

Контрольная по схемотехнике

Задание

Начертить принципиальную схему резисторного каскада предварительного усиления гармонических сигналов на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, рассчитать параметры элементов схемы, режим работы каскада по постоянному току, коэффициент усиления в области средних частот, входные параметры каскада и амплитуду входного сигнала.

Дано:

Амплитуда сигнала на нагрузке - $U_H = 0,2 \text{ В}$;

Верхняя граничная частота - $f_{B\sqrt{2}} = 3.6 \text{ МГц} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Гц}$;

Нижняя граничная частота - $f_{H\sqrt{2}} = 100 \text{ Гц}$;

Емкость нагрузки - $C_H = 170 \text{ нФ} = 170 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$; \triangleleft

Сопротивление нагрузки - $R_H = 16 \text{ кОм} = 16 \cdot 10^3 \text{ Ом}$;

Внутреннее сопротивление источника сигнала - $R_r = 300 \text{ Ом}$;

Напряжение источника питания - $E_0 = 15 \text{ В}$.

Марка транзистора КТ352А – p-n-p с параметрами:

Минимальный коэффициент передачи тока - $h_{21\min} = 25$;

Максимальный коэффициент передачи тока - $h_{21\max} = 120$;

Сопротивление базы - $r'_{б} = 200 \text{ Ом}$;

Максимальное напряжение коллектор-эмиттер - $U_{кэ} = 15 \text{ В}$;

Максимальная мощность коллектора - $P_{\max} = 200 \text{ мВт} = 0,2 \text{ Вт}$;

Входная емкость - $C_{\text{вх}} = 80 \text{ нФ} = 8 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$;

Выходная емкость - $C_{\text{к}} = 15 \text{ нФ} = 15 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$.

Решение.

1. Схема электрическая принципиальная резисторного каскада предварительного усиления гармонических сигналов на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером изображена на рис. 1.

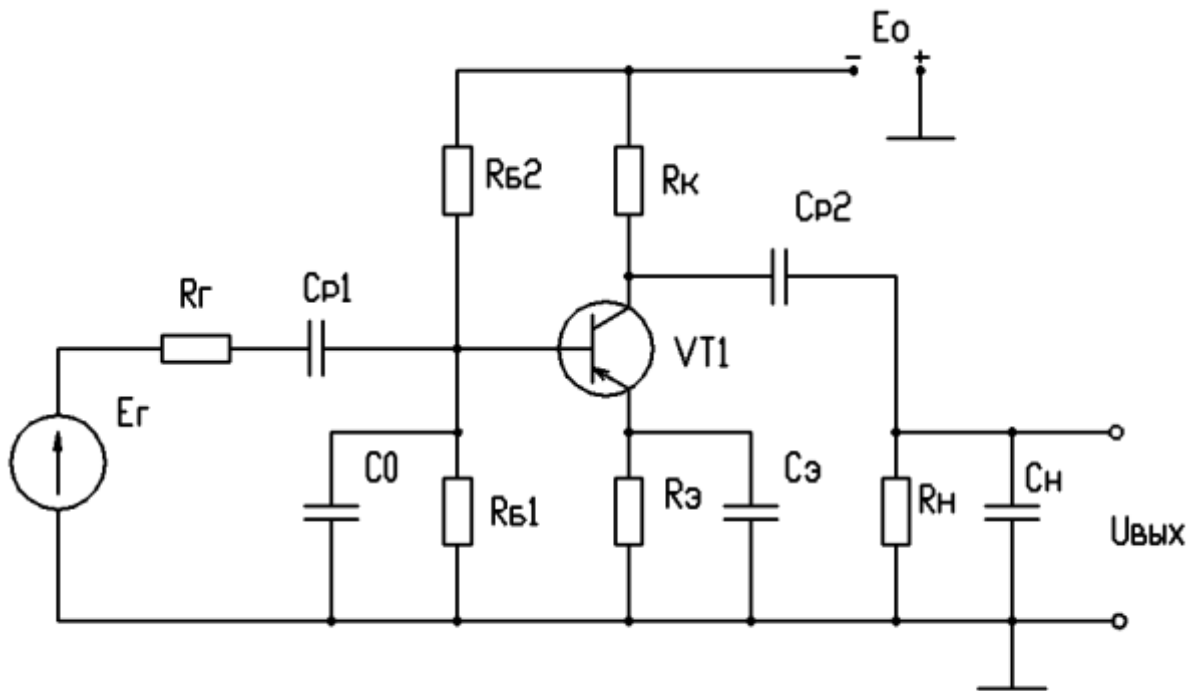


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная каскада с ОЭ.

2. Найдем наибольшую допустимую величину эквивалентного сопротивления нагрузки в области верхних частот

$$R_{\text{экв}} \leq \frac{1}{2\pi f_{\text{в}} \sqrt{2} C_o} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \cdot 185 \cdot 10^{-12}} = 239.093 \text{ Ом.}$$

где $C_o = C_{\text{н}} + C_{\text{м}} + C_{\text{вых}} = 170 \cdot 10^{-12} + 15 \cdot 10^{-12} = 185 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$,

где $C_{\text{м}}$ – емкость монтажа, которой можно пренебречь.

3. Рассчитаем резистор в цепи коллектора

$$R_k = \frac{R_H R_{экв}}{R_H + R_{экв}} = \frac{16 \cdot 10^3 \cdot 239.093}{16 \cdot 10^3 + 239.093} = 235.573 \text{ Ом} .$$

Примем сопротивление резистора $R_k=240 \text{ Ом}$.

4. Найдем ток покоя транзистора

$$I_k = (1.5 \dots 3) \frac{U_H}{R_{экв}} = \frac{3 \cdot 0,2}{239.093} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 2.5 \text{ мА}.$$

Рассчитаем резистор в цепи эмиттера

$$R_э = \frac{E_0 - U_{эк} - I_k R_k}{I_k} = \frac{15 - 4 - 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 240}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 4160 \text{ Ом}.$$

Примем сопротивление резистора $R_э=4,3 \text{ кОм}$.

5. Емкость разделительного конденсатора

$$C_p = \frac{1}{2\pi f_{н\sqrt{2}} (R_k + R_H)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot (240 + 16 \cdot 10^3)} = 9.8 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}.$$

Примем емкость разделительного конденсатора $C_{p2}=100 \text{ нФ}$.

6. Ток базы

$$I_б = \frac{I_k}{h_{21э}} = \frac{2.5 \cdot 10^{-3}}{55} = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ А} ,$$

где $h_{21э} = \sqrt{h_{21э\min} h_{21э\max}} = \sqrt{25 \cdot 120} = 55$ - расчетный статический коэффициент передачи тока.

7. Найдем сопротивления резисторов делителя

$$R_{б2} = \frac{I_э R_э + U_{бэ}}{I_д} = \frac{2,546 \cdot 10^{-3} \cdot 4,3 \cdot 10^3 + 0,6}{4,6 \cdot 10^{-4}} = 25104 \text{ Ом} ,$$

где $I_э = I_k + I_б = 2.5 \cdot 10^{-3} + 4,6 \cdot 10^{-5} = 2,546 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ - ток эмиттера;

$I_д \approx 10I_б = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ А}$ - ток делителя;

$U_{бэ} \approx 0,6 \text{ В}$ - падение напряжения на переходе база-эмиттер.

Примем сопротивление резистора $R_{б2}=24 \text{ кОм}$.

$$R_{\sigma 1} = \frac{E}{I_D} - R_{\sigma 2} = \frac{15}{4,6 \cdot 10^{-4}} - 24 \cdot 10^3 = 7609 \text{ Ом}.$$

Примем сопротивление резистора $R_{\sigma 1} = 7,5 \text{ кОм}$.

8. Входное сопротивление транзистора

$$R_{\text{exV}} = r'_{\sigma} + \frac{0,026}{I_K} (1 + h_{21\beta}) = 200 + \frac{0,026 \cdot (1 + 55)}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 782,4 \text{ Ом}$$

9. Крутизна тока эмиттера

$$S_3 = \frac{h_{21\beta} + 1}{R_{\text{exV}} + R_{\text{э.кв}}} = \frac{55 + 1}{782,4 + 280,158} = 0,053 ,$$

$$\text{где } R_{\text{э.кв}} = \left(\frac{1}{R_T} + \frac{1}{R_{\sigma 1}} + \frac{1}{R_{\sigma 2}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{300} + \frac{1}{5,1 \cdot 10^3} + \frac{1}{25 \cdot 10^3} \right)^{-1} = 280,158 \text{ Ом} -$$

эквивалентное сопротивление генератора сигналов.

10. Емкость блокировочного конденсатора

$$C_3 \approx \frac{1,1 S_3}{f_H \sqrt{2}} = \frac{1,1 \cdot 0,053}{100} = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}.$$

Примем емкость конденсатора $C_3 = 680 \text{ мкФ}$.

11. Коэффициент усиления напряжения

$$K = \frac{h_{21\beta}}{R_{\text{exV}}} \cdot R_{\text{э.кв}} = \frac{55}{782,4} \cdot 239,093 = 16,8.$$

12. Найдем данные для расчета предыдущего каскада:

Амплитуда входного сигнала

$$U_{\text{ex}} = \frac{U_H}{K} = \frac{0,2}{16,8} = 11,9 \cdot 10^{-3} \text{ В} ;$$

Входное сопротивление каскада

$$R_{\text{ex}} = \left(\frac{1}{R_{\sigma 1}} + \frac{1}{R_{\sigma 2}} + \frac{1}{R_{\text{exV}}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{5,1 \cdot 10^3} + \frac{1}{25 \cdot 10^3} + \frac{1}{782,4} \right)^{-1} = 660,415 \text{ Ом}$$

Входная емкость

$$C_{\text{ex}} = C_{\sigma} + C_K (1 + K) = 8 \cdot 10^{-11} + 15 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 55) = 9,2 \cdot 10^{-10} \text{ Ф} = 92 \text{ нФ}.$$

Схема электрическая принципиальная усилительного каскада с указанными номиналами рассчитанных элементов приведена на рис. 2.

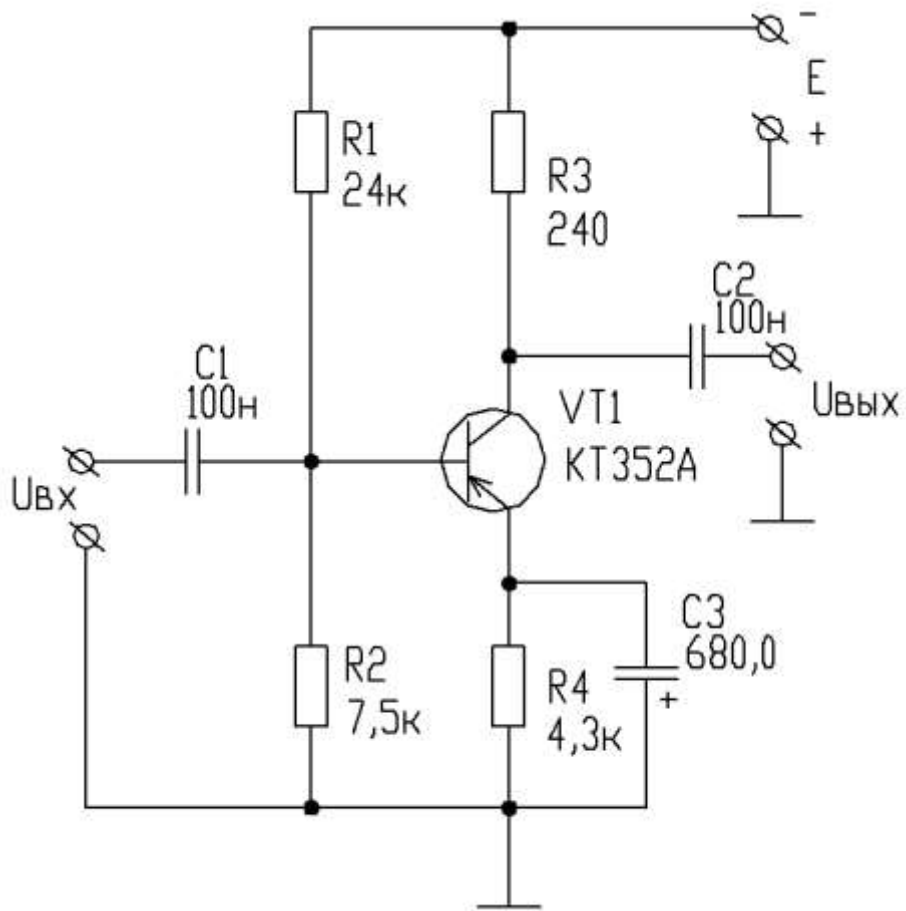


Рис. 2.