

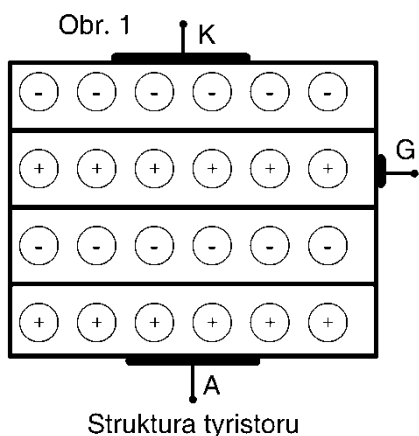
Princip činnosti tyristoru

Můžeme říci, že tato polovodičová součástka je poměrně mladá oproti diodám a tranzistorům (vznikla okolo roku 1973) a pronikavě ovlivnila řešení všech problémů, souvisejících s řízením elektrického výkonu.

Tyristoru se také někdy říkalo „řízená dioda“. To bylo z toho důvodu, že tyristor se dostal do propustného stavu nejen polaritou napětí (stejně jako dioda), ale také ještě musel být otevřen spouštěcím napětím (řídící napětí kladné polarity). Pokud se tak nestane, tyristor do vodivého stavu nepřejde (říkáme, že blokuje).

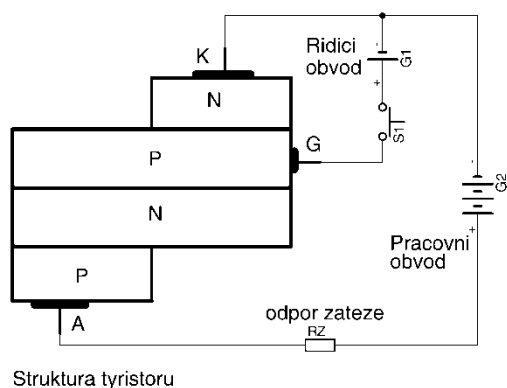
Struktura tyristoru:

Struktura tyristoru je vytvořena na křemíkovém krystalu, vykazujícím čtyři oblasti různé vodivosti. Při sledování dějů, probíhajících uvnitř struktury tyristoru, zjistíme, že rozhodující poměry vznikají v místech, kde se jednotlivé přechody stýkají.

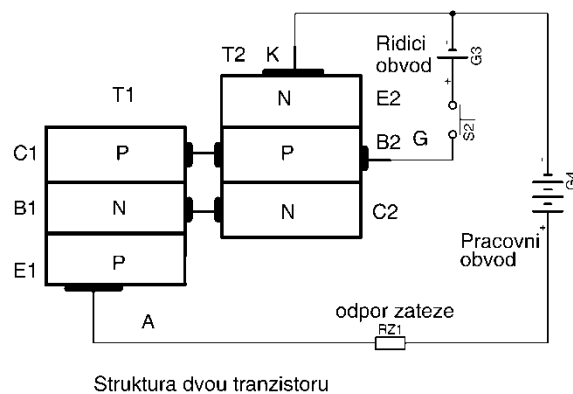


Vysvětlíme nyní, proč tyristor po přivedení řídicího napětí na řídicí elektrodu (G) sepne, tzn., přejde z blokovacího stavu do vodivého stavu. Protože je tento děj poněkud komplikovaný, nahradíme v naší úvaze strukturu tyristoru dvěma fiktivními tranzistory T1 a T2. Na obr. 2 vlevo je myšlená náhrada tyristoru, vpravo náhrada dvěma doplňkovými (komplementárními) tranzistory.

Schéma ukazuje, že báze jednoho tranzistoru je spojená s kolektorem druhého, kdežto emitory představují vývody tyristoru: emitor E1 prvního tranzistoru T1 je totožný s anodou (polovodič P), emitor E2 tranzistoru T2 s katodou (polovodič N) původního tyristoru. Protože spínač S1 a S2 je rozpojen, zůstává tyristor v blokovacím stavu.



Struktura tyristoru



Struktura dvou tranzistoru

Nyní zapojíme oba tranzistory z obr. 2 do obvodu, zastupujícího tyristorovou strukturu. Při dané polaritě vnějšího napětí U_{G4} a rozpojeném kontaktu mechanického spínače S2 řídicího obvodu tranzistoru T2 nevzniká v obvodu proud (zbytkové proudy obou tranzistorů zanedbáváme), protože ani jedním přechodem báze – emitor tranzistorů T1 a T2 nemůže procházet řídicí proud.

Jestliže nyní spojíme kontakt spínače S2 v řídicím obvodu tranzistoru T2, probíhá v obvodu obou tranzistorů následující děj:

Řídící proud báze T2, tzn. proud děr, emitovaných napětím U_{G3} , vstupuje do oblasti báze B2 a vyvolává vlivem tranzistorového jevu značně větší proud, procházející emitorem E2 a kolektorem C2. Kolektorový proud i_{C2} vstupuje do báze tranzistoru T1, pro který představuje řídicí proud báze B1. V důsledku toho se otevírá tranzistor T1 a jeho emitorový a kolektorový proud značně vzrůstá.

Výstupní kolektorový proud prvního tranzistoru T1 je však vlivem vzájemného spojení obou tranzistorů současně řídicím proudem tranzistoru T2. Původní řídicí proud, vyvolaný vnějším zdrojem pomocného řídicího napětí U_{G3} , se tedy nyní zvětšil vlivem kladné vazby mezi oběma tranzistory. Pochod se stále opakuje a končí tím, že oba původně závěrně polarizované přechody báze – kolektor obou tranzistorů

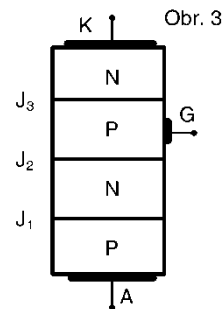
jsou zaplaveny nosiči nábojů a přecházejí proto do vodivého stavu. Oba tranzistory sepnuly, což znamená, že tyristor přešel do propustného stavu.

Funkce jednotlivých přechodů (obr. 3):

Přechod J_3 – Tento přechod působí jako řídicí přechod emitor – báze tranzistoru. Je silně dotován, a proto vykazuje značnou elektrickou vodivost.

Přechod J_2 – Určuje blokovací schopnost tyristoru.

Přechod J_1 – Určuje závěrné vlastnosti tyristoru.



Vypínání tyristoru:

Nevodivý stav tyristoru nastane buď tím, že

1. Tyristorem neprochází proud (proud klesne na nulu), nebo
2. Na tyristor připojíme závěrné napětí.

Každá z obou možností vyžaduje zásah v pracovním obvodu tyristoru. V prvním případě postupujeme např. tak, že pracovní obvod přerušíme, takže propustný proud klesne na nulu.

V druhém případě musíme změnit polaritu napětí v pracovním obvodu.

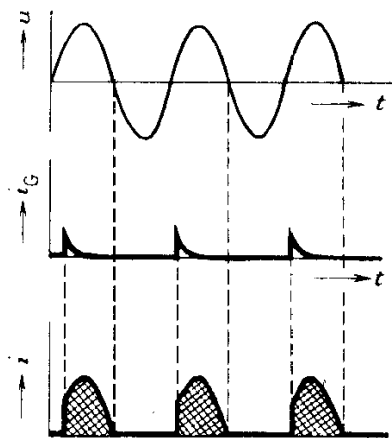
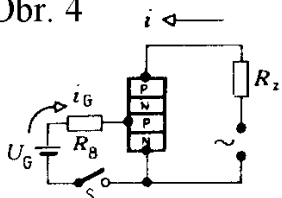
Rozhodně nemůžeme zmenšit na nulovou hodnotu propustný proud tím, že přerušíme řídicí obvod, takže řídicí proud je nulový. Jakmile tyristor sepnul, je další průchod řídicího proudu přes elektrodu G a katodu zpět do zdroje řídicího napětí U_{G3} zbytečný. U běžných typů tyristorů lze řídicím proudem způsobit jedině sepnutí tyristoru, kdežto jeho přechod do nevodivého stavu lze provést jedině vhodným zásahem v pracovním obvodu.

Impulsové řízení tyristoru:

K zapnutí tyristoru je zapotřebí pouze krátkého proudového impulsu i_G , proto mluvíme o tzv. **impulsovém řízení**. Z toho vyplývá, že nemůžeme u tyristoru nastavit jistou hodnotu propustného proudu tím, že bychom měnili velikost řídicího proudu i_G . Přivodíme sice sepnutí tyristoru třeba krátkým impulsem proudu i_G , pak se však v pracovním obvodu tyristoru objeví propustný proud hodnoty, určené napájecím napětím (např. U_{G4}) a zátěží.

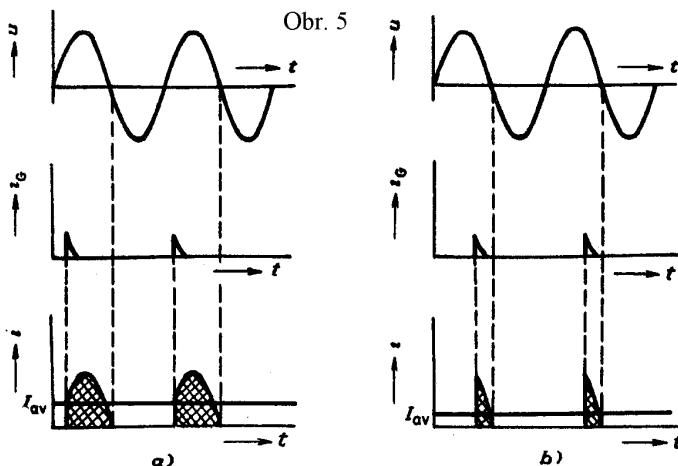
Tyristor jako spínač střídavého napětí:

Obr. 4



Tyristor spínající střídavé napětí

Víme, že tyristor lze řídit pomocí impulsů proudu i_G . Abychom dosáhli nevodivého stavu, nesmí jím po jistou dobu procházet propustný pracovní proud. V obvodech, v nichž působí střídavé napětí, se tohoto požadavku dosáhne automaticky v době, kdy se mění polarita střídavého napětí. Pozorujte zapojení, uvedené na obr. 4; jestliže kontakt S sepne vždy po začátku každé periody střídavého napětí $u(t)$ kmitočtu 50 Hz, dojde k přechodu tyristoru z nevodivého do vodivého stavu 50krát za vteřinu bez jakýchkoliv dalších opatření.



Řízení elektrického výkonu tyristorem

S výkladem základních vlastností tyristoru jsme již u konce. Přesto bychom měli alespoň naznačit jeho výhodné použití při řízení elektrického výkonu, dodávaného zdrojem střídavého napětí. V obvodu můžeme ovládat spínač řídicího napětí tak, že řídicí impulsy se fázově posouvají po časové ose, tzn., že je z polohy, naznačené na obr. 5a posuneme do polohy, uvedené na obr. 5b. V každé periodě tedy dojde k jejich zpoždění a stejně dojde i ke zpoždění okamžiku, v němž tyristor spíná. Proud v pracovním obvodu tyristoru ovšem dosahuje nuly vždy ve stejném okamžiku, tj. tehdy, když mění napětí svoji polaritu, na začátku záporné půlperrody napětí $u(t)$. Změnou fáze řídicích impulsů tedy měníme efektivní i stejnosměrnou hodnotu zatěžovacího proudu, procházejícího odporem R_Z .

Zdroj: Doc. Ing. Vladimír Suchánek, CSc. – Dioda, tranzistor a tyristor názorně