

7. Tyrystory



Tyrystory

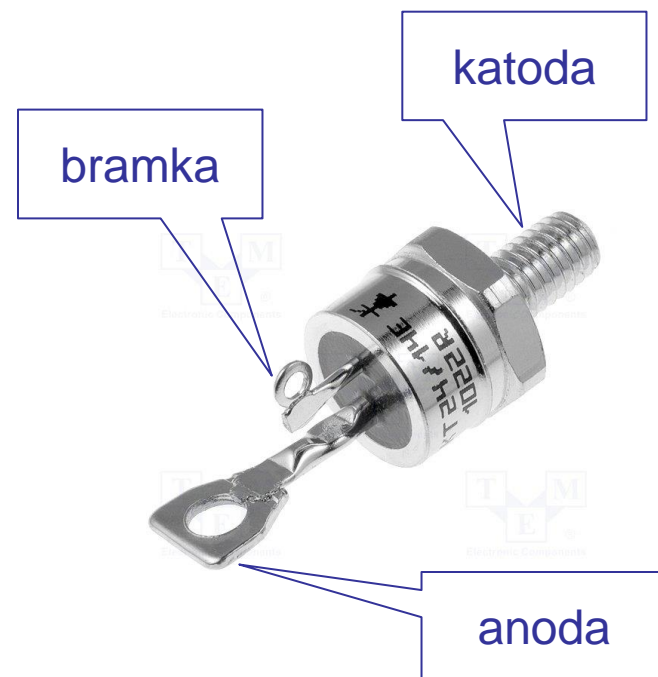
są to półprzewodnikowe przyrządy mocy pracujące
jako łączniki dwustanowe, to znaczy:
posiadające stan włączenia i stan wyłączenia

Tyrystor SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)

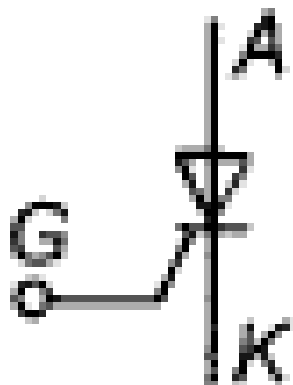
Przyrząd półprzewodnikowy o strukturze czterowarstwowej.
Ma trzy wyprowadzenia: **anodę (A)**, **katodę (K)** i **bramkę (G)**.
Bramka jest elektrodą sterującą.



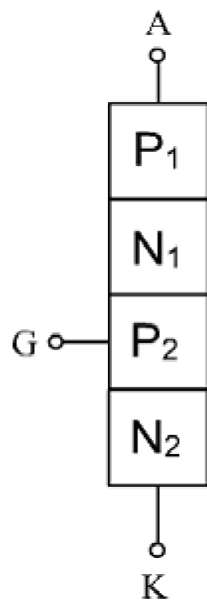
symbole graficzne tyrystora



przykładowy tyrystor



symbol graficzny
tyrystora

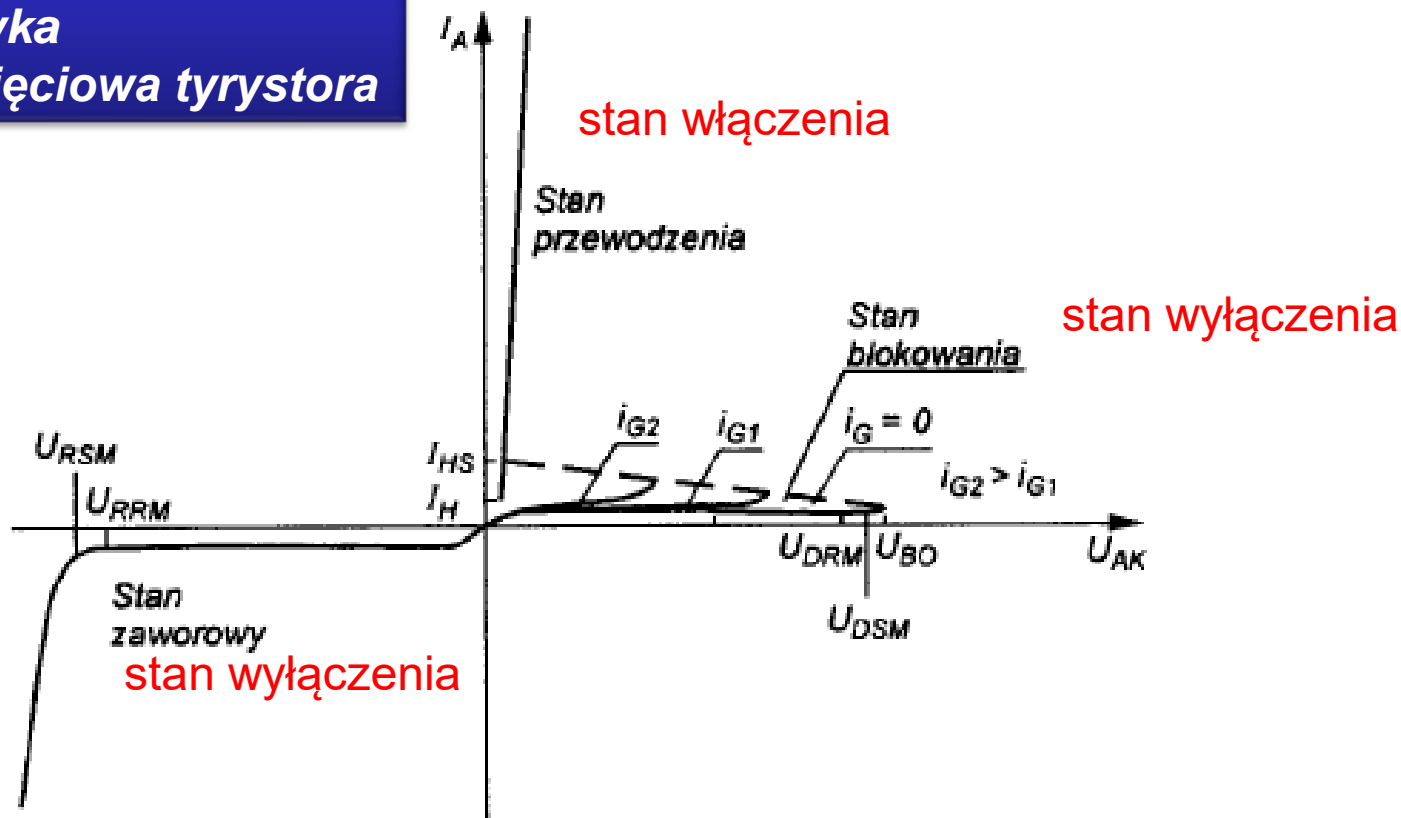


struktura
tyrystora

**stan włączenia charakteryzuje się
małą rezystancją
pomiędzy anodą a katodą**

**stan wyłączenia charakteryzuje się
dużą rezystancją
pomiędzy anodą a katodą**

Charakterystyka prądowo-napięciowa tyrystora



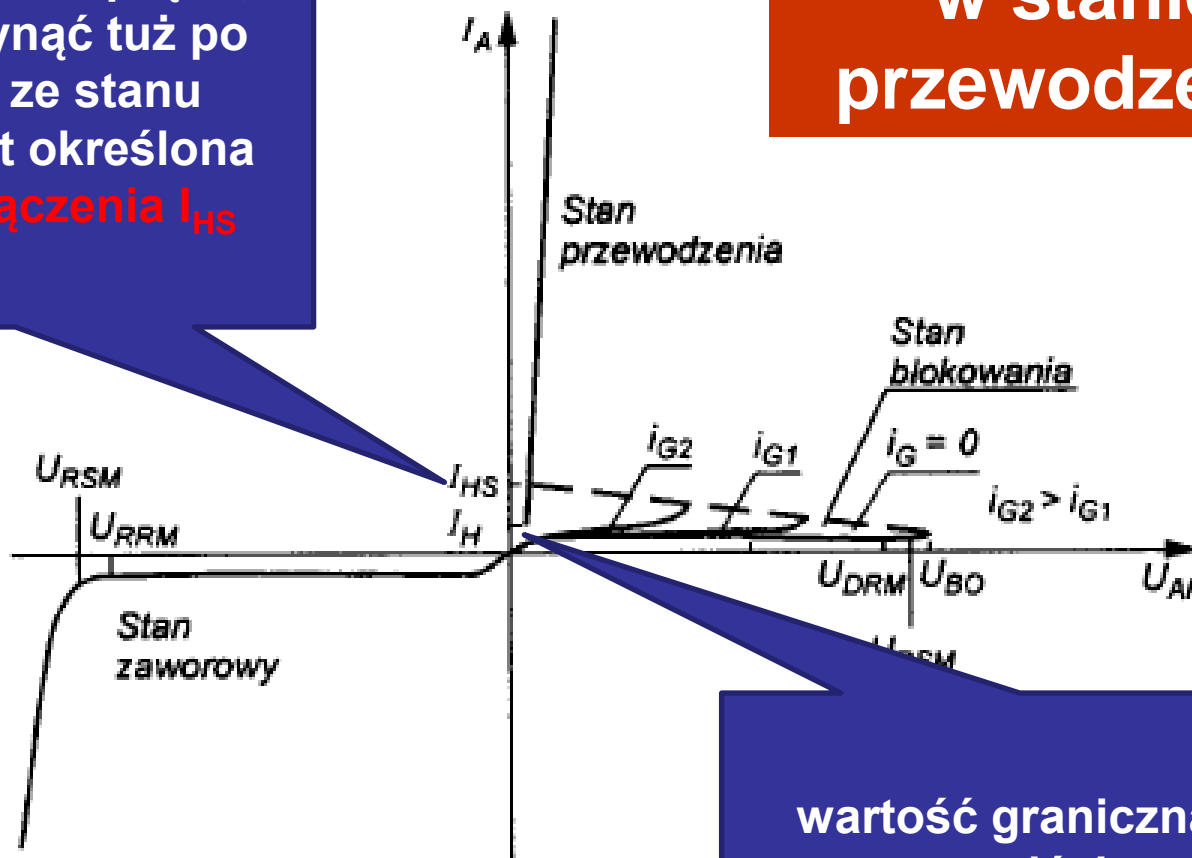
W zakresie dodatniej polaryzacji anody (ćwiartka pierwsza) tyrystor może znajdować się w dwóch stanach stabilnych, tj. stanie blokowania i stanie przewodzenia.

W zakresie ujemnej polaryzacji anody (ćwiartka trzecia) tyrystor jest w stanie zaworowym.

Stan zaworowy + stan blokowania są stanami wyłączenia tyrystora. Stan przewodzenia jest stanem włączenia tyrystora.

minimalna wartość prądu, jaki musi popłynąć tuż po przełączeniu ze stanu blokowania jest określona przez **prąd załączenia I_{HS}**

w stanie przewodzenia



Charakterystyka prądowo-napięciowa tyrystora

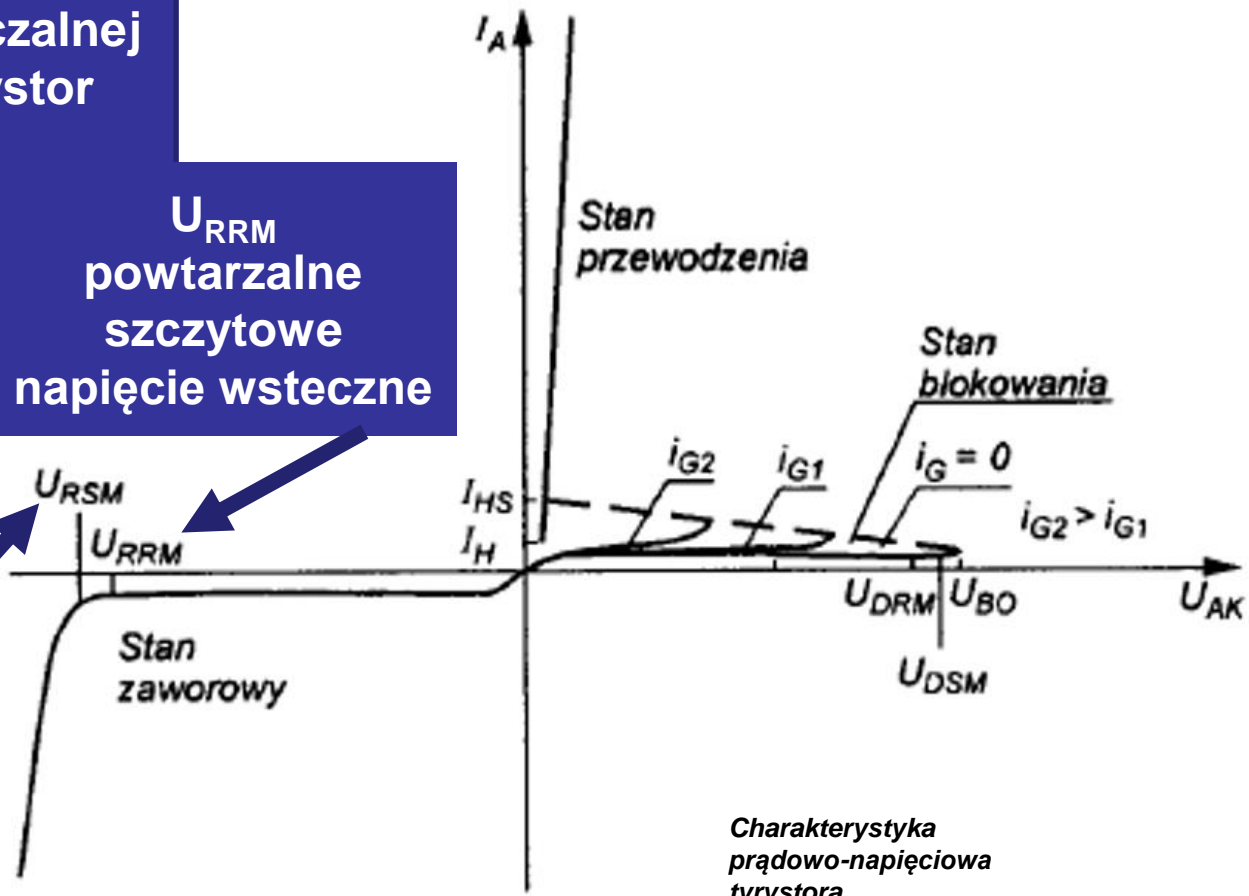
wartość graniczna prądu przy przejściu ze stanu przewodzenia do stanu blokowania to **prąd podtrzymania I_H**

**w stanie
zaworowym**

przy ujemnym napięciu anoda-katoda, właściwości tyrystora są podobne do właściwości diody; dopóki napięcie nie przekroczy pewnej granicznej dopuszczalnej wartości, dopóty przez tyrystor płynie niewielki prąd.

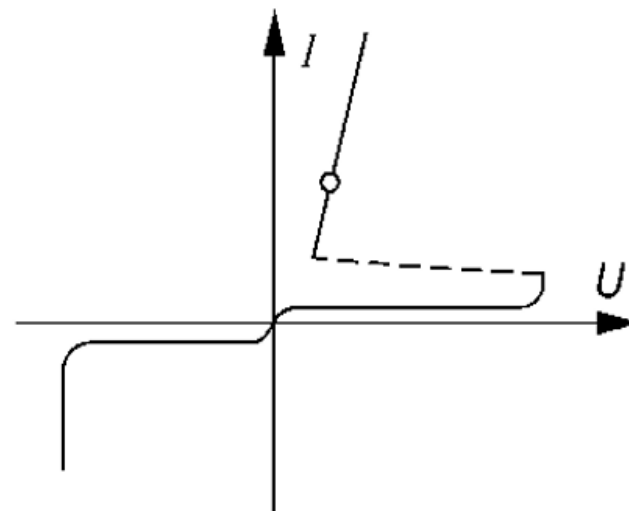
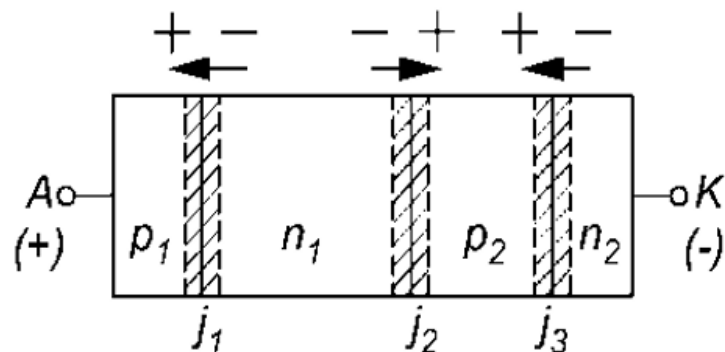
U_{RRM}
powtarzalne
szczytowe
napięcie wsteczne

U_{RSM}
niepowtarzalne
szczytowe
napięcie wsteczne



wszystkie złącza są spolaryzowane
kierunku przewodzenia;
napięcie na złączu j_2 ma przeciwną
biegunowość odejmuje się od spadków
napięć na złączach pozostałych

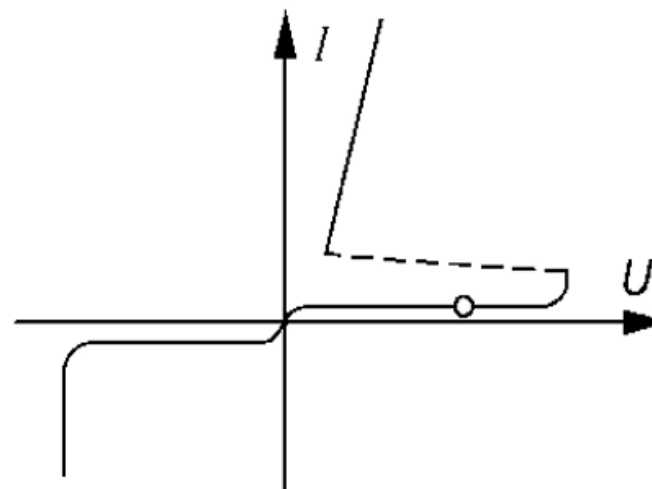
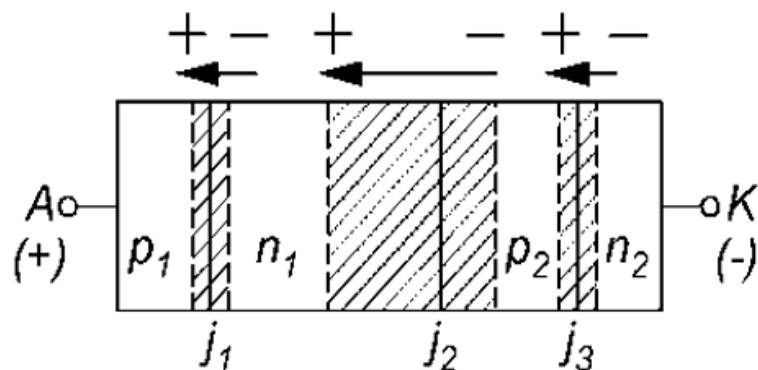
**w stanie
przewodzenia**



*Rozkłady napięć na złączach
tyrystora w stanie
przewodzenia*

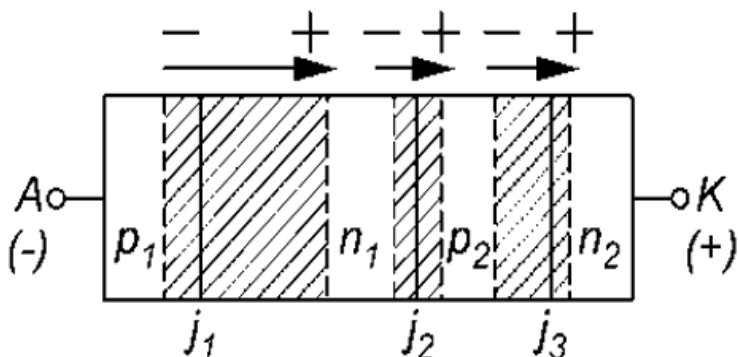
złącza j_1 i j_3 są spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a złącze j_2 w kierunku zaporowym.

w stanie blokowania



Rozkłady napięć na złączach tyrystora w stanie blokowania

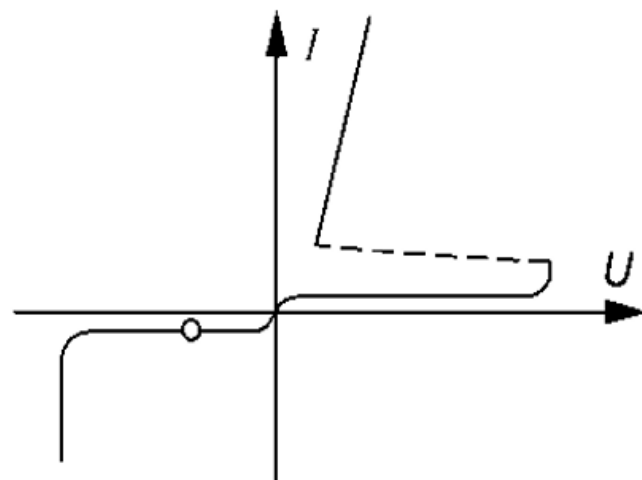
złącza j_1 i j_3 są spolaryzowane w kierunku zaporowym, a złącze j_2 w kierunku przewodzenia; w miarę zwiększania napięcia przy pewnej jego wartości następuje przebicie złącza, przy czym pierwszej kolejności przebija się złącze j_1 , a następnie złącze j_3 – przyczyna: niesymetryczne właściwości złączy wynikające z technologii produkcji

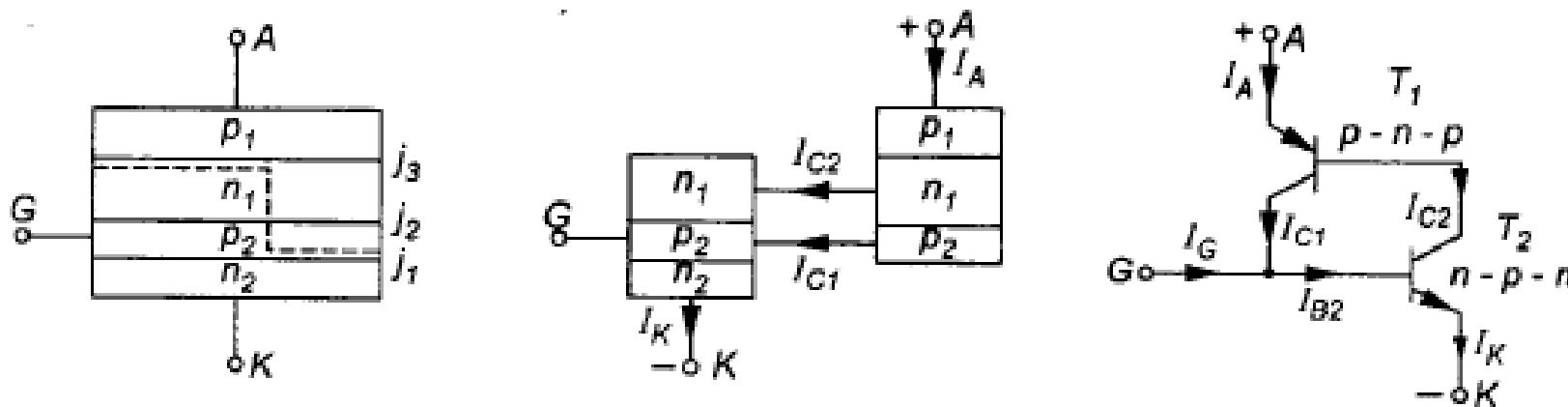


Rozkłady napięć na złączach tyrystora w stanie zaporowym

w stanie zaporowym

charakterystyka tyrystora w zakresie przebicia jest podobna do charakterystyki diody





Model dwutranzystorowy tyrystora

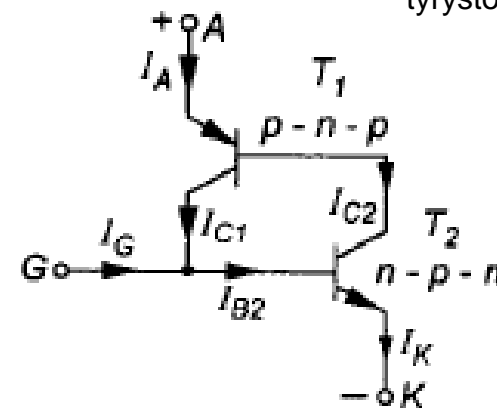
Modelem zastępczym złożony z dwóch tranzystorów $p_1-n_1-p_2$ i $n_1-p_2-n_2$, otrzymane przez myślowe rozsuniecie struktury przeciętej wzdłuż linii przerywanej jak na rysunku.

Można uznać, że złącza: pierwsze (p_1-n_1) i trzecie (p_2-n_2) pełnią funkcje złączy emiterowych obu tranzystorów, a złącze drugie (n_1-p_2) jest wspólnym złączem kolektorowym.

z analizy schematu zastępczego
można napisać układ równań:

$$I_{C1} = \alpha_1 I_{E1} + I_{CB01}$$

$$I_{C2} = \alpha_2 I_{E2} + I_{CB02}$$



α_1 α_2 - współczynniki wzmocnienia prądowego dla tranzystorów konfiguracji WB

I_{CB01} I_{CB02} - prądy nasycenia złącz kolektorowych.

Suma prądów kolektorów musi być równa prądowi anodowemu tyrystora, zatem: $I_{C1} + I_{C2} = I_A$

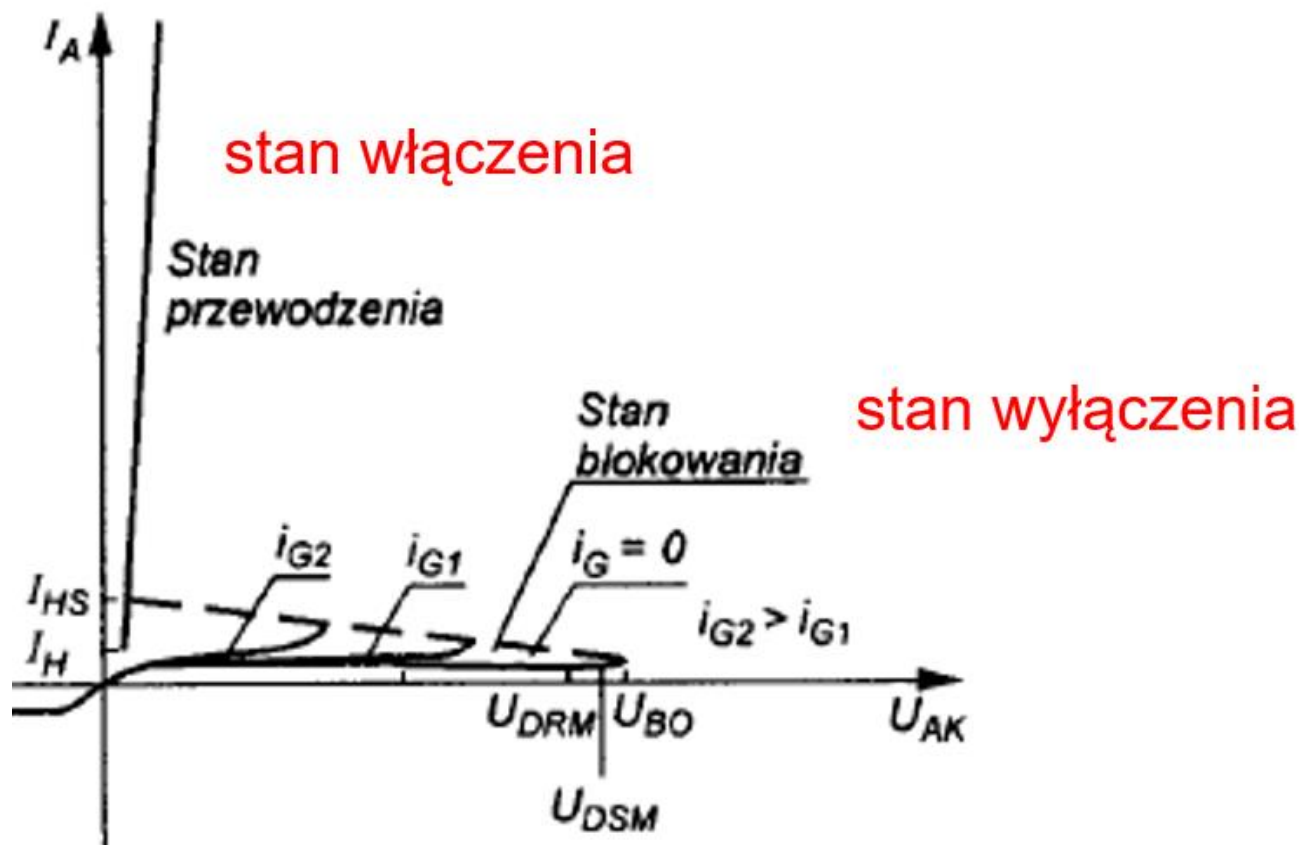
Wprowadzając oznaczenie: $I_{C0} = I_{CB01} + I_{CB02}$

Otrzymujemy wyrażenie na prąd anodowy tyrystora:

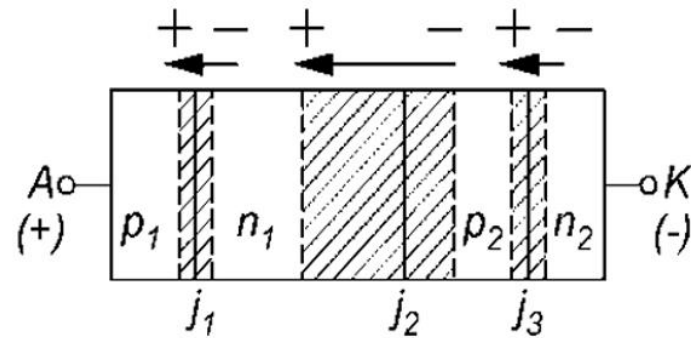
$$I_A = \frac{I_{C0} + \alpha_2 I_G}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Włączanie tyrystora SCR (tj. przejście ze stanu blokowania do stanu przewodzenia)

podstawowym sposobem włączenia tyrystora jest sterowanie prądem bramki



Inne możliwości włączenia tyrystora SCR



Istnieją też inne możliwości:

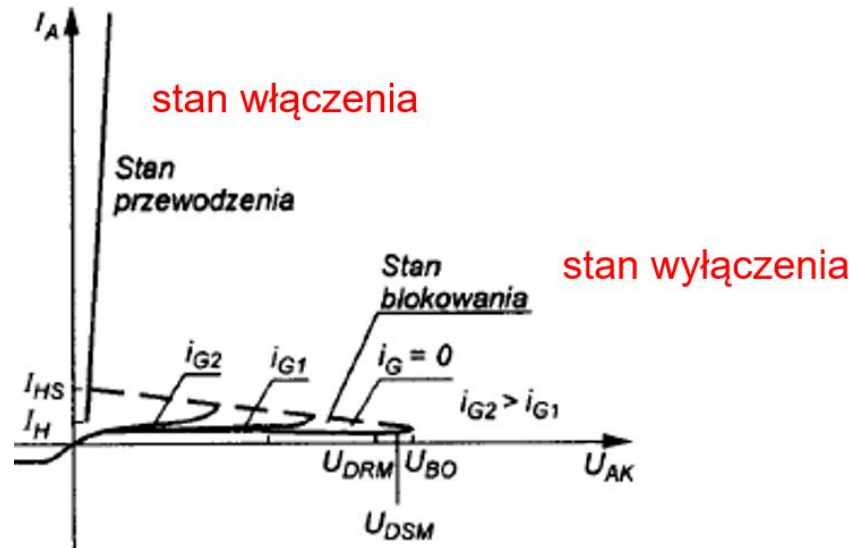
1) wzrost napięcia anodowego w stanie blokowania tyrystora do wartości, przy której zostanie zapoczątkowany proces przebicia lawinowego zaporowo spolaryzowanym złączem j_2 - powoduje to wzrost prądu i przełączenie tyrystora do stanu przewodzenia.

2) skokowe zmiany napięcia anodowego o dużej stromości narastania zboczy. Zaporowo spolaryzowane złącze j_2 w stanie blokowania tyrystora ma określoną pojemność i przez tę pojemność przepływnie prąd, który może włączyć tyrystor.

3) przekroczenie dopuszczalnej temperatury złączy. Przy wysokiej temperaturze prąd generacji cieplnej obu tranzystorów wzrasta do wartości powodującej przełączenie tyrystora.

4) promieniowanie świetlne. Bezpośrednie naświetlenie struktury złącza j_2 powoduje generację par elektron-dziura, przez co wzrasta prąd powodując włączenie tyrystora. Wykorzystywane jest to z reguły w fototyrystorach, gdzie funkcję sterującą bramki przejmuje strumień świetlny padający przez okno obudowie tyrystora.

Wyłączanie tyrystora SCR (tj. przejście ze stanu przewodzenia do stanu blokowania)



Jest tylko w jeden sposób:

wyłączenie następuje po zmniejszeniu prądu anodowego tyrystora poniżej wartości prądu podtrzymania I_H

Zwykle wyłączenie następuje wskutek chwilowej zmiany polaryzacji napięcia przemiennego zasilającego obwód anoda-katoda tyrystora

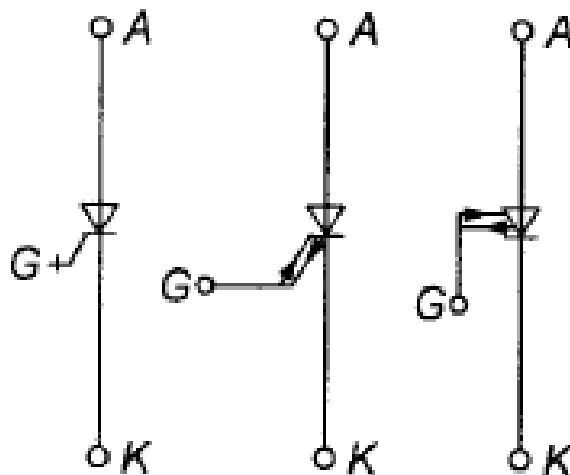
lub

w wyniku przejmowania prądu tyrystora przez inny obwód równoległy znajdujący się w jego układzie pracy.

TYRYSTOR GTO

Tyrystor GTO (*Gate Turn-Off*) może być zarówno włączany, jak i wyłączany prądem bramki.

Dodatni prąd bramki włącza go, a wyłącza prąd bramki o kierunku przeciwnym.



Symbole graficzne tyrystora GTO

Włączanie tyrystora GTO

Praca tyrystora GTO w stanie blokowania i proces przełączania w stan przewodzenia jest taki sam jak tyrystora SCR.

Wyłączanie tyrystora GTO

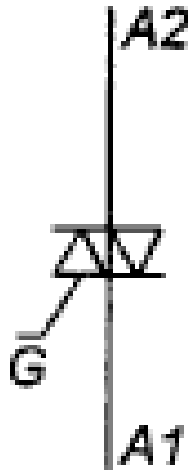
Możliwe jest wyłączanie prądem bramki poprzez doprowadzenie do bramki krótkotrwałego impulsu prądowego o wartości ujemnej.

Amplituda tego impulsu musi być bardzo duża (ok. 20 do 30% wartości prądu anodowego), ale czas jego trwania może być niewielki (kilka do kilkunastu mikrosekund).

Układ sterujący pracą tyrystora od strony bramki musi być dostosowany do przepływu dużych wartości prądu przy wyłączaniu tyrystora GTO, co wpływa znacząco na złożoność jego budowy.

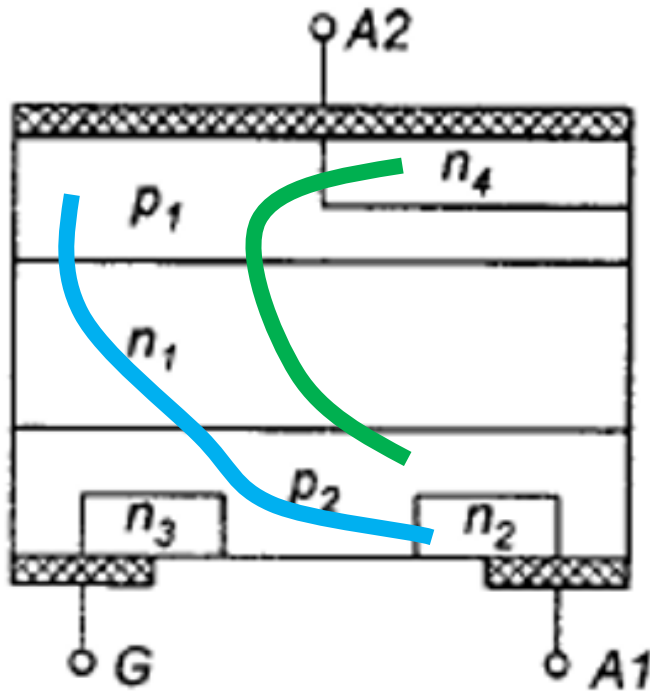
TRIAK

Triak jest tyrystorem dwukierunkowym



Triak ma trzy
wyprowadzenia:
anodę pierwszą A1
anodę drugą A2
bramkę G

symbol graficzny triaka



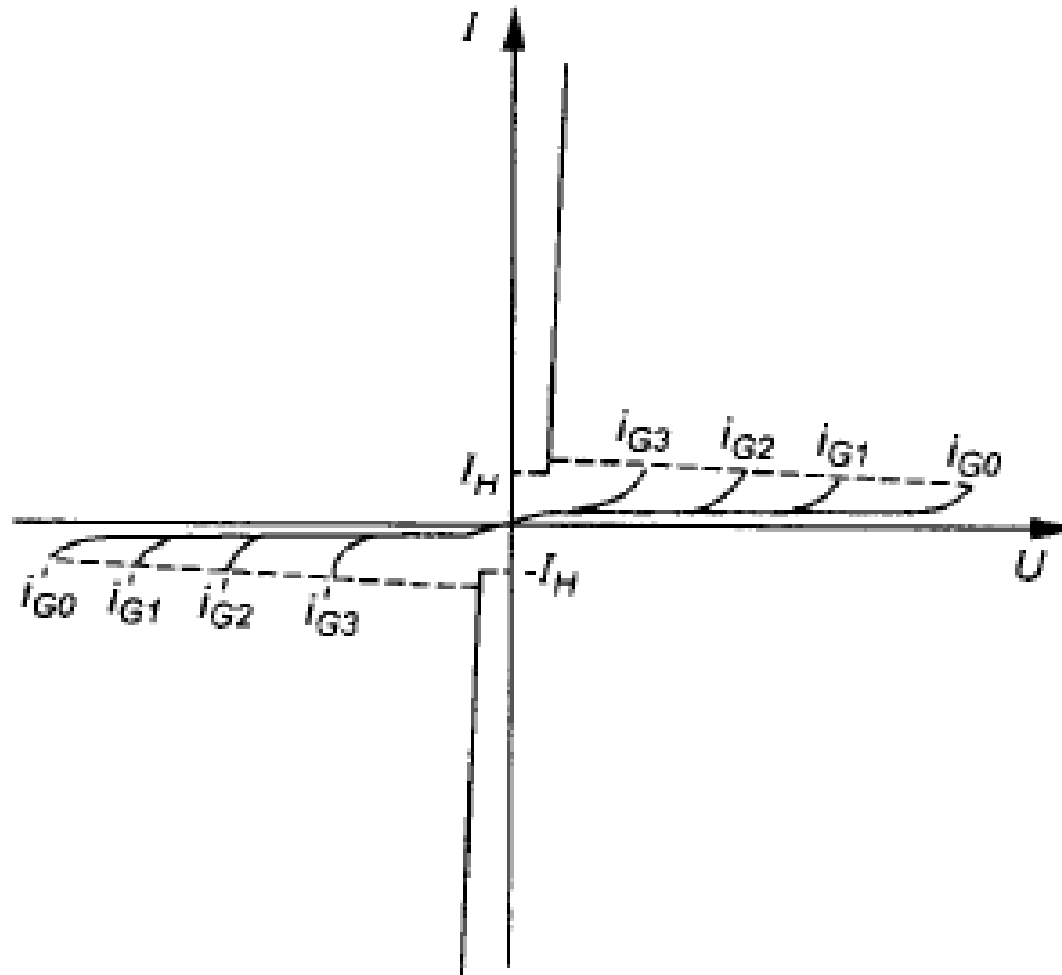
W strukturze triaka można wyróżnić dwa tyrystory SCR połączone odwrotnie równoległe, przy czym mają one tylko jedną bramkę sterującą.

Struktury te to:

$p_1-n_1-p_2-n_2$

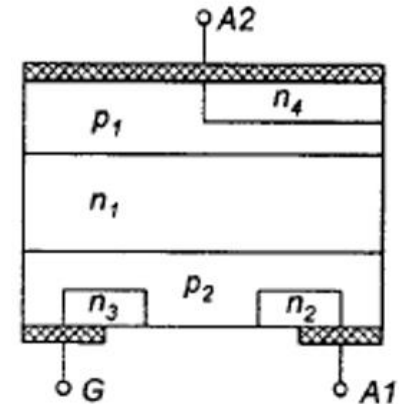
$p_2-n_1-p_1-n_4$

wewnętrzna struktura triaka



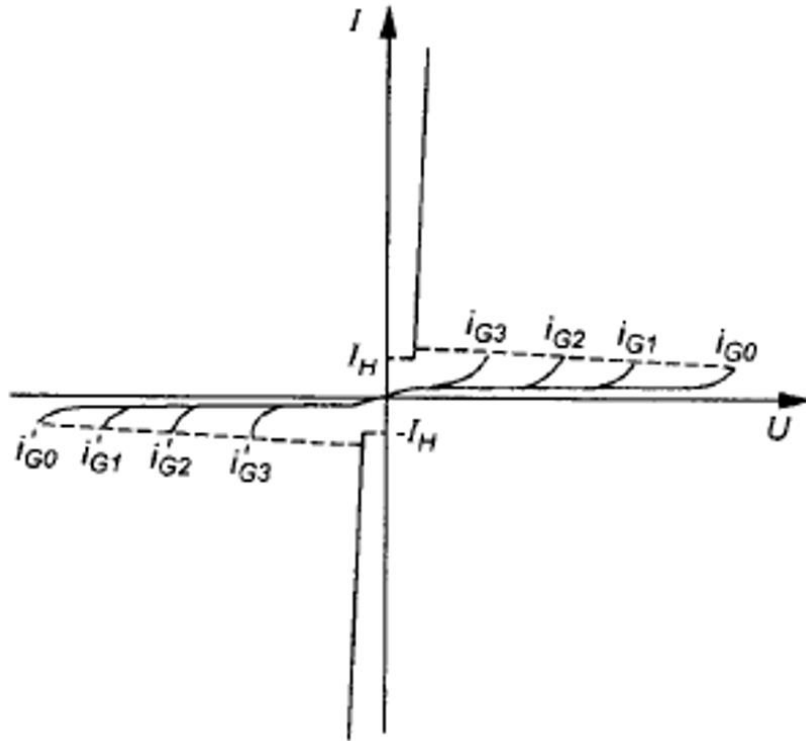
charakterystyka prądowo napięciowa triaka

Włączanie triaka



1. **Gdy $U_{A2} > U_{A1}$** wówczas struktura p_1 - n_1 - p_2 - n_2 pracuje jak klasyczny tyrystor. Dodatni prądowy impuls bramkowy $I_G > 0$ powoduje wzrost współczynników wzmocnienia do wartości bliskiej jedności, co przełącza triak ze stanu blokowania w stan przewodzenia
2. **Gdy $U_{A2} > U_{A1}$** i prąd bramkowy jest ujemny $I_G < 0$ wówczas prąd bazy tranzystora n_1 - p_2 - n_3 wprowadza triak w stan przewodzenia
3. **Gdy $U_{A2} < U_{A1}$** wówczas struktura p_2 - n_1 - p_1 - n_4 pracuje jako klasyczny tyrystor a bramką jest złącze n_3 - p_2 . Doprowadzenie impulsu ujemnego do bramki $I_G < 0$ przełącza triak ze stanu blokowania do stanu przewodzenia
4. **Gdy $U_{A2} < U_{A1}$** i impuls bramkowy jest $I_G > 0$ wówczas bramką jest złącze p_2 - n_2 i wzrost prądu bramki włącza triak

Wyłączanie triaka



następuje, gdy wartość
prądu anodowego
zmniejszy się poniżej
wartości
prądu podtrzymania
 $|I_H|$

7. Tyrystory



KONIEC