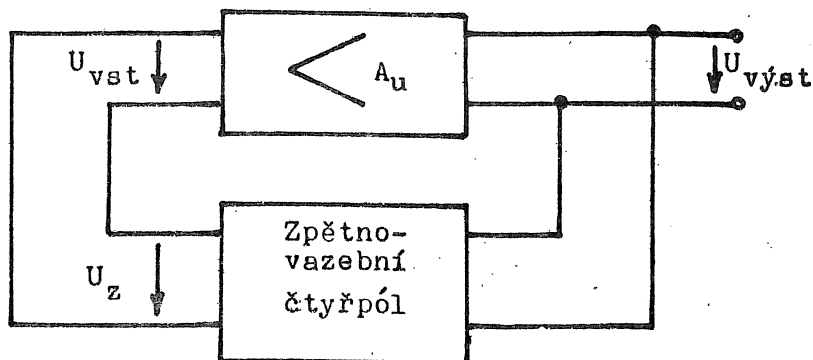


V. RC GENERÁTORY S TRANZISTORY

Pod pojmem generátor rozumíme takové zařízení, které ze stejnosměrného napětí vytváří napětí střídavé. Toto střídavé napětí může mít sinusový nebo nesinusový průběh.



Obr. 17

Na obr. 17 je znázorněno příslušné uspořádání, které platí pro zesilovač buzený napětím. Napěťové zesílení zesilovače je rovno A_u , koeficient zpětné vazby je roven $\beta = U_z / U_{výst}$, U_z je zpětnovazební napětí, které je částí napětí výstupního $U_{výst}$. Předpokládáme-li, že na vstup zesilovače není přiváděno kromě zpětnovazebního napětí žádné jiné, bude vstupní napětí rovno $U_{vst} = \beta U_{výst} = U_z$. Zesílení bude

$$A_u = \frac{U_{výst}}{U_{vst}} = \frac{U_{výst}}{\beta U_{výst}} = \frac{1}{\beta}$$

Tedy $\beta A_u = 1$.

Je-li βA_u rovno alespoň jedné není potřeba k vybuzení kmitů žádného vnějšího napětí. Výraz $\beta A_u = 1$ se proto uvádí jako podmínka vzniku kmitů. Je-li splněna jen pro jeden kmitočet vzniknou sinusové kmity.

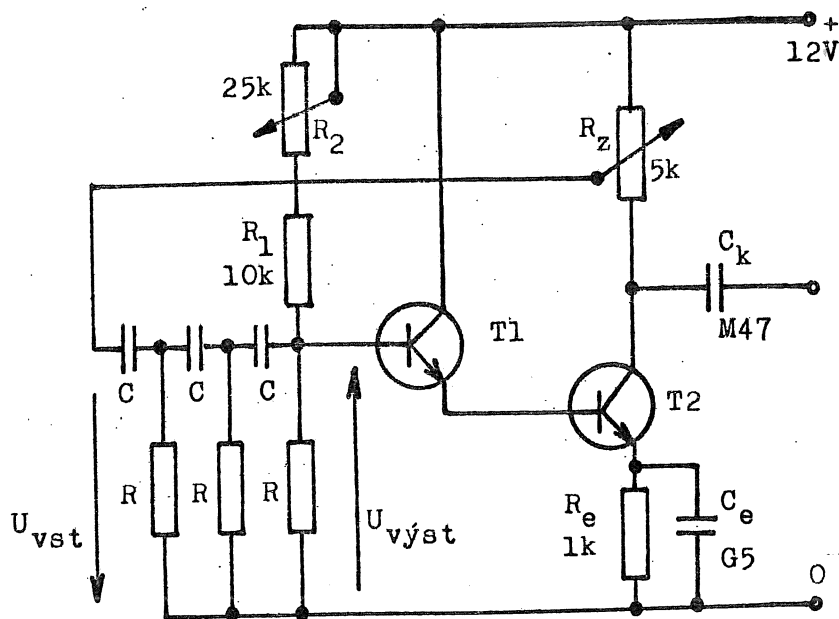
V oscilátoru může tranzistor pracovat v libovolném základním zapojení. Např. v zapojení SE, které otáčí fázi, musí zpětnovazební čtyřpól rovněž otočit fázi tak, aby zpětná vazba byla kladná.

U tranzistoru je třeba respektovat přídatné zatížení zpětnovazebního čtyřpólu vstupním obvodem tranzistoru. Při výpočtu vlastností zpětnovazebního čtyřpólu se obvykle předpokládá jeho zatížení nekonečně velkou impedancí, což ve skutečnosti není splněno. Nastavení pracovního bodu tranzistoru určuje i vstupní impedanci tranzistoru a jeho změnou lze v jistých mezích ovlivňovat amplitudu i frekvenci kmitů.

Mezní případ vzniku kmitů je dán podmínkou $\beta A_u = 1$. Je-li $\beta A_u < 1$ nemůže k rozkmitání dojít. Při $\beta A_u > 1$ bude amplituda vzniklých kmitů narůstat až k samočinnému omezení, na které má vliv např. nelinearita zesilovače, velikost napájecího napětí ap. Protože $\beta A_u = 1$ představuje mezní případ, volíme v praxi $\beta A_u > 1$.

Velmi rozšířenými druhy oscilátorů jsou RC oscilátory, pracující na principu posuvu fáze. Jejich výhodou proti oscilátorům LC je to, že odpadá indukčnost, která zejména pro nízké kmitočty musí mít vysokou hodnotu. To vede k velkým rozměrům cívky a k použití jádra z feromagnetického materiálu. Další výhodou RC oscilátorů je snadná měnitelnost kmitočtu v širokém rozsahu. RC oscilátory používáme pro kmitočty do 1 MHz.

RC oscilátor sestává ze zesilovače, jehož amplitudová a fázová charakteristika je v určitém kmitočtovém rozsahu stálá, a zpětnovazebního čtyřpólu, jenž zajišťuje potřebné natočení fáze a dostatečně velký koeficient β . V praxi se budeme zabývat typem RC oscilátoru, jehož zpětnovazební čtyřpól tvoří kaskáda RC členů. Jeho zapojení je na obr. 18. Jelikož jeden člen RC nemůže otočit fází o 90° a více, je kaskáda tvořena nejčastěji třemi stupni, z nichž každý pro danou frekvenci zajišťuje otočení o 60° . Protože tranzistor v zapojení SE otáčí fází o 180° , bude výsledné otočení rovno 360° .



Obr. 18

Výpočtem se dá odvodit, že pro vstupní a výstupní napětí použitého typu kaskády (obr.18) platí

$$\frac{U_{vst}}{U_{výst}} = - 29 \quad (5.1)$$

při frekvenci

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \quad (5.2)$$

Výraz (5.2) platí pouze pro kaskádu se třemi stejnými RC členy. Podle (5.1) kaskáda zeslabuje signál 29x a proto musí být zesílení zesilovače $A_u \geq 29$.

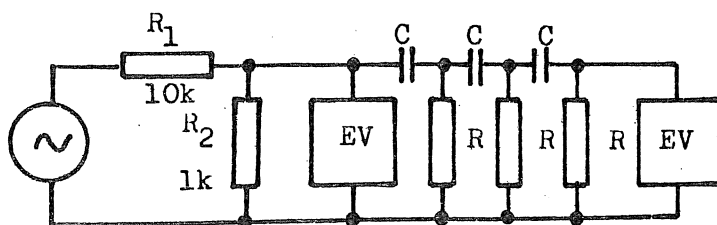
Oscilátor s jedním tranzistorem nepracuje spolehlivě, neboť lze jen nesnadno dosáhnout potřebného zesílení a současně vhodných vstupních a výstupních odporů v jednom zesilovacím stupni. Proto je na obr. 18 použit dvoustupňový zesilovač, ve kterém tranzistor T_1 zabezpečuje velký vstupní odpor (asi $100 \text{ k}\Omega$, zapojení SK) a T_2 potřebné napěťové zesílení. Potenciometrem R_2 se nastavuje vhodný pracovní bod zesilovače. Střídavý signál je odebírán z kolektoru T_2 přes kondenzátor C_k .

Úkoly:

1. Pro obě kaskády proměřte jejich modul přenosu v závislosti na frekvenci a to v blízkém okolí bodu, kde $\varphi = 180^\circ$. Určete předpokládanou frekvenci, na které bude oscilátor kmitat.
2. Změřte frekvenci kmitů oscilátoru a porovnejte ji s frekvencemi určenými podle bodu 1 (frekvence pro fázový posuv 180° a frekvence vypočtená podle (5.2)). Vysvětlete, proč se tyto tři hodnoty liší.
3. Pro zjištěný kmitočet určete hodnotu A_u a ověřte podmínku pro nasazení kmitů $\beta A_u > 1$.
4. Zkoumejte vliv napájecího napětí na kmitočet a amplitudu kmitů.

Postup práce.

Modul přenosu a fázový posuv kaskád proměříme pomocí přípravku podle obr. 19. Aby byly zajištěny podobné podmínky jako v oscilátoru;



Obr. 19

je nutno připojit kaskády na vhodné impedance. Dělič napětí tvořený odpory R_1 a R_2 zajišťuje výstupní impedanci zdroje blízkou výstupní impedanci použitého tranzistorového zesilovače. Rovněž výstup kaskády by měl být zatížen impedancí stejnou jako je vstupní impedance tranzistoru T_1 . Vzhledem k zapojení tranzistoru T_1 a jeho vysoké vstupní impedanci je vstupní impedance zesilovače přibližně rovna velikosti R posledního odporu kaskády.

Modul přenosu jako funkci frekvence $K_u(f)$ měříme pomocí dvou elektronkových voltmetrů (EV). K_u se potom rovná poměru vstupního a výstupního napětí

$$K_u = \frac{U_{vst}}{U_{výst}}$$

Fázový posuv dvou napětí stejné frekvence můžeme měřit osciloskopem. Přivádíme-li vstupní napětí čtyřpólu na horizontální vychylovací desky obrazovky, výstupní napětí na vertikální vychylovací desky, dostaneme na stínítku obecně elipsu, která odpovídá složení dvou na sebe kolmých harmonických kmitů stejné frekvence. Při fázovém posuvu 180° se zobrazí úsečka. Frekvence f_0 , pro kterou kaskáda otáčí fázi o 180° je předpokládaná frekvence kmitů oscilátoru. Měření proveďte pro obě kaskády.

Po zapojení a rozkmitání oscilátoru přivedeme získané střídavé napětí na vertikální vychylovací systém osciloskopu a na horizontální vychylování přivedeme signál z pomocného generátoru, jehož frekvenci měříme čítačem. Na stínítku osciloskopu vzniknou Lissajouseovy obrazce. Laděním pomocného oscilátoru se snažíme získat elipsu. V takovém případě je frekvence zkoumaného oscilátoru rovna frekvenci pomocného oscilátoru.

Velikost napěťového zesílení pro kmitočet, na němž oscilátor kmitá, zjistíme následovně. Především je nutno odpojit od zesilovače zpětnovazební kaskádu. Místo ní zapojíme do báze tranzistoru T_1 vhodný odpor pro nastavení pracovního bodu. Hodnota tohoto odporu má být rovna hodnotě posledního odporu použitého v kaskádě. Nyní přivedeme na bázi tranzistoru T_1 střídavé napětí z pomocného oscilátoru a to o stejné frekvenci jako kmital oscilátor zkoumaný a o velikosti asi $U_1 = 0,01$ voltu. Elektronkovými voltmetry změříme skutečné hodnoty vstupního a výstupního napětí. Výstupní napětí musíme měřit v bodě, odkud odebíráme zpětnovazební napětí, tedy na jezdcí potenciometru R_z . Vypočteme napěťové zesílení jako podíl naměřených napětí.

Je nutno poznamenat, že tranzistor T_1 má stále pracovat při stejném pracovním bodě, který nastavujeme potenciometrem R_2 . Nastavený klidový proud tranzistorem měříme napětím na odporu R_e , které by mělo být při všech měřeních stejné (při proudu 1,5 mA je napětí 1,5 V). Změnou pracovního bodu se změní zesílení tranzistorů i jejich vstupní odpor. Na osciloskopu můžeme pozorovat, že se změnou pracovního bodu také může nastat zkreslení výstupního napětí.