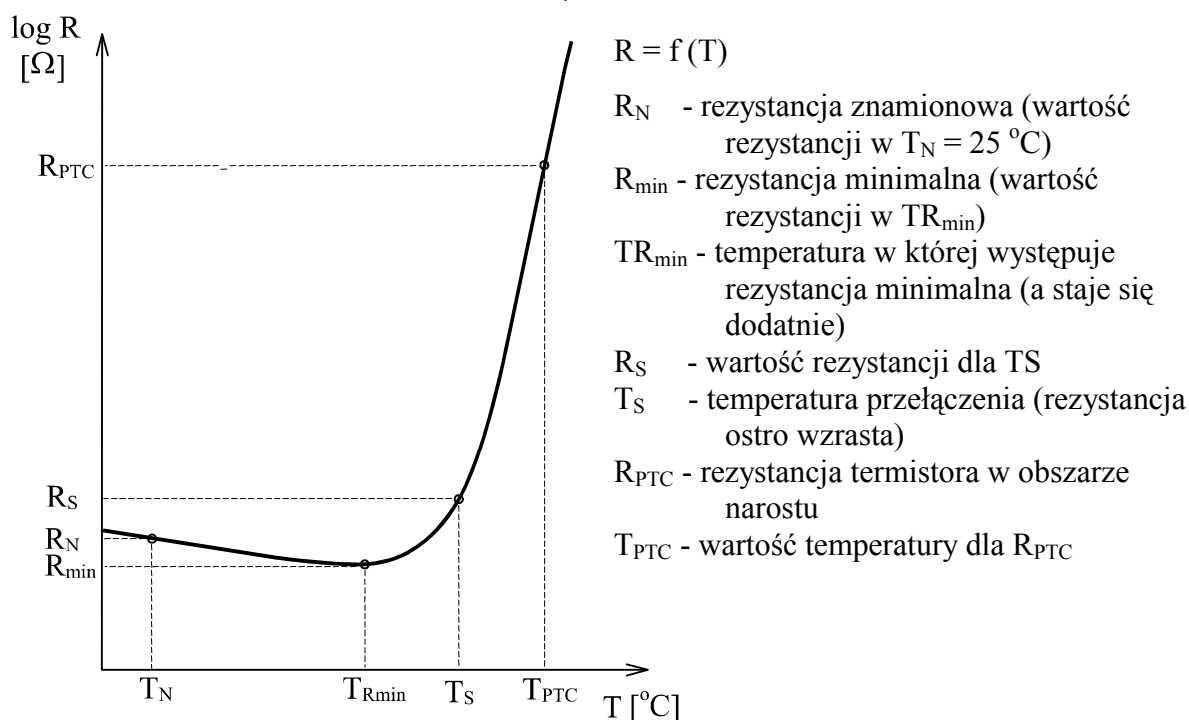
W praktyce w zależności od zastosowania rozróżnia się dwa rodzaje pracy termistora, kiedy:

- a) przepływający prąd przez termistor powoduje podgrzewanie termistora powyżej temperatury otoczenia
 - b) wydzielana moc w termistorze jest pomijalnie mała i nie powoduje jego podgrzewania
- Charakterystyki termistorów w których wydzielana moc jest pomijalnie mała są często nazywane charakterystykami be wydzielane mocy (ang. zero-power).

Właściwości termistora PTC w którym wydzielana moc jest pomijalnie mała

Zależność rezystancji od temperatury

Rezystancja zero-power termistora R_T jest wartością rezystancji zmierzonej w danej temperaturze T gdzie wydzielana moc w termistorze jest tak mała, że nie dostrzega się zmiany wartości rezystancji gdy napięcie zasilania termistora zostanie zredukowane. Napięcie zasilania przy którym wydzielana moc jest pomijalnie mała zależy od typu termistora i jego rezystancji.



Rys. 1. Typowa zależność rezystancji zero-power od temperatury.

Rezystancja znamionowa R_N

Rezystancja znamionowa R_N jest to wartość rezystancji mierzonej w temperaturze nominalnej T_N . Termistory PTC są sklasyfikowane stosownie do wartości tej rezystancji. Wartość temperatury T_N przyjmuje się jako $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, chyba że jest sprecyzowana przez producenta.

Rezystancja minimalna R_{\min}

Początek zakresu temperatur z dodatnim współczynnikiem temperaturowym jest określony przez wartość temperatury $T_{R\min}$. Wartość rezystancji termistora PTC w temperaturze $T_{R\min}$ jest oznaczana jako R_{\min} . Jest to najmniejsza wartość rezystancji jaką termistor PTC jest zdolny przyjąć. Rezystancję R_{\min} często się podaje jako przeliczalną wielkość bez odpowiadającej jej temperatury. Wartość rezystancji R_{\min} wyszczególniana w katalogach dopuszcza zakres tolerancji dla konkretnych typów i reprezentuje dolne ograniczenie.

Wartość rezystancji R_S w temperaturze przełączenia T_S

Początek gwałtownego wzrostu rezystancji jest oznaczony przez temperaturę przełączenia T_S , która odpowiada w przybliżeniu ferroelektrycznemu punktowi Curie. Dla typowych termistorów PTC jest on zdefiniowany jako temperatura w której rezystancja zero-power jest równa wartości $R_S = 2 \times R_{\min}$.

Rezystancja termistora R_{PTC} w temperaturze T_{PTC}

Punkt (T_{PTC}, R_{PTC}) na charakterystyce $R = f(T)$ termistora jest typową wartością rezystancji w temperaturze T_{PTC} w obszarze gwałtownego wzrostu rezystancji.

Współczynnik temperaturowy α

Temperaturowy współczynnik rezystancji jest zdefiniowany jako względna zmiana rezystancji odnosząca się do zmiany temperatury i może być obliczony dla każdego punktu na charakterystyce $R = f(T)$ z następującego równania:

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = \frac{d(\ln R)}{dT} = \ln 10 \cdot \frac{d(\log R)}{dT} = \frac{1}{0,4343} \cdot \frac{d(\log R)}{dT}$$

W zakresie gwałtownego wzrostu rezystancji pomiędzy R_S i R_{PTC} , współczynnik α może być w przybliżeniu stały. Dla tego odcinka charakterystyki stosowany jest następujący związek:

$$R_{PTC} \leq R_1, R_2 \leq R_{PTC} \rightarrow \alpha = \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{T_2 - T_1}$$

Wewnątrz tego zakresu temperatur odwrotna relacja może być wyrażona równaniem:

$$R_2 = R_1 \cdot \exp(\alpha \cdot (T_2 - T_1))$$

Wartości α dla konkretnych typów odnoszą się wyłącznie do zakresu temperatur w obszarze gwałtownego wzrostu krzywej rezystancji, który jest wykorzystywany w praktycznych zastosowaniach.

Właściwości termistorów PTC w którym wydzielana moc nie jest pomijalnie mała

Prąd przepływający przez termistor powoduje jego nagrzewanie się i następuje efekt rozpraszania mocy. Proces samonagrzewania nie tylko zależy od ilości dostarczonej mocy do termistora ale także od termicznego współczynnika rozproszenia δ oraz kształtu elementu.

Samonagrzewanie się termistora PTC jest wynikiem obciążenia jakie stanowi termistor i może być obliczone z następującego wyrażenia:

$$P = U \cdot I = \frac{dW}{dt} = \delta \cdot (T - T_A) + C_{th} \cdot \frac{dT}{dt}$$

P - moc wydzielana w termistorze PTC

U - chwilowa wartość napięcia na termistorze PTC

I - chwilowa wartość prądu płynącego przez termistor PTC

dW/dt - zmiana zmagazynowanej energii w czasie

δ - termiczny współczynnik rozpraszania

T - chwilowa wartość temperatury termistora PTC

T_A - temperatura otoczenia

C_{th} - pojemność cieplna termistora PTC

dT/dt - zmiana temperatury w czasie

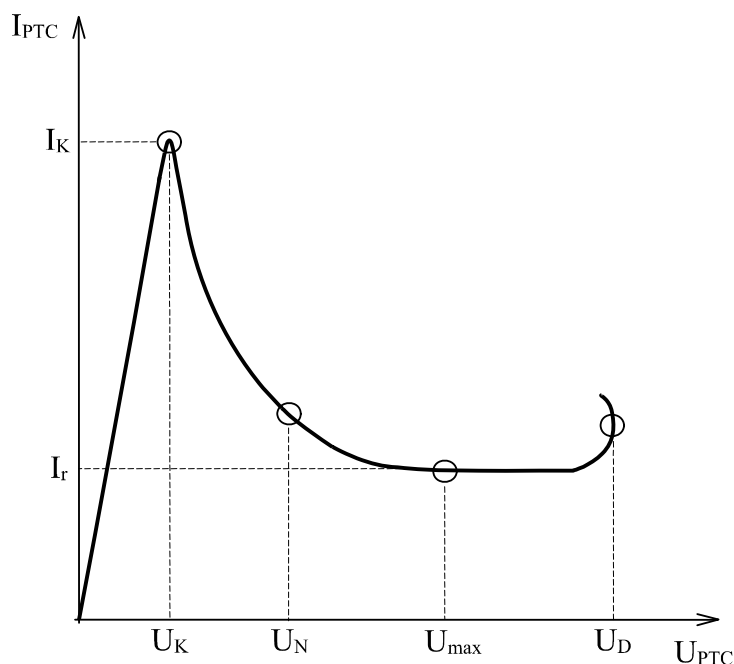
Temperatura powierzchni T_{surf}

T_{surf} jest temperaturą osiągniętą na powierzchni termistora kiedy pracuje on długi okres czasu zasilany napięciem znamionowym w stanie termicznej równowagi z otoczeniem.

Wymagania techniczne zawarte w katalogach zakładają temperaturę otoczenia jako 25 °C.

Zależność prądu od napięcia (charakterystyka prądowo-napięciowa)

Właściwości termistorów PTC w których wydzielana moc nie jest pomijalnie mała lepiej opisują charakterystyki prądowo-napięciowe niż krzywe przedstawiające zależność rezystancji od temperatury. Na rys. nr 3 została przedstawiona zależność pomiędzy prądem i napięciem w stanie termicznej równowagi w temperaturze otoczenia 25 °C.



Rys. 3. Charakterystyka prądowo - napięciowa typowego termistora PTC $I = f(U)$,

Gdzie:

I_K - prąd progowy przy napięciu U_K (początek ograniczania prądu)

I_r - szczytkowy prąd przy napięciu U_{max} (U_{max} - maksymalne napięcie pracy)

U_N - napięcie nominalne ($U_N < U_{max}$)

U_D - napięcie przebicia ($U_D > U_{max}$)

Prąd progowy I_K

Prąd progowy I_K jest prądem płynącym przez termistor przy napięciu U_K . Jest to wartość prądu dla którego zużywana przez termistor moc jest zupełnie wystarczająca do spowodowania wzrostu temperatury termistora powyżej temperatury przełączenia T_S .

Prąd nominalny I_N i przełączania I_S

Zakres tolerancji prądu progowego zależy od termicznych i elektrycznych składowych tolerancji. Znajomość granic tolerancji jest decydująca przy doborze odpowiednich termistorów PTC. W praktyce ważna jest znajomość wartości prądu termistora który gwarantuje pracę w zakresie gwałtownego wzrostu rezystancji oraz wartość prądu dla którego termistor osiągnie wysoką rezystancję (prądy te stanowią dolną i górną granicę zakresu pracy termistora).

Prąd nominalny I_N : dla prądów $< I_N$, termistor PTC pozostaje w trybie niskiej rezystancji.

Prąd przełączenia I_S : dla prądów $> I_S$, termistor PTC pozostaje w trybie wysokiej rezystancji.

Katalogi podają wartości prądów nominalnych i przełączania w temperaturze otoczenia 25°C .

Prąd szczytkowy I_r

Prąd szczytkowy I_r jest prądem wywołanym maksymalnym napięciem pracy U_{max} i stanem równowagi termicznej (stan ustalony).

Maksymalna wartość prądu I_{max} , I_{Smax}

W termistorach wydzielana moc jest zamieniana na ciepło. Duże obciążenia które mogą powstać w krótkim okresie czasu podczas fazy nagrzewania (włączenie zasilania termistora gdy on znajduje się w stanie niskiej rezystancji) są ograniczane przez wartości dopuszczalnych prądów I_{max} , I_{Smax} i napięcia U_{max} podawane w katalogach. Często podaje się także liczbę cykli procesów nagrzewania, która jest ważnym parametrem w pracy z maksymalnymi

dopuszczalnymi obciążeniami. Podawana w katalogach dopuszczalna liczba cykli przełączania nie przybiera postaci funkcji trwałości.

Maksymalne napięcie pracy U_{\max} , i napięcie przebicia U_D

Maksymalne napięcie pracy U_{\max} jest największą wartością napięcia jakie może być w sposób ciągły podawane na termistor w nominalnej temperaturze otoczenia w powietrzu, w stanie ustalonym w trybie wysokiej rezystancji. Dla termistorów bez sprecyzowanego U_{\max} (np. elementy grzejne) przyjmuje się dopuszczalne maksymalne napięcie jako $U_N + 15\%$.

Napięcie przebicia U_D jest maksymalną wartością napięcia jakie może się pojawić na termistorze. Zastosowanie napięcia zasilania większego niż U_D powoduje degradację termiczną i zniszczenie termistora.

Czas przełączania t_s

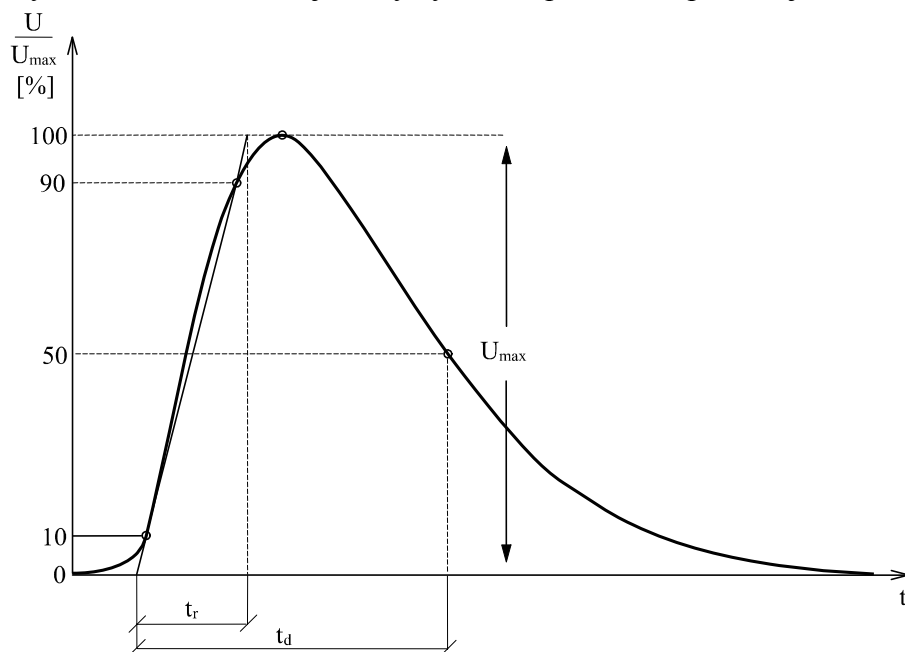
Jeżeli U_{\max} i I_{\max} są znane, to jest możliwe opisanie zjawiska przejścia w stan wysokiej rezystancji termistora przez określenie czasu przełączania t_s . Jest to czas spadku prądu przepływającego przez termistor PTC o połowę od wartości początkowej (I_{\max}) przy stałym napięciu zasilającym (U_{\max}). Wartość t_s wyznacza się w temperaturze otoczenia $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Napięcie probiercze izolacji U_{is}

Napięciowy test izolacji jest przeprowadzany pomiędzy wnętrzem termistora i jego zamkniętą obudową przez okres czasu 5 sekund.

Wytrzymałość na impuls U_P

Wytrzymałość na impuls określa się na podstawie testów znormalizowanym impulsem (rys. 4), który w obrębie określonej liczby cykli i amplitud nie spowoduje uszkodzenia elementu.



Rys. 4. Definicja impulsu IEC 60-2. Czas narostu $t_r = 8\ \mu\text{s}$, czas trwania w połowie amplitudy $t_d = 20\ \mu\text{s}$

Szczytowa wartość napięcia dotyczy konkretnych typów

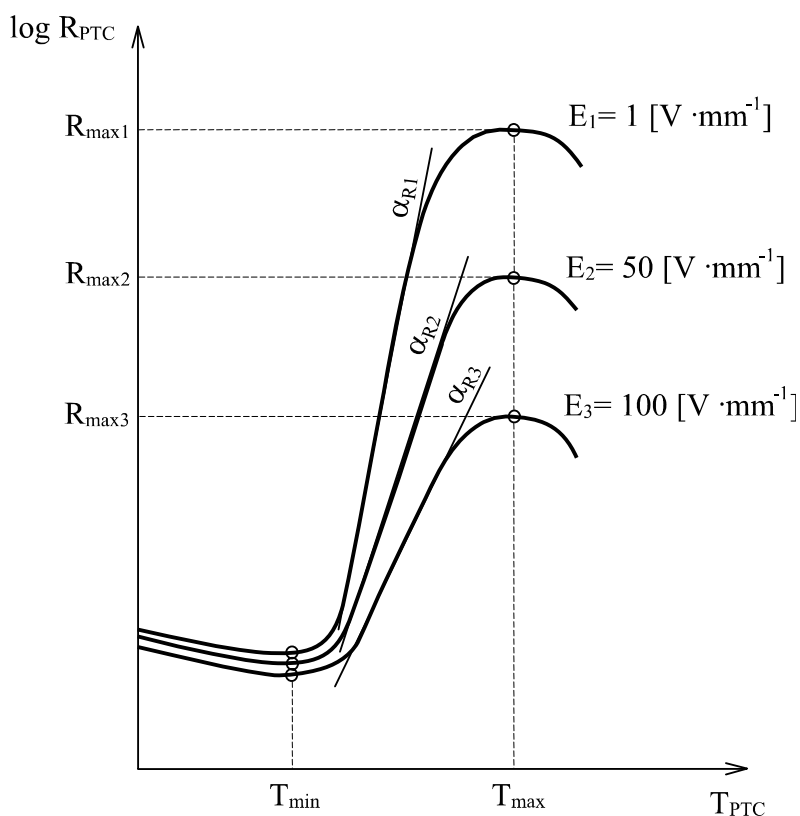
Wpływ innych czynników na właściwości termistora PTC

Zależność rezystancji od napięcia

Charakterystyki $R = f(T)$ ukazują relację pomiędzy rezystancją i temperaturą termistora w którym wydzielana moc jest pomijalnie mała (rys. nr 36). Na rezystancję termistora PTC

składa się rezystancja pojedynczych monokryształów i rezystancja ich obszarów granicznych. Szczególnie gdy termistor jest gorący wtedy jego rezystancja jest zdeterminowana przez silne pola barier potencjałów. Im wyższa temperatura tym tworzą się silniejsze bariery potencjałów, co powoduje wzrost rezystancji. Rezystancja termistora nie tylko zależy od temperatury ale także od wartości napięcia zasilającego. Im wyższym napięciem jest zasilany termistor PTC tym jego rezystancja jest mniejsza, ponieważ dominujące zewnętrzne pole elektryczne powoduje częściowy zanik słabszych barier potencjałów skutkiem tego jest obniżenie rezystancji termistora. Efekt warystorowy można zaobserwować dla silniejszych barier potencjału, czyli wtedy gdy termistor znajduje się w stanie wysokiej rezystancji. Poniżej temperatury przełączenia T_S , gdzie bariery potencjału wewnątrz struktury termistora nie są jeszcze tak silne, większość napięcia jest absorbowana przez rezystancję monokryształów.

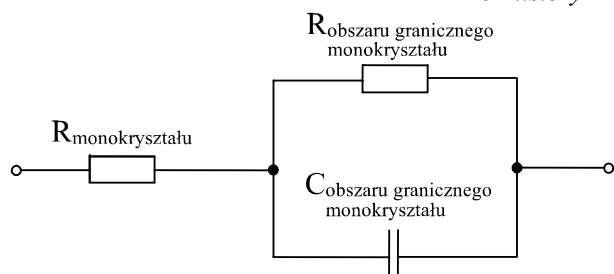
Tak więc silne pole w obszarach granicznych ma niewielką wartość i efekt warystorowy prawie nie występuje. Rys. 5 ukazuje typową zależność rezystancji od pola elektrycznego. Największy wpływ pola elektrycznego na zależność rezystancji od temperatury termistora występuje w obszarze maksymalnej rezystancji.



Rys. 5. Wpływ pola elektrycznego E na zależność rezystancji termistora od temperatury (efekt warystorowy) $\alpha_{R1} > \alpha_{R2} > \alpha_{R3}$

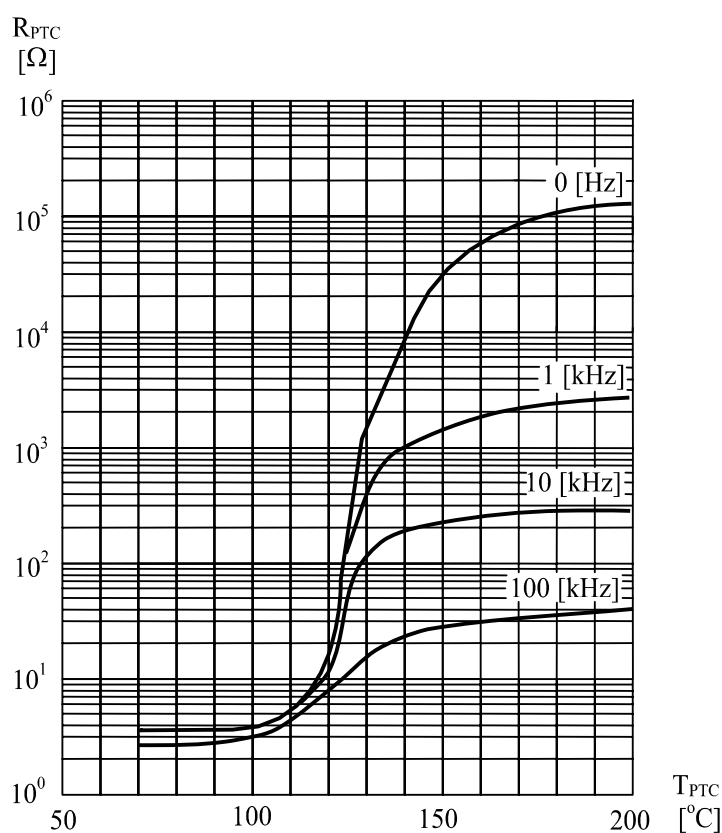
Zależność rezystancji od częstotliwości

Struktura materiału użytego do budowy termistora PTC przy prądzie zmiennym nie zachowuje charakteru czysto rezystancyjnego. Pełni on funkcję rezystora pojemnościowego w wyniku istnienia złącz (barier potencjałów) w obszarach granicznych.



Rys. 6. Schemat zastępczy termistora PTC dla napięć zmiennych.

Przy wzroście częstotliwości moduł impedancji termistora maleje. Zależność rezystancji od temperatury dla różnych częstotliwości jest pokazana na rys. nr 38. Tak więc znaczące zastosowania termistora PTC ograniczają się do prądu stałego i do niewielkich wartości częstotliwości (np. częstotliwość sieci energetycznej).

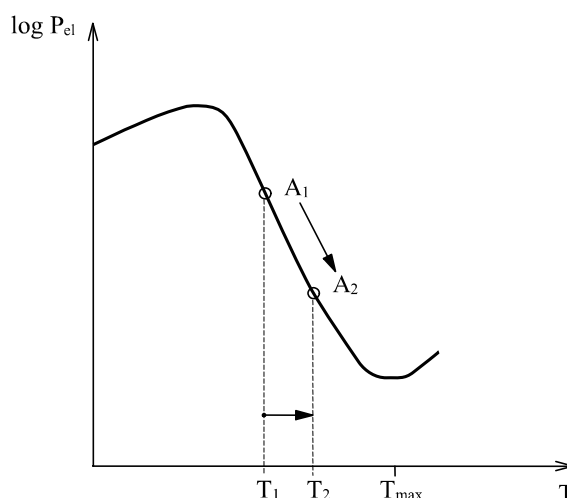


Rys. 7. Wpływ częstotliwości na zależność rezystancji termistora PTC od temperatury.

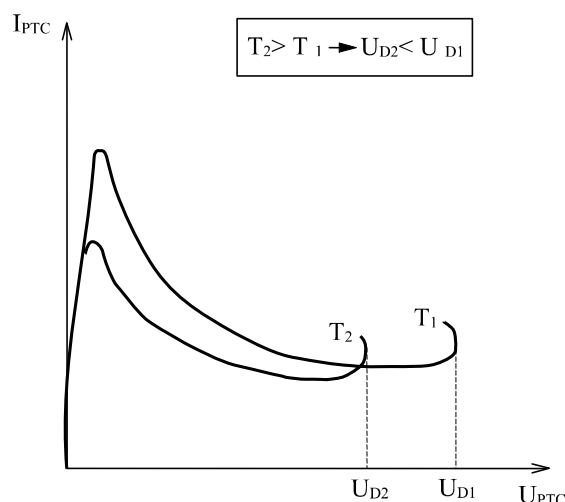
Wpływ rozpraszania ciepła na temperaturę PTC

Rys. 8 pokazuje zależność mocy wydzielanej w termistorze od temperatury. Przy danym napięciu pracy, punkt pracy jest ustalony i zależy on od temperatury otoczenia i przewodności cieplnej termistora. Temperatura pracy termistora powyżej temperatury przełączenia jest oznaczona jako punkt pracy A1 na rys.8. Jeżeli temperatura otoczenia wzrasta lub przekazywanie ciepła z termistora do otoczenia maleje, to temperatura generowana w termistorze może dłużej nie być rozpraszana, tak więc temperatura termistora PTC wzrośnie. Punkt pracy przesunie się w dół (punkt pracy A2 na rys. 8) i spowoduje znaczną redukcję prądu. Ten efekt ograniczenia jest utrzymany tak długo jak nie przekroczona jest wartość

temperatury maksymalnej T_{\max} . Przy danym napięciu pracy wzrost temperatury poza T_{\max} może prowadzić do zniszczenia termistora.



Rys. 8. Zależność mocy elektrycznej wydzielanej na termistorze P_{el} od temperatury T .



Rys. 9. Wpływ temperatury otoczenia na zależność prądowo-napięciową termistora.

Wpływ temperatury otoczenia na zależność prądowo-napięciową termistora

Rys. 9 pokazuje dwie charakterystyki prądowo-napięciowe termistora PTC dla dwóch różnych temperatur otoczenia T_1 i T_2 gdzie $T_1 < T_2$. W wyższej temperaturze otoczenia termistor PTC charakteryzuje się wyższą wartością rezystancji, zatem płynie mniejszy prąd. (krzywa dla T_2 jest niższa dla T_1). Napięcie przebicia także zależy od temperatury otoczenia.

Im wyższa jest temperatura otoczenia tym termistor PTC szybciej osiąga krytyczną temperaturę gdzie przebicie występuje przy dużo niższych mocach, napięciach zasilających ($U_{D2} < U_{D1}$).

Zastosowania termistorów PTC

Termistory PTC ze względu na swoje właściwości wykorzystuje się w wielu zastosowaniach. Przede wszystkim służą do ochrony urządzeń przed przeciążeniem oraz nadmierną temperaturą pracy. Termistor PTC może zabezpieczać urządzenie w sposób bezpośredni, wtedy jest zazwyczaj włączany w szereg z obciążeniem. Nadmierny prąd płynący przez termistor powoduje wzrost jego temperatury. Wzrost temperatury powyżej określonej wartości powoduje duży wzrost rezystancji termistora PTC i w konsekwencji tego nastąpi

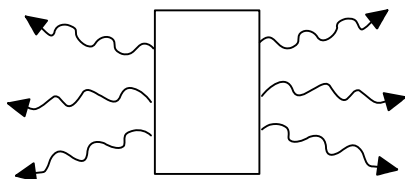
ograniczenie energii dostarczanej do obciążenia. Zabezpieczenie układu w pośredni sposób za pomocą termistora PTC polega na wykorzystaniu zależności rezystancji od temperatury otoczenia (efekt nagrzewania elementu w wyniku przepływającego przez niego prądu jest pomijalny), czyli termistor PTC pełni rolę czujnika wykrywającego przekroczenie dopuszczalnych termicznych warunków pracy. Informacja o przekroczeniu temperatury przekazywana jest do układów wykonawczych, które odpowiedzialne są za sterowanie przepływem energii do obciążenia. Ze względu na specyficzną zależność rezystancji od temperatury (bardzo duży przyrost rezystancji w bardzo wąskim zakresie temperatur) termistory PTC w przeciwieństwie do termistorów NTC nie mogą być użyte do pomiaru temperatury w szerokim zakresie. Z innych zastosowań termistorów PTC warto wspomnieć że używa się ich do rozmagnesowywania maski kineskopu (ang. degaussing), służą jako elementy opóźniające współpracujące z przekąźnikami oraz jako elementy pomocne przy rozruchu silników jednofazowych. Poprzez wykorzystanie wpływu współczynnika rozpraszania ciepła na jego rezystancję, termistory PTC mają także zastosowanie jako czujniki poziomu cieczy, oraz jako elementy grzewcze samostabilizujące się.

Podział termistorów PTC ze względu na zastosowanie
Termistory PTC można podzielić na:

Bezpośrednio nagrzewane termistory PTC

Ciepło jest generowane wewnątrz termistora PTC

Zastosowania gdzie rezystancja termistora PTC jest określana przede wszystkim przez przepływający przez niego prąd

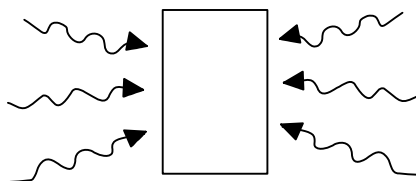


Zastosowania termistorów PTC mocy:

- a) ochrona urządzeń przed zwarcieniem, przetężeniem i nadmierną temperaturą,
- b) element służący do rozruchu silników jednofazowych,
- c) rozmagnesowania lamp kineskopowych,
- d) elementy opóźniające, wyłącznik czasowy prądu (np. włączanie i wyłączanie przekąźników),
- e) elementy grzewcze (np. termostaty),
- f) czujniki poziomu cieczy

Pośrednio nagrzewane termistory PTC

Ciepło jest pobierane z zewnątrz. Zastosowania gdzie rezystancja termistora PTC jest określana przede wszystkim przez temperaturę otaczającego go medium.

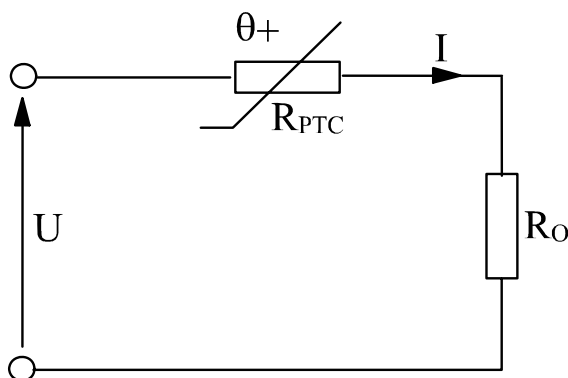


Zastosowania czujników temperatury:

- a) czujniki przekroczenia określonej temperatury otoczenia,
- b) termostaty

Zastosowanie termistorów PTC do ochrony urządzeń przed przeciążeniem, przepięciem lub nadmierną temperaturą

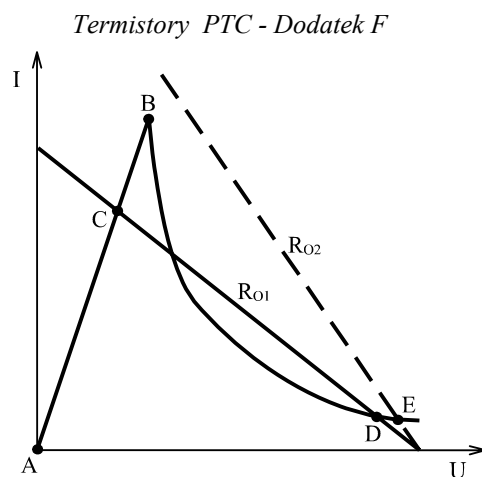
Niektóre zastosowania pozwalają na zastąpienie zwykłych bezpieczników topikowych ceramicznymi termistorami PTC do ochrony urządzeń przed przeciążeniem oraz przekroczeniem określonej wartości temperatury. Wzrost temperatury na skutek nadmiernej wartości przepływającego przez termistor prądu powoduje jego znaczny wzrost rezystancji. W wyniku tego następuje ograniczenie energii pobieranej przez urządzenie. Na rys. 10 został przedstawiony typowy układ zabezpieczenia przed przeciążeniem z użyciem termistora PTC. W przeciwieństwie do zwykłych bezpieczników topikowych bezpieczniki termistorowe nie wymagają wymiany w celu przywrócenia przepływu prądu w obwodzie po eliminacji przyczyny powstania przeciążenia. Po upływie czasu potrzebnego do schłodzenia ponownie pełnią swą funkcję ochronną. W odróżnieniu do bezpieczników polimerowych (np. typu MultiFuse), ceramiczne termistory PTC po schłodzeniu powracają do wartości początkowej rezystancji nawet po częstych cyklach nagrzewania i chłodzenia.



Rys. 10. Typowe zastosowanie termistora PTC do ochrony przed przeciążeniem, przepięciem lub nadmierną temperaturą.

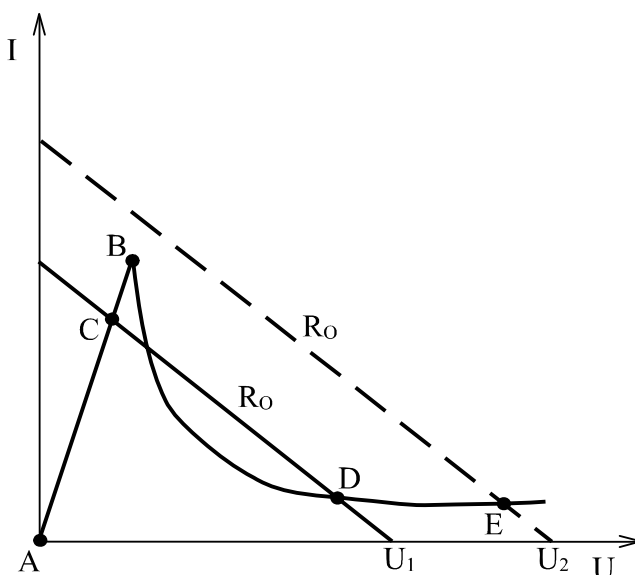
. Zasada działania termistora PTC jako zabezpieczenia przed przeciążeniem, przepięciem lub nadmierną temperaturą

Na rys. 11, 12, 13 zostały przedstawione charakterystyki prądowo-napięciowe układu chroniącego przed przeciążeniem, przepięciem i nadmiernym wzrostem temperatury. Układ powinien być tak zaprojektowany aby w czasie normalnej pracy punkt pracy układu nie przekroczył punktu B charakterystyki termistora, czyli aby termistor pozostał w stanie niskiej rezystancji. Pod wpływem przeciążenia powstałego np. na skutek zmniejszenia rezystancji obciążenia (rys. 11 z R_{O1} do R_{O2}) wzrasta moc wydzielana w termistorze która jest zamieniana na energię cieplną. Wzrost temperatury ponad określoną wartość powoduje znaczny wzrost rezystancji termistora. Punkt pracy termistora zostaje przesunięty po krzywej z punktu C do E (poprzez B i D) i następuje ograniczenie prądu płynącego w obwodzie do bezpiecznej wartości (punkt E). Płynący w obwodzie mały prąd przy pełnym napięciu zasilania utrzymuje termistor PTC w stanie wysokiej rezystancji zapewniając ochronę przetężeniową urządzenia do czasu eliminacji zwarcia obciążenia lub innych czynników które spowodowały powstanie przeciążenia.



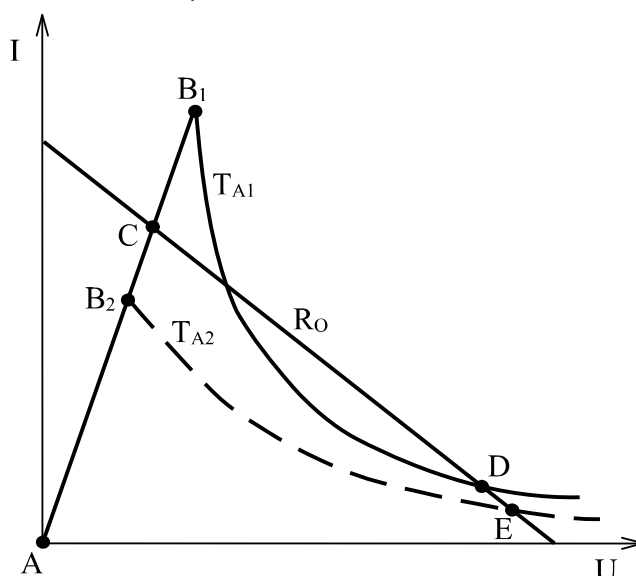
Rys. 11. Wpływ przeciążenia na zmianę punktu pracy układu zabezpieczającego
 R_{01} , R_{02} - rezystancja obciążenia $R_{01} > R_{02}$

Na rys. 12 został przedstawiony wpływ przepięcia w tym samym obwodzie, przez przyłączenie większego napięcia zasilania niż nominalne na zachowanie się układu.



Rys. 12. Wpływ przepięcia na zmianę punktu pracy układu zabezpieczającego.
 U_1 , U_2 - napięcie zasilania $U_1 < U_2$

Na rys. 13 został przedstawiony wpływ temperatury otoczenia na pracę tego samego układu. Analizując zależności można stwierdzić, że przekroczenie punktu B na charakterystyce prądowo-napięciowej termistora następuje przy dużo mniejszej wartości płynącego prądu (punkt B).

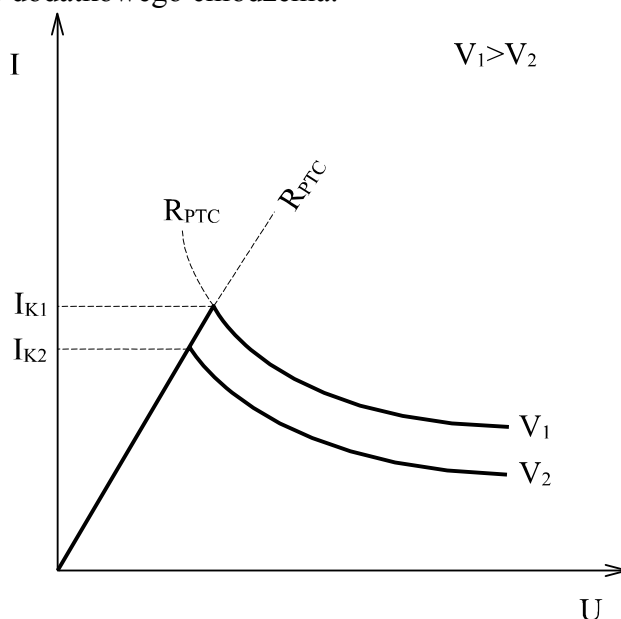


Rys. 13. Wpływ temperatury otoczenia na zmianę punktu pracy układu zabezpieczającego.

T_{A1} , T_{A2} - temperatura otoczenia $T_{A1} < T_{A2}$

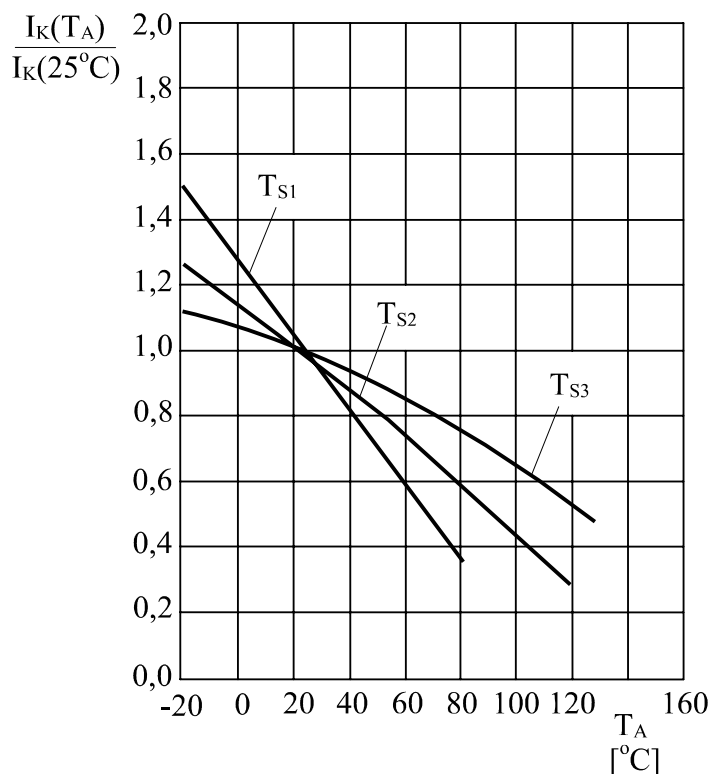
Wartość prądu progowego termistorów PTC

Ważnym parametrem przy doborze termistora do zastosowania go w roli bezpiecznika jest wartość prądu progowego. Prąd progowy jest to prąd przepływający przez termistor o wartości dla której wydzielana przez termistor moc jest zupełnie wystarczająca do spowodowania wzrostu temperatury termistora powyżej temperatury przełączenia T_s . Wartość prądu progowego zależy od charakterystyki $d(T)$, gabarytów, temperatury otoczenia oraz warunków chłodzenia. Wartość prądu progowego jest ustalona dla podanej rezystancji termistora PTC. Często w zastosowaniach termistora jako bezpiecznika wymagana jest duża wartość prądu progowego. Wyższe wartości prądu przełączania uzyskuje się stosując termistory o większych wymiarach (rys. 14) lub z większą wartością temperatury przełączenia T_s oraz poprzez zapewnienie dodatkowego chłodzenia.



Rys. 14. Wpływ wymiarów (objętości) termistora PTC na wartość prądu progowego przy danej rezystancji R_{PTC} .

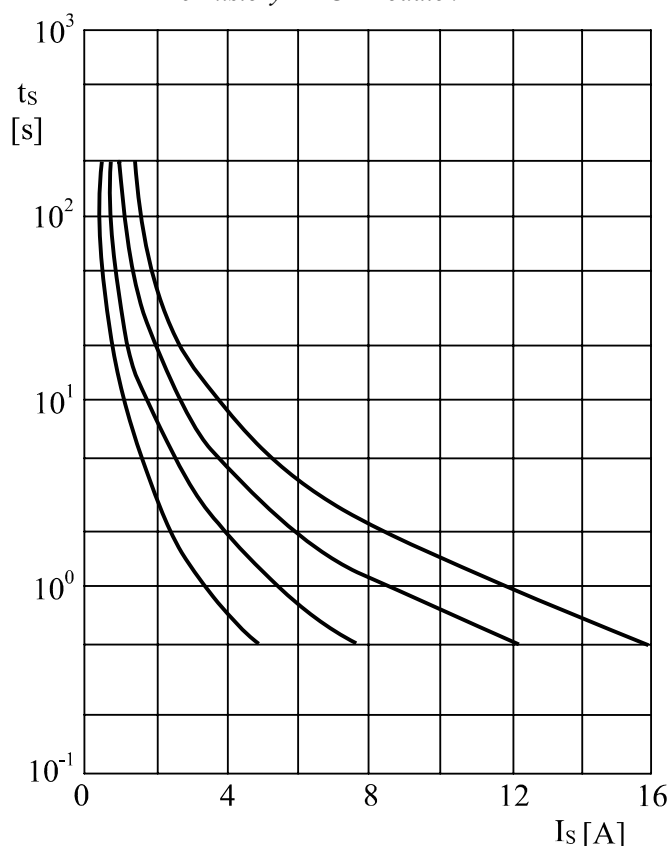
Wartość prądu progowego zależy od temperatury otoczenia w którym termistor PTC pracuje. Rys. 15 przedstawia tę zależność. Wzrost temperatury otoczenia powoduje, że termistor osiąga wartość prądu progowego przy mniejszej mocy dostarczanej do układu. Natomiast chłodzenie przynosi odwrotny skutek.



Rys. 15. Zależność unormowanego prądu progowego od temperatury otoczenia którym jest powietrze bez przepływu, gdzie parametrem jest temperatura przełączenia termistora PTC.

Zależność czasu przełączania od wartości prądu przełączania

Podobnie jak w przypadku bezpieczników topikowych dla termistorów PTC używanych jako bezpieczniki termistorowe ważna jest charakterystyka czasowo-prądowa. Na rys. 16 zostały przedstawione typowe charakterystyki czasowo-prądowe termistorów PTC o różnych wymiarach. Szybkość nagrzewania termistora PTC jest określona przez pojemność cieplną materiałów z jakich wykonany jest termistor (dla tytanianu baru wynosi około 3 Ws/cm³). Pojemność cieplna ściśle zależy od wielkości termistora, tak więc termistory o większych wymiarach przy danej wartości prądu nagrzewają się wolniej.



Rys. 16. Charakterystyka czasowo-prądowa termistorów PTC o różnych wymiarach.

Kryterium doboru termistorów PTC jako elementów chroniących przed przeciążeniami

Podczas projektowania układu zabezpieczeń dobierając termistory PTC należy mieć na uwadze (oprócz wspomnianych wcześniej parametrów) następujące parametry:

a) **maksymalna wartość napięcia i prądu termistora**

Podczas normalnej pracy, gdy termistor PTC znajduje się w stanie niskiej rezystancji napięcie na nim ma niewielką wartość. Zwiększenie przepływającego przez termistor prądu oraz wzrost temperatury otoczenia poza określoną wartość powoduje znaczne zwiększenie jego rezystancji i w wyniku tego napięcia na nim. W źle zaprojektowanym układzie gdy termistor znajdzie się w stanie wysokiej rezystancji i napięcie na nim przekroczy dopuszczalną wartość to może dojść do jego przebicia i zniszczenia. Ważnym parametrem przy projektowaniu układu zabezpieczającego jest znajomość maksymalnego prądu termistora, która jest istotna gdy w układzie nastąpi zwarcie

b) **nominalna wartość prądu i prąd przełączania**

Nominalna wartość prądu jest jednym z ważniejszych parametrów przy doborze odpowiedniego termistora PTC. Aby uzyskać przejście termistora w stan wysokiej rezystancji i uzyskania krótkich czasów przełączania, przepływający przez termistor prąd powinien być większy od dwukrotnej od wartości prądu nominalnego. Wartość prądu nominalnego oraz przełączania zależy od temperatury otoczenia termistora. Dobierając termistor PTC jako element zabezpieczający należy rozpatrzyć najgorszy przypadek czyli założyć wartość prądu nominalnego przy maksymalnej dopuszczalnej temperaturze otoczenia, natomiast wartość prądu przełączania przy możliwie niskiej.

c) **dobór termistora według temperatury przełączenia**

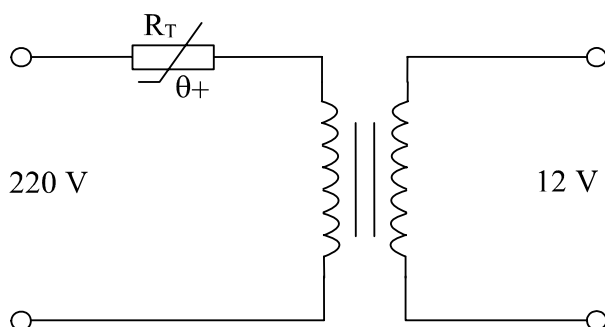
Dobierając termistor należy zwrócić uwagę na odpowiednią jego wartość temperatury przełączenia, gdyż od niej zależy przede wszystkim wartość prądu nominalnego. Na rynku

najczęściej spotyka się termistory przeznaczone do ochrony przed przeciążeniem o następujących wartościach temperatury przełączenia 80, 120, 135 i 160 °C (firma Siemens).

Typowe praktyczne rozwiązania układów zabezpieczających przed przeciążeniem z użyciem termistora PTC

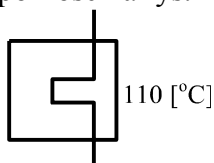
a) zastosowanie termistora PTC do ochrony transformatora przed przeciążeniem oraz przegrzaniem.

Na rys. 17 został przedstawiony prosty układ z wykorzystaniem termistora PTC zabezpieczający transformator przed przegrzaniem oraz przetężeniem.

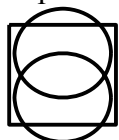


Rys. 17. Ochrona transformatora przed przeciążeniem i przegrzaniem.

Poprzez zastosowanie termistora PTC uzyskano ochronę termiczną oraz zwarciodporność transformatora. Urządzenie z ochroną termiczną jest oznaczane symbolem przedstawionym na rys. 18, natomiast zwarciodporność na rys. 19.



Rys. 18. Oznaczenie urządzenia posiadającego zabezpieczenie termiczne

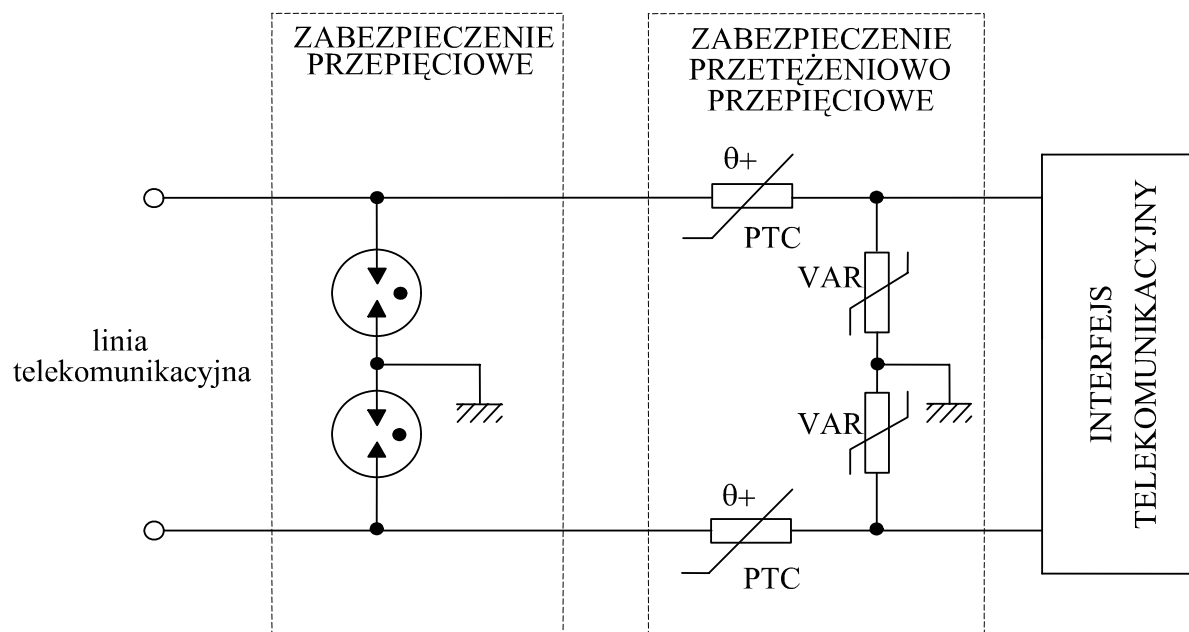


Rys. 19. Oznaczenie urządzenia posiadającego zabezpieczenie przed zwarcie

b) zastosowanie termistora PTC do ochrony ustroju pomiarowego multimetru

Na rys. 20 został przedstawiony układ zabezpieczający złożony z termistora PTC i diody zabezpieczającej chroniących ustrój pomiarowy przyrządu. Termistor PTC jest odpowiedzialny za ochronę przyrządu przed przetężeniem, oraz chroni diodę zabezpieczającą przed przegrzaniem. Natomiast dioda chroni przyrząd przed przepięciem. W układzie bez termistora wyniku długotrwałego przepięcia nastąpiłoby przegrzanie i zniszczenie diody.

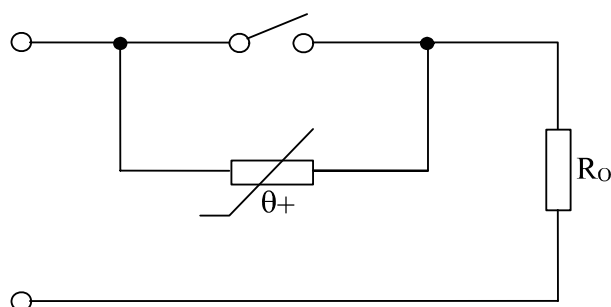
odpowiednio niską impedancją. Firma Philips specjalnie do tego celu opracowała termistory których rezystancja nominalna wynosi $25\ \Omega$ i $10\ \Omega$. Termistory dobierane do układu zabezpieczającego muszą mieć jednakowe parametry (dopuszczalna różnica wynosi $0,5\ W$) aby układ zabezpieczający był dopasowany oraz stanowił symetryczne obciążenie linii i nie powodował powstawania zakłóceń w postaci odbić sygnału w linii.



Rys. 21. Ochrona linii telekomunikacyjnej.

d) **zastosowanie termistora PTC jako zabezpieczenia wyłącznika przed iskrzeniem**

Wykorzystując efekt samonagrzewania i zależność rezystancji od temperatury termistor PTC z powodzeniem można zastosować do ochrony wyłącznika przed iskrzeniem (rys. 22). Podczas procesu wyłączania w obwodzie pokazanym na rys. 22 całe napięcie zasilania nie odłoży się natychmiast na wyłączniku ale stopniowo będzie wzrastać według charakterystyki termistora.



Rys. 22. Zabezpieczenie wyłącznika przed iskrzeniem.