

Дата проведения занятия: 31 октября 2020 г.

Группа: 21ТО

Тема занятия: ПЗ № 12. Расчет усилителя

Фотографии решения задач практической работы скинуть в «В контакте» личным сообщением Орлову А.А. (id421045327).

Срок сдачи 04.11.2020

Задание.

1. Ознакомьтесь с методическими указаниями и примером решения задачи по расчету усилителя.
2. Начертите схему усилителя, в соответствии с требованиями ГОСТ.
3. Следуя методическим указаниям, произвести расчет элементов усилителя в соответствии со своим вариантом.

Методические указания

В задаче «Расчет усилителя» заданы: тип транзистора; схема усилителя

см. рис. 1; рабочая точка транзистора в состоянии покоя; сопротивление нагрузки усилителя R_H ; сопротивление резистора в цепи коллектора R_K ; наименьшая граничная частота усиления f_H ; падение напряжения $U_{Э}$ на резисторе $R_{Э}$ которое выбирают в соответствии с требованиями температурной стабильности усилителя.

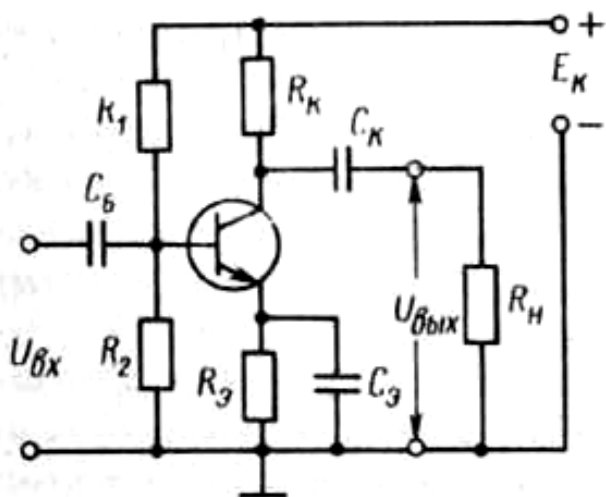


Рис 1. Усилительный каскад с общим эмиттером

Рассчитывают:

- 1) параметры элементов схемы, напряжения на этих элементах и протекающие через них токи,
- 2) коэффициент усиления по напряжению в области средних частот K_0 .

Некоторые из величин являются общими для всех вариантов, поэтому они не указаны в таблице. Это коллекторный ток транзистора $I_k = 1$ mA и напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $U_{кэ} = 5$ В в состоянии покоя. Кроме того, сопротивление нагрузки усилителя R_H берут равным рассчитанному предварительно входному сопротивлению усилителя $R_{ВХ}$, т.е. считают, что данный усилитель имеет в качестве нагрузки такой же каскад усиления.

Нужно иметь в виду, что действительные h -параметры транзисторов имеют сильный разброс и зависят от положения рабочей точки. В таблице 1 для упрощения дается некоторое среднее значение параметров для данного

типа транзистора. Следует иметь в виду, что большинство из приводимых формул также являются приближенными.

Порядок расчета

1. Определяют падение напряжения на коллекторном резисторе в состоянии покоя: $U_K = I_K R_K$

2. Рассчитывают ток базы транзистора в состоянии покоя: $I_B = \frac{I_K}{h_{21Э}}$

3. Ток делителя, протекающий по резисторам R_1 , R_2 , берут в 5 раз больше тока базы: $I_D = 5 \cdot I_B$

4. Рассчитывают напряжение питания схемы как сумму трех напряжений: $E_K = U_{КЭ} + U_K + U_Э$

5. Определяют падение напряжения на резисторе R_2 делителя как сумму двух напряжений: $U_2 = U_Э + U_{БЭ}$

Значение $U_Э$ задано в таблице, напряжение $U_{БЭ}$ считают равным для всех вариантов 0,2 В (на практике для германиевых транзисторов оно обычно колеблется в пределах 0,2 - 0,3 В).

6. Определяют падение напряжения на резисторе R_1 как разность напряжений питания \dot{A}_E и падения напряжения на резисторе R_2 : $U_1 = E_K - U_2$

7. Рассчитывают сопротивление резистора R_2 по закону Ома: $R_2 = \frac{U_2}{I_2}$

8. При расчете сопротивления резистора R_1 нужно учитывать, что через него протекает сумма токов I_D и I_B : $R_1 = \frac{U_1}{(I_D + I_B)}$

9. Находят входное сопротивление усилителя $R_{вх}$ как эквивалентное сопротивление трех включенных параллельно резисторов R_1 , R_2 , и $h_{11Э}$, приближенно его можно принять равным $h_{11Э}$.

10. Сопротивление нагрузки усилителя R_H берут такого же значения, что и $R_{вх}$:

$$R_H = R_{вх}.$$

11. Рассчитывают сопротивление резистора $R_Э$ по закону Ома:

$$R_Э = \frac{U_Э}{(I_K + I_B)}.$$

12. Оценивают емкость шунтирующего конденсатора $C_Э$ в эмиттерной цепи по приближенной формуле: $C_Э = \frac{1}{(2\pi f_H \cdot r_Э)}$, где $r_Э = \frac{2h_{12Э}}{h_{22Э}}$.

13. Оценивают емкость разделительного конденсатора на входе схемы по

приближенной формуле: $C_B = \frac{1}{f_H \cdot R_{ВХ}}$.

14. Емкость разделительного конденсатора на выходе схемы

рассчитывают по аналогичной формуле, но вместо $R_{ВХ}$ берут R_H : $C_K = \frac{1}{f_H \cdot R_H}$.

15. Определяют коэффициент усиления по напряжению в области средних частот: $K_0 = \frac{h_{21Э} \cdot R_{KH}}{h_{11Э}}$, R_{KH} - сопротивление, эквивалентное

параллельно включенным резисторам R_K , R_H , и $R_{ВЫХ}$; $R_{ВЫХ} = \frac{1}{h_{22Э}}$ - выходное сопротивление транзистора.

Пример расчета

Исходные данные для расчета:

Тип транзистора	$h_{11Э}$, Ом	$h_{12Э}$	$h_{21Э}$	$h_{22Э}$, Ом ⁻¹	R_K , кОм	$U_{Э}$, В	f_H , Гц
ГТ108А	540	$9 \cdot 10^{-3}$	35	$120 \cdot 10^{-6}$	4,7	1,9	70

Решение.

1. Определяют падение напряжения на коллекторном резисторе в состоянии покоя:

$$U_K = I_K \cdot R_K = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2,4 \cdot 10^3 = 2,4 \text{ В}$$

1. Рассчитывают ток базы транзистора в состоянии покоя:

$$I_B = \frac{I_K}{h_{21Э}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{35} = 28,5 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

2. Ток делителя, протекающий по резисторам R_1 , R_2 , берут в 5 раз больше тока базы:

$$I_D = 5 \cdot I_B = 5 \cdot 28,5 \cdot 10^{-6} = 142,8 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

3. Рассчитывают напряжение питания схемы как сумму трех напряжений:

$$E_K = U_{КЭ} + U_K + U_{Э} = 5 + 2,4 + 1,9 = 9,3 \text{ В}$$

4. Определяют падение напряжения на резисторе R_2 делителя как сумму двух напряжений:

$$U_2 = U_{Э} + U_{БЭ} = 1,9 + 0,2 = 2,1 \text{ В}$$

Значение $U_{Э}$ задано в таблице, напряжение $U_{БЭ}$ считают равным для всех вариантов 0,2 В (на практике для германиевых транзисторов оно обычно колеблется в пределах 0,2 - 0,3 В).

5. Определяют падение напряжения на резисторе R_1 как разность напряжений питания E_K и падения напряжения на резисторе R_2 :

$$U_1 = E_K - U_2 = 9,3 - 2,1 = 7,2 \text{ В}$$

6. Рассчитывают сопротивление резистора R_2 по закону Ома:

$$R_2 = \frac{U_2}{I_D} = \frac{2,1}{142 \cdot 10^{-6}} = 14705 \text{ Ом}$$

7. При расчете сопротивления резистора R_I нужно учитывать, что через него протекает сумма токов I_D и I_B :

$$R_1 = \frac{U_1}{(I_D + I_B)} = \frac{7,2}{(142,8 + 28,5) \cdot 10^{-6}} = 42301 \text{ Ом}$$

8. Находят входное сопротивление усилителя $R_{вх}$ как эквивалентное сопротивление трех включенных параллельно резисторов R_I , R_2 , и $h_{11Э}$, приближенно его можно принять равным $h_{11Э}$:

$$R_{вх} \approx h_{11Э} = 540 \text{ Ом}$$

12. Сопротивление нагрузки усилителя берут такого же значения:

$$R_H = R_{вх} = 540 \text{ Ом}$$

13. Рассчитывают сопротивление резистора $R_Э$ по закону Ома:

$$R_Э = \frac{U_Э}{(I_K + I_B)} = \frac{1,9}{(1 \cdot 10^{-3} + 28,5 \cdot 10^{-6})} = 1847 \text{ Ом}$$

12. Оценивают емкость шунтирующего конденсатора $C_Э$ в эмиттерной цепи, предварительно определив $r_Э$:

$$r_Э = \frac{2 \cdot h_{12Э}}{h_{22Э}} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-6}} = 150 \text{ Ом}$$

$$C_Э = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_H \cdot r_Э} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 70 \cdot 150} = 15,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

16. Оценивают емкость разделительного конденсатора на входе схемы по приближенной формуле:

$$C_B = \frac{1}{f_H \cdot R_{вх}} = \frac{1}{70 \cdot 540} = 26,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

17. Емкость разделительного конденсатора на выходе схемы рассчитывают по аналогичной формуле, но вместо $R_{вх}$ берут R_H , т.к. в нашем случае $R_H = R_{вх} = 540 \text{ Ом}$,

$$C_K = C_B = 26,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

18. Определяют коэффициент усиления по напряжению в области средних частот:

$$K_0 = \frac{h_{21Э} \cdot R_{КН}}{h_{11Э}},$$

где, $R_{КН}$ - сопротивление, эквивалентное параллельно включенным

резисторам R_K , R_H , и $R_{вых}$; $R_{вых} = \frac{1}{h_{22Э}}$ - выходное сопротивление

транзистора.

Индивидуальные задания.

Замечание.

Коллекторный ток транзистора $I_k = 1 \text{ mA}$ и напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $U_{кэ} = 5 \text{ В}$ в состоянии покоя, являются общими (одинаковыми) для всех вариантов, поэтому они не указаны в таблице.

Таблица исходных данных для задачи практической работы по вариантам.

Вар-т	Тип транзистора	$h_{11Э}, \text{ Ом}$	$h_{12Э}$	$h_{21Э}$	$h_{22Э}, \text{ Ом}^{-1}$	$R_{к}, \text{ кОм}$	$U_{Э}, \text{ В}$	$f_{н}, \text{ Гц}$	$P_{к\text{max}}, \text{ Вт}$
1	МП39	850	$7 \cdot 10^{-3}$	28	$55 \cdot 10^{-6}$	2,4	2,5	50	0,15
2	МП40	900	$8 \cdot 10^{-3}$	30	$60 \cdot 10^{-6}$	3,1	2,2	30	0,15
3	МП41	950	$7,5 \cdot 10^{-3}$	45	$50 \cdot 10^{-6}$	3,6	2,8	25	0,15
4	ГТ108А	540	$9 \cdot 10^{-3}$	35	$120 \cdot 10^{-6}$	1,8	1,1	65	0,075
5	МП14	930	$7 \cdot 10^{-3}$	30	$100 \cdot 10^{-6}$	4,8	2,3	15	0,15
6	МП15	1300	$8 \cdot 10^{-3}$	45	$150 \cdot 10^{-6}$	1,5	0,8	70	0,15
7	МП39Б	1100	$6 \cdot 10^{-3}$	40	$45 \cdot 10^{-6}$	3,3	1,8	40	0,15
8	МП41А	750	$5 \cdot 10^{-3}$	75	$75 \cdot 10^{-6}$	4,5	3,1	10	0,15
9	ГТ309Б	4500	$9 \cdot 10^{-3}$	120	$250 \cdot 10^{-6}$	1,8	1,3	20	0,05
10	ГТ322Б	2500	$4 \cdot 10^{-3}$	85	$85 \cdot 10^{-6}$	3,2	2,0	35	0,2
11	МП40	900	$8 \cdot 10^{-3}$	30	$60 \cdot 10^{-6}$	4,3	1,5	80	0,15
12	МП14	930	$7 \cdot 10^{-3}$	30	$100 \cdot 10^{-6}$	4,8	1,6	90	0,15
13	МП40А	1100	$7 \cdot 10^{-3}$	30	$56 \cdot 10^{-6}$	5,1	2,0	85	0,15
14	ГТ108А	540	$9 \cdot 10^{-3}$	35	$120 \cdot 10^{-6}$	6,3	2,5	95	0,075
15	МП39	850	$7 \cdot 10^{-3}$	28	$55 \cdot 10^{-6}$	4,5	1,7	85	0,15
16	ГТ309Б	4500	$9 \cdot 10^{-3}$	120	$120 \cdot 10^{-6}$	5,2	2,6	75	0,05
17	МП15	1300	$8 \cdot 10^{-3}$	45	$150 \cdot 10^{-6}$	4,5	1,7	60	0,15
18	МП39Б	1100	$6 \cdot 10^{-3}$	40	$46 \cdot 10^{-6}$	6,8	2,3	90	0,15
19	ГТ322Б	2500	$4 \cdot 10^{-3}$	85	$85 \cdot 10^{-6}$	7,0	2,5	70	0,2
20	МП41А	750	$5 \cdot 10^{-3}$	75	$75 \cdot 10^{-6}$	6,2	1,8	50	0,15
21	МП40	900	$8 \cdot 10^{-3}$	30	$60 \cdot 10^{-6}$	3,6	1,7	50	0,15
22	МП14	930	$7 \cdot 10^{-3}$	30	$100 \cdot 10^{-6}$	4,2	1,9	70	0,15
23	МП39Б	1100	$6 \cdot 10^{-3}$	40	$45 \cdot 10^{-6}$	5,1	2,1	50	0,15
24	МП15	1300	$8 \cdot 10^{-3}$	45	$150 \cdot 10^{-6}$	3,3	1,4	40	0,15
25	МП41А	750	$5 \cdot 10^{-3}$	75	$75 \cdot 10^{-6}$	5,1	1,6	80	0,15