

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Отделение автоматизации и робототехники

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

по дисциплине:

Электроника 1.3

Исполнитель:

студент группы

8Е31

Лемза С.В,

Руководитель:

преподаватель

Буллер А.С.

Томск 2025

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является получение входной характеристики и семейства выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером

ХОД РАБОТЫ

1. Получение входной характеристики биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.

1.1 Построим зависимость входного тока от входного напряжения

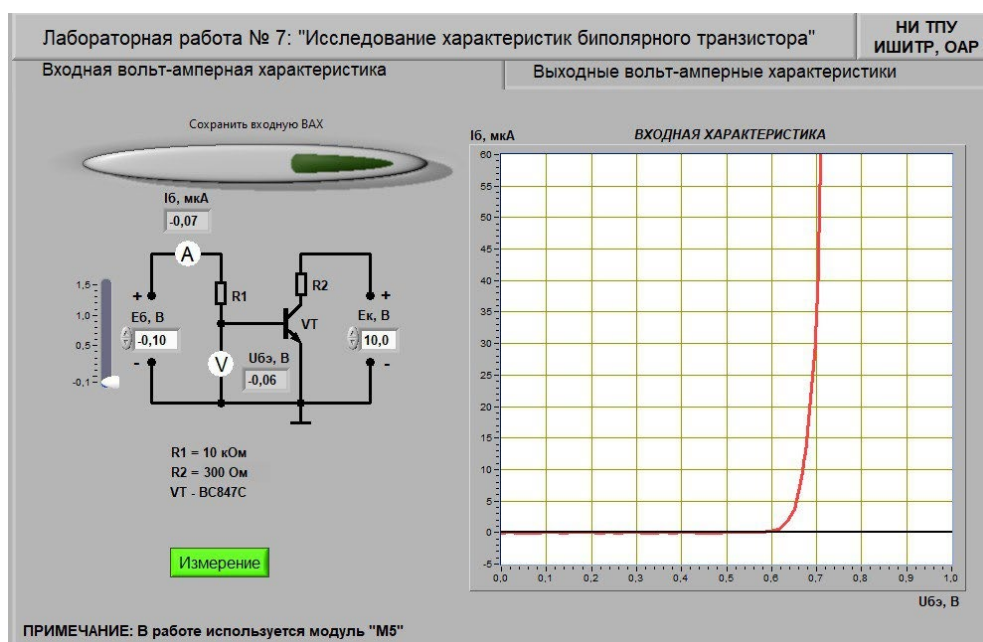


Рисунок 1 – Зависимость входного тока от входного напряжения.

1.2 Найдём входное напряжение при токах 10 мкА и 40 мкА.

При $I_{\text{б}} = 10,24 \text{ мкА}$ $U_{\text{бэ}} = 0,65 \text{ В}$. При $I_{\text{б}} = 40,31 \text{ мкА}$ $U_{\text{бэ}} = 0,7 \text{ В}$.

1.3 Найдём дифференциальное входное сопротивление транзистора.

Дифференциальное сопротивление стабилитрона находится по формуле:

$$r_{\text{ВХ}} = \frac{\Delta U_{\text{БЭ}}}{\Delta I_{\text{б}}} \quad (1)$$

Подставим измеренные выше значения в формулу (1):

$$r_d = \frac{(0,7 - 0,65)}{(40,31 - 10,24) \cdot 10^{-6}} = 1663 \text{ Ом}$$

2. Получим семейство выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером

2.1 Построим характеристик изменения коллекторного тока от напряжения коллектор-эмиттер

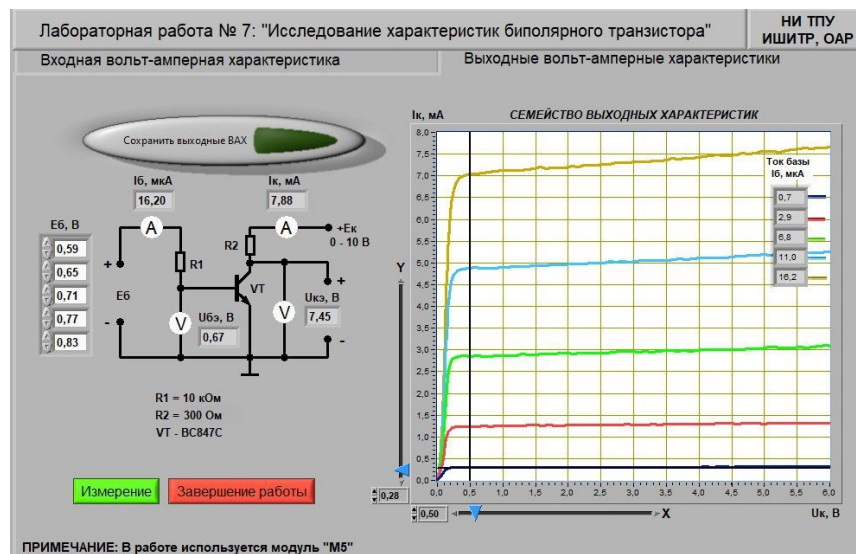


Рисунок 2 – ВАХ(коллекторный ток, КЭ напряжение)

2.2 Запишем значения тока коллектора, для характеристики каждого тока базы при напряжении равном 5В.

При токе базы равном 0,7 мкА, и напряжении коллектора равным 5 В ток базы равен 0,28 мА.

При токе базы равном 2,9 мкА, и напряжении коллектора равным 5 В ток базы равен 1,22 мА.

При токе базы равном 6,8 мкА, и напряжении коллектора равным 5 В ток базы равен 2,85 мА.

При токе базы равном 11,0 мкА, и напряжении коллектора равным 5 В ток базы равен 4,89 мА.

При токе базы равном 16,2 мкА, и напряжении коллектора равным 5 В ток базы равен 7,02 мА.

2.3 Рассчитаем коэффициент передачи тока

Коэффициент передачи будем рассчитывать по формуле 2.

$$\beta_{AC} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \quad (2)$$

Подставим значения в формулы (2), взяв значения из измерений полученных выше, рассчитаем попарно и найдем среднее:

$$\beta_{AC(1-2)} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{(1,22 - 0,28) \cdot 10^{-3}}{(2,9 - 0,7) \cdot 10^{-6}} = 427;$$

$$\beta_{AC(2-3)} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{(2,85 - 1,22) \cdot 10^{-3}}{(6,8 - 2,9) \cdot 10^{-6}} = 417;$$

$$\beta_{AC(3-4)} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{(4,89 - 2,85) \cdot 10^{-3}}{(11,0 - 6,8) \cdot 10^{-6}} = 486;$$

$$\beta_{AC(4-5)} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{(7,02 - 4,89) \cdot 10^{-3}}{(16,2 - 11,0) \cdot 10^{-6}} = 410.$$

Рассчитаем среднее значение:

$$\frac{427 + 417 + 486 + 410}{4} = 435$$

ВЫВОД ПО РАБОТЕ 1

В ходе выполнения задания 1 была получена входная характеристика биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером. Экспериментально определены значения входного напряжения и входного тока для двух точек: при $I_B=10,24$ мкА напряжение база-эмиттер составило 0,65 В, при

$I_6=40,31 \text{ мкА} \text{ — } 0,7 \text{ В}$. На основе этих данных рассчитано дифференциальное входное сопротивление транзистора, которое оказалось равным $16,63 \text{ кОм}$. Полученные результаты подтверждают экспоненциальный характер входной вольт-амперной характеристики биполярного транзистора и позволяют количественно оценить его входное сопротивление в рабочей точке

3. Получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком

3.1 Построим зависимость выходного тока транзистора от входного напряжения.

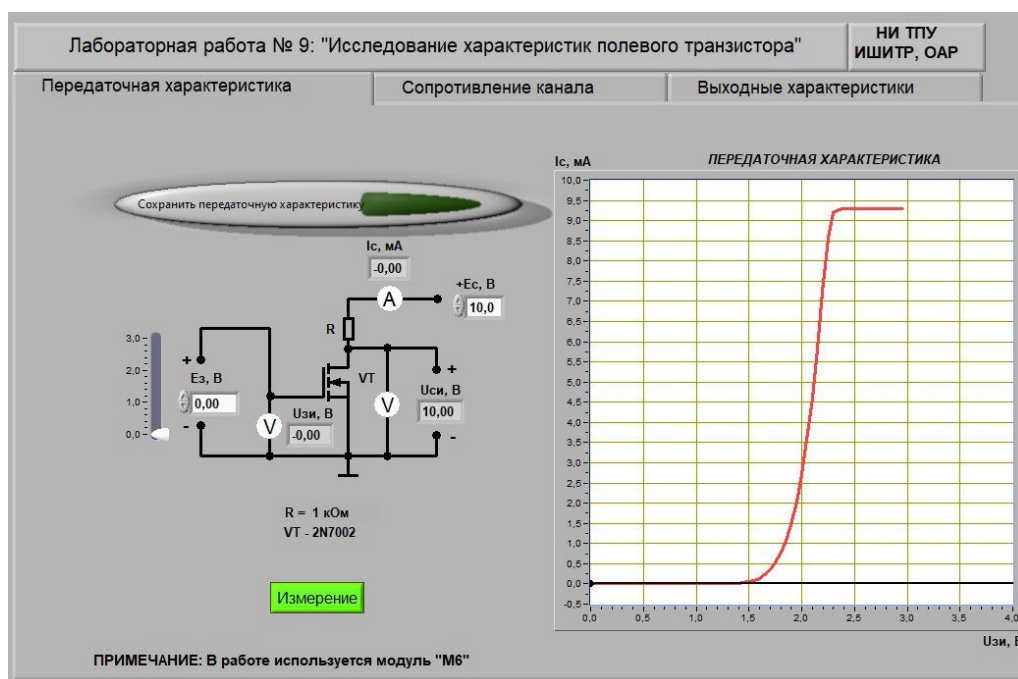


Рисунок 3 – Необходимая ВАХ

3.2 Найдем напряжения затвор-исток, при значениях тока стока равных $0,01 \text{ мА}$, $1,0 \text{ мА}$, $2,5 \text{ мА}$.

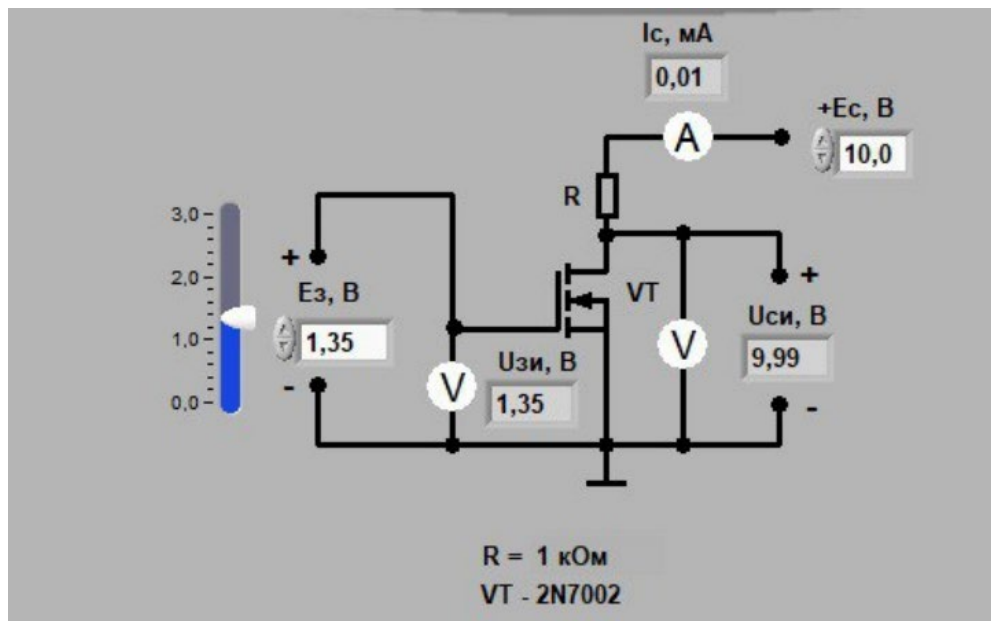


Рисунок 4 – Характеристики системы при 0,01

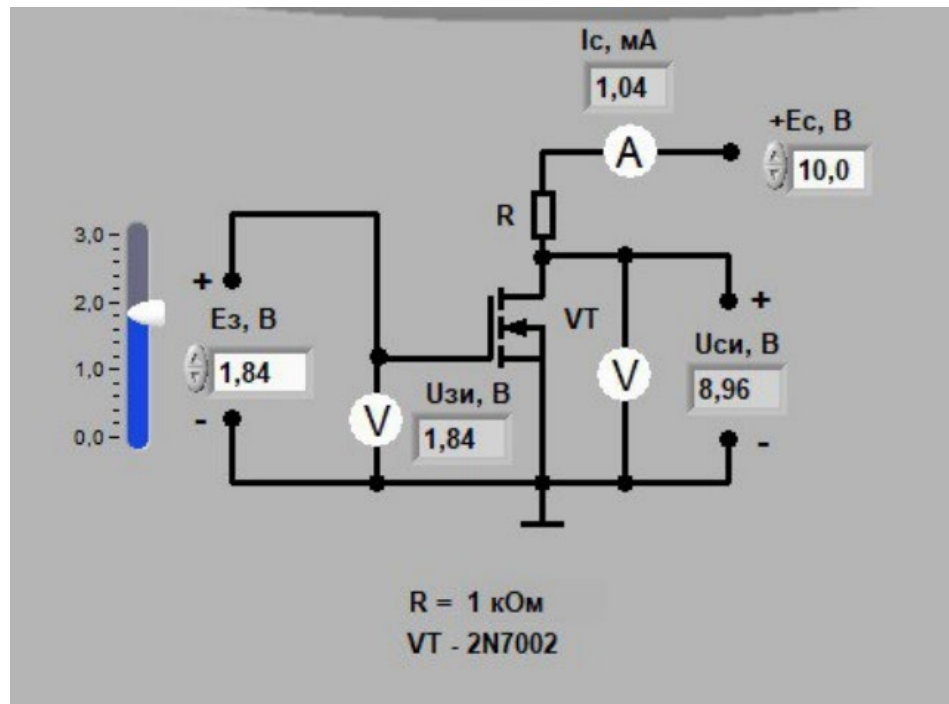


Рисунок 5 – Характеристики системы при 1,04 мА

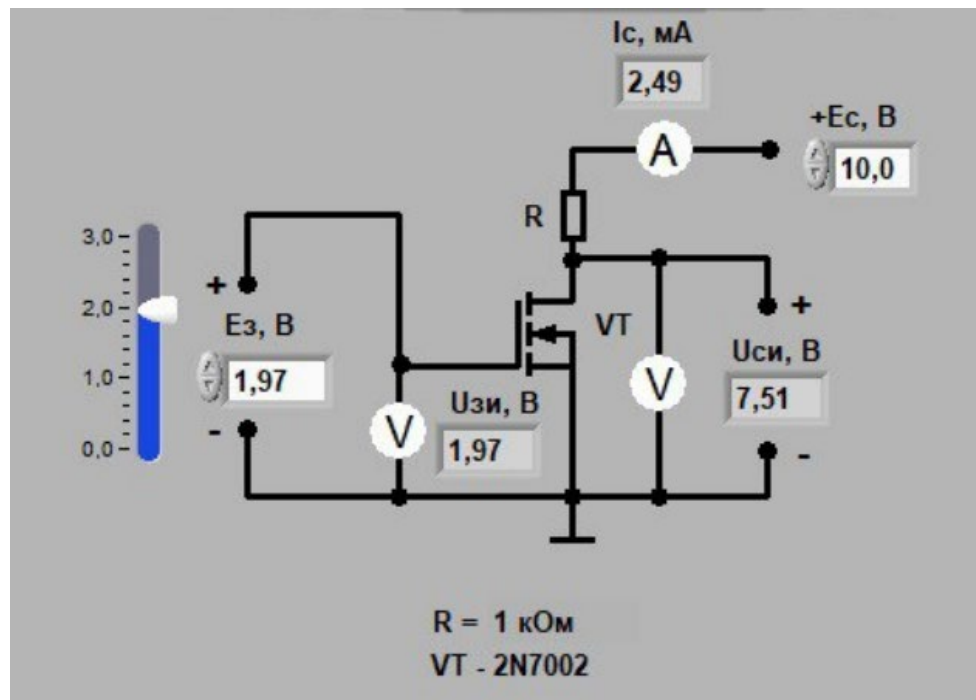


Рисунок 6 – Характеристики системы при 2,45 мА

3.3 Найдем крутизну передаточной характеристики S .

Крутизна находится по формуле:

$$S = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{U_{зи.2} - U_{зи.1}} \quad (3)$$

Подставим измеренные выше значения в формулу (3):

$$S = \frac{2,49 - 1,04}{1,97 - 1,84} = 11,2$$

3.4 Найдем удельную крутизну передаточной характеристики b .

Удельная крутизна находится по формуле:

$$b = \frac{S}{U_{зи} - U_{пор}} \quad (4)$$

Где

$$U_{зи} = \frac{U_{зи.2} + U_{зи.1}}{2} = \frac{1,97 + 1,84}{2} = 1,9$$

Подставим значения в формулу 4.

$$b = \frac{11,2}{1,9 - 1,35} = 20,4$$

4 Получим зависимость сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток

4.1 Построим зависимость сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток

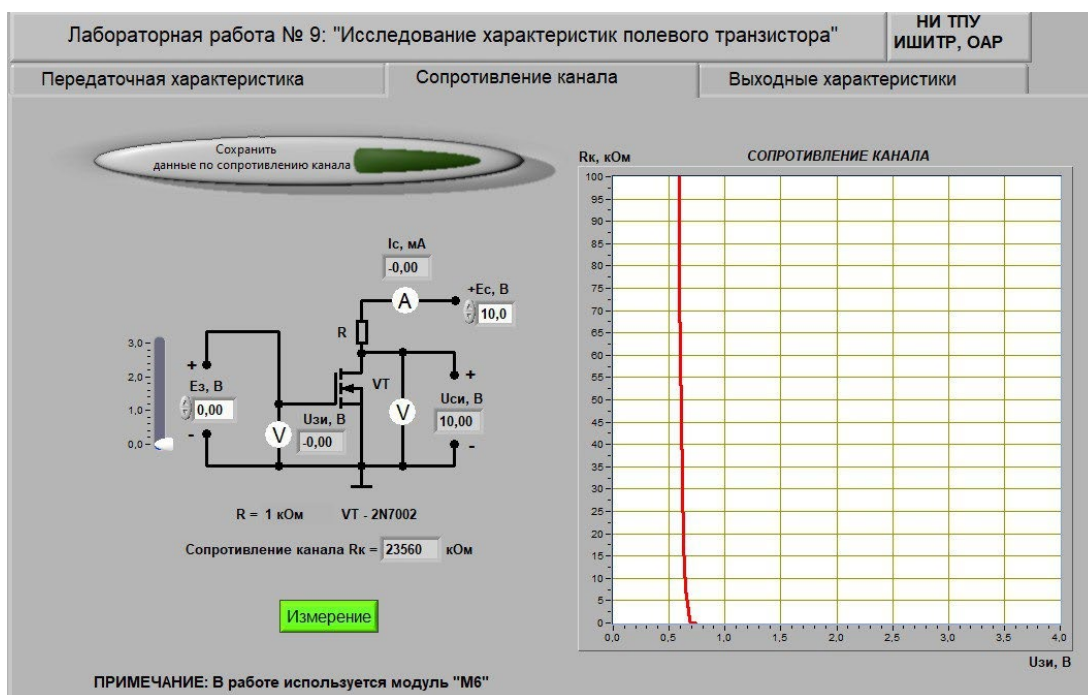


Рисунок 7 – Зависимость сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток

4.2 Найдём максимальное и минимальное сопротивления канала полевого транзистора.

Для этого найдём положение с максимальным током(3,14 мА) и током закрытия(0,01 мА).

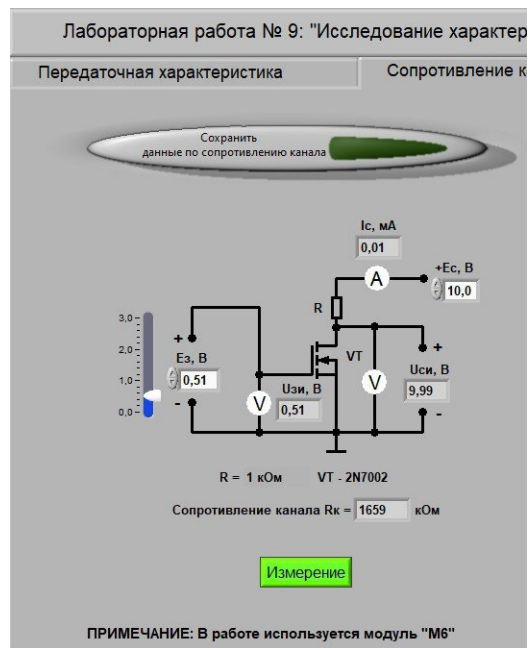


Рисунок 8 – Состояние системы при токе равном 0,01 мА



Рисунок 9 – Состояние системы при токе равном 3,14 мА

В таком случае максимальное искомое сопротивление равняется 1659 кОм, а минимальное 0,08766 кОм.

5 Получим семейство выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком

5.1 Получим выходные характеристики полевого транзистора

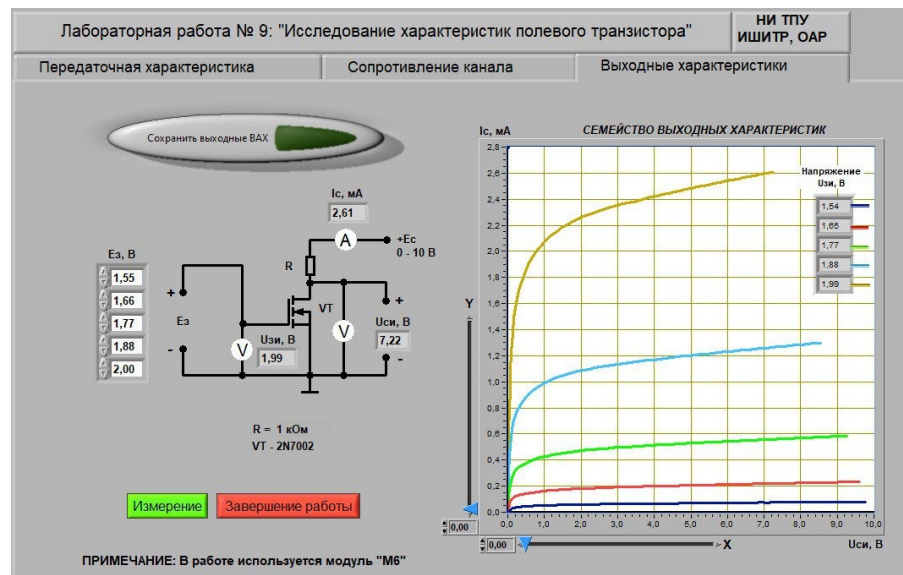


Рисунок 10 – Выходные характеристики полевого транзистора

5.2 Определим значение тока стока, соответствующее напряжению 5В для каждой характеристики.

Для $E_z = 1,55 \text{ В}$ $I_c = 0,07 \text{ мА}$.

Для $E_z = 1,66 \text{ В}$ $I_c = 0,20 \text{ мА}$.

Для $E_z = 1,77 \text{ В}$ $I_c = 0,63 \text{ мА}$.

Для $E_z = 1,88 \text{ В}$ $I_c = 1,29 \text{ мА}$.

Для $E_z = 2,00 \text{ В}$ $I_c = 2,48 \text{ мА}$.

5.3 Определим значения крутизны для этих характеристик

Крутизна МОП транзистора находится по формуле:

$$S = \sqrt{2bI_c} \quad (4)$$

Параметр b возьмем из предыдущих пунктов и примем равным 20,4.

Рассчитаем крутизну для каждого значения тока по формуле 4:

Для $I_c = 0,07 \text{ мА}$

$$S = \sqrt{2 \cdot 20,4 \cdot 0,07} = 1,67$$

Для $I_C = 0,20$ мА.

$$S = \sqrt{2 \cdot 20,4 \cdot 0,20} = 2,86$$

Для $I_C = 0,63$ мА.

$$S = \sqrt{2 \cdot 20,4 \cdot 0,63} = 5,1$$

Для $I_C = 1,29$ мА.

$$S = \sqrt{2 \cdot 20,4 \cdot 1,29} = 7,3$$

Для $I_C = 2,48$ мА.

$$S = \sqrt{2 \cdot 20,4 \cdot 2,48} = 10,1$$

ВЫВОД ПО РАБОТЕ 2

В рамках задания 2 было получено семейство выходных характеристик биполярного транзистора для различных значений тока базы. Для каждого значения тока базы при напряжении коллектор-эмиттер 5 В определены соответствующие значения тока коллектора. На основе этих данных рассчитан коэффициент передачи тока β_{AC} для нескольких пар точек, а также вычислено среднее значение коэффициента передачи, которое составило 435. Это свидетельствует о высокой степени усиления транзистора в данной схеме включения.

Крутизна, рассчитанная по передаточной характеристике, оказалась выше, чем значения, полученные из выходных характеристик. Это связано с различием режимов работы транзистора: в первом случае измерение проводилось в насыщенной области, где S максимальна, во втором — в линейной области, где зависимость I_C от $U_{зи}$ менее выражена.

Полученные характеристики позволяют сделать вывод о линейной зависимости тока коллектора от тока базы в активном режиме работы транзистора и подтверждают его пригодность для использования в усилительных схемах

ВЫВОД

В ходе лабораторной работы были исследованы основные характеристики биполярного транзистора и полевого транзистора. Для биполярного транзистора определены входная и выходные характеристики, рассчитаны дифференциальное входное сопротивление и коэффициент передачи тока, что позволило количественно оценить его параметры в схеме с общим эмиттером. Для полевого транзистора получены передаточная характеристика, зависимость сопротивления канала от напряжения затвористок и семейство выходных характеристик, а также рассчитаны крутизна и удельная крутизна. Проведённые измерения и расчёты подтвердили теоретические зависимости, отражённые в методичке, и продемонстрировали особенности работы транзисторов различных типов.