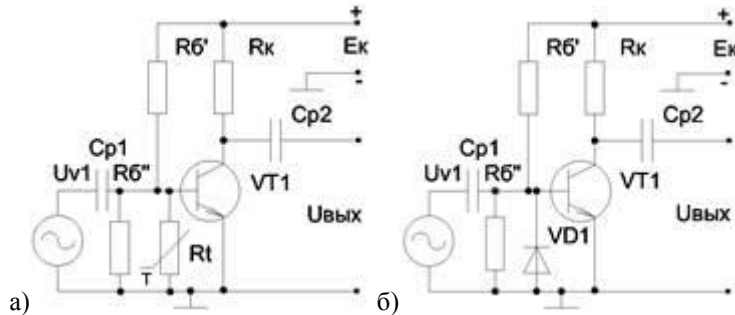


## 54. Термостабилизация рабочей точки. Эмиттерная стабилизация.

1) При нагревании рабочая точка смещается по нагрузочной прямой, что приводит к увеличению коллекторного тока  $I_K$  и уменьшению напряжения  $U_{КЭ}$ . Это равносильно приоткрыванию транзистора. Поэтому основной задачей температурной стабилизации является синхронная с увеличением температуры стабилизация положения рабочей точки. На рис.а) показана схема с использованием терморезистора.



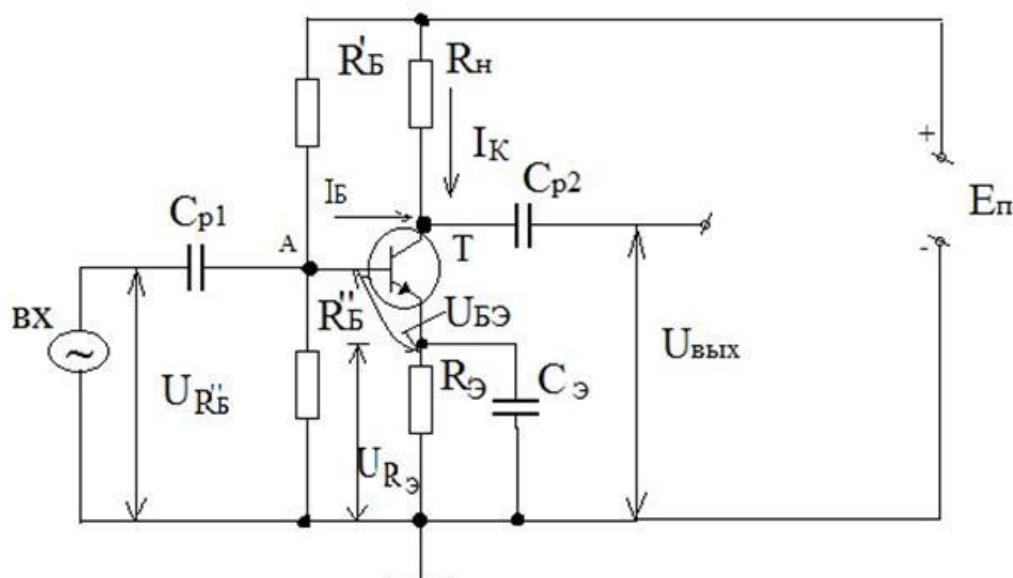
При нагревании сопротивление терморезистора уменьшается, что приводит к общему уменьшению сопротивления включенных в параллель резисторов  $R_6''$  и  $R_t$ . За счет этого напряжение  $U_{БЭ}$  будет уменьшаться, эмиттерный переход подзапирается, и рабочая точка сохраняет своё положение на нагрузочной прямой.

Аналогичным образом происходит термостабилизация рабочей точки полупроводниковым диодом (рис.б).

При увеличении температуры сопротивление диодов в обратном включении будет уменьшаться за счет термогенерации носителей заряда в полупроводнике. Общее сопротивление включенных параллельно резистора  $R_6''$  и диода  $VD1$  будет уменьшаться, что приведет к уменьшению напряжения  $U_{БЭ}$ , транзистор подзапирается и рабочая точка сохраняет свое положение.

Недостатком схем с терморезистором и полупроводниковым диодом является то, что и терморезистор, и полупроводниковый диод должны подбираться по своим температурным свойствам для каждого конкретного транзистора. Поэтому наиболее часто применяют схемы температурной стабилизации отрицательной обратной связью (ООС) по постоянному току и напряжению.

2) Такая схема получила наибольшее распространение на практике.



$$I_K = \beta I_E, \text{ но } I_E = f_1(U_{E3}), \text{ значит } I_K = f_2(U_{E3}), \text{ но}$$

$$U_{E3} = U_A - U_{R_3}; U_A = \frac{E_n R_E''}{R_E'' + R_E'} = const,$$

тогда

$$U_{E3} = f_3(U_{R_3}); U_{R_3} = f_4(I_E); I_E \approx I_K$$

Пусть по какой-либо причине (например, увеличение температуры или смена транзистора Т) возрос  $\beta$ , тогда начнет увеличиваться  $I_K$ , а значит и  $I_E$ . Это приведет к увеличению  $U_{R_3}$ , но уменьшит  $U_{E3}$ , т.к.  $U_{E3} = const - U_{R_3}$ , что приведет к уменьшению  $I_E$ , вследствие чего ограничится рост  $I_K$ .

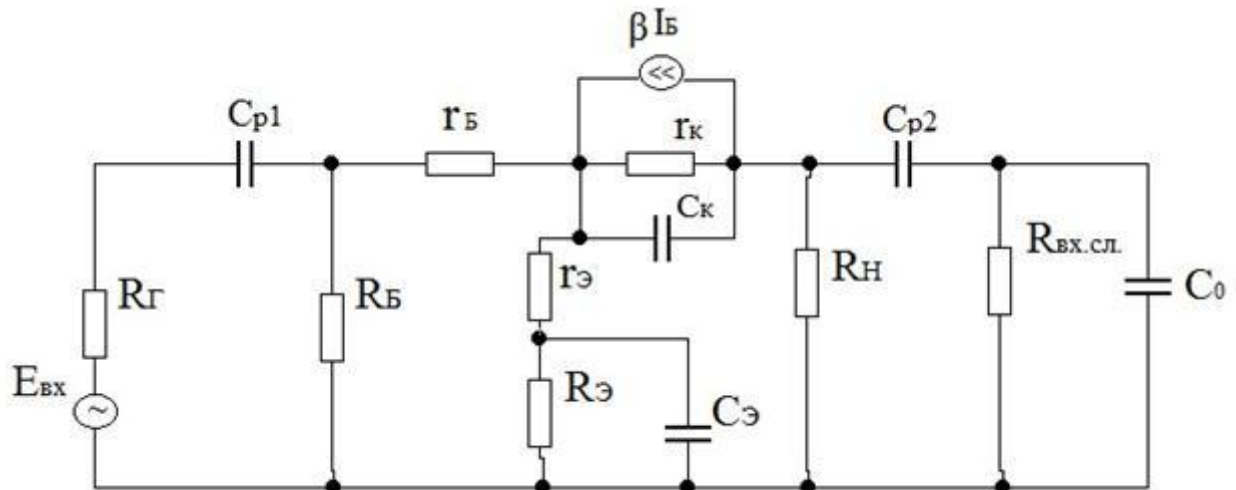
Схематически эмиттерную стабилизацию можно представить:

$$\uparrow \beta \rightarrow \uparrow I_K = \beta I_E \approx \uparrow I_E \rightarrow \uparrow U_{R_3} \rightarrow \downarrow U_{E3} \rightarrow \downarrow I_E \rightarrow \downarrow I_K.$$

При этом  $\Delta I_K \uparrow \approx \Delta I_K \downarrow$ , что обеспечивает высокую стабильность  $I_K$ .

Рассмотренные схемы стабилизации усилительных каскадов на транзисторах, включенных по схеме с ОЭ, широко применяется при построении усилителей переменного напряжения, и в частности в УНЧ.

**Полная эквивалентная схема УНЧ с емкостной межкаскадной связью на основе биполярного транзистора, включенного по схеме с ОЭ.**



$$R_E = \frac{R_E' R_E''}{R_E' + R_E''}; C_0 \approx C_{ex.сл} + C_M;$$

Свх.сл. – входная емкость следующего каскада.

См – суммарная монтажная емкость схемы.

Из эквивалентной схемы видно, что существенное влияние на АЧХ усилителя оказывают емкости Ср1, Сэ, Ск, Ср2, С0, поэтому важно знать о критериях выбора этих емкостей.

В области нижних граничных частот  $f_H$  полосы пропускания усилителя необходимо выполнение условий:

$$X_{C_{P1}} \ll R_{ex}; X_{C_{\Sigma}} \ll R_{\Sigma}; X_{C_{P2}} \ll R_{ex,cl}$$

$$\text{где: } R_{ex} = R_B \parallel r_B = \frac{R_B r_B}{R_B + r_B}$$

Эти условия выполняются на практике при следующих соотношениях:

$$\frac{1}{2\pi f_H C_{P1}} \leq 0.1 R_{ex}; \frac{1}{2\pi f_H C_{\Sigma}} \leq 0.1 R_{\Sigma}; \frac{1}{2\pi f_H C_{P2}} \leq 0.1 R_{ex,cl}$$

Откуда получаем:

$$C_{P1} = \frac{10 \cdot 10^6}{2\pi f_H R_{ex}}, (\text{мкФ})$$

$$C_{\Sigma} = \frac{10 \cdot 10^6}{2\pi f_H R_{\Sigma}}, (\text{мкФ})$$

$$C_{P2} = \frac{10 \cdot 10^6}{2\pi f_H R_{ex,cl}}, (\text{мкФ})$$

В области средних частот полосы пропускания влиянием всех емкостей на АЧХ можно пренебречь.

В области верхних граничных частот  $f_H$  полосы пропускания усилителя необходимо выполнение условий:

$$X_{C_K} \gg r_k; X_{C_0} \gg R_{ex,cl}, \text{ следовательно:}$$

$$\frac{1}{2\pi f_B C_K} \geq 0.1 r_k; \frac{1}{2\pi f_B C_0} \geq R_{ex,cl}$$

Откуда получаем:

$$C_K \leq \frac{10 \cdot 10^{12}}{2\pi f_B r_k}, (n\Phi) - \text{определяет выбор транзистора по критерию } C_k$$

$$C_0 \leq \frac{10 \cdot 10^{12}}{2\pi f_B R_{ex,cl}}, (n\Phi)$$

Определяет выбор транзистора по критерию Ск.

АЧХ усилителя с емкостными межкаскадными связями.

