

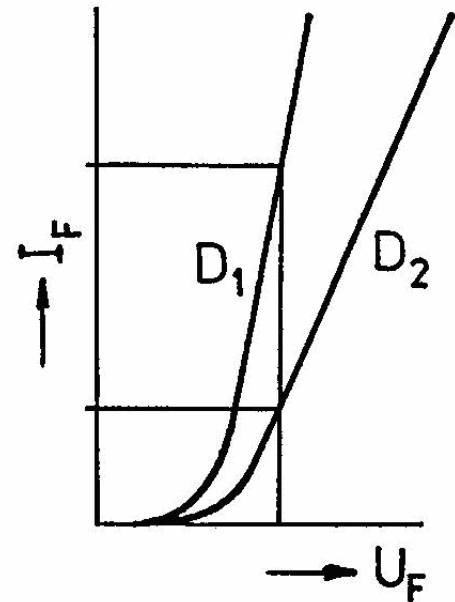
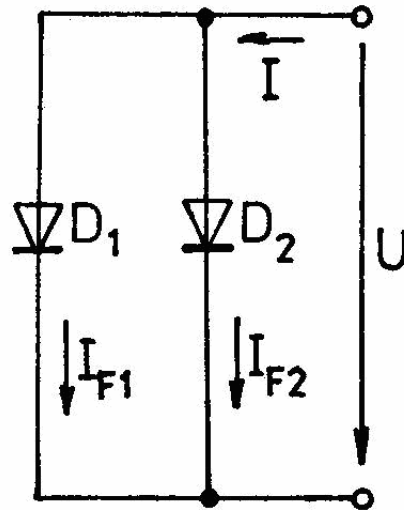
ZÁSADY PARALELNÍHO A SÉRIOVÉHO ŘAZENÍ SOUČÁSTEK VE VÝKONOVÝCH OBVODECH

Jestliže je v dané aplikaci vyžadován větší proud než jaký je možno získat použitím jedné součástky, je třeba součástky zapojovat paralelně.

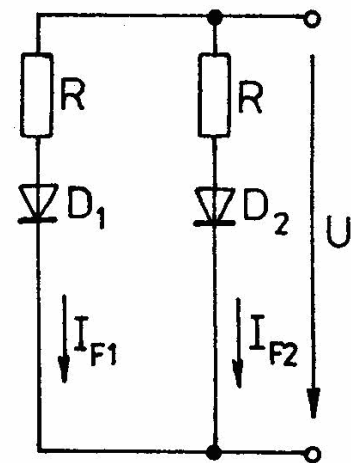
Pro řadu aplikací (zejména v oblasti trakce a energetiky) převyšuje pracovní napětí závěrná a blokovací napětí dosažitelná na polovodičových součástkách a součástky je nutno pro udržení přípustných napěťových zatížení zapojovat do série.

PARALELNÍ ŘAZENÍ VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK

Při **paralelním řazení součástek** je na všech součástkách **stejné napětí**, proudy se rozdělují mezi jednotlivé součástky podle statických nebo dynamických V-A charakteristik.

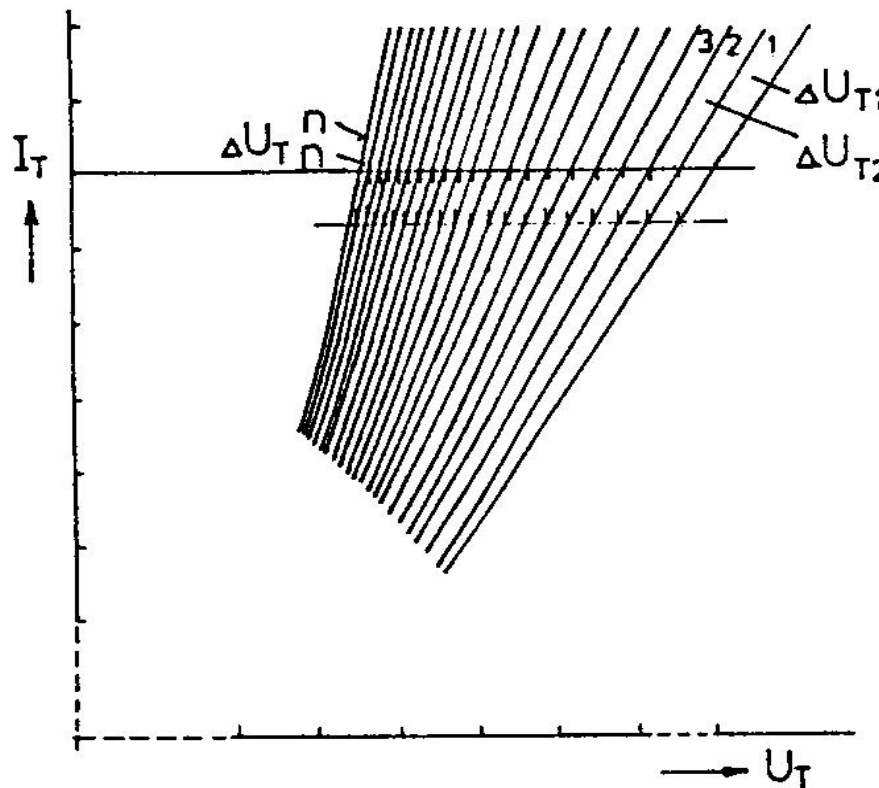


Jednoduchou možností vyrovnání proudu v paralelně zapojených součástkách je zapojení odporu do série ke každé z paralelně zapojených součástek



U výkonových tyristorů a diod se provádí třídění součástek do skupin s blízkou propustnou charakteristikou

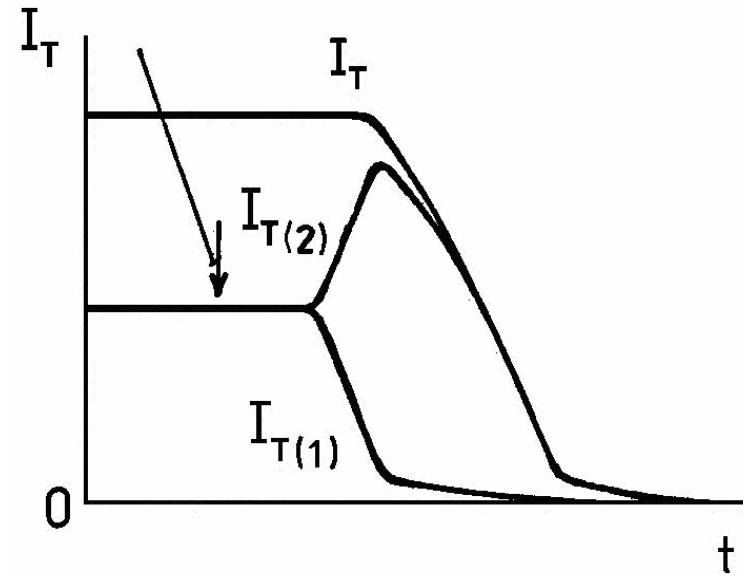
Skupiny jsou určovány ze statické propustné charakteristiky obvykle tak, aby při paralelním zapojení dvou součástek z jedné skupiny byl maximální rozdíl v proudech součástkami stejný pro všechny skupiny.



Je výhodné používat k paralelnímu řazení všechny součástky ze stejné úbytkové skupiny, čímž se dosáhne vyrovnání proudu v součástkách bez přídavných obvodů.

Kromě vyrovnávání proudů za statických podmínek je nutné přizpůsobení součástek v dynamickém režimu.

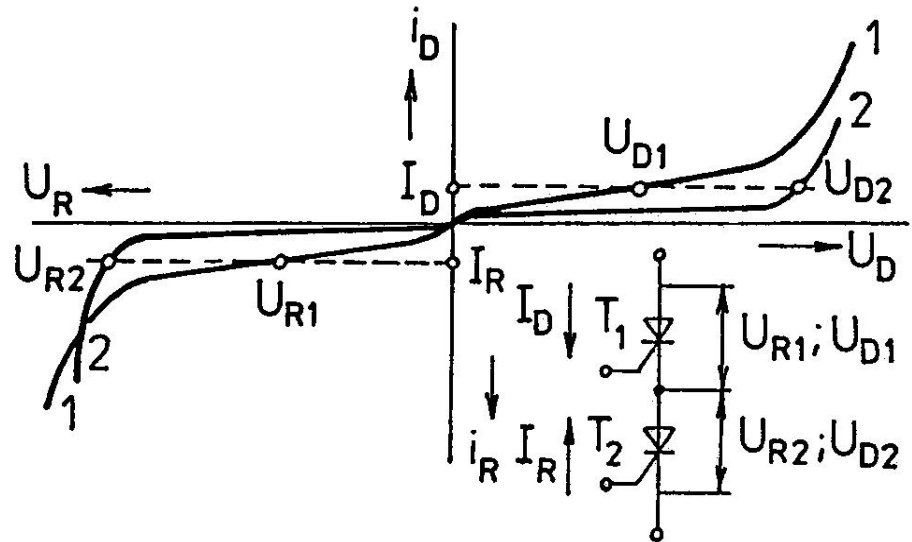
V případě paralelního řazení součástek je důležité, aby rozdíl dob zpoždění při zapínání a dob přesahu při vypínání byl co nejmenší.



Je proto třeba vybírat pro paralelní řazení součástky s vhodně přizpůsobenými parametry (pečlivý výběr činí výrobci při paralelním spojování součástek ve vysokovýkonových modulech).

SÉRIOVÉ ŘAZENÍ VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK

Při zapojení dvou součástek (např. tyristorů) do série protéká oběma stejný proud. Na součástkách se ustaví napětí, které odpovídá závěrné nebo blokovací charakteristice jednotlivých součástek



K docílení rovnoměrného rozdělení napětí na jednotlivé sériově řazené součástky by bylo třeba spojovat do série součástky se shodnými závěrnými charakteristikami.

Součástky musí mít prakticky shodné jak závěrné, tak propustné charakteristiky, aby nedocházelo k rozdílům oteplení vlivem propustných ztrát

Při sériovém řazení běžně dostupných součástek jsou za účelem vyrovnání rozložení napětí připojovány k jednotlivým součástkám paralelně dělicí odpory

Nejnepříznivější případ

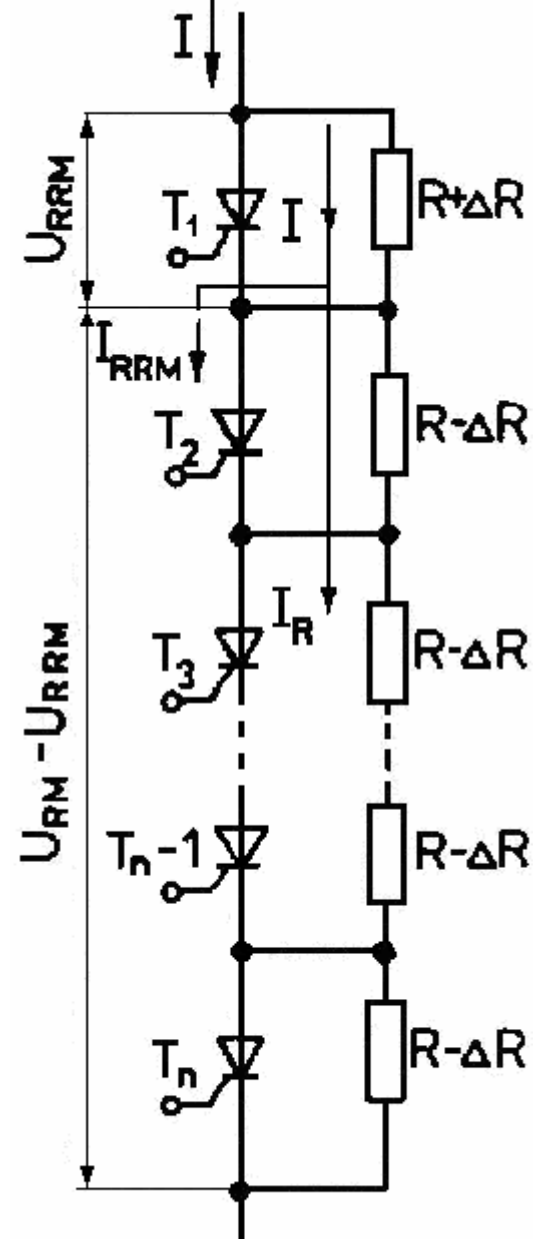
$$U_{RRM} = (I_{RRM} + I_{(R)}) (R + \Delta R)$$

$$U_{RW} = U_{RRM} + (n - 1) I_{(R)} (R - \Delta R)$$

minimální počet n součástek zapojených do série

$$n \geq 1 + \frac{U_{RW} - U_{RRM}}{U_{RRM}} \frac{1 + \frac{\Delta R}{R}}{1 - \frac{\Delta R}{R}}$$

$$R = \frac{1}{I_{RRM}} \left[\frac{U_{RRM}}{1 + \frac{\Delta R}{R}} - \frac{U_{RW} - U_{RRM}}{(n - 1) \left(1 - \frac{\Delta R}{R}\right)} \right]$$



ztrátový výkon $\sim 0,7 U_{RRM}^2/R$

Při dynamickém zatěžování sériově zapojených součástek problémy s rozdílným dynamickým chováním jednotlivých součástek.

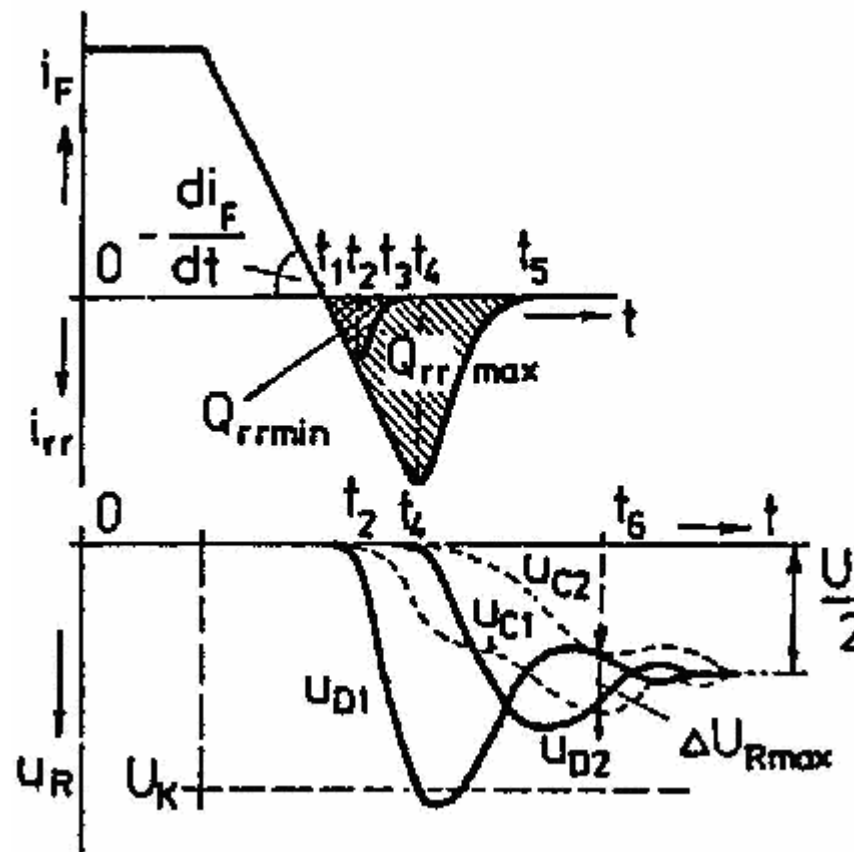
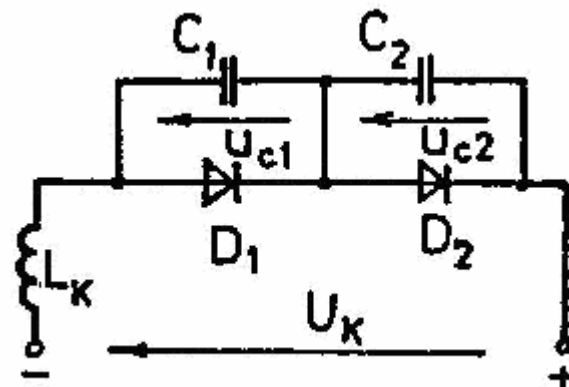
Při zapínání součástek je nepříznivý zejména rozptyl v dobách zpoždění t_d .

Při vypínání jsou problémy způsobeny rozdíly v dobách přesahu jednotlivých součástek v průběhu vypínacího procesu.

K eliminaci rozdílů v dobách přesahu se používá připojení paralelních kapacit

$$\Delta U_{Rmax} = \frac{Q_{rrmax} - Q_{rrmin}}{C}$$

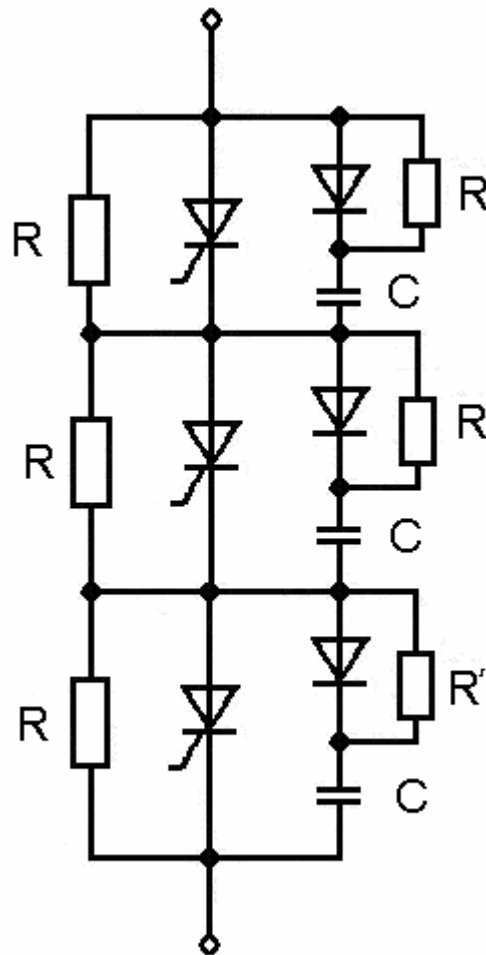
$$C \geq \frac{(n-1)Q_{rrmax}}{nU_{RWM} - U_{WM}}$$



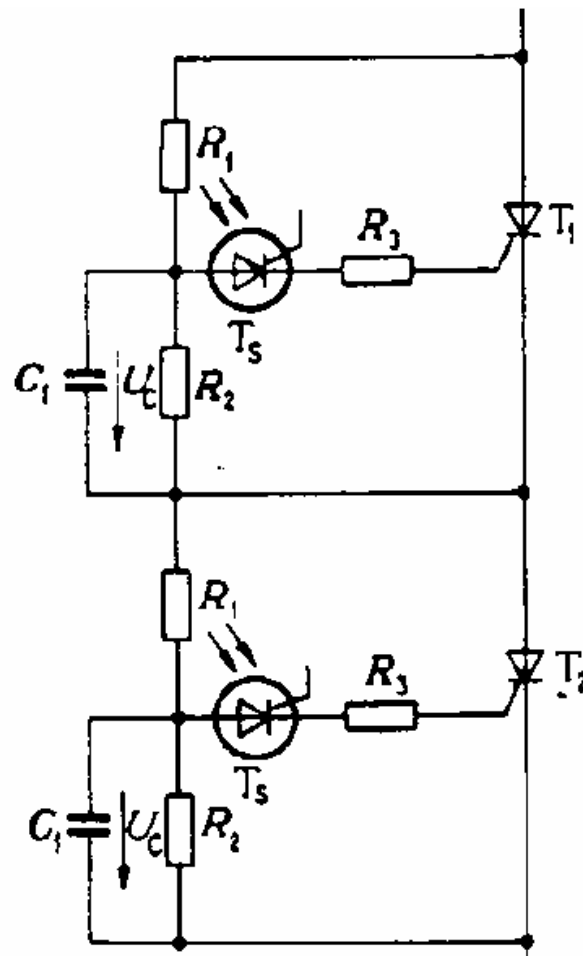
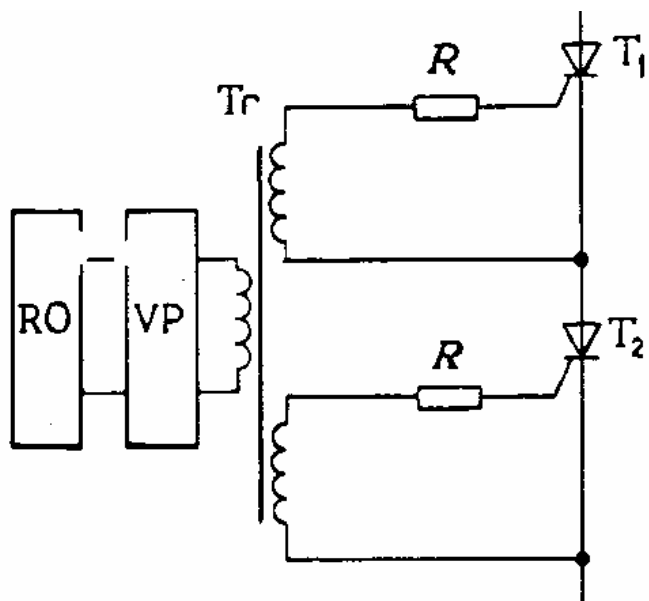
Paralelně k součástkám se připojují RC nebo RDC členy, které vytvářejí napěťové děliče v dynamických podmínkách

Pomocné obvody mají za následek zvětšení objemu a ceny zařízení, zvyšuje se pravděpodobnost vzniku poruch.

Je třeba minimalizovat počty součástek zapojených v sérii

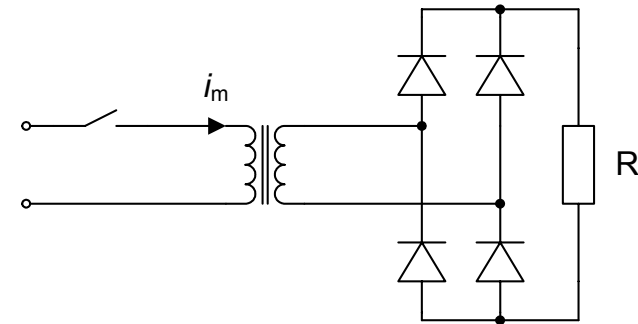


Zdroje řídicích signálů pro sériové zapojení součástek



Přepět'ové a nadproudové ochrany výkonových polovodičových zařízení

Vstupní přepětí vznikají při zapínání a vypínání proudu vstupního transformátoru



Vnitřní přepětí vzniká přímo v jištěném zařízení, nejčastěji při přerušení proudu v obvodu s indukčností při vypnutí součástky

Výstupní přepětí vzniká při rozpojení obvodu zátěže, zejména má-li zátěž induktivní charakter. Velikost přepětí je tím vyšší, čím rychleji dojde k přerušení výstupního proudu

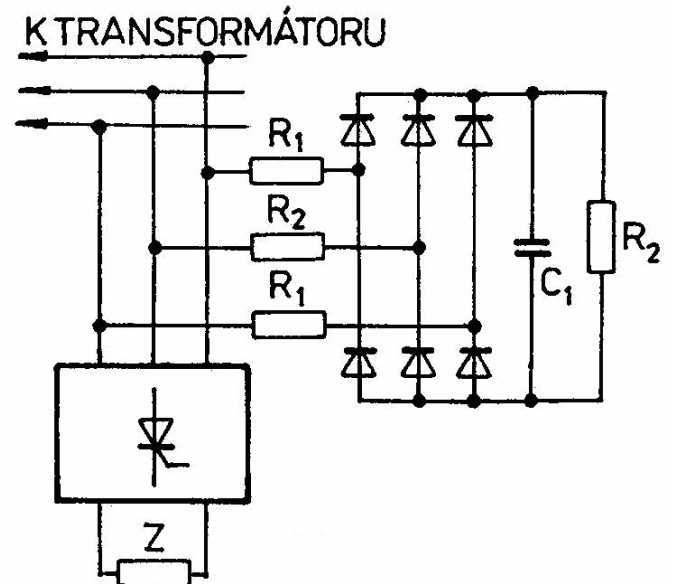
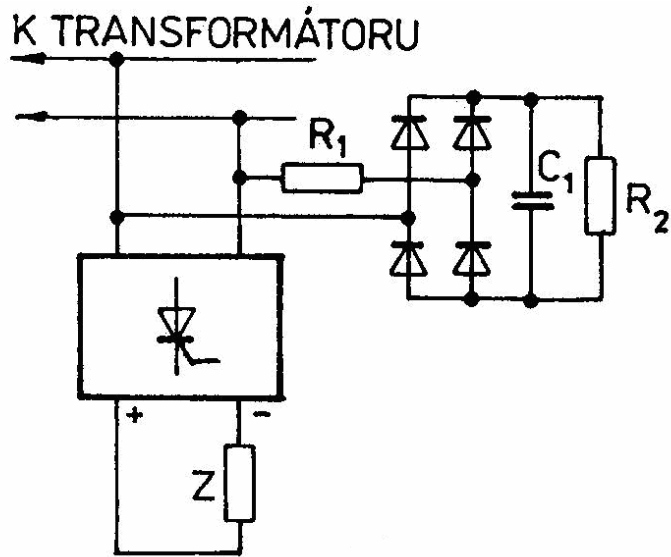
$$W_L = \frac{1}{2} L I_k^2 = \frac{1}{2} C (U_k^2 - U_0^2)$$

$$U_k = \sqrt{\frac{L}{C} I_k^2 + U_0^2}$$

POUŽITÍ ČLENU RC

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{L}{C} I_k^2 + U_0^2}$$

Plovoucí vstupní přepětová ochrana



V případě vzniku možných vnitřních přepětí se používají členy RC nebo členy RDC jako tzv. odlehčovací obvody

Velikost prvků C, R v odlehčovacích obvodech se volí vždy s ohledem na poměry v obvodu, ve kterém součástka pracuje

Požadujeme-li aby napětí na tranzistoru po celou dobu poklesu proudu nepřekročilo hodnotu U_0

$$C \geq \frac{5I_C t_f}{8U_0}$$

$$U_0 \approx 0.5U_{CEOsus}$$

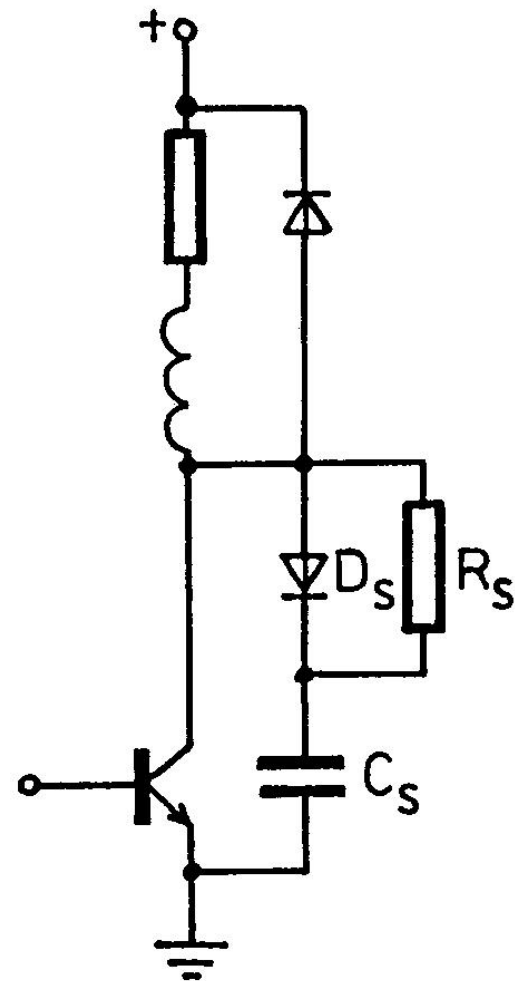
$$C \geq \frac{I_C t_f}{U_{CEOsus}}$$

Velikost odporu musí splňovat podmínku

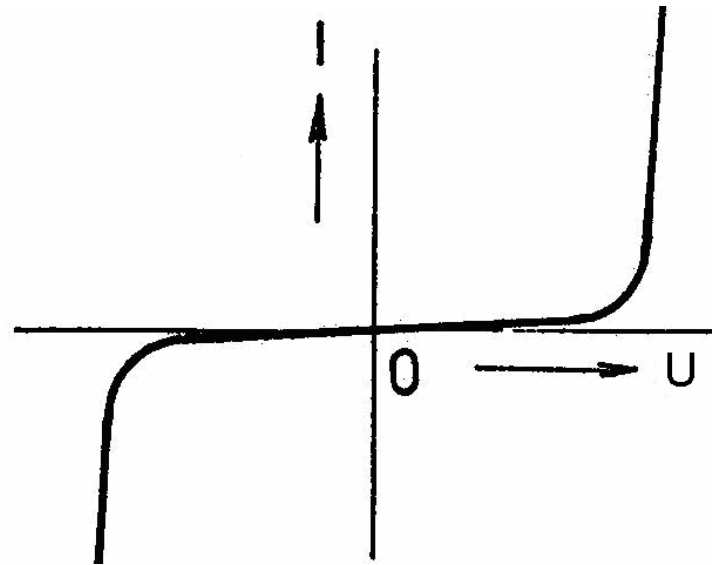
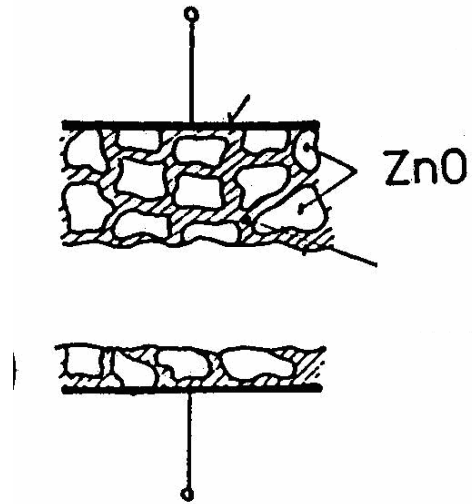
$$\frac{t_p}{C} \geq R \geq \frac{U_{CW}}{I_{CM} - I_L - I_{rrM}}$$

Ztráty v odlehčovacím členu

$$P_Z = \frac{1}{2} C U_{CW}^2 f$$



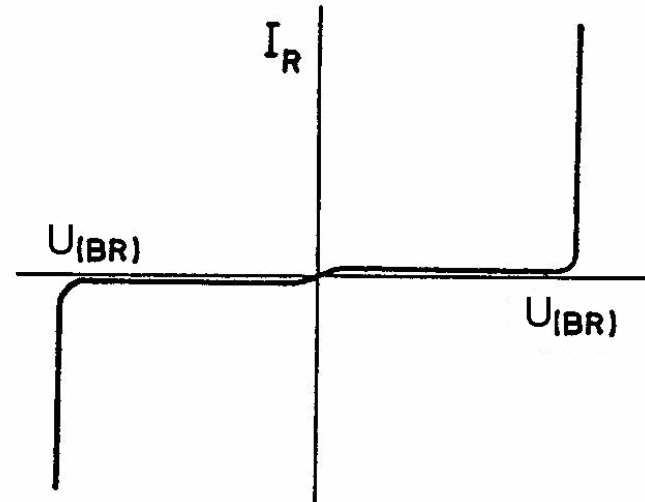
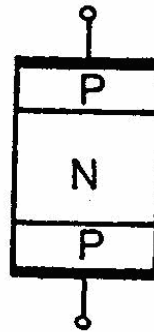
Varistor



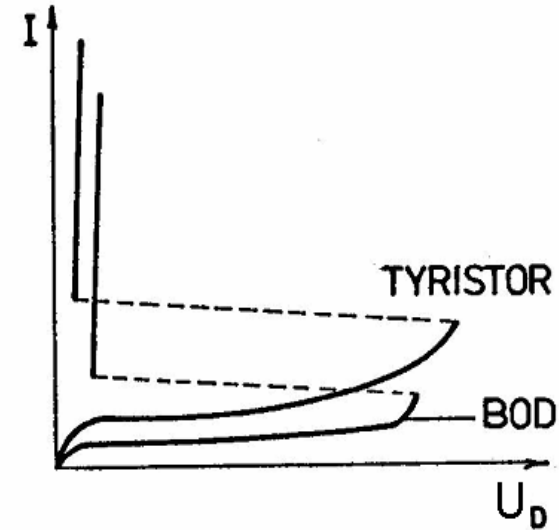
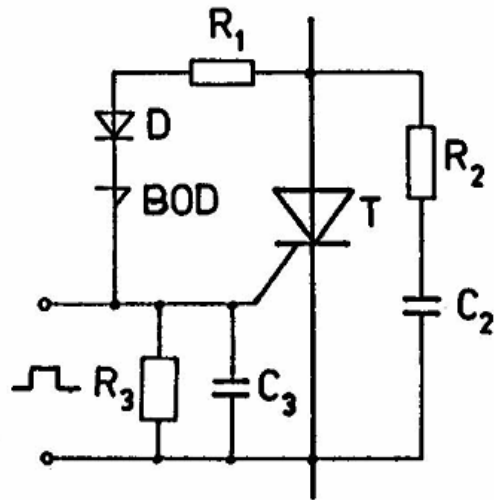
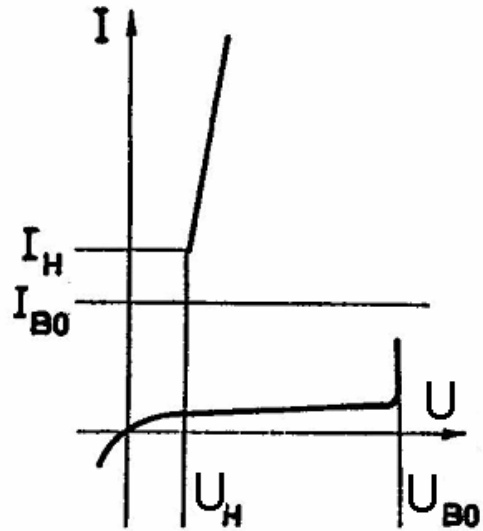
$$I = AU^\beta$$

lavinové jisticí diody

(pracují na principu stykového průrazu)



Break Over Diodes (BOD)



JIŠTĚNÍ PROTI PROUDOVÉMU PŘETÍŽENÍ

Polovodičové součástky mají určitou proudovou přetížitelnost. (FBSOA)

Největší přetížitelnost mají tyristory a diody

- Křivkou proudové přetížitelnosti
- Parametr I^2t

Parametr I^2t vyjadřuje přetížitelnost součástky pro $t \leq 10$ ms a je důležitý zejména pro výběr předřadných pojistek, jejichž I^2t bude menší než I^2t polovodičové součástky. Rychlé tavné pojistky jsou nejdůležitějšími nadproudovými ochranami diod a součástek tyristorového typu.

Přetížitelnost tranzistorů (MOS, IGBT, BJT) je podstatně menší a je obvykle udávána vyznačením bezpečné pracovní oblasti,

přetížení může trvat pouze velmi krátkou dobu (řádově desítky μ s)

Aktivní ochrany

- rychlé vypnutí součástky před překročením maximálního přípustného proudu je možno použít u všech plně řízených součástek (BJT, MOS, IGBT, GTO)

V okamžiku, kdy čidlo proudu detekuje překročení nastavené maximální přípustné úrovně je součástka řídicím obvodem vypnuta

- zkratování zdroje

V případě překročení nastavené úrovně proudu je generován zapínací řídicí signál pro tyristor, který svým sepnutím uvede vstup zařízení do zkratu a vyvolá působení běžných pasivních nadproudových ochran (pojistky).

