

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

КАФЕДРА №23

ОТЧЕТ ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ

5

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Ассистент

должность, уч. степень, звание



15.04

подпись, дата

Т.С. Мисникова

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4

Исследование биполярных транзисторов

по курсу: Электроника

СТУДЕНТ ГР. №

2221

номер группы

15.04.2024

подпись, дата



Е. Ю Дройзман

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург  
2024

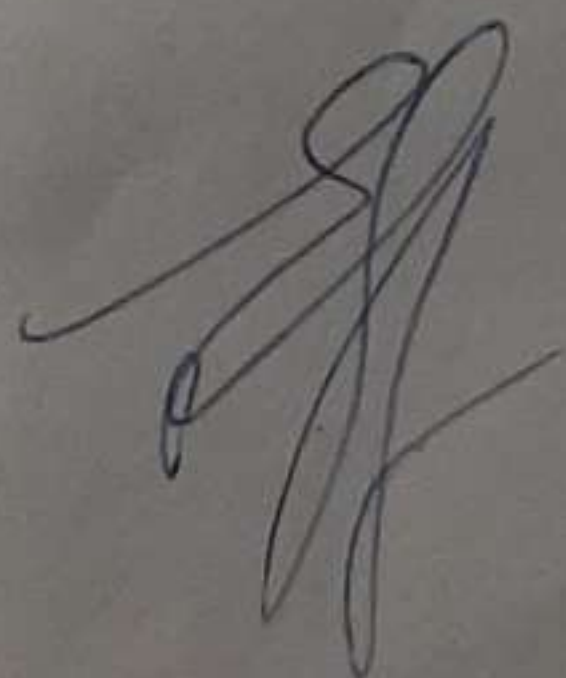


Лабораторная работа №4  
Исследование биполярных транзисторов с ОЭ

|                        | $I_B, \text{mA}$                          | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4  | 0,5  |
|------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|
| $U_{кэ} = 0 \text{ В}$ | $I_{кэ}, \text{mA}$<br>$U_{кэ}, \text{В}$ | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| $U_{кэ} = 2 \text{ В}$ |   | 2,2 | 5,2 | 8,2 | 11,2 | 13,6 |
| $U_{кэ} = 2 \text{ В}$ |   | 2,2 | 5,4 | 8,6 | 12,0 | 15,0 |
| $U_{кэ} = 3 \text{ В}$ |   | 2,8 | 5,4 | 8,6 | 12,0 | 15,0 |
| $U_{кэ} = 4 \text{ В}$ |   | 3,2 | 5,2 | 8,6 | 12,0 | 15,2 |
| $U_{кэ} = 4 \text{ В}$ |   | 3,2 | 5,2 | 9,4 | 12,4 | 15,6 |
| $U_{кэ} = 5 \text{ В}$ |   | 2,8 | 5,6 | 9,0 | 12,6 | 16,2 |
| $U_{кэ} = 6 \text{ В}$ |   | 2,8 | 5,4 | 9,0 | 12,8 | 16,2 |
| $U_{кэ} = 7 \text{ В}$ |   | 3,0 | 5,4 | 9,2 | 13,0 | 16,2 |
| $U_{кэ} = 8 \text{ В}$ |   |     |     |     |      |      |

|                        | $I_B, \text{mA}$   | 0 | 0,01 | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  |
|------------------------|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $U_{кэ} = 0 \text{ В}$ | $U_{кэ}, \text{В}$ | 0 | 0,45 | 0,53 | 0,62 | 0,63 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,62 | 0,63 |
| $U_{кэ} = 2 \text{ В}$ |                    | 0 | 0,55 | 0,60 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,67 |
| $U_{кэ} = 8 \text{ В}$ |                    | 0 | 0,63 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,75 |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

КТ 602



5.02.24

Подписи:

Васильева Р.В.

Швецко А.И.

Хроизман Е.Ю.

Николаев А.С.



## Цель работы

Изучение принципа действия, исследование статических характеристик и определение дифференциальных параметров биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (ОЭ).

### 1 Схема исследования

На рисунке 1 изображена схема исследования статических характеристик биполярного транзистора ~~2Н103Б~~ <sup>2К602А</sup> с управляющим р-п-переходом и каналом р-типа.

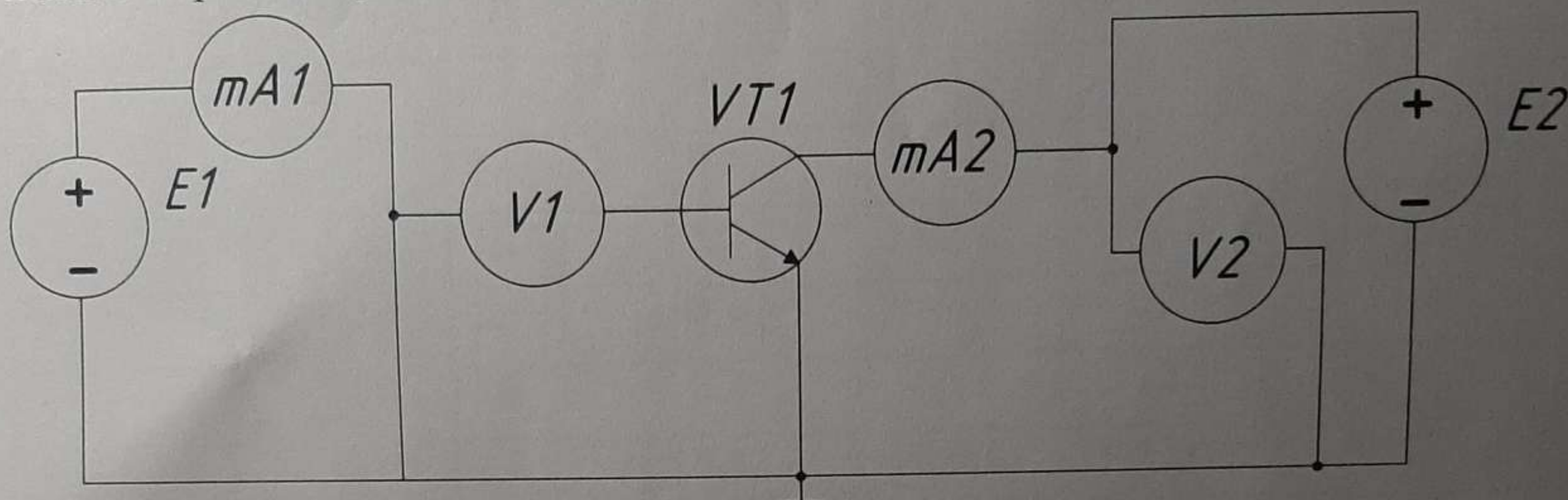


Рисунок 1 - Схема исследования статических характеристик биполярного транзистора 2К602А, включенного по схеме «ОЭ»

### 2 Рабочие формулы

Входное сопротивление:

$$h_{11э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_{Б}}, \quad (1)$$

где  $I_{Б}$  – ток базы;

$U_{БЭ}$  – напряжение база-эмиттер.

Выходная проводимость:

$$h_{22э} = \frac{\Delta I_{К}}{\Delta U_{КЭ}}, \quad (2)$$

где  $U_{КЭ}$  – напряжение коллектор-эмиттер;

$I_{К}$  – ток коллектора.



Коэффициент передачи тока базы:

$$h_{21Э} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}. \quad (3)$$

### 3 Результаты измерений и вычислений

В таблице 1 представлены результаты измерений тока коллектора.

Таблица 1 – Результаты измерений тока коллектора

| U <sub>кэ</sub> , В | I <sub>б</sub> , мА | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4  | 0,5  |
|---------------------|---------------------|-----|-----|-----|------|------|
| 0                   | I <sub>к</sub> , мА | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| 1                   |                     | 2,2 | 5,2 | 8,2 | 11,2 | 13,6 |
| 2                   |                     | 2,4 | 5,4 | 8,6 | 12,0 | 15,0 |
| 3                   |                     | 2,8 | 5,4 | 8,6 | 12,0 | 15,0 |
| 4                   |                     | 3,2 | 5,2 | 8,6 | 12,0 | 15,2 |
| 5                   |                     | 3,2 | 5,2 | 9,4 | 12,4 | 15,6 |
| 6                   |                     | 2,8 | 5,6 | 9,0 | 12,6 | 16,2 |
| 7                   |                     | 2,8 | 5,4 | 9,0 | 12,8 | 16,2 |
| 8                   |                     | 3,0 | 5,4 | 9,2 | 13,0 | 16,2 |

В таблице 2 представлены результаты измерений напряжения база-эмиттер.

Таблица 2 – Результаты измерений напряжения база-эмиттер

| U <sub>кэ</sub> , В | I <sub>б</sub> , мА | 0 | 0,01 | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  |
|---------------------|---------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0                   | U <sub>бэ</sub>     | 0 | 0,45 | 0,53 | 0,62 | 0,63 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,62 | 0,63 |
| 2                   |                     | 0 | 0,55 | 0,60 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,67 |
| 8                   |                     | 0 | 0,63 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,75 |



#### 4 Примеры вычислений

По формуле (1):

$$h_{11э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_{Б}} = \frac{0,03 \text{ В}}{0,3 \text{ мА}} = 100 \text{ Ом}$$

По формуле (2):

$$h_{22э} = \frac{\Delta I_{К}}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{1,2 \text{ мА}}{4 \text{ В}} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ СМ}$$

По формуле (3):

$$h_{21э} = \frac{\Delta I_{К}}{\Delta I_{Б}} = \frac{3,4 \text{ мА}}{0,1 \text{ мА}} = 34$$



## 5 Построение графиков

На рисунке 2 изображено семейство входных характеристик БПТ для схемы включения с ОЭ  $I_B = f(U_{БЭ})$ .

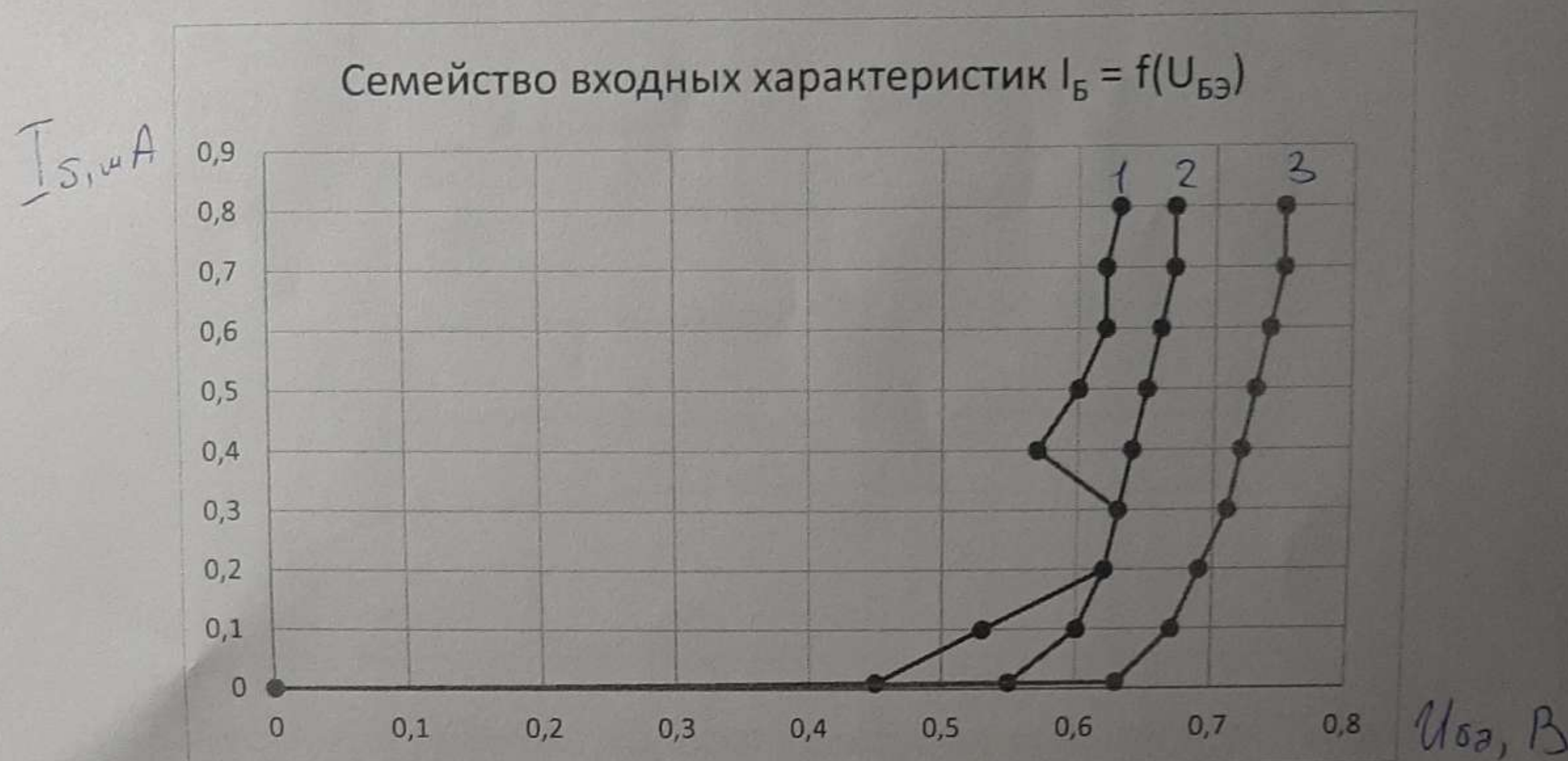


Рисунок 2 - Семейство входных характеристик  $I_B = f(U_{БЭ})$

- 1)  $U_{КЭ} = 0 \text{ В}$
- 2)  $U_{КЭ} = 2 \text{ В}$
- 3)  $U_{КЭ} = 8 \text{ В}$



На рисунке 3 изображено семейство выходных характеристик  $I_K = f(U_{КЭ})$  для  $I_B$  равных 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 и 0,5 мА (графики снизу вверх соответственно).

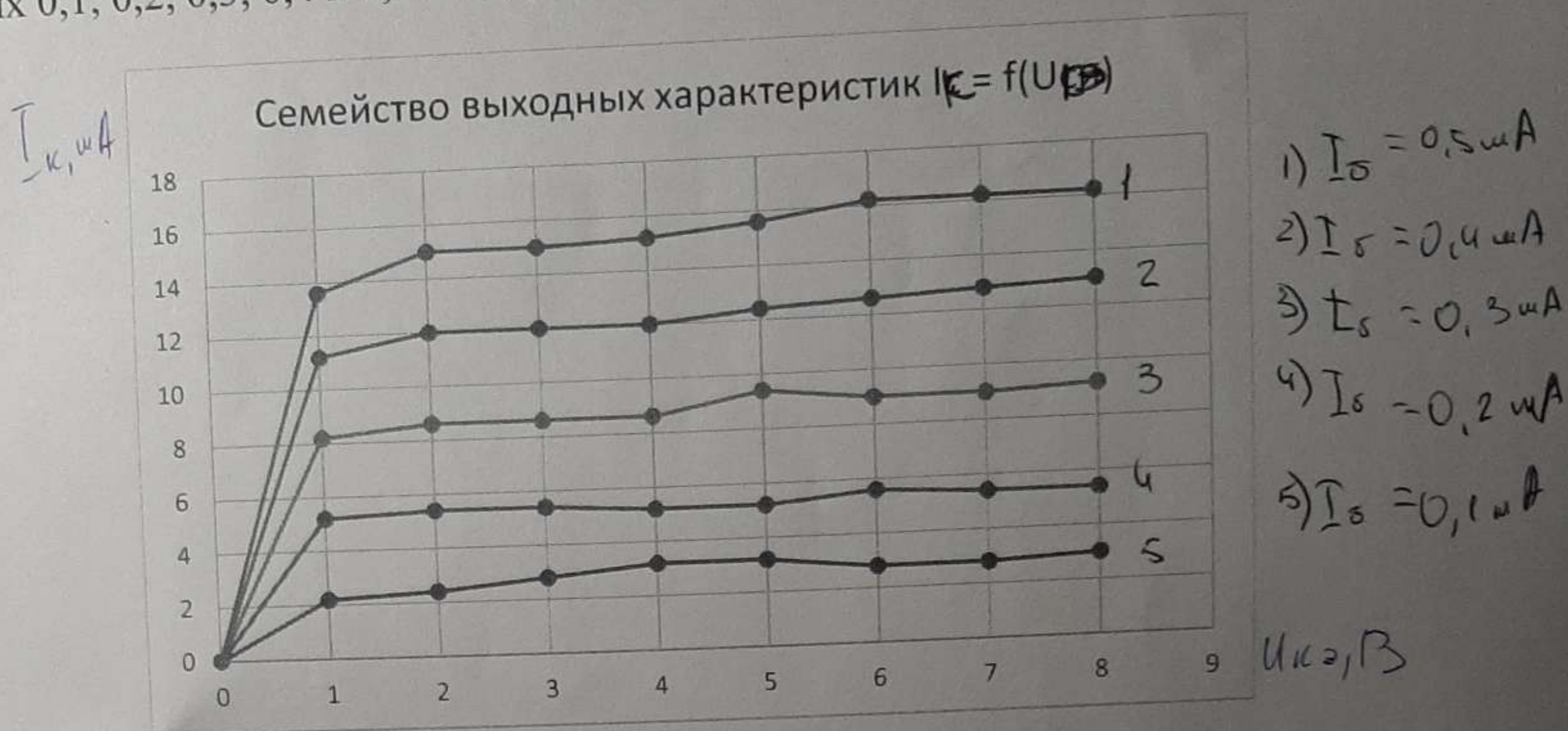


Рисунок 3 - Семейство выходных характеристик  $I_K = f(U_{КЭ})$

## 6 Выводы

В данном исследовании был проведен анализ работы биполярного транзистора КТ602 с схемой включения с эмиттерным следователем. При изучении семейства выходных характеристик в зависимости от коллекторного тока ( $I_C$ ) и напряжения коллектор-эмиттер ( $U_{КЭ}$ ), было выделено три режима - отсечки, насыщения и активный. В режиме отсечки, характеристики зависят от условий работы эмиттерного перехода, определяемых цепью базы. В активном и насыщенном режимах, эмиттерный переход включается путем подачи отрицательного напряжения на базу относительно эмиттера.

В схеме с эмиттерным следователем, увеличение тока базы приводит к увеличению коллекторного тока. Однако, при одинаковых приращениях тока базы, расстояние между выходными характеристиками различно. Это вызвано изменением статического коэффициента передачи тока базы ( $h_{21э}$ ) при изменении тока эмиттера.

В ходе данной работы были определены  $h$ -параметры биполярного транзистора с эмиттерным следователем:

$$h_{11э} = 100 \text{ Ом};$$



$$h_{22э} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ См};$$

$$h_{21э} = 34.$$

$h_{11э}$  был определен на линейном участке с помощью графика, изображенного на рисунке 2.  $h_{21э}$  и  $h_{22э}$  были определены в активном режиме с помощью графика, изображенного на рисунке 3.