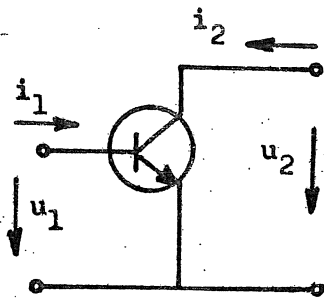


## II. URČENÍ ČTYŘPÓLOVÝCH PARAMETRŮ TRANZISTORŮ z charakteristik a ze změn napětí a proudů

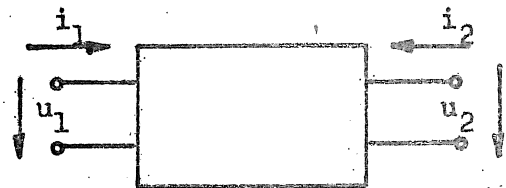
Tranzistor se svými třemi přívody - svorkami (k emitoru, bázi a kolektoru) je trojpólem. V konkrétních zapojeních je vždy jedna z elektrod tranzistoru společná vstupnímu i výstupnímu obvodu a tranzistor pak můžeme považovat za dvojbran. Na obr. 5 je znázorněno zapojení se společným emitorem.



Obr. 5

Vstupními svorkami přitéká proud  $I_1$ , výstupními svorkami proud  $I_2$ . Napětí jsou  $U_1$  a  $U_2$ . Vzájemnou závislost těchto proudů a napětí se nejnáze daří vyjádřit graficky. Tyto závislosti jsou nelineární. Předpokládáme-li malé změny napětí a proudů a vyloučíme-li další vlivy (teplota, osvětlení ap), můžeme tranzistor považovat za lineární prvek. Pro všechna možná zapojení tranzistoru (SE, SB, SC) můžeme tranzistor nahradit lineárním dvojbranem

(čtyřpólem) podle obr. 6. Rovnice, které vyjadřují závislost změn napětí a proudů (značení malými písmeny) mohou být v různém tvaru. Pro vyjádření nízkofrekvenčních vlastností tranzistoru jsou nejčastěji použity "h" parametry, vysokofrekvenční vlastnosti se často vyjadřují pomocí parametrů "y".



Obr. 6

$$u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2 \quad (2.1)$$

$$i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}u_2$$

$$i_1 = y_{11}u_1 + y_{12}u_2 \quad (2.2)$$

$$i_2 = y_{21}u_1 + y_{22}u_2$$

Parametry "h" mají následující význam:

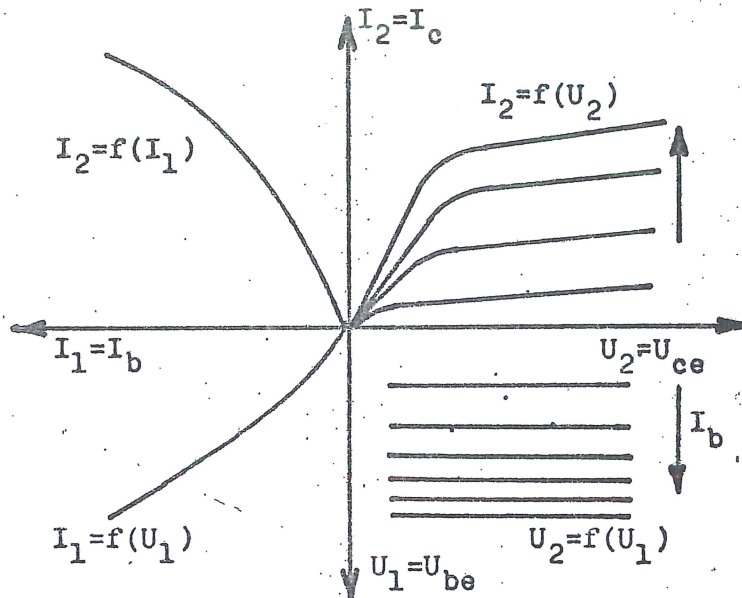
$$h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \quad \text{při } u_2 = 0 \quad \text{je vstupní odpor při výstupu do zkratu}$$

$$h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \quad \text{při } i_1 = 0 \quad \text{je zpětný přenos napětí při vstupu naprázdno}$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \quad \text{pro } u_2 = 0 \quad \text{je proudový přenos při výstupu do zkratu}$$

$h_{22} = \frac{i_2}{u_2}$  pro  $i_1 = 0$  je výstupní vodivost při vstupu naprázdno.

Parametr  $h_{21}$  představuje proudový zesilovací činitel  $\alpha$  pro zapojení se společnou bází nebo  $\beta$  pro zapojení se společným emitorem. Podobně určíme i význam parametrů  $y$ . Tak např.  $y_{11}$  představuje vstupní vodivost při výstupu do zkratu,  $y_{21}$  je strmost při  $u_2 = 0$ .



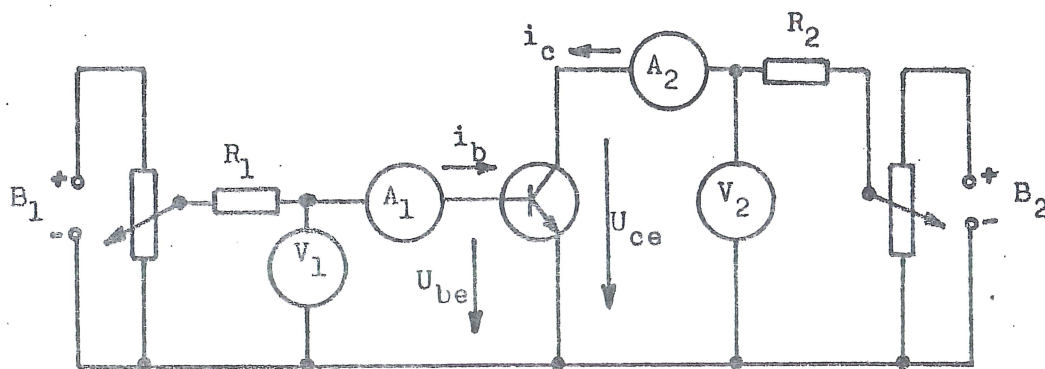
Obr. 7

Volbou souřadné soustavy při kreslení charakteristik tranzistoru se snažíme dosáhnout úspornosti, každá charakteristika je zachycena v jednom kvadrantu. Při použití parametrů  $h$  je výhodný osový kříž podle obr. 7. V jednotlivých kvadrantech jsou zobrazeny:

1. kvadrant - výstupní charakteristiky
2. kvadrant - převodní charakteristiky
3. kvadrant - vstupní charakteristiky
4. kvadrant - převodní charakteristiky.

Úplné charakteristiky však mohou probíhat více kvadranty. V obr. 7 jsou zachyceny charakteristiky, které platí pro zapojení se společným emitorem. Měřítko nejsou na všech osách stejná!

Zapojení pro měření stejnosměrných charakteristik tranzistorů je na obr. 8. Tranzistor pracuje v zapojení se společným emitorem. K napájení vstupního a výstupního obvodu je použito zdrojů s potenciometrickými děliči napětí, nebo přímo regulovatelných zdrojů. Odpory  $R_1$  a  $R_2$  jsou ochranné, omezují proudy bází a kolektorem. Pólování zdrojů platí pro tranzistory NPN. Pro tranzistory typu PNP je nutné změnit polarituru zdrojů na opačnou.



Obr. 8

Volbě zapojení voltmetrů a miliampérmetrů je nutné věnovat pozornost. Měříme-li stejnosměrné charakteristiky v okolí počátku může úbytek napětí na miliampérmetru mít hodnotu srovnatelnou s měřeným napětím. Při zapojení voltmetru za miliampérmetr bývá zase proud voltmetrem srovnatelný s proudem elektrodou. Je tedy nutno hodnoty čtené na měřicích přístrojích korigovat. Napětí mezi bází a emitorem u germaniových tranzistorů jsou v okolí 0,2 V, pro křemíkové tranzistory v okolí 0,7 V. Kolektorové napětí měníme od nuly do 10 V podle použitého tranzistoru a zdroje napájecího napětí.

Odpor  $R_1$  pomáhá udržet proud bází konstantní, což je zvláště důležité při měření výstupních charakteristik.

Přesnost měření stejnosměrných charakteristik nebývá velká. Každý bod charakteristiky měříme při jiné teplotě. Při malých napětích a proudech elektrodami je teplota přechodů v tranzistoru blízká teplotě okolí. Blížíme-li se ztrátovým výkonem k dovolené hranici bývá teplota o několik desítek stupňů vyšší. To se nutně projeví posunem charakteristik, pro které jsme předpokládali stálou teplotu. V praxi se proto někdy doporučuje měření impulzové, tranzistor je zatěžován po krátkou dobu, takže teplota se změní jen málo.

#### Úkoly:

- Naměřte závislost  $I_b = f(U_{be})$  pro několik pevných hodnot napětí  $U_{ce} = 1V; 2,5V; 5V$ . (Při malých napětích  $U_{be}$  se mění směr proudu bází.)
- Naměřte závislost  $I_c = f(U_{ce})$  pro několik stálých hodnot  $I_b$ . (Při malých hodnotách napětí  $U_{ce}$  se mění  $I_b$ , které je nutno nastavit na původní hodnotu.) Stanovte zbytkové kolektorové proudy  $I_{ceo}$  a  $I_{cbo}$ . Při měření  $I_{ceo}$  musí být obvod báze rozpojen, při měření  $I_{cbo}$  bázi spojíme nakrátko s emitorem. Toto měření můžeme provést pro Ge tranzistory s použitím běžných ručkových měřicích přístrojů, u Si tranzistorů jsou proudy velmi malé a obtížně se měří.

$$I_c = f(U_{ce}) \text{ pro } I_B = 20\mu A; 50\mu A; 80\mu A \text{ v případě Ge tranzistoru}$$

$$I_B = 10\mu A; 20\mu A; 30\mu A \text{ v případě Si tranzistoru}$$

3. Graficky vyznačte závislost kolektorového proudu  $I_c = f(I_b)$  pro jednu pevnou hodnotu napětí  $U_{ce}$ , závislosti  $I_b = f(U_{be})$  a  $I_c = f(U_{ce})$ . Z grafů stanovte:
- proudový zesilovací činitel  $h_{21}$  pro několik hodnot kolektorového proudu 
$$h_{21} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$
  - vstupní odpor tranzistoru  $h_{11}$  pro několik hodnot kolektorového proudu (proudu báží) 
$$h_{11} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B}$$
  - výstupní vodivost  $h_{22}$  pro několik hodnot proudu báží. 
$$h_{22} = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{CE}}$$

Při měření je nutno udržovat kolektorové napětí a proud v mezích, pro které nepřekročíme kolektorovou ztrátu tranzistoru, ani jeho maximální kolektorový proud nebo maximální dovolené kolektorové napětí. Při větších hodnotách kolektorového proudu se zvláště u Ge tranzistorů projeví vliv ohřátí systému.

Při měřeních, kdy čtení údajů na některých měřicích přístrojích není potřebné a vliv úbytků napětí na miliampérmetrech nebo proud voltmetry by se mohl rušivě uplatnit, můžeme tyto přístroje z obvodu vyřadit.