

ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Общие положения

Для расчета транзисторных усилителей используются два способа: **графоаналитический** и **аналитический**.

При графоаналитическом методе необходима информация о входных и выходных характеристиках транзистора (по справочнику). Аналитический метод расчета вытекает из теории полупроводниковых приборов и является приближенным. Однако на практике данный метод дает вполне удовлетворительные результаты.

Согласно ЕСКД по выполнению электрических схем в процессе проектирования необходимо составлять перечень элементов принципиальных электронных схем.

Для составления перечня элементов проектируемого усилителя, элементы его принципиальной схемы необходимо пронумеровать с использованием буквенно-цифровой системы обозначений, принятой в ГОСТ: С-конденсаторы; L-индуктивности; R-резисторы; VD-полупроводниковые диоды; VT-транзисторы.

Нумерация элементов принципиальной схемы осуществляется в направлении «сверху вниз» и «слева направо».

Существует три схемы включения биполярных транзисторов: с **общим эмиттером (ОЭ)**, с **общим коллектором (ОК)**, с **общей базой (ОБ)**.

Усилительные свойства транзистора характеризуются следующими статическими параметрами:

$\alpha = I_k / I_{\text{Э}}$ – статический коэффициент передачи тока эмиттера $I_{\text{Э}}$ транзистора;

$\beta = I_k / I_{\text{Б}}$ – статический коэффициент передачи тока базы $I_{\text{Б}}$ транзистора.

Параметры α и β связаны соотношениями:

$$\alpha = \beta / (1 + \beta) ; \beta = \alpha / (1 - \alpha).$$

Схема усилителя, использующая вариант включения транзистора с ОЭ является наиболее распространенной, так как позволяет получить наибольшие коэффициенты усиления и по току, и по напряжению, и по мощности. Входной и выходной сигналы находятся в противофазе. Усилитель с ОЭ об-

ладает сравнительно низким входным сопротивлением и достаточно высоким выходным сопротивлением.

Для обеспечения стабильного коэффициента усиления по постоянному току в схеме с ОЭ введена цепочка автоматического смещения из резистора R_3 (на рис. 1 – R4) и конденсатора C_3 (на рис. 1 – C2). Поэтому импеданс эмиттерной цепи Z_3 соответствует параллельному соединению резистора R_3 и емкостного сопротивления $X_c = 1/j\omega C_3$ конденсатора C_3 .

Комплексный коэффициент усиления K_u в схеме с ОЭ определяется выражением:

$$K_u = \alpha \frac{R_k}{R_3} \sqrt{1 + (\omega R_3 C_3)^2} \exp(j\varphi_3)$$

где R_k (R3) , R_3 (R4) – активные сопротивления в коллекторной и эмиттерной цепи транзистора соответственно; $\varphi_3 = \arctg(\omega R_3 C_3)$ – фазовый сдвиг в эмиттерной цепи транзистора; $\omega = 2\pi f_c$ – круговая частота входного сигнала.

Задание

Рассчитать транзисторный усилитель переменного тока по схеме включения транзистора с общим эмиттером (рис. 1) по заданному типу транзистора. Расчет схемы можно выполнить и по другой методике.

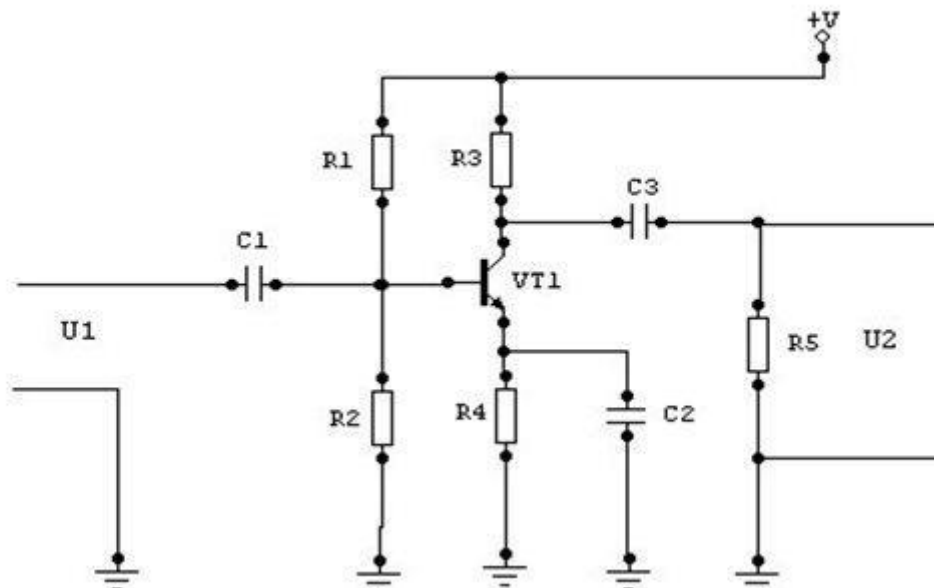


Рис. 1 – Электрическая схема усилителя

Расчет усилителей осуществляется в направлении с выхода ко входу устройства (от нагрузки к источнику входного сигнала).

Тип транзистора задается персонально в соответствии со списком группы по алфавиту. Параметры транзистора необходимо найти в справочнике на отечественные транзисторы.

1. МП21Г
2. МП39
3. МП40
4. ГТ310А
5. МП41А
6. МП42А
7. П416А
8. ГТ108Б
9. МП114
10. КТ104А
11. КТ104Б
12. КТ201Б

13. КТ345Б

2. Расчет емкости разделительного конденсатора на выходе

Разделительный конденсатор СЗ не пропускает постоянный ток в нагрузку.

Величина конденсатора СЗ определяются по формуле:

$$C_{3 \text{ расч.}} = 1/(2\pi f_{\text{сигн}} R_{\text{н}}),$$

где $f_{\text{сигн}} = f_{\text{гр}}/2$, $R_{\text{н}} = 500 \text{ Ом}$.

Рассчитанное значение емкости СЗ будет соответствовать ослаблению входного сигнала в $\sqrt{2}$ раз относительно сигнала на более высоких частотах. Для уменьшения ослабления входного сигнала и расширения за счет этого полосы пропускания усилителя расчетное значение емкости $C_{3 \text{ расч}}$ увеличивается на 1-2 порядка (в 10-100 раз).

3. Расчет коллекторной цепи транзистора

Для обеспечения усиления сигнала с минимальными искажениями потенциал коллектора относительно земли в статическом режиме $U_{\text{к0}}$ (при отсутствии входного сигнала), выбирается из условия:

$$U_{\text{к0}} = U_{\text{кЭ0}} = 0,5E_{\text{пит.}}$$

Сопротивление R_3 в цепи коллектора определяется так:

$$R_{\text{к}} = R_3 = U_{\text{кЭ0}} I_{\text{к max}} .$$

Мощность P_3 , рассеиваемая на сопротивлении R_3 в коллекторной цепи транзистора, равна

$$P_3 = (I_{\text{к max}})^2 R_3.$$

4. Расчет эквивалентного сопротивления нагрузки по переменному току

При достаточно большой емкости разделительного конденсатора СЗ эквивалентное сопротивление нагрузки по переменному току $R_{\text{н экв}}$ определяется следующим образом

$$R_{\text{н экв}} = R_3 R_5 / (R_3 + R_5),$$

так как резисторы R_3 и R_5 по переменному току включены параллельно.

5. Расчет элементов в цепи эмиттера

Сопrotивление $R_3 = R_4$ обеспечивает температурную стабилизацию режима транзистора по постоянному току. Для уменьшения влияния температуры на параметры усилителя в целом потенциал эмиттера U_3 относительно земли выбирается в диапазоне 1...2 В. Обычно $U_3 = 1$ В.

Сопrotивление R_4 определяется по формуле:

$$R_4 = U_3 / I_3,$$

где ток эмиттера I_3 выбирается в диапазоне (0,5...1,0) мА.

Мощность P_4 , рассеиваемая на сопротивлении R_4 в эмиттерной цепи транзистора равна

$$P_4 = (I_3)^2 R_4.$$

Емкость конденсатора C_2 должна быть большой, чтобы его сопротивление на частоте $f_{\text{сигн}}$ была на 2 – 3 порядка больше R_4 .

6. Расчет резистивного делителя в цепи базы транзистора на постоянном токе.

Для установления исходного напряжения смещения транзистора в цепь базы включен резисторный делитель R_1, R_2 . Если в режиме максимального сигнала ток делителя I_d превышает ток базы I_b , то потенциал базы U_b будет определяться только напряжением питания $E_{\text{пит}}$ и соотношением резисторов R_1, R_2 . Поэтому обеспечения исходного режима обеспечивается условием:

$$I_d = E_{\text{пит}} / (R_1 + R_2).$$

Потенциал базы равен

$$U_b = U_d + U_3,$$

где U_d - статический потенциал рп-перехода (для германиевых транзисторов $U_d = 0,3...0,4$ В; для кремниевых транзисторов $U_d = 0,6...0,8$ В).

Номиналы резисторов R_1, R_2 вычисляются следующим образом

$$R_2 = U_b / I_d = (U_d + U_3) / I_d; R_1 = (E_{\text{пит}} - U_b) / I_d.$$

Мощности P_1, P_2 , рассеиваемые на сопротивлениях делителя R_1, R_2 , равны

$$P_1 = (I_d)^2 R_1; P_2 = (I_d)^2 R_2.$$

7. Расчет входного сопротивления усилителя с ОЭ

Входное сопротивление транзистора со стороны базы h_{11} определяется по формуле

$$h_{11} = R_4(\beta + 1).$$

По переменному току входное сопротивление усилителя $R_{вх}$ является чисто активным и соответствует параллельному соединению сопротивлений R_1 и R_2 ,

$$R_{вх} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2).$$

Примечание. На высоких частотах, соизмеримых с быстродействием выбранного транзистора, сказываются межэлектродные емкости между выводами эмиттер – база, база – коллектор и эмиттер – коллектор. Поэтому в области высоких частот входное сопротивление (импеданс) является комплексной величиной.

8. Расчет входного конденсатора в цепи базы транзистора

Разделительный конденсатор C_1 не пропускает постоянную составляющую сигнала на вход усилителя. Величину емкости конденсатора C_1 можно определить по формуле

$$C_1 \geq 1 / (2\pi f_{сигн} R_{вх}).$$

Расчитанное значение емкости C_1 будет соответствовать ослаблению входного сигнала в $\sqrt{2}$ раз относительно сигнала на более высоких частотах. Поэтому для уменьшения ослабления входного сигнала расчетные значение емкости C_1 увеличивается на 1-2 порядка (в 10-100 раз).

9. Расчет коэффициента усиления по напряжению

Ориентировочный модуль коэффициента усиления по напряжению

$$|K_u| = \alpha \frac{R_K}{R_3} \sqrt{1 + (\omega R_3 C_3)^2},$$

где $R_K = R_3$, $R_3 = R_4$, $C_3 = C_2$.

10. Выбор элементов усилителя

Установление окончательных параметров (номиналов) резисторов и конденсаторов выполнить в соответствии со стандартной шкалой ЕСКД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам/Под ред. Н.Н. Горюнова.-М.: Энергия, 1972.- 568 с.
2. Справочник: Резисторы/Под ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова- М.: Радио и связь, 1987.- 352 с.
3. Степаненко И.И. Основы теории транзисторов и транзисторных схем/ И.И. Степаненко - М.: Энергия, 1973.- 608 с.
4. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник/С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. - М.: Издательство стандартов, 1989.- 325 с.