



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

ОТЧЕТ
По лабораторной работе №2

Название: Три схемы включения транзистора

Дисциплина: Электроника

Студент

ИУ-426

(Группа)

(Подпись, дата)

С.В.Астахов

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Цель: изучить, как влияют различные способы включения биполярного транзистора и величина сопротивления нагрузки на свойства усилительного каскада.

Исходные данные:

E_k	B	I_s	R_1	R_2	$R_k, R_э$	$R_з$	$C_{бэ}$	$C_{бк}$	f	C_1, C_2	$C_{блок}$	R_n
V		A	кОм	кОм	кОм	кОм	пФ	пФ	MHz	мкФ	мкФ	кОм
9	140	Ge	15	8	2	3	10	25	40	5	200	5

Схема с общим эмиттером

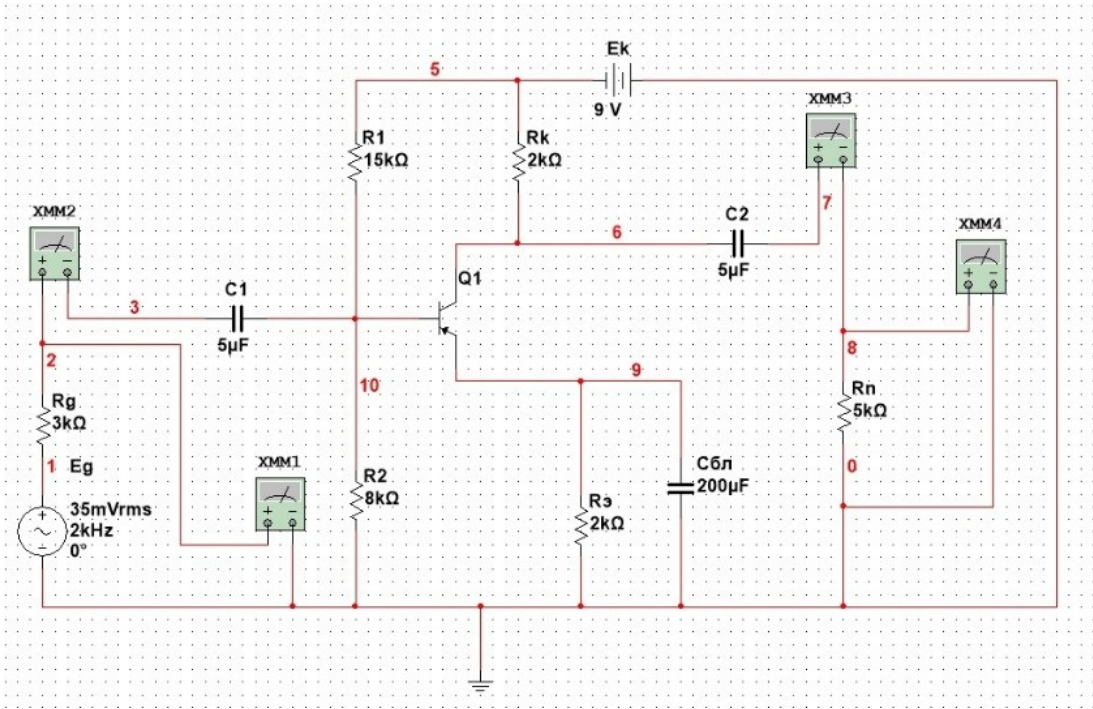
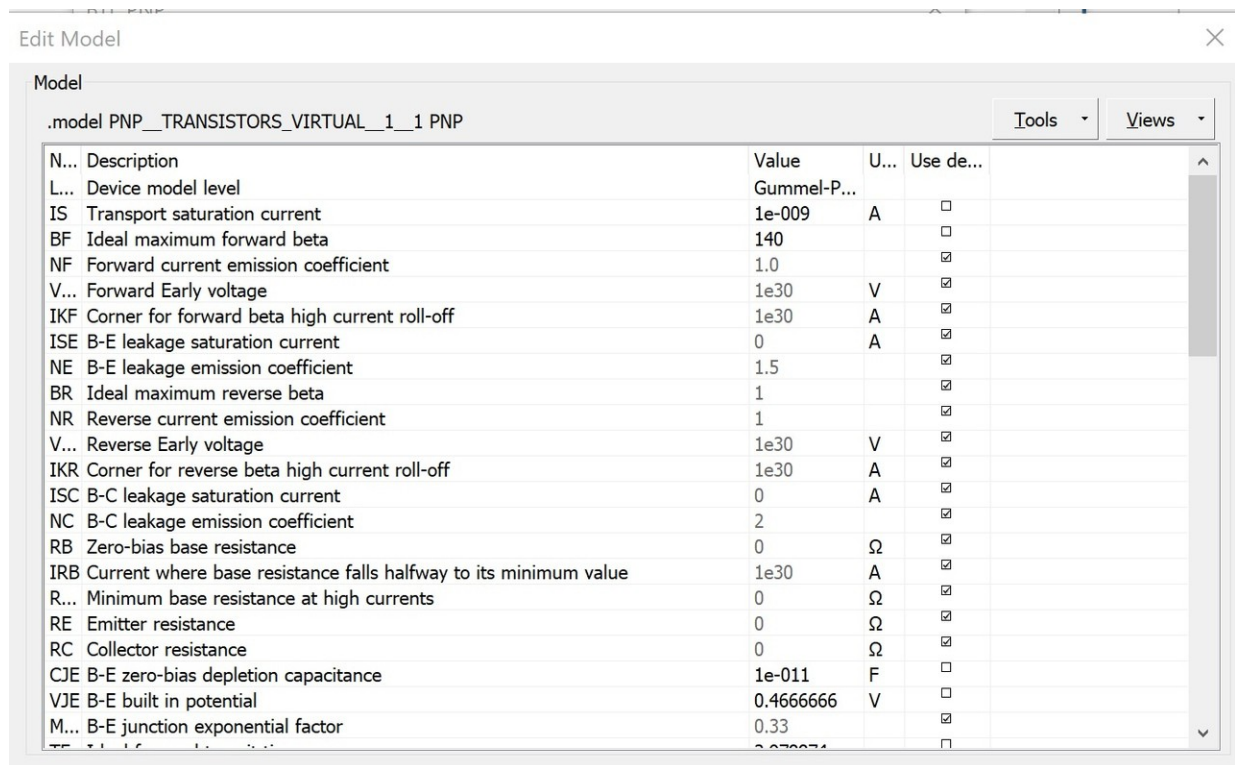


Схема с общим эмиттером

Определим параметры Spice – модели транзистора по исходным данным из таблицы выше:



Произведем расчет входного и выходного напряжения, а так же входного и выходного тока для различных случаев нагрузочного сопротивления.

По полученным данным произведем расчет коэффициентов передачи по току, напряжению и мощности, а так же входное и выходное сопротивление.

Формулы:

Коэффициент передачи усилителя по току: $K_i = I_{\text{вых}} / I_{\text{вх}}$

Коэффициент передачи усилителя по напряжению: $K_u = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$

Коэффициент передачи усилителя по мощности: $K_p = K_i * K_u$

Результаты:

R_n	$I_{\text{вх}}, \text{мкА}$	$I_{\text{вых}}, \text{мкА}$	$U_{\text{вх}}, \text{мВ}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	K_i	K_u	K_p
0,2 кОм	7,1	588,3	13,5	0,1	82,8	7,4	612,7
1 кОм	7,1	431,5	13,5	0,43	60,7	31,8	1930,26
5 кОм	7,1	184,9	13,5	0,92	26	68,1	1770,6
250 кОм	7,1	5,1	13,5	2,3	0,7	170,3	119,2

Входное сопротивление: $R_{BX} = U_{BX} / I_{BX} = 13,5 \cdot 10^{-3} / 7,1 \cdot 10^{-6} = 1,9 \text{ кОм}$

Для расчета выходного сопротивления запустим схему в режиме холостого хода и короткого замыкания.

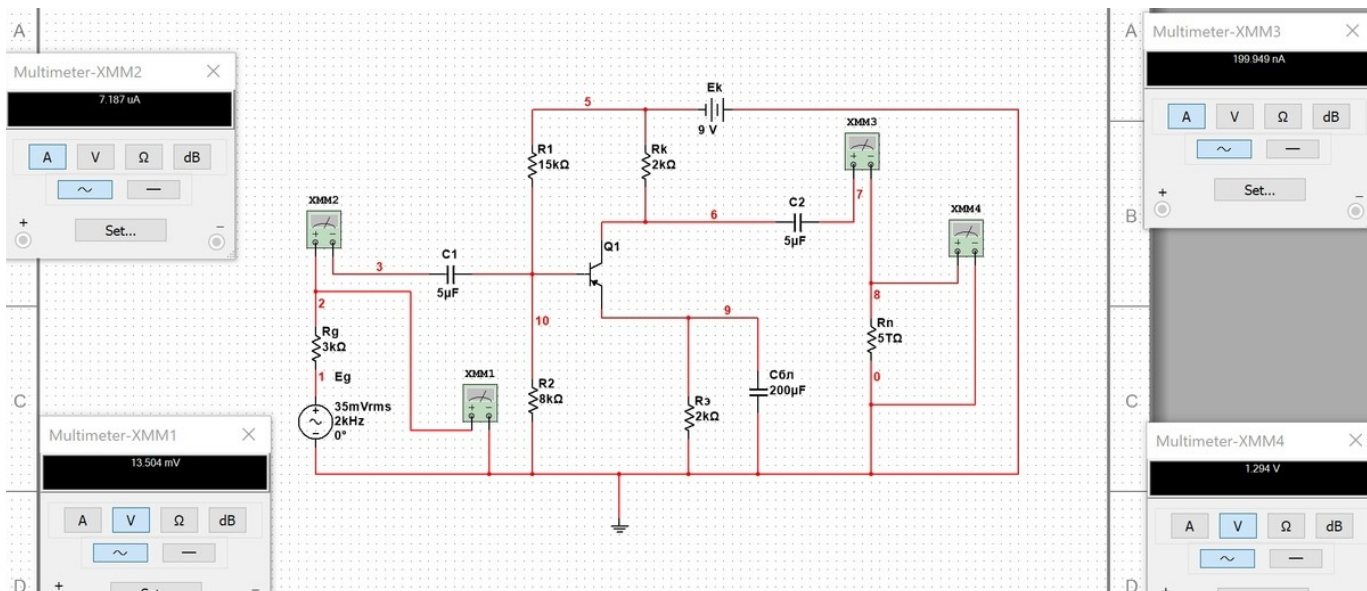


Схема в режиме ХХ

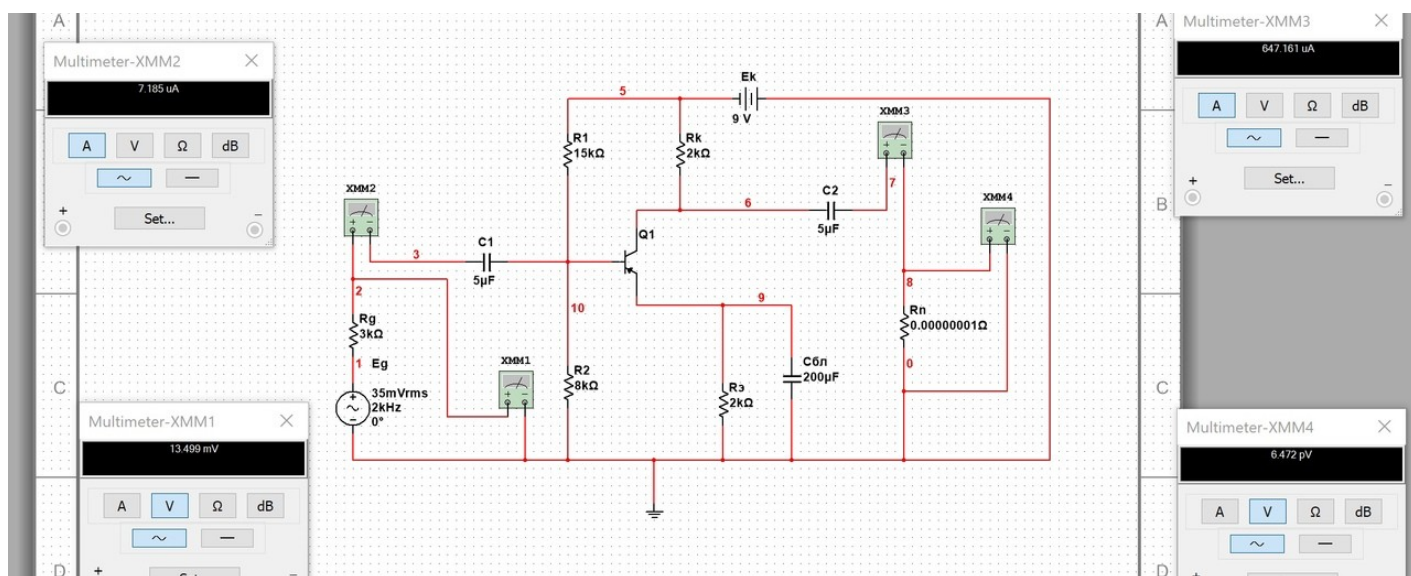


Схема в режиме КЗ

Выходное сопротивление: $R_{BbIX} = U_{xx} / I_{K3} = 1,87 \text{ кОм}$

Произведем аналитический расчет параметров, полученных с помощью эксперимента и сравним полученные результаты.

Коэффициенты передачи определим с помощью следующих формул:

Входное сопротивление: $R_{вх} = R_{вх\ тр\ оэ} * R_6 / R_{вх\ тр\ оэ} + R_6$

Сопротивление базы: $R_6 = R_1 * R_2 / R_1 + R_2$

Входное сопротивление транзистора: $R_{вх\ тр\ оэ} = r_6 + (1+B)*r_{эм}$, где $r_6 = 0\ \text{Ом}$, $r_{эм} = \varphi / I$;
 $\varphi = 0,026\ \text{В}$

Коэффициент передачи усилителя по току: $K_i = (R_6 / (R_6 + R_{вх\ тр\ оэ})) * B * R_K / (R_K + R_H)$

Коэффициент передачи усилителя по напряжению: $K_u = B * R_{KH} / R_{вх\ тр\ оэ}$; $R_{KH} = R_K * R_H / R_K + R_H$

Коэффициент передачи усилителя по мощности: $K_p = K_i * K_u$

Выполним расчет и результаты занесем в таблицу.

Ток эмиттера рассчитаем с помощью схемы, приведенной ниже.

Получаем, что $I_{эм} = 1,359 * 10^{-3}\ \text{А}$

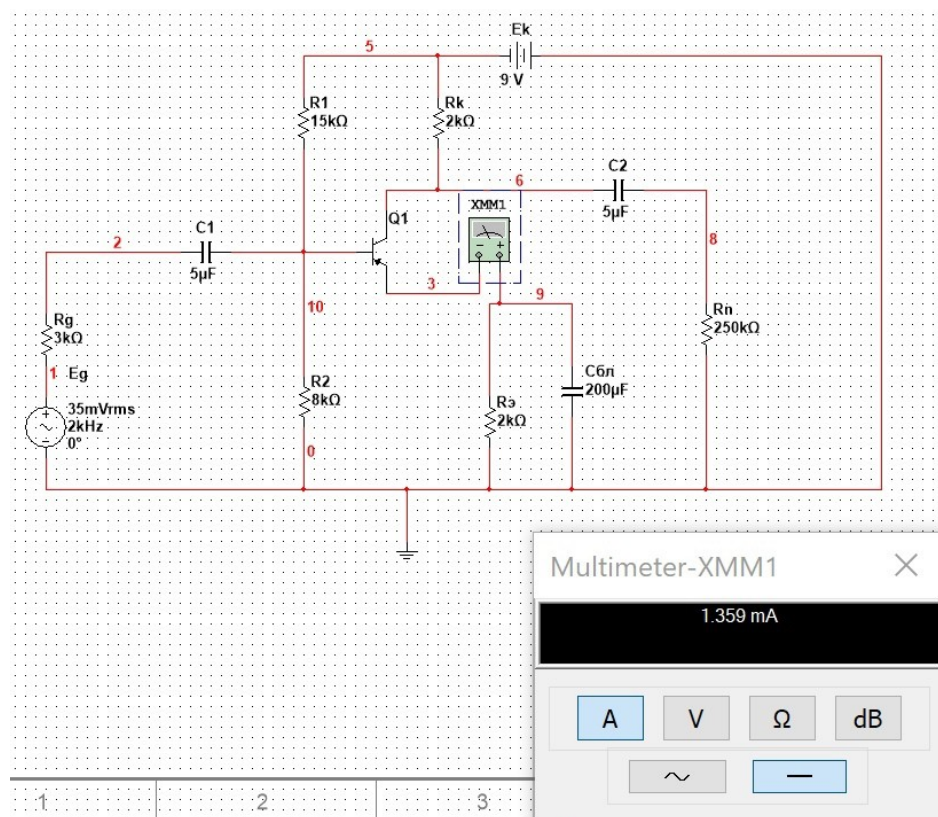
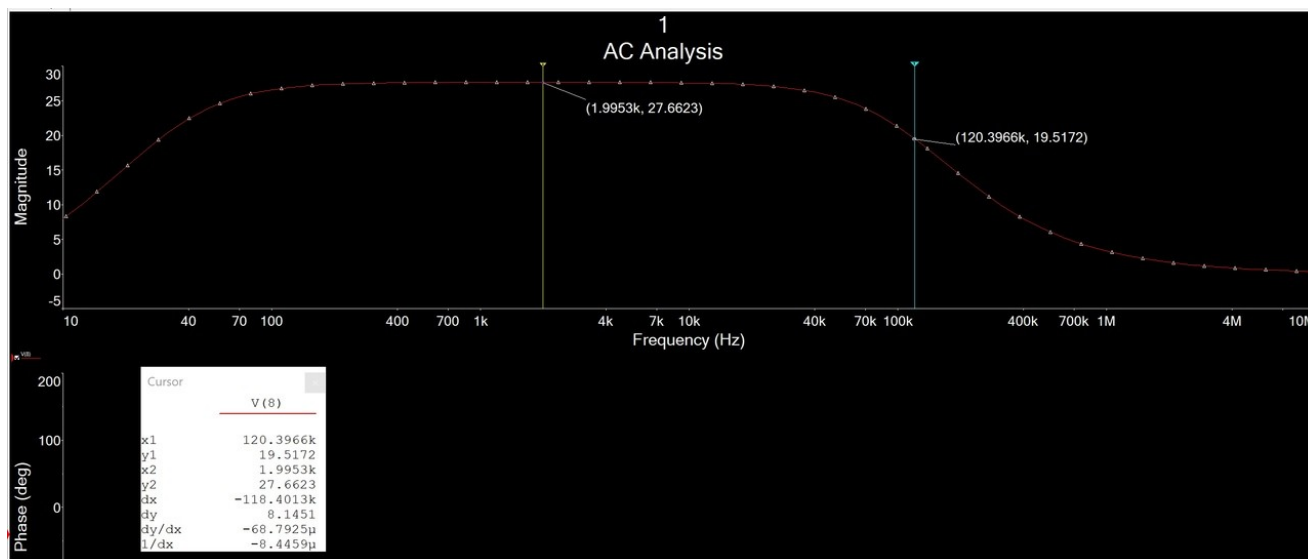


Схема для расчета тока эмиттера

R_H	R_{BX}	$R_{БЫХ}$	K_I	K_U	K_P
0,2 кОм	1,76 кОм	1,87 кОм	83,89	9,4	788,5
1 кОм			61,52	34,2	2103,9
5 кОм			26,36	74,1	1953,2
250 кОм			0,7	169,9	118,93

В результате произведенных вычислений аналитическим способом и данных полученных экспериментальным путем получились схожие данные.

Определим граничную частоту работы транзистора с общим эмиттером. Для этого построим АЧХ тока.



АЧХ тока

Граничная частота находится на отметке при напряжении в $\sqrt{2}$ раз меньше максимального. Исходя из рисунка получаем, что $f_B = 120,3$ кГц. Для определения постоянной времени цепи, найдем коэффициент G по формуле:

$$G = (R'_r + r_{б6} + r_{э}) / (R'_r + R_{BX \text{ тр } оз}) = 0,41;$$

$$\text{Где } R'_r = R_r * R_{б6} / (R_r + R_{б6}) = 1,9 \text{ кОм}$$

Постоянную времени цепи найдем по формуле:

$$\tau_B = G * (\tau_B + C_{кэ} * R_{кн}) + C_{н} * R_{кн}, \text{ где } C_{н} = 0 \text{ Ф}$$

$$\tau_B = (B + 1) / 2\pi f_a = 5,6 * 10^{-7}$$

$$C_{кэ} = C_{бк}(B+1) = 3,525 * 10^{-9}$$

$$\tau_B = 2,2 \text{ мкс}$$

Схема с общей базой

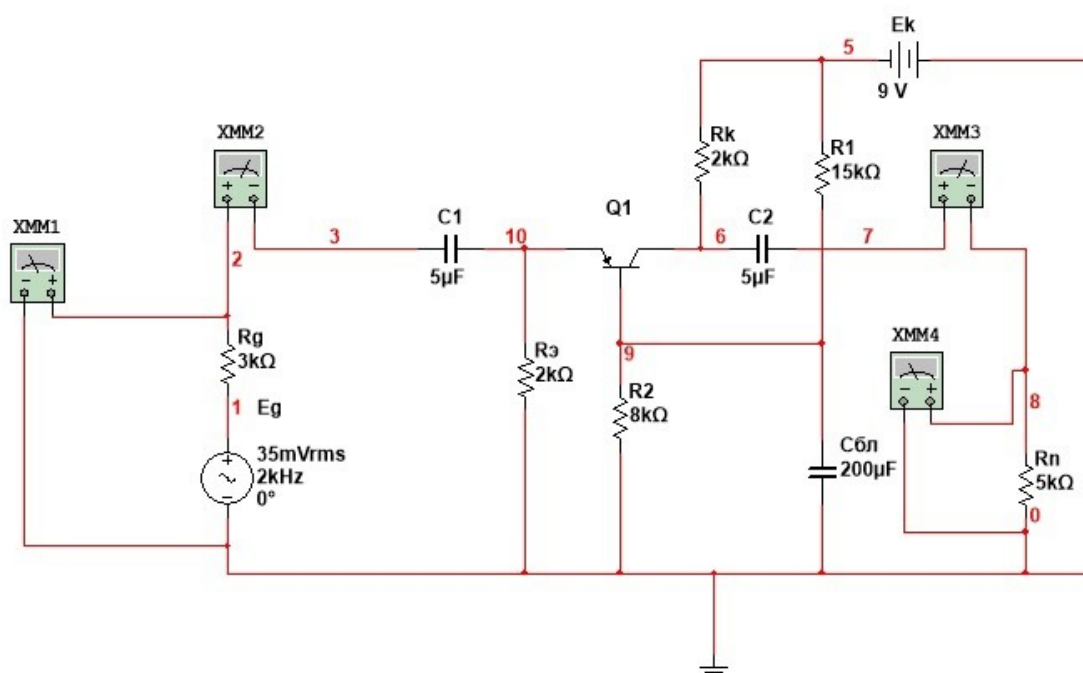


Схема с общей базой

Произведем расчет входного и выходного напряжения, а так же входного и выходного тока для различных случаев нагрузочного сопротивления.

По формулам из пункта 1 рассчитаем коэффициенты передачи по току, напряжению и мощности.

R_H	$I_{вх}, A$	$I_{вых}, A$	$U_{вх}, B$	$U_{вых}, B$	K_I	K_U	K_P
0,2 кОм	11,5e-6	10,3e-6	2,8e-4	2e-3	0,89	7	6,23
1 кОм		7,6e-6		7,6e-3	0,66	27,14	17,9
5 кОм		3,2e-6		16,2e-3	0,27	57,8	15,6
250 кОм		0,8e-7		22,6e-3	0,06	80,7	4,8

Входное сопротивление: $R_{вх} = U_{вх} / I_{вх} = 2,8 * 10^{-4} / 11,5 * 10^{-6} = 24 \text{ Ом}$

Для расчета выходного сопротивления запустим схему в режиме холостого хода и короткого замыкания аналогично пункту 1.

Выходное сопротивление: $R_{вых} = U_{хх} / I_{кз} = 24 \text{ Ом}$

Произведем аналитический расчет параметров, полученных с помощью эксперимента, и сравним полученные результаты.

Коэффициенты передачи определим с помощью следующих формул:

Входное сопротивление: $R_{вх} = (R_{вх \text{ тр об}} * R_3 / (B+1)) / (R_{вх \text{ тр об}} + R_3 / (B+1))$

Сопротивление базы: $R_6 = R_1 * R_2 / R_1 + R_2$

Входное сопротивление транзистора: $R_{вх \text{ тр об}} = r_6 + (1+B)*r_{эм}$, где $r_6 = 0 \text{ Ом}$, $r_{эм} = \varphi / I$; $\varphi = 0,026 \text{ В}$

Коэффициент передачи усилителя по току: $K_i = R_3 * a * R_k / ((R_3 + R_{вх \text{ тр об}} / (B+1)) / (R_k + R_n))$, $a = B / (B+1)$

Коэффициент передачи усилителя по напряжению: $K_u = B * R_{кн} / R_{вх \text{ тр об}}$; $R_{кн} = R_k * R_n / R_k + R_n$

Коэффициент передачи усилителя по мощности: $K_p = K_i * K_u$

Выполним расчет и результаты занесем в таблицу.

Ток эмиттера рассчитаем с помощью схемы, приведенной ниже. Получаем, что $I_{эм} = 1,358 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

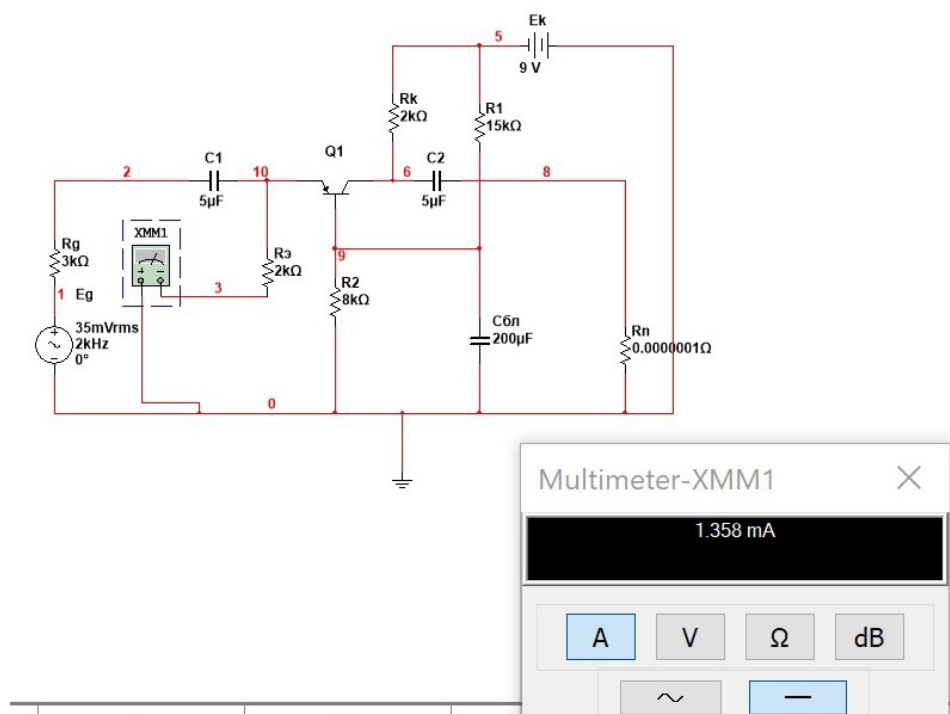


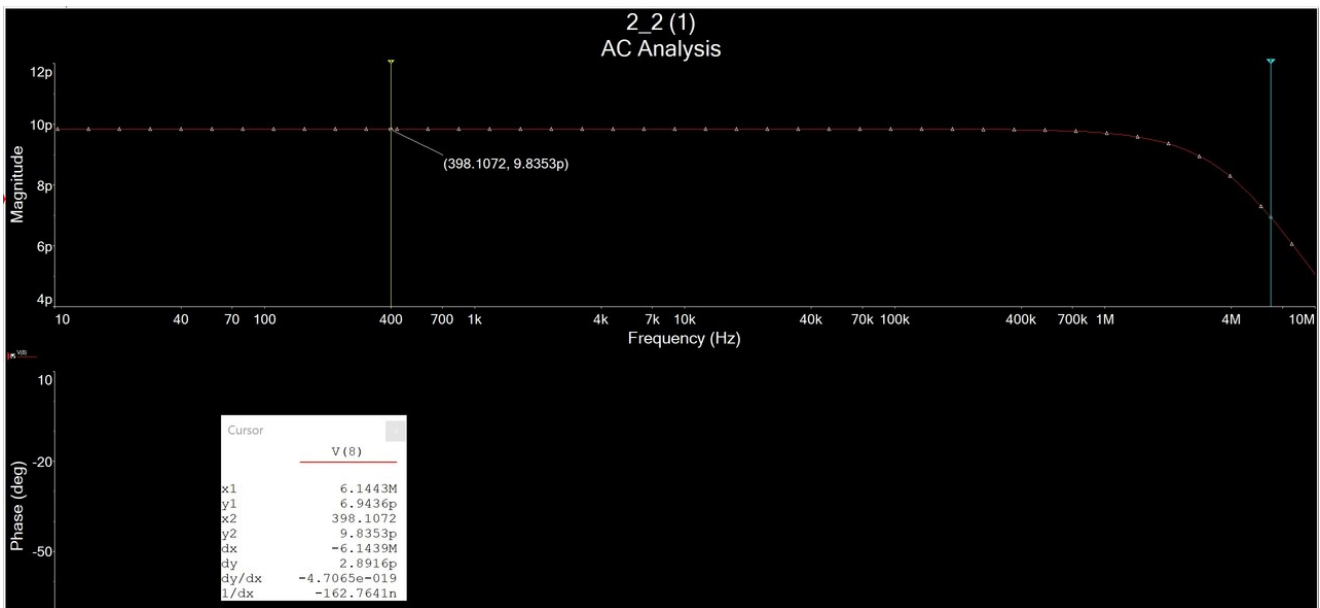
Схема для расчета тока эмиттера

Результаты расчетов

R_H	$R_{вх}$	$R_{вых}$	K_I	K_U	K_P
0,2 кОм	8,2 мОм	24 Ом	0,89	9	8
1 кОм			0,65	28,2	18,3
3 кОм			0,28	58,8	16,4
250 кОм			0,07	81,8	5,7

Значения полученные аналитическим путем получились близкими к значениям полученным экспериментально, следовательно, расчеты выполнены верно.

Определим граничную частоту работы транзистора с общим эмиттером. Для этого построим АЧХ тока.



АЧХ тока

Для определения постоянной времени цепи, найдем коэффициент G по формуле:

$$G = (R'_r + r_b + r_e) / (R'_r * (B+1) + R_{вх тр об}) = 0,007;$$

Где $R'_r = R_r * R_b / (R_r + R_b) = 1,9 \text{ кОм}$

Постоянную времени цепи найдем по формуле:

$$\tau_B = G * (\tau_B + C_{кэ} * R_{кн}) + C_H * R_{кн}, \text{ где } C_H = 0 \text{ Ф}$$

$$\tau_B = (B + 1) / 2\pi f_a = 5,6 * 10^{-7}$$

$$C_{кэ} = C_{бк} (B+1) = 3,525 * 10^{-9}$$

$$\tau_B = 3,9 \text{ мкс}$$

Схема с общим коллектором

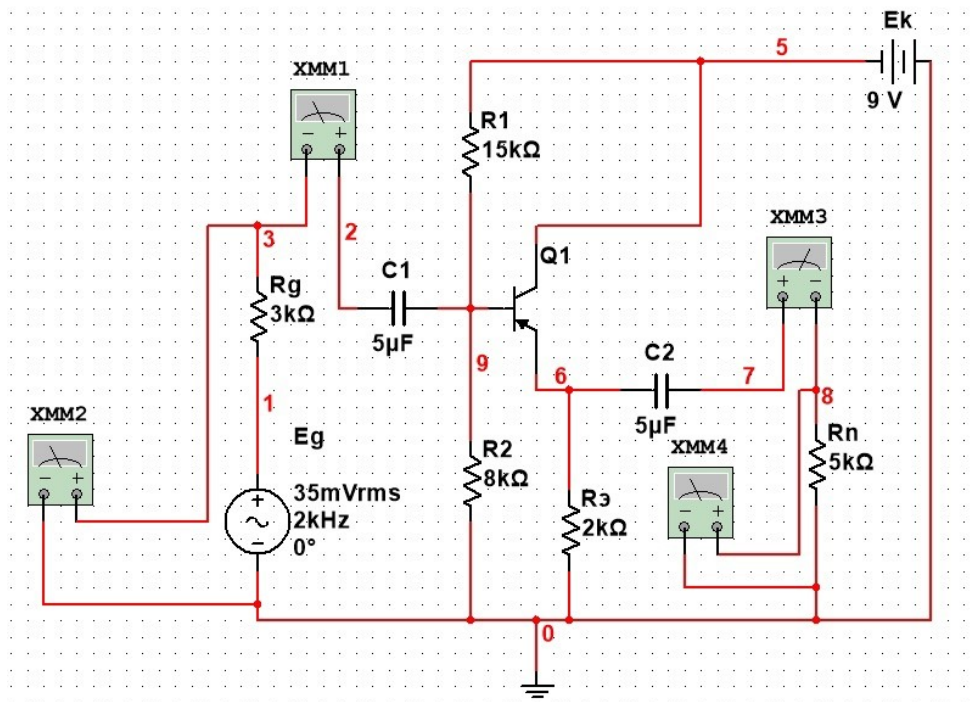


Схема с общим коллектором

Произведем расчет входного и выходного напряжения, а так же входного и выходного тока для различных случаев нагрузочного сопротивления.

По формулам из пункта 1 рассчитаем коэффициенты передачи по току, напряжению и мощности. Результаты приведены в таблице

$R_{вх}, \text{кОм}$	$R_n, \text{кОм}$	$I_{вх}, \text{мкА}$	$I_{вых}, \text{мкА}$	$U_{вх}, \text{мВ}$	$U_{вых}, \text{мВ}$	K_I	K_U	K_P
4,4	0,2	4,7	93,9	20,8	18,7	19,9	0,89	17,7
4,9	1	4,4	21,1	21,7	21,1	4,7	0,97	4,5
5,1	5	4,3	4,3	22	21,7	1	0,98	0,98
5,1	250	4,3	0,087	22	21,8	0,02	0,99	0,0198

Для расчета выходного сопротивления запустим схему в режиме холостого хода и короткого замыкания

Произведем аналитический расчет параметров, полученных с помощью эксперимента, и сравним полученные результаты.

Выходное сопротивление: $R_{вых} = U_{xx} / I_{кз} = 2,28 \text{ кОм}$

Коэффициенты передачи определим с помощью следующих формул:

Входное сопротивление: $R_{вх} = R_6 * (R_{вх\ тр} + R_{эH} * (B+1)) / ((R_{вх\ тр} + R_{эH} * (B+1)) + R_6)$

Сопротивление базы: $R_6 = R_1 * R_2 / R_1 + R_2$

Входное сопротивление транзистора: $R_{вх\ тр\ OK} = r_6 + (1+B)*r_{эм}$, где $r_6 = 0\ \text{Ом}$, $r_{эм} = \varphi / I$; $\varphi = 0,026\ \text{В}$

Коэффициент передачи усилителя по току: $K_i = R_3 * (B+1) * R_6 / (((R_6 + R_{вх\ тр} + (B+1)*R_3) * (R_3 + R_H)))$,

Коэффициент передачи усилителя по напряжению: $K_u = (B+1) * R_{эH} / (((R_6 + R_{вх\ тр\ OK} + (B+1)*R_3); R_{эH} = R_3 * R_H / R_3 + R_H$

Коэффициент передачи усилителя по мощности: $K_p = K_i * K_u$

Выходное сопротивление: $R_{вых} = R_3 * ((r_3 + (R'_r + r_6) / (B+1)) / (R_3 + ((r_3 + (R'_r + r_6) / (B+1)))$

Выполним расчет и результаты занесем в таблицу.

Ток эмиттера рассчитаем с помощью схемы, приведенной ниже. Получаем, что $I_{эм} = 1.359\ \text{mA}$

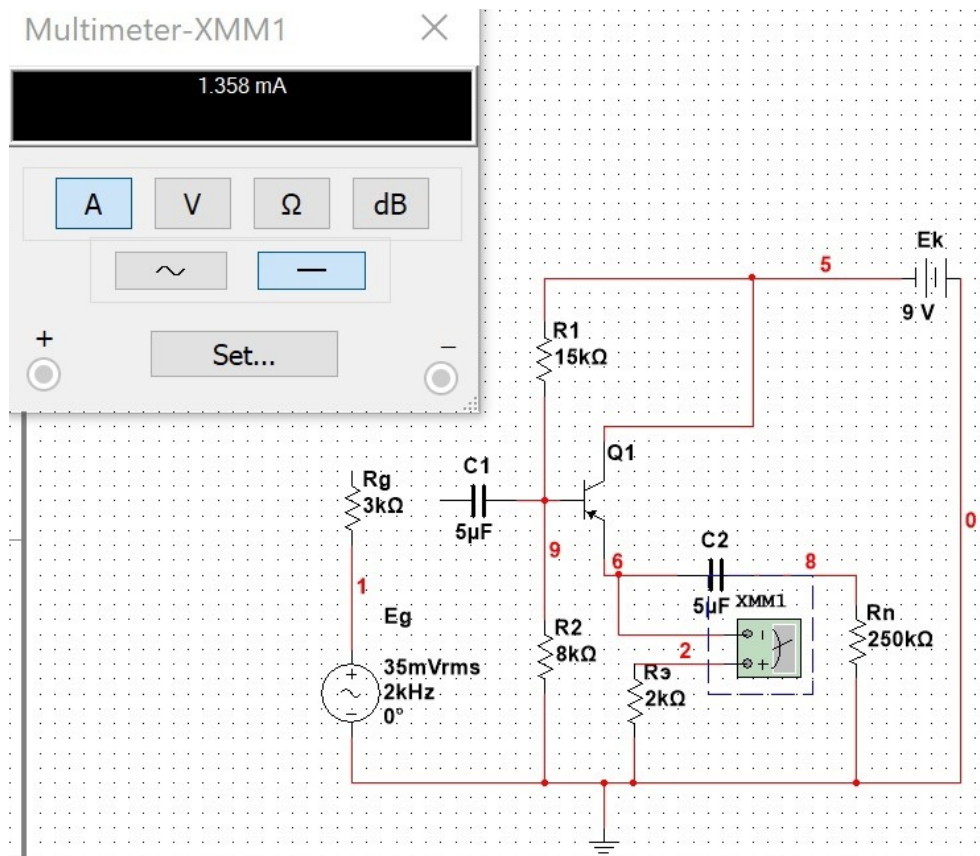


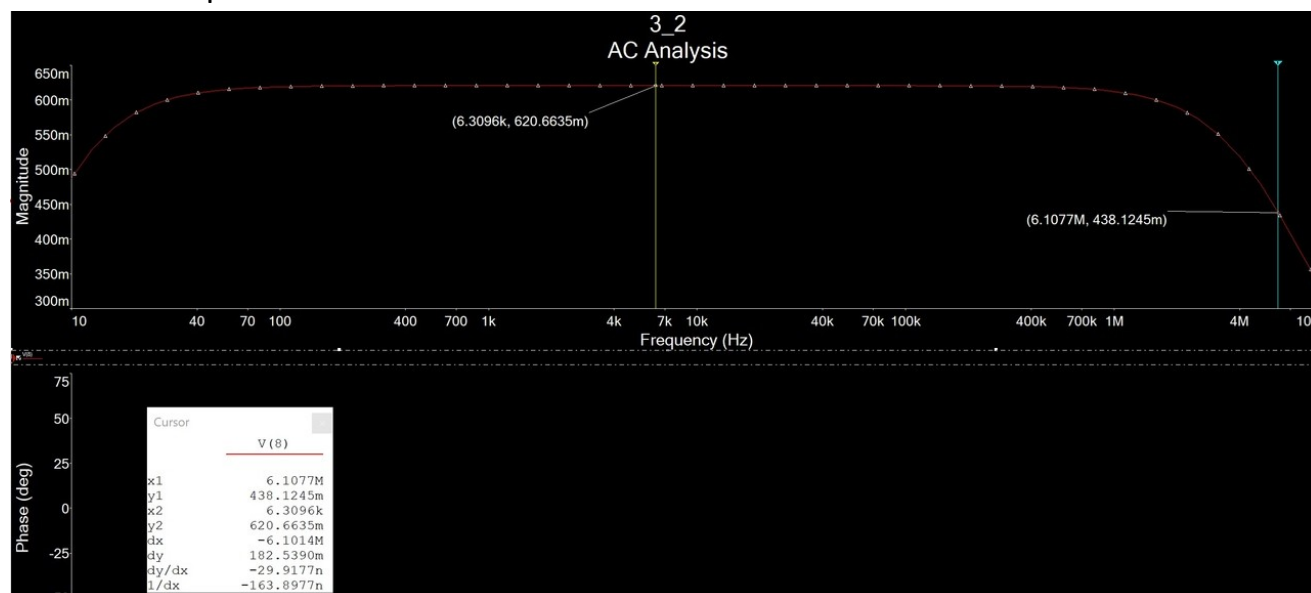
Схема для расчета тока эмиттера

Результаты расчетов

$R_n, \text{Ом}$	$R_{эн}, \text{Ом}$	$R_{вх}, \text{Ом}$	K_I	K_U	K_P
200	181,8	4409	18,5	0,9	16,6
1000	666,6	4950,6	5,1	0,95	4,8
5000	1428,5	5087,4	0,7	1	0,7
250000	1984,1	5122,8	0,02	1,02	0,02

Значения полученные аналитическим путем получились близкими к значениям полученным экспериментально, следовательно, расчеты выполнены верно.

Определим граничную частоту работы транзистора с общим эмиттером. Для этого построим АЧХ тока.



АЧХ тока

Граничная частота находится на отметке при напряжении в $\sqrt{2}$ раз меньше максимального. Исходя из графика, получаем, что $f = 6$ МГц

Для определения постоянной времени цепи, найдем коэффициент G по формуле:

$$G = (R'_r + r_6 + r_э + R_{эн}) / (R'_r + R_{эн} * (B+1) + R_{вх тр об}) = 0,016;$$

$$\text{Где } R'_r = R_r * R_6 / (R_r + R_6) = 1,9 \text{ кОм}$$

Постоянную времени цепи найдем по формуле:

$$\tau_B = G * (\tau_B + C_{кэ} * R_{кн}) + C_n * R_{кн}, \text{ где } C_n = 0 \text{ Ф}$$

$$\tau_B = (B + 1) / 2\pi f_a = 5,6 * 10^{-7}$$

$$C_{кэ} = C_{6к}(B+1) = 3,525 * 10^{-9}$$

$$\tau_B = 0,08 \text{ мкс}$$

Вывод: в ходе данной лабораторной работы было изучено влияние способа включения биполярного транзистора и величины сопротивления нагрузки на свойства усилительного каскада.