

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО”

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

Лабораторная работа №2:
**«Исследование характеристик биполярного транзистора
и расчёт усилительного каскада»**
по дисциплине Электроника и Схемотехника

Вариант 6

Выполнил:
Студенты группы R33362
Осинина Т. С, Моховиков А.Е.
Преподаватель: Николаев Н. А

Цель работы: получить входную характеристику и семейство выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером. Также рассчитать усилительный каскад с заданием рабочей точки транзистора с помощью отрицательной обратной связи по току.

Таблица 1. Характеристики транзистора BCW60C

Транзистор	UкЭ0 / UкБ0 ПРОБ В	Iк, МАКС мА	Рк, МАКС мВт	h21э				fгр МГц
				мин.	макс.	Iк мА	UкЭ В	
BCW60C	32/32	100	300	250	460	2	1	125

Часть 1. Получение входной характеристики биполярного транзистора

Сначала пересчитаем границы изменения тока базы исходя значений максимального тока коллектора и коэффициента усиления по току:

$$I_b = \frac{I_k}{h_{FE}} = \frac{I_k}{h_{FE}} = \frac{0.2}{360} = 0.6\text{ мА}$$

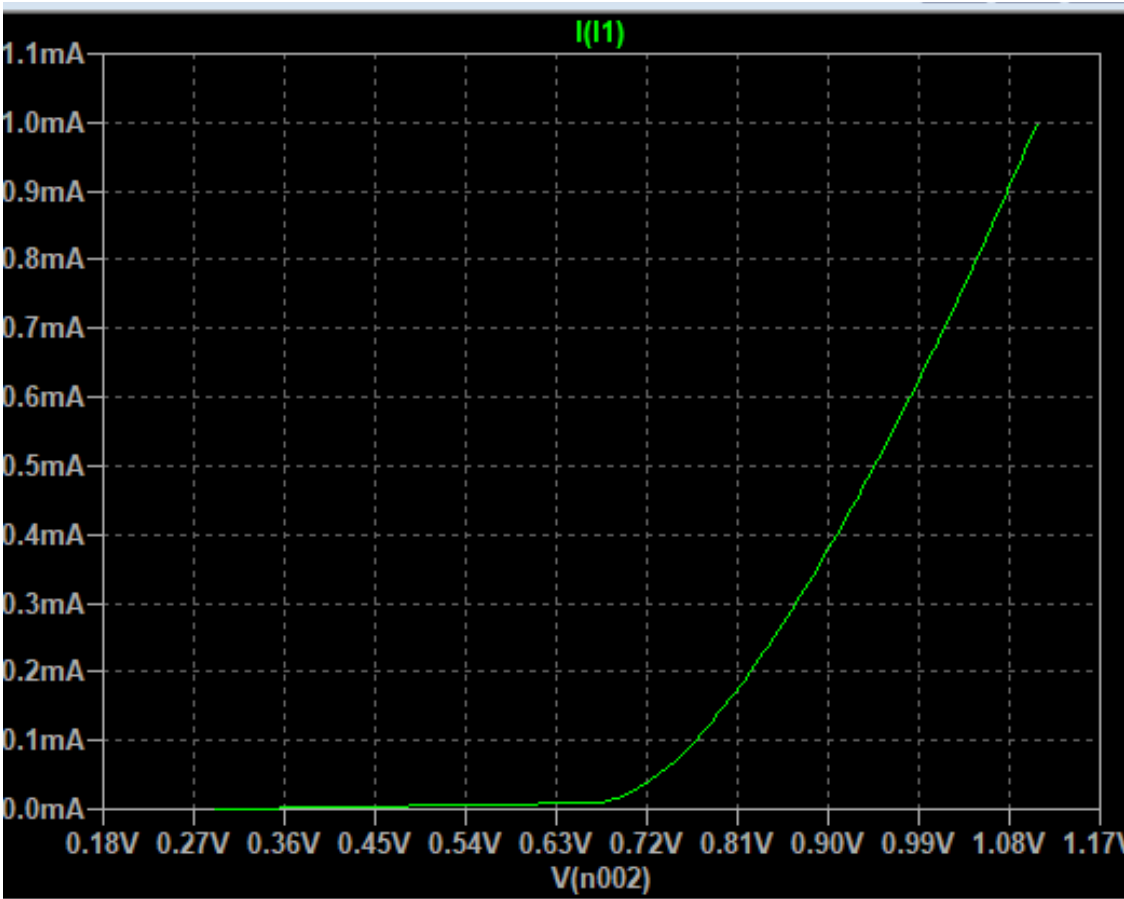


Рисунок 1 - ВАХ транзистора BCW60C

Рассчитаем дифференциальное входное сопротивление транзистора по формуле:

$$r_{BX} = \frac{\Delta U_{BЭ}}{\Delta I_B} = \frac{\Delta U_{BЭ2} - \Delta U_{BЭ1}}{\Delta I_{B2} - \Delta I_{B1}} = \frac{0.981 - 0.908}{(0.6 - 0.4) \cdot 10^{-3}} = \frac{73}{0.2} = 365 \text{ Ом}$$

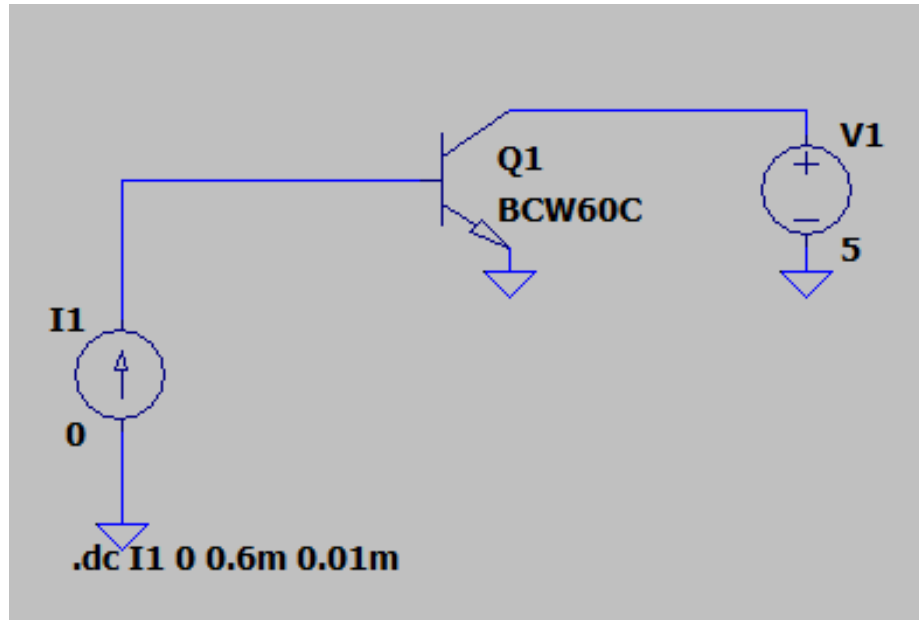


Рисунок 2 - Схема включения биполярного транзистора

Вывод: в части 1 была построена вольт амперная характеристика транзистора BCW60C, было рассчитано дифференциальное входное сопротивление транзистора $r_{BX} = 365 \text{ Ом}$.

Часть 2. Получение семейства выходных характеристик биполярного транзистора

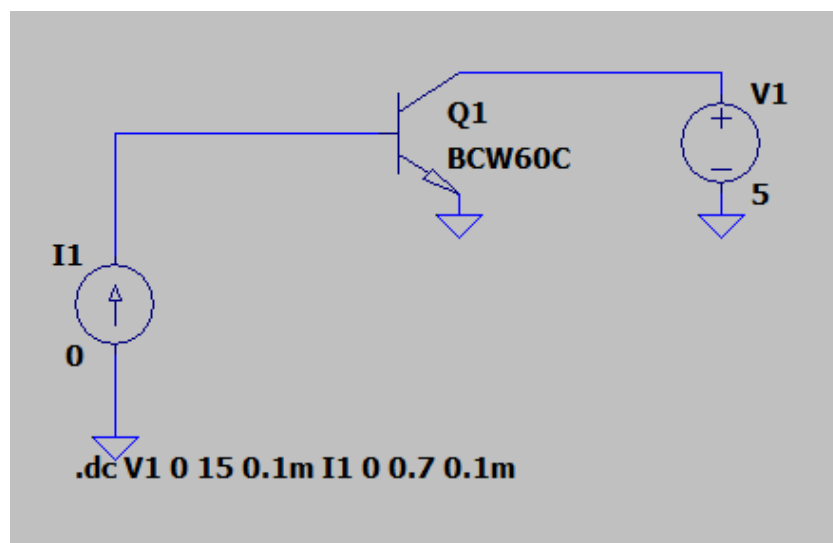


Рисунок 3 - схема получения семейства выходных характеристик биполярного транзистора

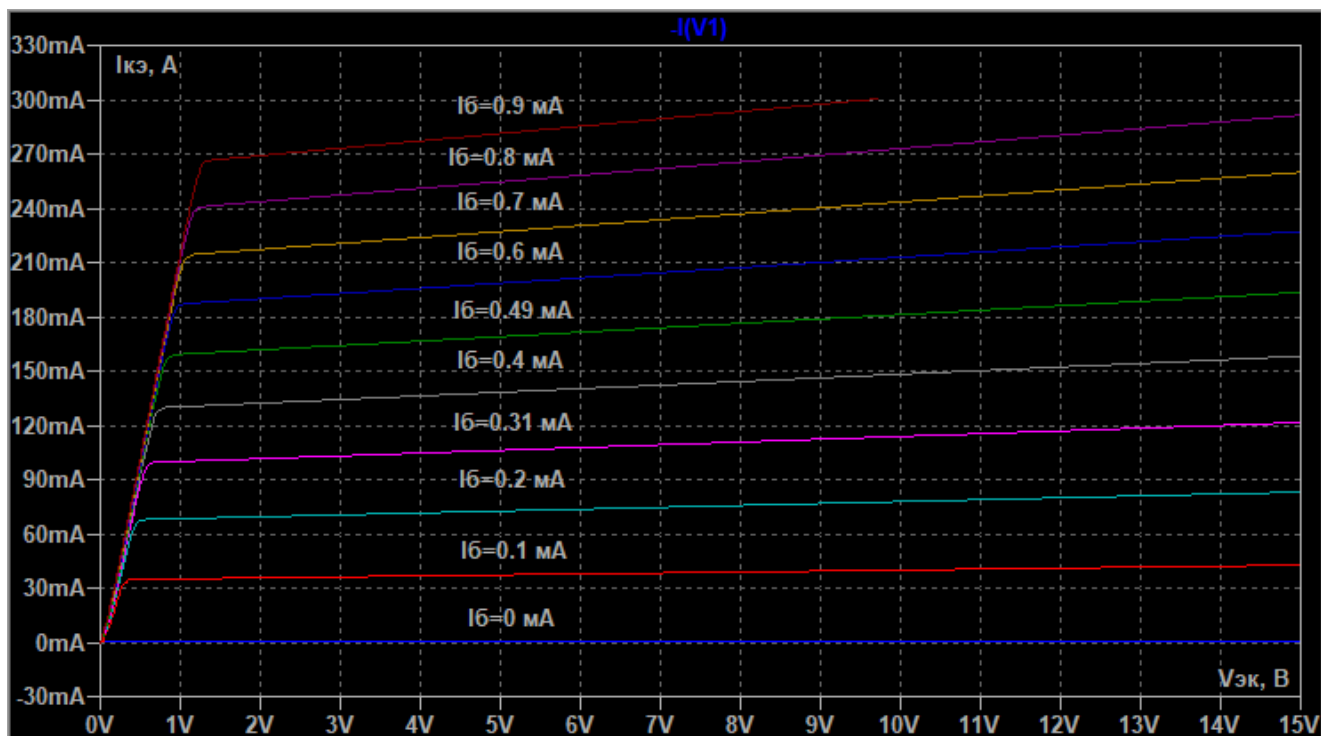


Рисунок 4 - Семейство ВАХ при разных токах базы

Далее определим значения тока коллектора при $U_{кэ} = 5$ В:

$$I_0 = 0 \text{ мА}$$

$$I_5 = 160 \text{ мА}$$

$$I_1 = 35 \text{ мА}$$

$$I_6 = 190 \text{ мА}$$

$$I_2 = 68 \text{ мА}$$

$$I_7 = 212 \text{ мА}$$

$$I_3 = 100 \text{ мА}$$

$$I_8 = 0.8 \text{ мА}$$

$$I_4 = 130 \text{ мА}$$

$$I_9 = 0.9 \text{ мА}$$

$$\beta_{AC} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b} = \frac{35}{0.1} = 350$$

Вывод: в части 2 было построено семейство вольт амперных характеристик транзистора BCW60C при разных значениях тока базы, также было определены значения тока коллектора при $U_{кэ} = 5$ В. Был рассчитан коэффициент передачи тока ($\beta_{AC} = 350$).

Часть 3. Задание рабочей точки с помощью отрицательной обратной связи по току

Из Таблица 1. Характеристики транзистора BCW60C берем значения E_k , I_{max} , P_{max} :

$$\begin{aligned} E_k &= 11 \text{ В} \\ I_{max} &= 100 \text{ мА} \\ P_{max} &= 300 \text{ мВт} \\ I_k &= \frac{P_{max}}{U_{кэ}} = \frac{0.3}{U_{кэ}} \end{aligned}$$

Далее построим рабочий диапазон транзистора, для этого построим функцию $I_k = \frac{P_{max}}{U_{кэ}}$:

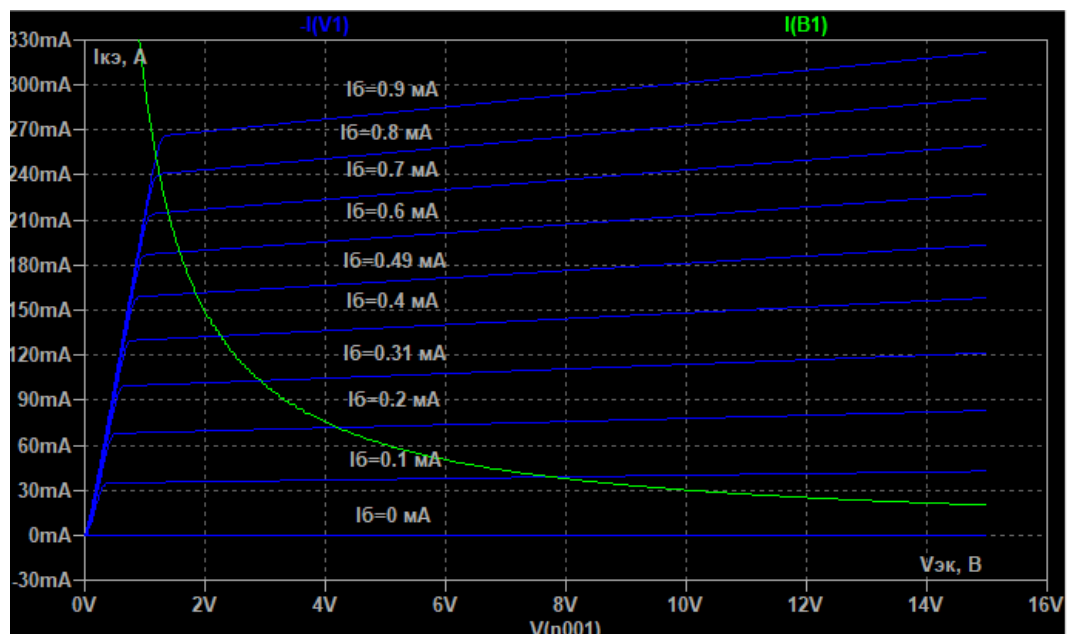


Рисунок 5. Семейство ВАХ и рабочий диапазон

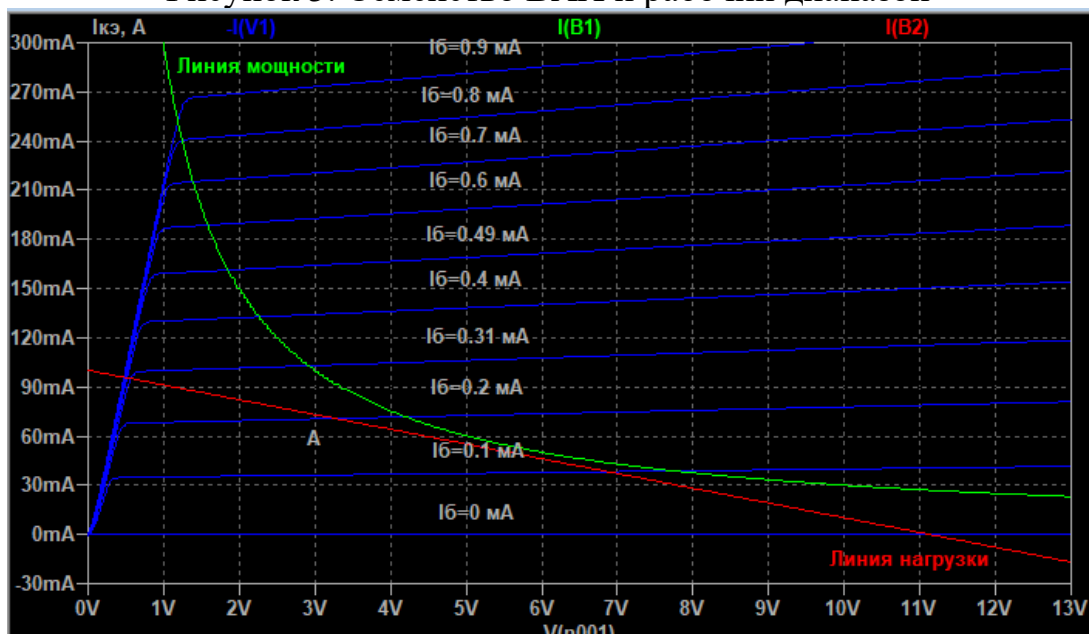


Рисунок 6. Семейство ВАХ, линия нагрузки и линия мощности



Рисунок 7. Рабочая точка

Производим расчет и находим величины сопротивлений R_K , R_1 , R_2 и $R_Э$.

$$\begin{aligned} E_k &= 11 \text{ В} \\ I_{rH} &= 0.1 \text{ А} \\ I_6 &= 0.0002 \text{ А} \\ I_K &= 0.07 \text{ А} \\ U_{6Э} &= 3.3 \text{ В} \end{aligned}$$

$$R_k = \frac{E_k}{I_{rH}} = \frac{11}{0,1} = 110 \text{ Ом} \mid \text{E24: } 110 \text{ Ом}$$

$$U_{rЭ} = (0,1 \div 0,3) \cdot E_k = 0,3 \cdot E_k = 3,3 \text{ В}$$

$$R_Э = \frac{U_{rЭ}}{I_6 + I_K} = \frac{3,3}{0.0002 + 0.07} = 47,008 \text{ Ом} \mid \text{E24: } 47 \text{ Ом}$$

$$R_2 = \frac{U_{6Э} + U_{rЭ}}{4 \cdot I_6} = \frac{3,3 + 3,3}{4 \cdot 0.0002} = \frac{6,6}{0.0008} = 8\,250 \text{ Ом} \mid \text{E24: } 8,2 \text{ кОм}$$

$$R_1 = \frac{E_k - (U_{6Э} + U_{rЭ})}{5 \cdot I_6} = \frac{11 - 6,6}{5 \cdot 0.0002} = \frac{4,4}{0,001} = 4400 \text{ Ом} \mid \text{E24: } 4,3 \text{ кОм}$$

Вычисленные данные будем использовать для моделирования усилителя (Рисунок 8. Схема моделирования усилителя на биполярном транзистор).

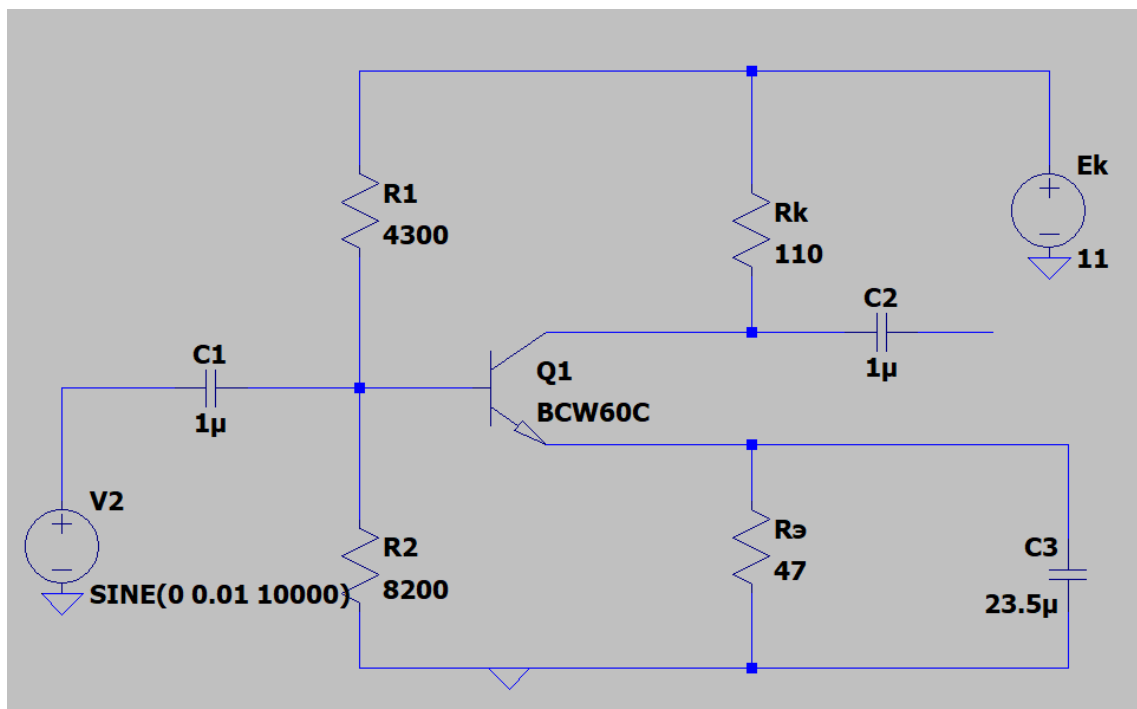


Рисунок 8. Схема моделирования усилителя на биполярном транзисторе

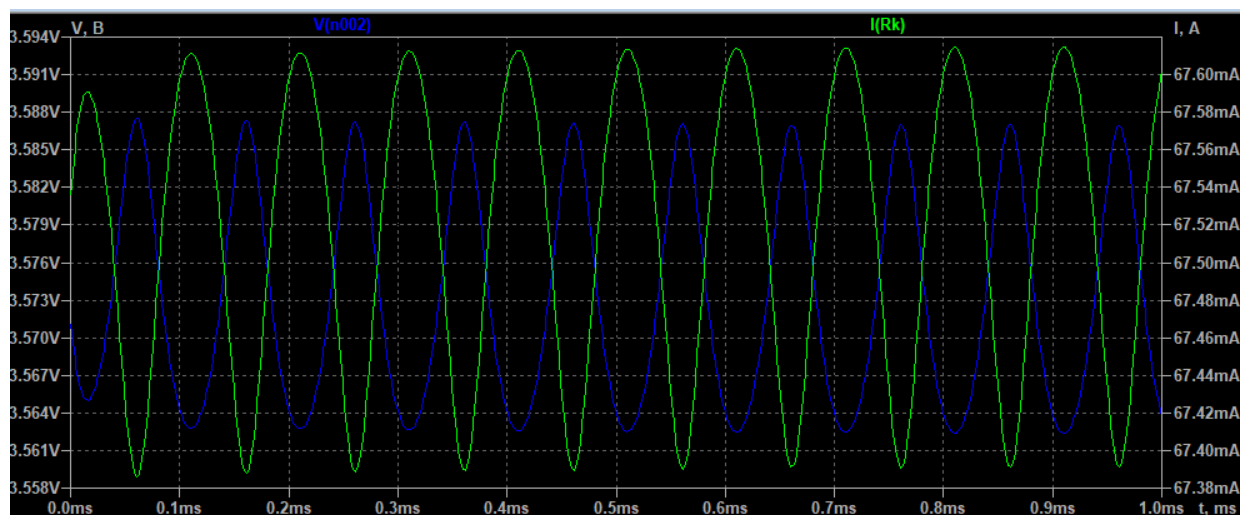


Рисунок 9. Осциллограмма выходных тока и напряжения с макс. амплитудой при гармоническом сигнале

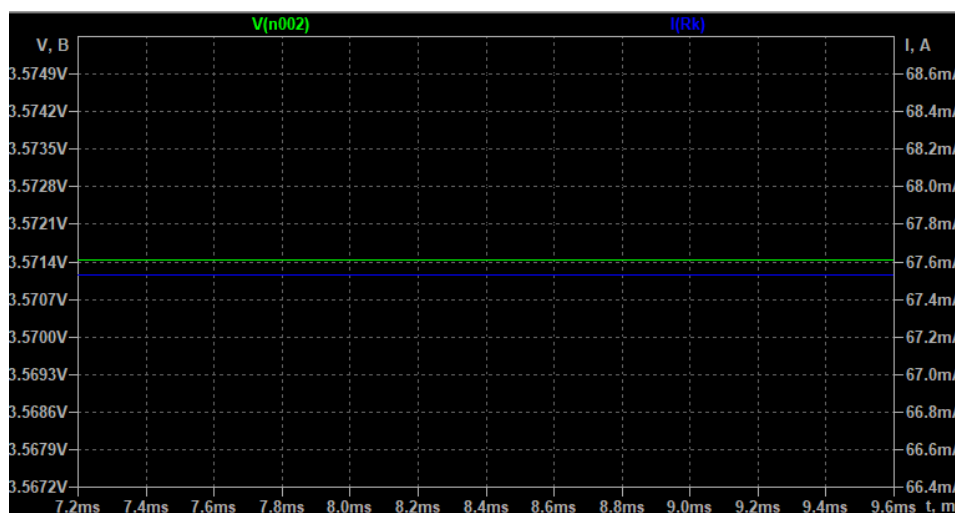


Рисунок 10. Осциллограмма выходных тока и напряжения при постоянном входном сигнале

Коэффициент усиления по напряжению:

$$k = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{3,588 - 3,57}{3,2273 - 3,2269} = \frac{0,018}{0.0004} = 45$$

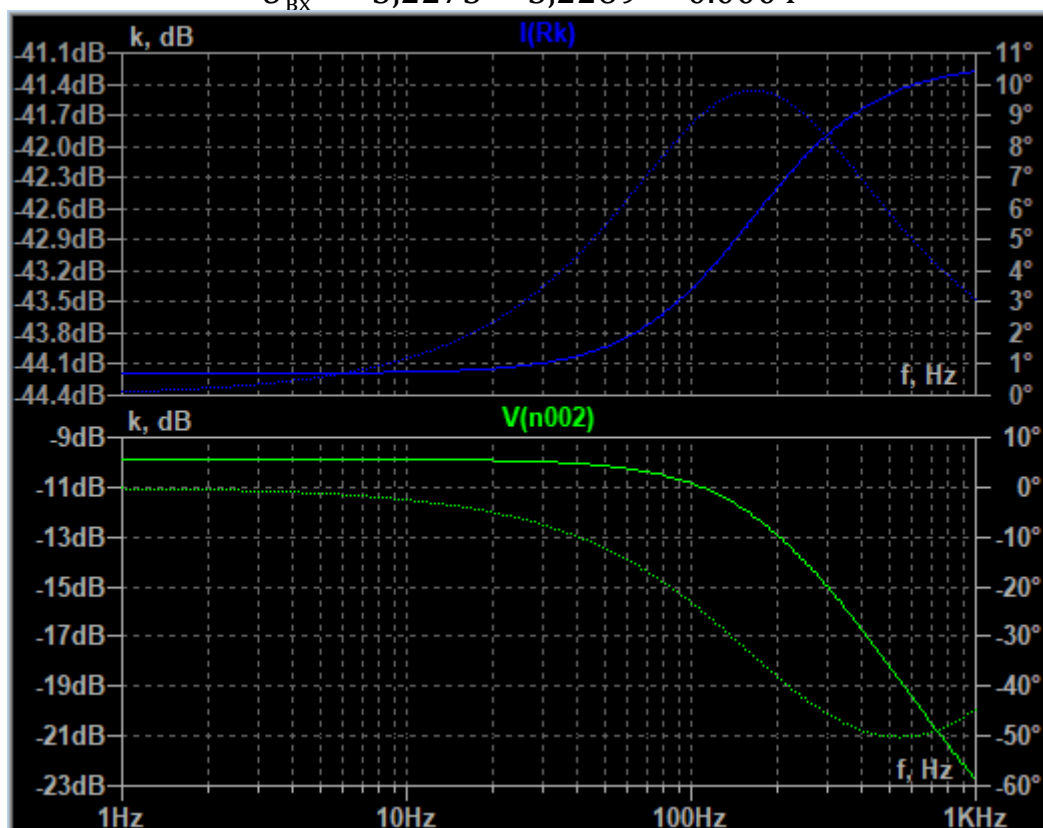


Рисунок 11. Частотная характеристика

Вывод: в части 3 были построены рабочий диапазон, нагрузочная линия, рабочая точка. Также были вычислены величины сопротивлений R_K , R_1 , R_2 и R_3 , по ним была построены схема моделирования усилителя на биполярном транзисторе. Далее были построены осциллограммы выходных тока и напряжения при постоянном входном сигнале и с макс. амплитудой при гармоническом сигнале. Анализируя, полученные графики, видим, что полученные значения примерно одинаковы с параметрами рабочей точки.

Также был найден коэффициент усиления по напряжению ($k = 45$), был проведен частотный анализ, по Рисунок 11. Частотная характеристика видим, что при увеличении частоты коэффициент усиления при подаче гармонического сигнала по напряжению уменьшается, а по току наоборот увеличивается.