

Расчетное задание: биполярные транзисторы

Дано

1. тип используемого транзистора _____ и его характеристики
2. напряжение питания $E_K =$ _____;
3. параметры рабочей точки транзистора⁽¹⁾: $I_{K0} =$ _____, $U_K = E_K/2$;
4. коэффициент температурной нестабильности $N =$ _____;
5. внутреннее сопротивление источника сигнала $R_T =$ _____;
6. активное сопротивление нагрузки $R_H =$ _____;
7. емкость нагрузки $C_H =$ _____;
8. нижн. рабочая частота усилителя (по уровню $1/\sqrt{2}$) $f_H =$ _____;

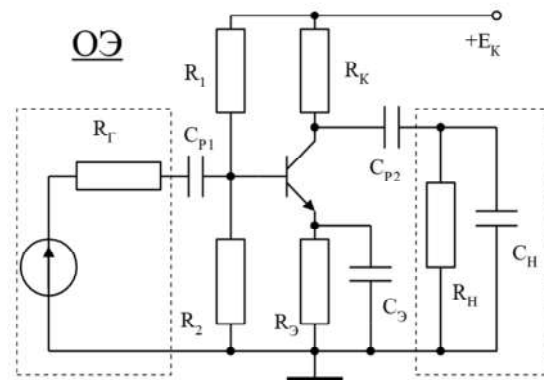


рис. 1а

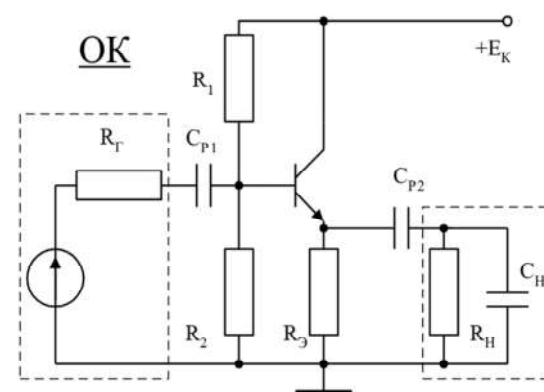


рис. 1б

Требуется

Для схем усилительных каскадов с ОЭ, ОК (рис. 1а и 1б) определить:

1. по ВАХ рассчитать h параметры⁽²⁾ транзистора в заданной рабочей точке, найти напряжение Эрли (U_Y) и параметры эквивалентной схемы транзистора⁽³⁾, рассчитать u параметры⁽⁴⁾, сравнить h параметры с приближенными значениями⁽⁵⁾.
2. сопротивления резисторов $R_1, R_2, R_K, R_Э$, обеспечивающие заданную рабочую точку транзистора. (Отношение I_{R1}/I_{B0} принять равным 10).
3. построить нагрузочную прямую.
4. коэффициенты усиления K_U, K_I, K_P ⁽⁶⁾ в схемах ОЭ и ОК.
5. входные и выходные сопротивления транзистора ($R_{ВХ}, R_{ВЫХ}$) и каскада в целом, с учетом цепей смещения ($R_{ВХ}^*, R_{ВЫХ}^*$).
6. емкости конденсаторов $C_{P1}, C_{P2}, C_Э$, обеспечивающие заданные параметры каскада на частоте f_H .
7. верхнюю частоту усилительного каскада с ОЭ (по уровню $1/\sqrt{2}$), с учетом C_H и граничной частоты усиления транзистора.

Для балансного дифференциального УПТ (рис. 1в) рассчитать:

8. Сопротивление резисторов $R_1, R_2, R_{K1,2}, R_{Э3}$ обеспечивающие заданные режим работы транзисторов.⁽⁷⁾
9. Коэффициенты усиления по напряжению для плеча ($K_{U1,2}$), для дифференциального и синфазного сигнала на входах ($K_{диф.}$ и $K_{с.}$), коэффициент ослабления синфазного сигнала $K_{ОСС}$.
10. Рассмотреть замену источника тока на транзисторе Т3 резистором, обеспечивающим тот же режим работы усилителя по постоянному току. Сравнить полученное значение сопротивления эквивалентного резистора (R_0) с выходным сопротивлением источника тока.⁽⁸⁾

Сравнить значения K_c и $K_{ОСС}$ с соответствующими значениями, полученными для схемы усилителя с источником тока.

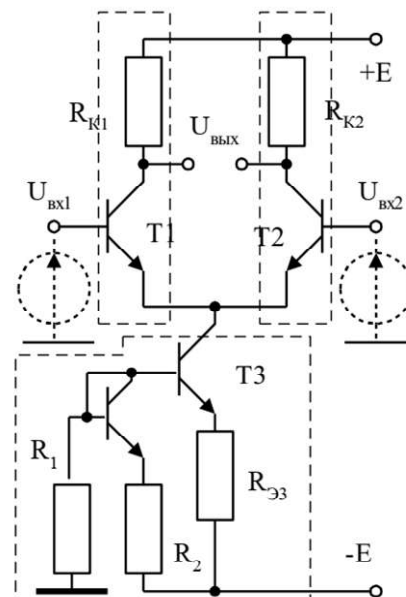


рис. 1в

Примечания

⁽¹⁾ Значение $U_{KЭ}$, необходимое для определения рабочей точки, находится из условия температурной стабилизации $N \approx R_B/R_Э + 1$, где $R_B = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$; $U_{KЭ} = U_K - U_Э$; $U_Э = I_Э \cdot R_Э$

⁽²⁾ – ⁽⁶⁾ на следующем листе

⁽⁷⁾ ток I_K для каждого транзистора берется из условия, а $U_{KЭ}$ из предыдущего расчета, $U_{B1} = U_{B2} = 0$

⁽⁸⁾ Источник тока по сх. токового зеркала Видлара, выходное сопротивление $\approx (1 + \beta) \cdot r_K$

Методические указания по расчетному заданию

(2) Определение h параметров БТ по ВАХ

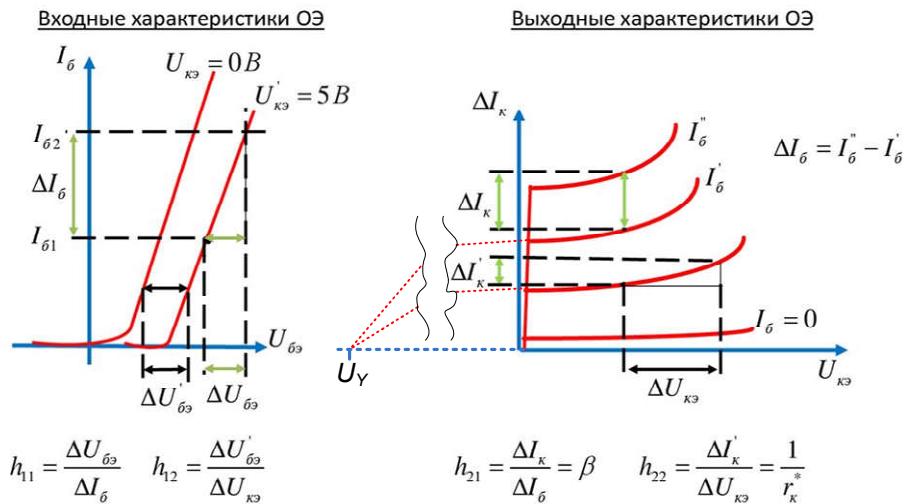


рис. 2

(3) Расчет эквивалентной схемы БТ

рис. 3

$\beta = h_{21э}$, из характеристик транзистора крутизна: $S = I_{к0}/\varphi_T$, где $\varphi_T = 26$ мВ, тепловой потенциал $r_{э} = \varphi_T/I_{э0}$; $r_{б} = \beta/S$; $r_{к} = U_Y/I_{к0}$;

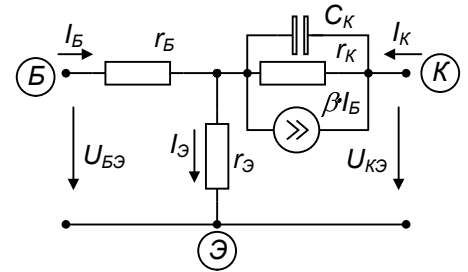


рис. 3

(4) Связь y и h параметров БТ

$$\begin{aligned} y_{11} &= 1/h_{11} \\ y_{12} &= -h_{12}/h_{11} \\ y_{21} &= h_{21}/h_{11} \\ y_{22} &= (h_{22} \cdot h_{11} - h_{12} \cdot h_{21})/h_{11} \end{aligned}$$

(5) Приближенный расчет h параметров БТ в схеме ОЭ

$$\begin{aligned} h_{11э} &= r_{б} + (1+\beta) \cdot r_{э} \\ h_{12э} &= (1+\beta) \cdot r_{э}/r_{к} \\ h_{21э} &= \beta \\ h_{22э} &= 1/r_{к} \end{aligned}$$

(6) параметры усилительного каскада с ОЭ

$$\begin{aligned} R_{вх} &= (y_{11})^{-1}; R_{вх} = R_{б} \cdot R_{вх} / (R_{вх} + R_{б}), \\ \text{где } R_{б} &= R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \\ R_{вых} &= (y_{22})^{-1}; R_{вых} = R_{к} / (1 + y_{22} \cdot R_{к}) \\ K_i &= y_{21}/y_{11} = \beta \\ K_u &= -y_{21} / (y_{22} + 1/R_H) \approx S \cdot R_H \\ K_p &= K_u \cdot K_i \approx \beta \cdot S \cdot R_H \end{aligned}$$

(6) параметры усилительного каскада с ОК

$$\begin{aligned} R_{вх} &= (y_{11})^{-1} + (\beta+1) \cdot R_{эH}; R_{вх} = R_{б} \cdot R_{вх} / (R_{вх} + R_{б}), \\ \text{где } R_{эH} &= R_{э} \cdot R_H / (R_{э} + R_H); R_{б} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2); \\ R_{вых} &= (1 + y_{11} \cdot R_{г}) / y_{21}; R_{вых} = R_{э} \cdot R_{вых} / (R_{вых} + R_{э}) \\ K_i &= y_{21}/y_{11} = -\beta \\ K_u &= y_{21} \cdot R_H / (1 + y_{21} \cdot R_H) \approx 1 \\ K_p &= K_u \cdot K_i \approx \beta \end{aligned}$$