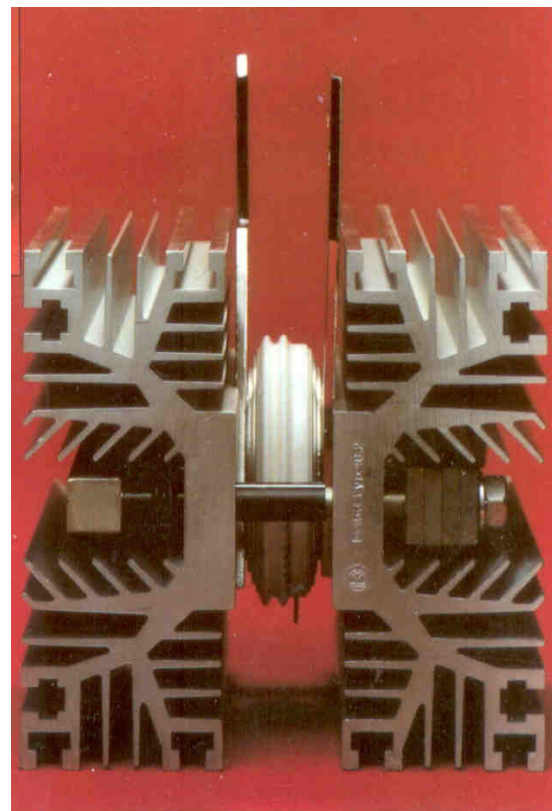


ELEKTROTECHNIKA I

11. přednáška

Tyristory

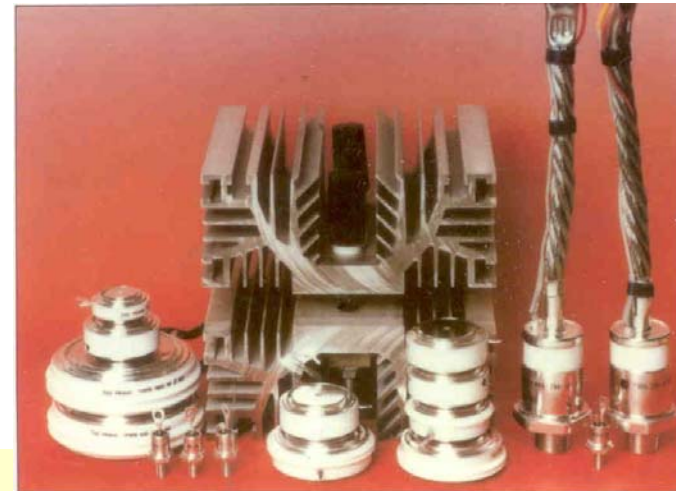
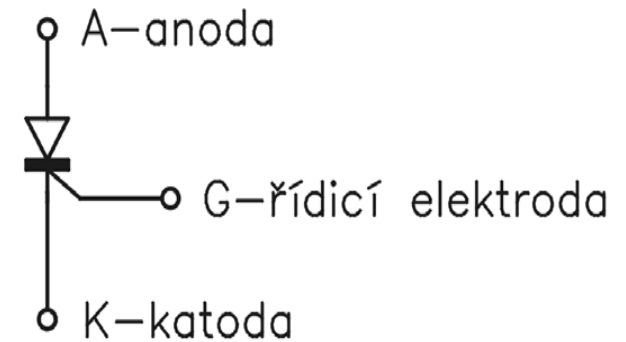
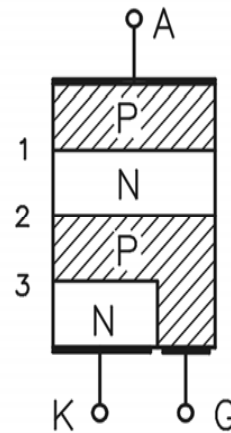


Tyristor

polovodičová součástka

- čtyřvrstvá struktura PNPN
- tři přechody

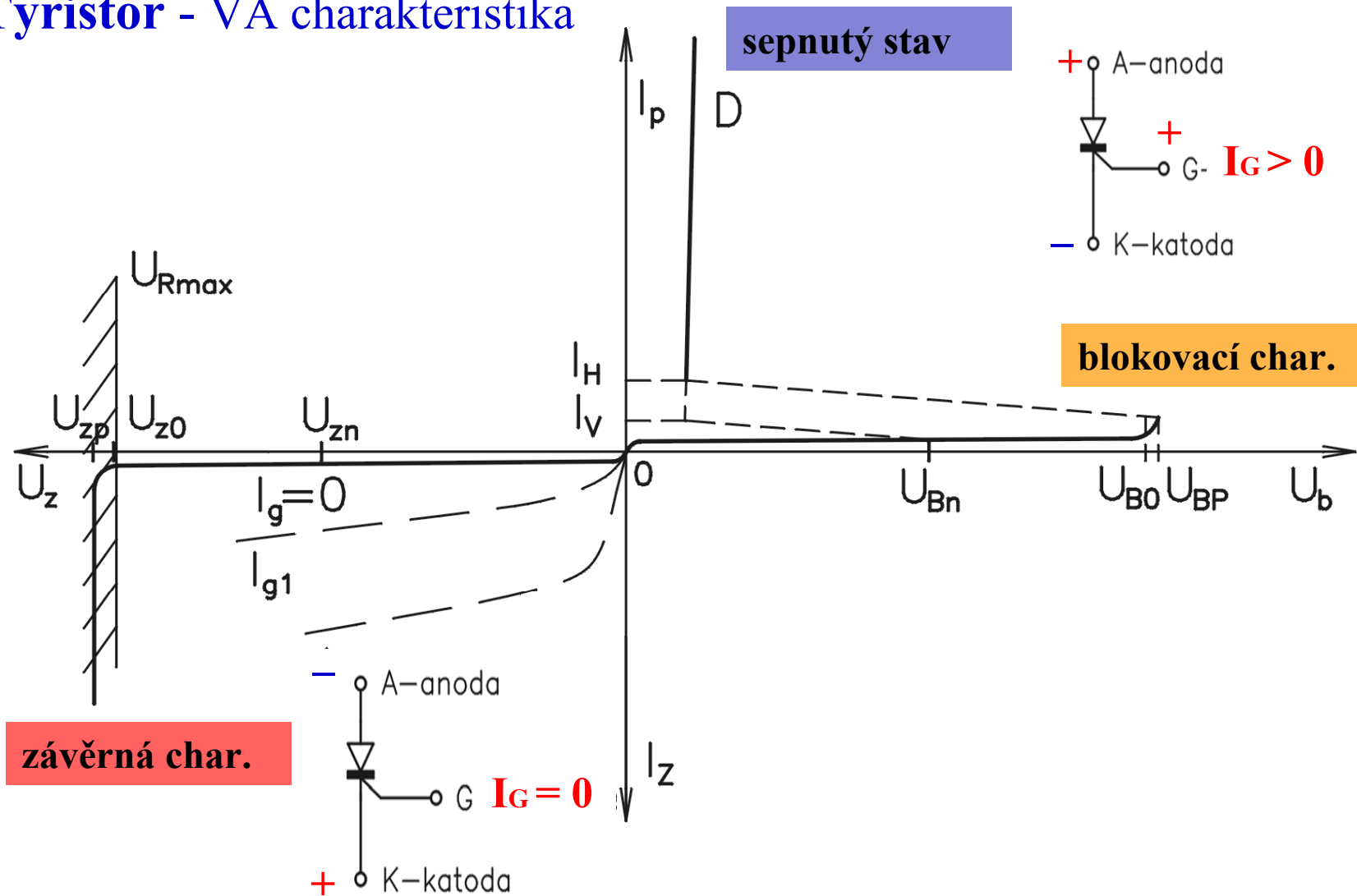
- při polarizaci + na A, - na K je uzavřen přechod 2,
- při polarizaci - na A, + na K jsou uzavřeny přechody 1 a 3, $\Rightarrow$ blokování průchodu proudu



Použití

ve výkonové elektronice jako **bezkontaktní spínač proudů** (až několika tisíc ampér v obvodech s napětím do několika tisíc voltů)

Tyristor - VA charakteristika



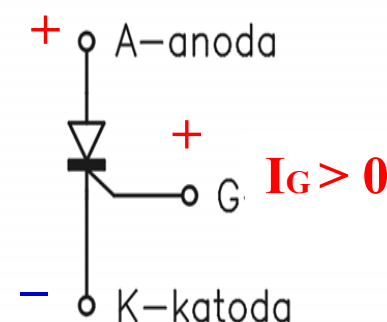
Sepnutí tyristoru

musí být splněny 2 podmínky:

- 1) přivedení kladného napětí na anodu A oproti katodě K
- 2) přivedení kladného proudového impulsu na řídicí elektrodu
(proti katodě)

Tyristor se teoreticky sepne též:

při $I_G = 0 \wedge U_{BP} > U_{BO}$ - nepoužívá se, hrozí zničení!

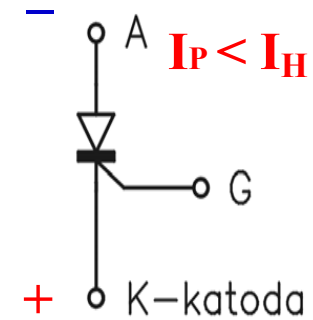


V sepnutém stavu tyristoru již nelze jeho stav změnou I_G změnit, ani regulovat velikost proudu tyristorem (je dán pouze napájecím napětím a odporem zátěže).

Vypnutí tyristoru

dva způsoby:

- zmenšením zatěžovacího proudu I_p pod hodnotu vratného proudu I_H
- a) krátkodobým převedením tyristoru vnějším zdrojem do závěrného směru – tzv. nucená komutace



Tyristor nelze vypnout odstraněním proudu I_G

Mezní parametry tyristorů

- výrobcem uváděny v katalogu

Statické parametry

- **maximální proud I_{Amax}**
dán mohutností a chlazením PN přechodu, vyrábějí se tyristory pro $I_{Amax} = 1A$ až tisíce A
- **zapínací proud řídící elektrody I_{Gmin}**
má velikost okolo tisíciny maximálního proudu I_{Amax} .
- **vypínací proud $I_{A OFF}$**
má velikost okolo tisíciny maximálního proudu $I_{A max}$.
- **maximální blokovací napětí U_{bmax}**
je 100 V až 6 kV
- **maximální závěrné napětí U_{Rmax}**
je 100 V až 6 kV

Dynamické parametry

- uplatňují se při přechodu z vodivého do nevodivého stavu a naopak

- **strmost anodového napětí du/dt**

při velké strmosti anodového napětí dochází vlivem kapacitních proudů k nežádoucímu zapnutí tyristoru

- **strmost anodového proudu di/dt**

přechod do vodivého stavu neprobíhá okamžitě – vodivá oblast kolem G se postupně rozšiřuje, velká strmost → místní přehřátí
snížení strmosti - vnějším rezistorem nebo zvětšením indukčnosti obvodu

- **doba zapnutí t_{on}**

doba od okamžiku přivedení řídicího pulzu do okamžiku, kdy proud tyristorem dosáhne 90 % ustálené hodnoty

- **doba vypnutí t_{off}**

doba potřebná k obnovení řídicí schopnosti tyristoru v propustném směru

Řízení tyristorů

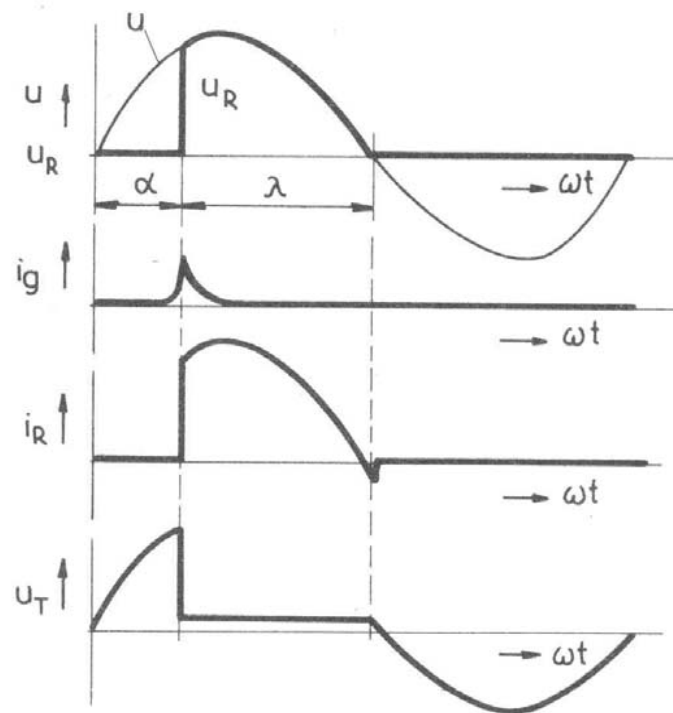
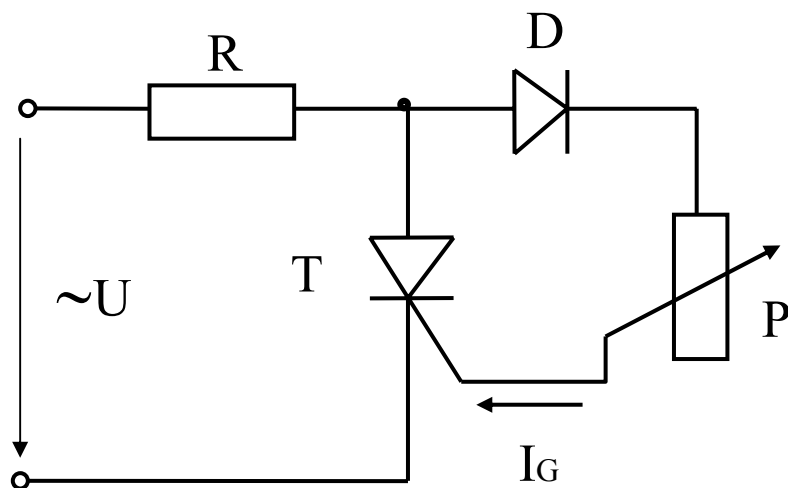
Sepnutí tyristoru

- lze ovládat pomocí řídících impulsů
- lze tak vhodně měnit fázi řídícího napětí ve vztahu k napětí sítě a tím měnit i množství energie dodávané do zátěže (tzv. fázové řízení např. usměrňovače.)

Vypnutí tyristoru

1. Obvody se střídavým napájením (s přirozenou komutací)
 - **tyristor se samočinně vypne** při průchodu proudu nulou,
2. Obvody se stejnosměrným napájením (s nucenou komutací)
 - proud zde nikdy přirozeně neklesne k nule $\Rightarrow$ proud musíme snížit na nulovou hodnotu **vnějším zásahem**.

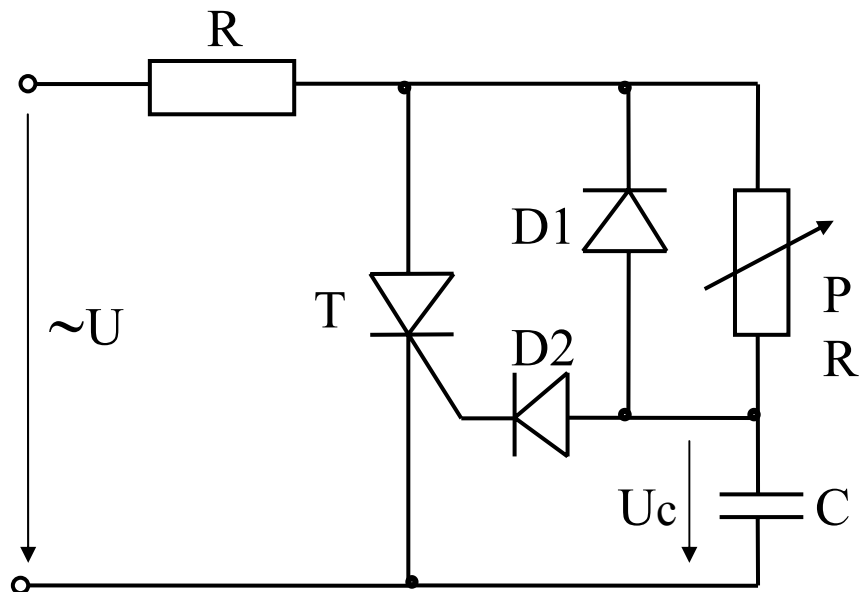
Obvody se střídavým napájením (s přirozenou komutací)



Řídicí napětí je odvozeno od napětí sítě,

- změna odporu potenciometru P umožňuje volbu okamžiku sepnutí tyristoru v rozsahu $\alpha \in (0, 90^\circ)$ kladné půl periody napájecího napětí.
- záporná půl perioda napájecího napětí je blokována diodou D

Obvody se střídavým napájením (s přirozenou komutací)



Řídicí puls napětí je odvozen od napětí sítě, resp. napětí na kondenzátoru

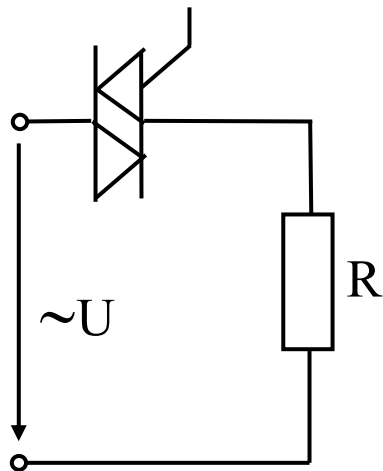
- volba okamžiku sepnutí tyristoru v rozsahu $\alpha \in (0, 180^\circ)$ kladné půlvlny napájecího napětí
- v kladné půl periodě se kondenzátor nabíjí přes odpor potenciometru, při záporné půlvlně se vybíjí přes diodu $D1$

Triak

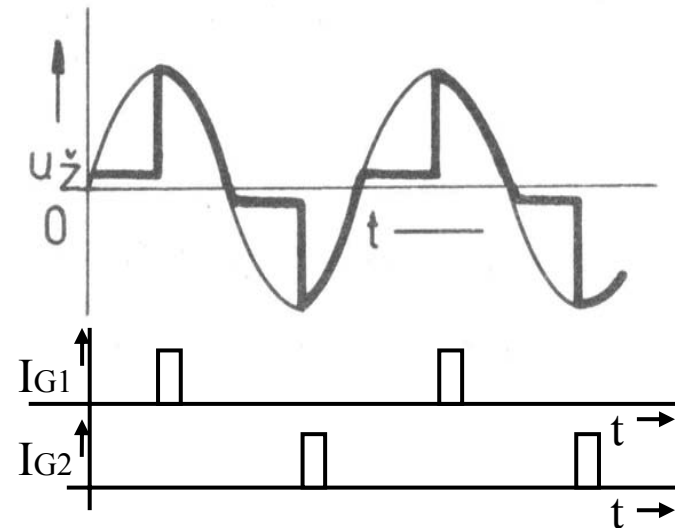
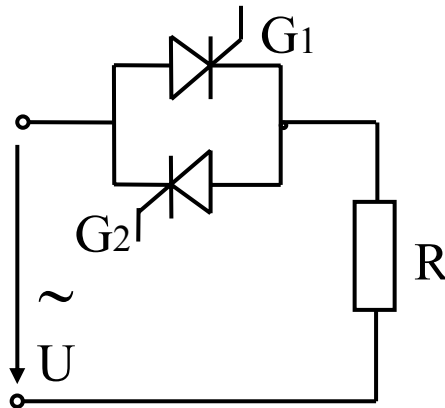
- polovodičový spínací prvek schopný vést elektrický proud oběma směry,
- vlastnosti triaku přibližně odpovídají vlastnostem dvou antiparalelně zapojených tyristorů, u kterých jsou řídící elektrody propojeny v jednu,
- výhodou - jednoduché zapojení do elektrických obvodů.

Regulace výkonu

a) s triakem,

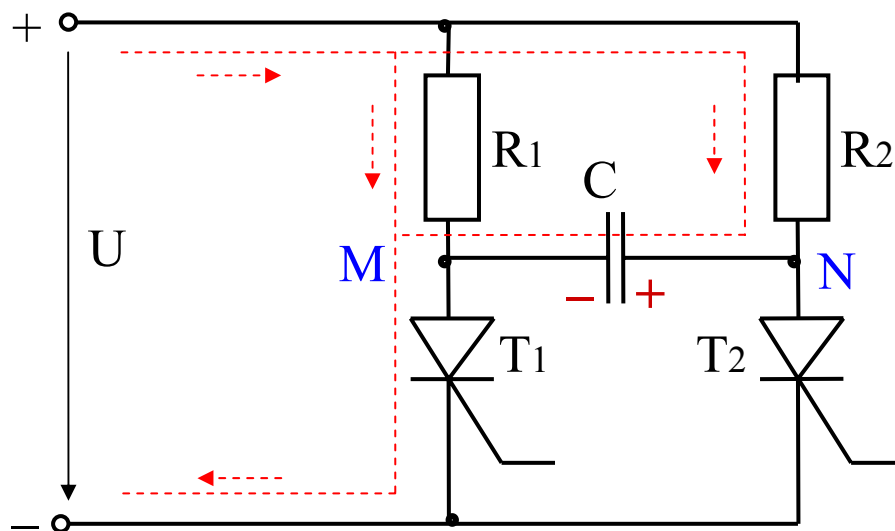


b) s dvojicí antiparalelních tyristorů



Obvody se stejnosměrným napájením (s nucenou komutací)

Vypnutí tyristoru nutno zajistit použitím pomocného obvodu.



$$C = \frac{1,45 \cdot t_v \cdot I_Z}{U}$$

$$\tau = R \cdot C$$

- sepnutí tyristoru T1 přivedením řídicího pulzu na jeho řídicí elektrodu,
- C se nabije dle polarity na obr.
- vypnutí T1 zajistíme sepnutím T2

K vypínání stejnosměrného proudu je vždy třeba dvou tyristorů.

Užití tyristorů

- **řízené usměrňovače**
lze ovládat okamžik sepnutí a tím měnit velikost usměrněného výstupního napětí (na rozdíl od diod),
- **řízené spínače**
ve stejnosměrných obvodech
- **pulzní měniče**
bezeztrátové řízení otáček stejnosměrných motorů
- **měníče kmitočtu**
- **střídače**
pro kmitočtovou regulaci otáček střídavých elektrických pohonů