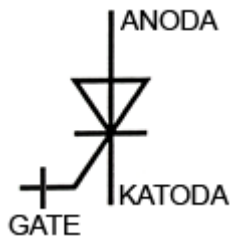


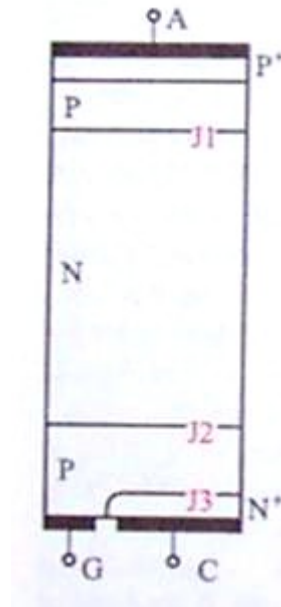
Otázka č.4

Silnoproudé spínací polovodičové součástky – tyristor, IGBT, GTO, triak – struktury, vlastnosti, aplikace.

1) Tyristor



Schematická značka

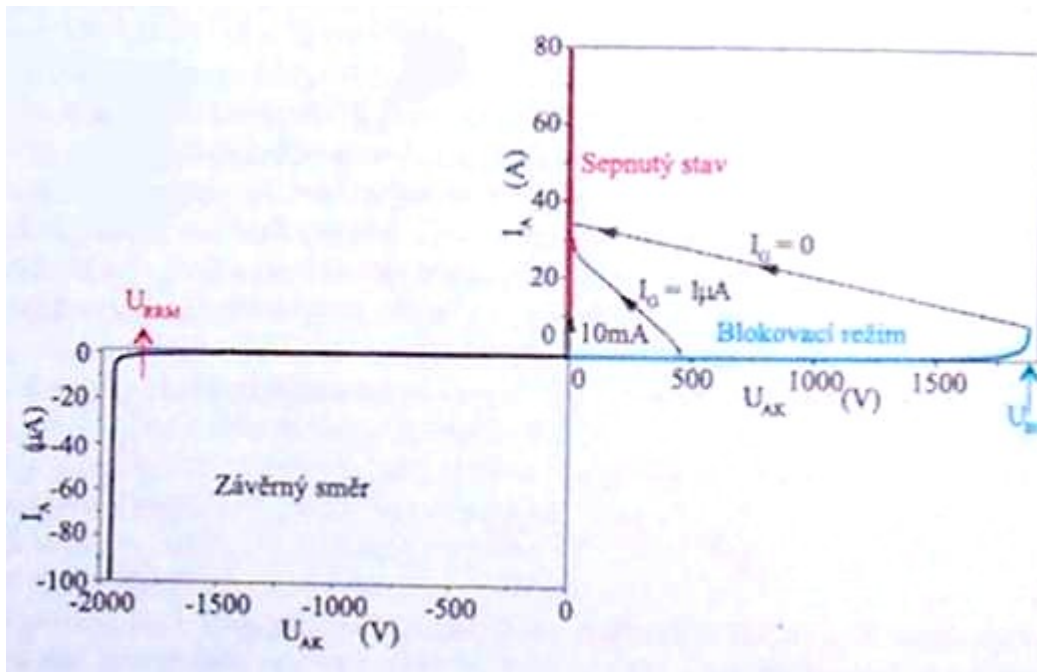


Struktura

Tyristor má 3 PN přechody a 4 vrstvy.

Jde o spínací součástku, jejíž sepnutí probíhá proudovým impulzem do řídicí elektrody, po jehož skončení **zůstává součástka sepnutá!** (na rozdíl od bipolárního tranzistoru)

Tyristorem lze spínat i velké výkony a k jeho ovládní postačí jednoduchý řídicí obvod s malým příkonem.



VA charakteristika tyristoru

Závěrný směr

Při napětí anoda – katoda $U_{AK} < 0$ V

Přechody J1, J3 polarizovány závěrně, J2 propustně (viz. obr. struktury). Součástka nevede proud. Hodnota průrazného napětí U_{RRM} je dána přechodem J1, při jeho překročení nastává destruktivní lavinový průraz.

Blokovací režim

0 V $< U_{AK} < U_{BO}$ a zároveň $I_G = 0$ A

Přechody J1 a J3 polarizovány propustně, J2 brání průchodu anodového proudu.

Spínání tyristoru

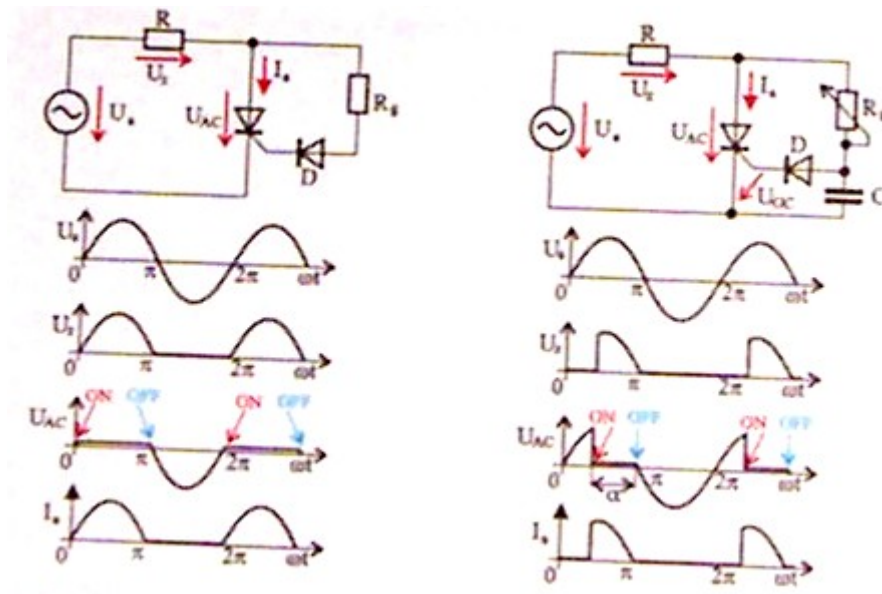
Při $U_{AK} > U_{BO}$ dojde k lavinovému průrazu J2 a anodový proud narůstá. Vlivem zvýšené koncentrace volných nosičů náboje dochází ke zvýšení vodivosti tyristoru, a tudíž poklesu U_{AK} . Tyristor se dostává do sepnutého stavu. Tento způsob je však nevhodný a těžko ovladatelný, jelikož hodnota U_{BO} je vysoká a neznáme ji přesně.

Poteče-li proud řídicí elektrodou G, bude většina elektronů vtažena elektrickým polem závěrně polarizovaného J2 a jsou urychleny směrem k anodě, což vyvolá injekci děr opačným směrem (od anody ke katodě), což ještě podpoří další vstřík elektronů, atd. Vzniklá kladná vazba dokáže udržet tyristor v sepnutém stavu i při $I_G = 0$ A, dokud procházející anodový proud neklesne pod hodnotu tzv. vratného proudu.

Úbytek napětí na sepnutém tyristoru je zhruba 1,7 – 2,5 V.

Vypínání tyristoru

Přechod tyristoru ze sepnutého (propustného) do stavu blokovacího docílíme **tím, že snížíme hodnotu protékajícího proudu tyristorem pod hodnotu vratného proudu I_H** . Další způsob vypínání tyristoru je krátkodobá komutace anodového proudu do závěrného směru. Pokud je tyristor zapojen v obvodu střídavého proudu, pak k vypnutí dochází v každé periodě pracovního napětí U_{AK} . Je-li tyristor zapojen v obvodu stejnosměrného proudu, je nutno vypnutí zabezpečit vnějšími obvody. Bezprostředně po proudové komutaci bude blokovací přechod a řídicí přechod nasycen volnými nosiči, které představují určitý náboj. Po dobu, dokud se tento náboj ze struktury tyristoru neodčerpá, bude se chovat tyristor stejně jako v sepnutém stavu. Doba potřebná pro odčerpání náboje se nazývá *vypínací doba*.



Obvody střídavého proudu spínající zátěž R tyristorem. V prvním případě vždy na začátku periody. V druhém ve zvoleném časovém okamžiku.

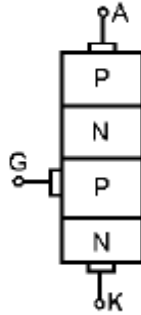
Tyristor GTO (gate turn off)

Nevýhodou tyristoru je, že k jeho vypnutí je v obvodech stejnosměrného napětí nutno komutovat proud anodou, což obvod poměrně zesložituje. Proto byl vyvinut tzv. GTO tyristor.

GTO tyristor je podobně jako obyčejný tyristor spínací čtyřvrstvá polovodičová součástka s třemi P-N přechody. Speciální struktura a tvar vrstev mu však dává novou, významnou vlastnost: **pomocí proudu řídicí elektrody je možné GTO tyristor nejen zapnout, ale i vypnout.**

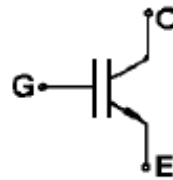
Spínání tedy probíhá přivedením kladného proudu na elektrodu Gate a vypnutí přivedením záporného.

Protože průrazné napětí přechodu mezi oblastí Gate a Katody je asi 25 V nebylo by možno spínat velké proudy a napětí. Proto je Katoda tvořena stovkami paralelně spojených segmentů, pospojovaných elektrodou ve tvaru mezikruží.



Struktura GTO

2) IGBT

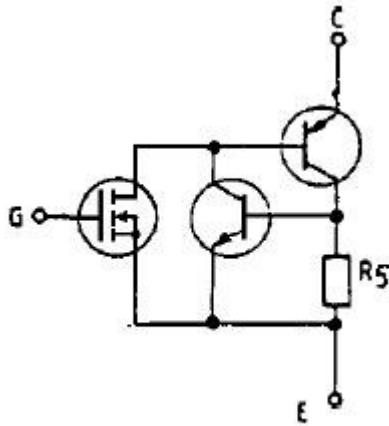


Schematická značka

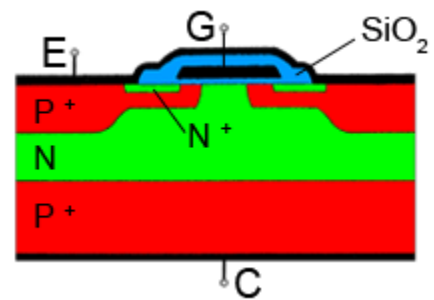
Insulated Gate Bipolar Transistor = bipolární tranzistor s izolovanou řídicí elektrodou

IGBT v sobě **kombinuje unipolární a bipolární princip vodivosti.**

Slouží ke **spínání velkých napětí od 600 V až do 6 kV.**



Náhradní schéma



Struktura IGBT

Pozn.: Elektrody jsou označovány jako Emitor a Colektor pouze z důvodu snahy o analogii s bipolárem.

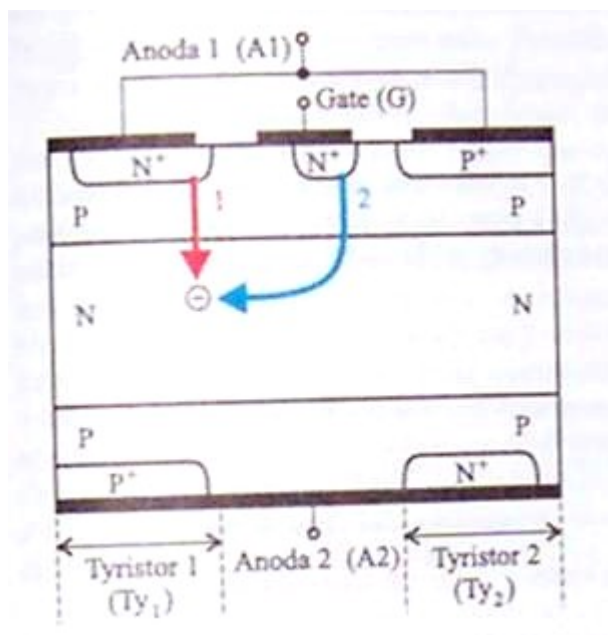
Funkce

Připojením napětí na **Gate** se vytvoří v emitorové oblasti **P** vodivý kanál spojující oblast typu **N** **Emitoru** se střední oblastí tranzistoru (stejně jako u MOSFETu). Důvodem velké výkonové zatížitelnosti je značná tloušťka střední oblasti s vodivostí **N**. Takto funguje tranzistor DMOS (blíže viz. [1]). U něj se však při velkých napětích začne uplatňovat velký odpor této střední vrstvy **N**. Proto je u IGBT využito ke zvýšení vodivosti injekce děr z oblasti **Colektoru** do **Emitorové** oblasti typu **P**. Jde vlastně o bipolární tranzistor PNP, kterého si můžete povšimnout na náhradním schématu.

Pozn.: Druhý NPN tranzistor je parazitním jevem. Stejně tak je parazitou struktura tyristoru, kterou tvoří všechny 4 vrstvy IGBT – jeho sepnutí by bylo nežádoucím jevem.

3) Triak

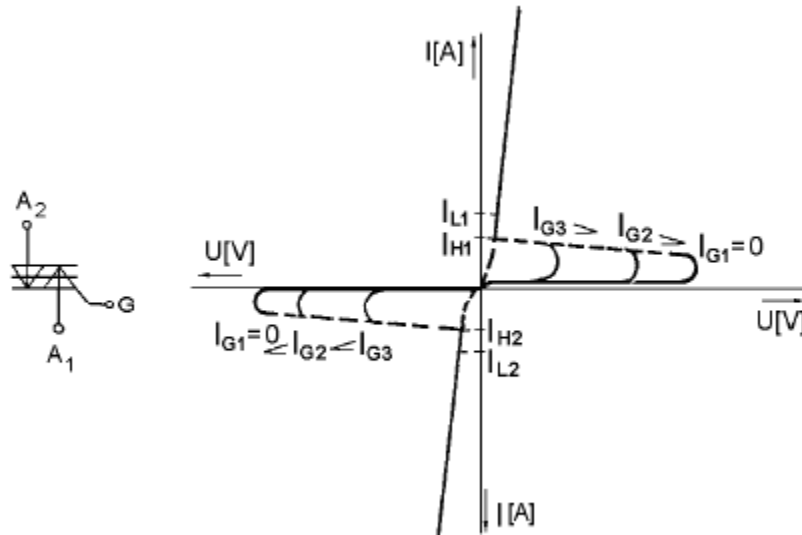
Triak je pětivrstvá polovodičová součástka obsahující dvě výkonové elektrody **A1** a **A2** a řídicí elektrodu **G**.



Struktura triaku

Funkce

Je schopný vést střídavý proud - vede ve dvou směrech, do vodivého stavu se dostane **řídícím signálem libovolné polarity** (v závislosti na polaritě I_G dojde k injekci elektronů či děr, podle šipek 1 nebo 2). Parametry V-A charakteristiky mají stejný význam jako u tyristoru, vzhledem k symetrickým vlastnostem triaku **není rozlišen propustný a závěrný směr**. Triak vypne, když anodový proud klesne pod velikost vratného proudu I_H (stejně jako u tyristoru). V obvodě se chová jako dvojice antiparalelně zapojených tyristorů s tím rozdílem, že musí vypnout během krátké doby v okolí přechodu anodového proudu nulou. Proto je jeho použití omezené na **nízké kmitočty** zhruba do několika stovek Hz.



Schematická značka a voltampérová charakteristika

Doporučená literatura:

1) Vobecký, Záhlava. *ELEKTRONIKA: součástky a obvody, principy a příklady*. (strany 150 - 167 ve 2. vydání)

Kontakt na autora textu:

spurnj1@fel.cvut.cz