

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электроники

Лабораторная работа № 3, 4
«Исследование биполярных транзисторов»

Проверил:

Выполнили:
ст. гр.

Минск 202_

Порядок выполнения первой части работы:

- 1 Ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы. (Теоретическое описание лабораторной работы изложено в методическом пособии [1], стр. 28-40).
- 2 Получить у преподавателя необходимый комплект для проведения лабораторной работы.
- 3 Уточнить тип исследуемого транзистора у преподавателя.
- 4 Собрать схему, представленную на рисунке 1 данного отчета, для исследования параметров биполярного транзистора p-n-p типа.
- 5 Исследовать входные характеристики биполярного транзистора с общей базой. Для этого необходимо зафиксировать значение $U_{пит2}=1В$ и подобрать такое $U_{пит1}$, чтобы I_k соответствовал значению в таблице 1. Заполнить по данной методике таблицу 1. Аналогичным образом заполнить таблицу 2 для $U_{пит2}=10В$. (Качественный вид и описание входных характеристик представлены в методическом пособии [1], стр. 34).
- 6 Исследовать выходные характеристики биполярного транзистора с общей базой. Для этого необходимо установить $U_{пит2}=10В$ и подобрать такое $U_{пит1}$, чтобы $I_э = 3мА$. Затем необходимо заполнить таблицу 3, изменяя $U_{пит2}$. Аналогичным образом заполнить таблицу 4 для тока $I_э = 9мА$. (Качественный вид и описание выходных характеристик представлены в методическом пособии [1], стр. 34).
- 7 Исследовать параметры генератора на основе биполярного транзистора в схеме с общей базой.
- 8 Предоставить измеренные данные на проверку преподавателю.

Порядок оформления отчета:

- 1 По измеренным данным построить соответствующие графики.
- 2 По построенным графикам рассчитать h-параметры биполярного транзистора в схеме с общей базой в окрестностях рабочей точки.
- 3 Записать общие выводы по проделанной лабораторной работе.

[1] – Электронные приборы. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. В 2 частях. Часть 1: Активные компоненты полупроводниковой электроники / А. Я. Бельский – Минск : БГУИР, 2012

1 Цель работы

Изучить, режим работы, принцип действия, схемы включения и классификацию биполярных транзисторов (БТ). Экспериментально исследовать статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) транзисторов и рассчитать дифференциальные параметры в заданной рабочей точке.

2 Ход работы

2.1 Исследование входных характеристик БТ в схеме с общей базой (ОБ)

Для исследования характеристик БТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

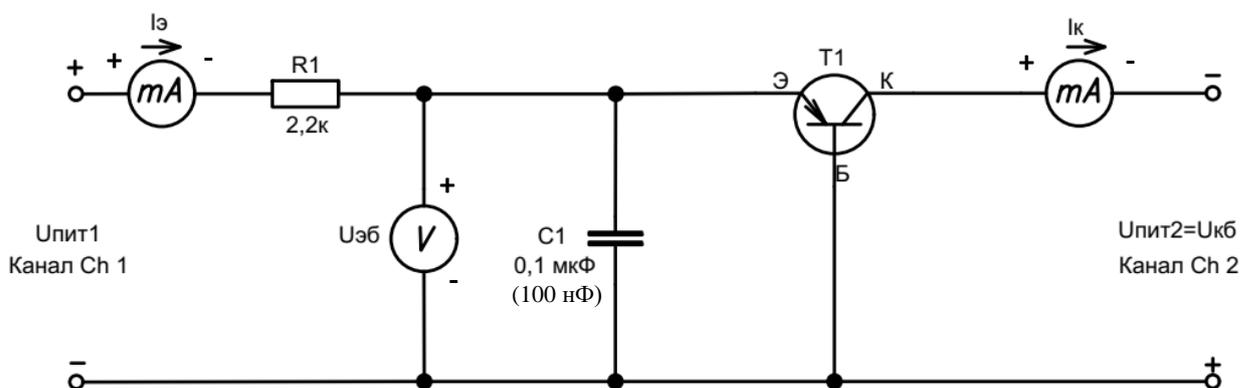


Рисунок 1 – Схема исследования входных характеристик БТ в схеме с ОБ

Семейство входных характеристик БТ в схеме с ОБ $I_{э} = f(U_{эб})$ измерено для двух фиксированных значений напряжения коллектора-база $U_{кб} = 1; 10\text{В}$. Результаты исследований занесены в таблицу 1 и таблицу 2 соответственно.

Таблица 1 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит1}$) $I_{э} = f(U_{эб})$, при фиксированном значении $U_{пит2} = U_{кб} = 1\text{В}$

$I_{к}, \text{мА}$	0	$0,1 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$	$3 \pm 0,1$
$U_{эб}, \text{В}$	0					
$I_{э}, \text{мА}$	0					
$I_{к}, \text{мА}$	$4 \pm 0,1$	$5 \pm 0,1$	$6 \pm 0,1$	$7 \pm 0,1$	$8 \pm 0,1$	$9 \pm 0,1$
$U_{эб}, \text{В}$						
$I_{э}, \text{мА}$						

Таблица 2 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит1}$) $I_э = f(U_{эб})$, при фиксированном значении $U_{пит2} = U_{кб} = 10В$

$I_к$, мА	0	$0,1 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$	$3 \pm 0,1$
$U_{эб}$, В	0					
$I_э$, мА	0					
$I_к$, мА	$4 \pm 0,1$	$5 \pm 0,1$	$6 \pm 0,1$	$7 \pm 0,1$	$8 \pm 0,1$	$9 \pm 0,1$
$U_{эб}$, В						
$I_э$, мА						

2.2 Исследование выходных характеристик БТ в схеме с общей базой (ОБ)

Семейство выходных характеристик $I_к=f(U_{кб})$ измерено для двух фиксированных значений входного тока эмиттера $I_э = 3; 9$ мА. Результаты исследований занесены в таблицу 3 и таблицу 4 соответственно.

Таблица 3 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики БТ $I_к=f(U_{кб})$, при фиксированном значении $I_э = 3мА$ (устанавливается при $U_{пит2}=10В$)

$U_{кб}$, В	10	9	8	7	6	5	4
$I_к$, мА							
$U_{эб}$, В							
$U_{кб}$, В	3	2	1	0,6	0,3	0,1	0,01
$I_к$, мА							
$U_{эб}$, В							

Таблица 4 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики БТ $I_к=f(U_{кб})$, при фиксированном значении $I_э = 9мА$ (устанавливается при $U_{пит2}=10В$)

$U_{кб}$, В	10	9	8	7	6	5	4
$I_к$, мА							
$U_{эб}$, В							
$U_{кб}$, В	3	2	1	0,6	0,3	0,1	0,01
$I_к$, мА							
$U_{эб}$, В							

2.3 Исследование генератора синусоидальных сигналов на основе биполярного транзистора в схеме с общей базой

Генераторы представляют собой устройства, преобразовывающие энергию питающего их источника постоянного напряжения в периодические колебания различной формы, определенные собственной схемой генератора. На рисунке 2 представлен генератор на биполярном транзисторе типа «емкостная трехточка», генерирующего синусоидальные сигналы. Рабочая частота данного генератора определяется колебательным контуром, образованным C1, C2 и L1.

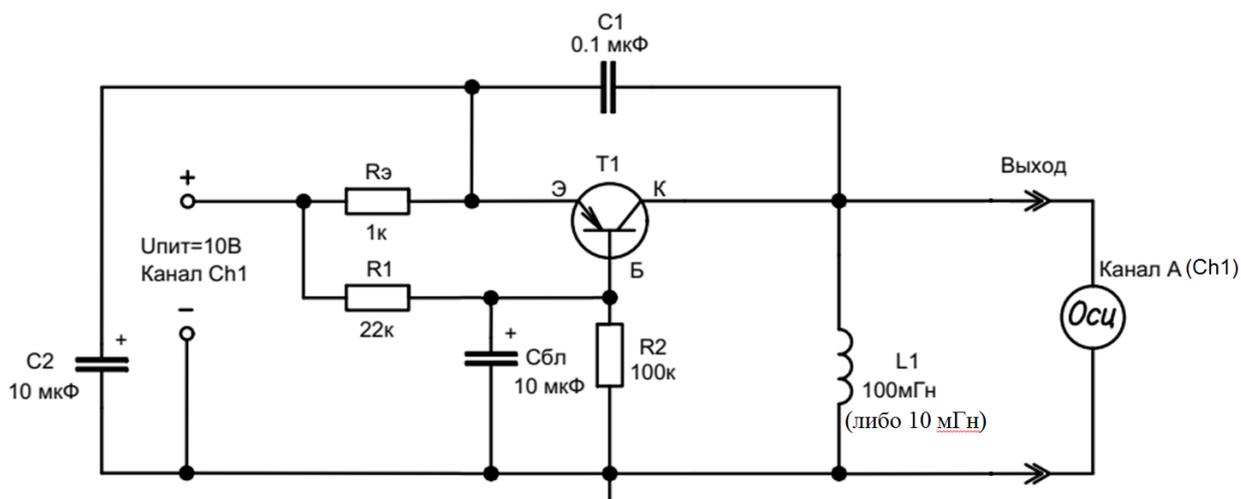


Рисунок 2 – Генератор на основе биполярного транзистора

Для исследования параметров генератора собрана схема (рисунок 2). Напряжение питания генератора – 10В. Для оценки параметров выходного сигнала подключен канал А (1) осциллографа (Осц, рисунок 2).

Амплитуда выходного сигнала без нагрузки составила $U_{xx} = \dots\dots\dots$ В.

Амплитуда выходного сигнала с подключенной на выходе нагрузкой 10кОм (параллельно катушке индуктивности) составила $U_H = \dots\dots\dots$ В.

Частота выходного сигнала составила $f = \dots\dots\dots$ кГц.

Выходное сопротивление генератора рассчитали по формуле:

$$R_{\text{ВЫХ}} = 10\text{кОм} * \left(\frac{U_{xx}}{U_H} - 1 \right) = \dots\dots\dots \text{кОм}.$$

2.4 Результаты экспериментальных исследований

По результатам измерений БТ в схеме с ОБ построены графики входных, выходных, передаточных характеристик БТ (рисунки 3, 4, 5, 6).

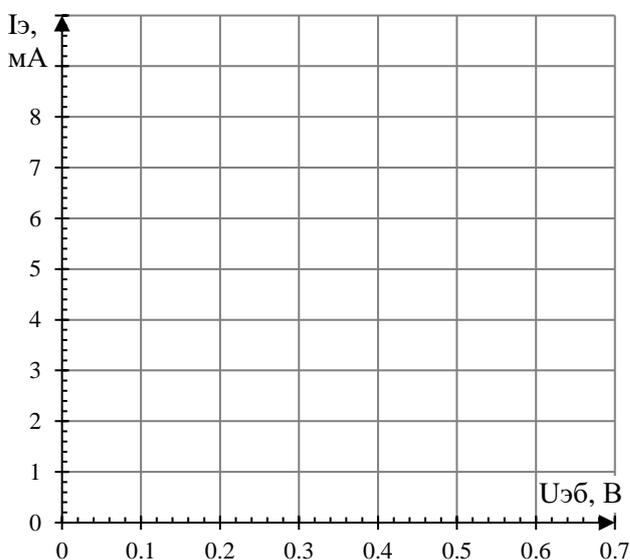


Рисунок 3 – Входные характеристики БТ в схеме с ОБ

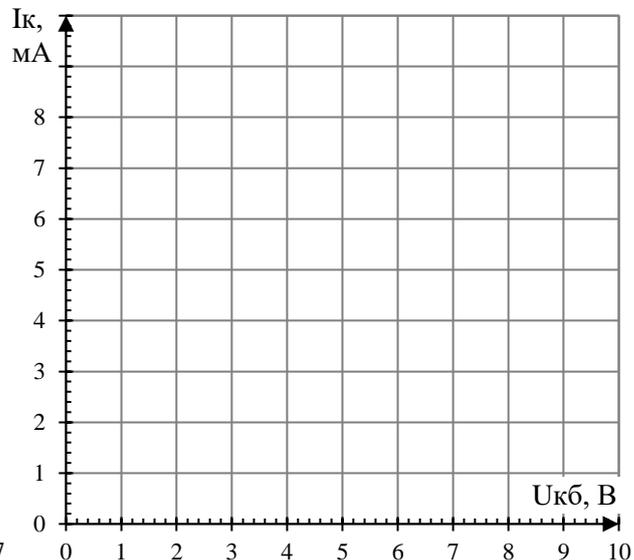


Рисунок 4 – Выходные характеристики БТ в схеме с ОБ

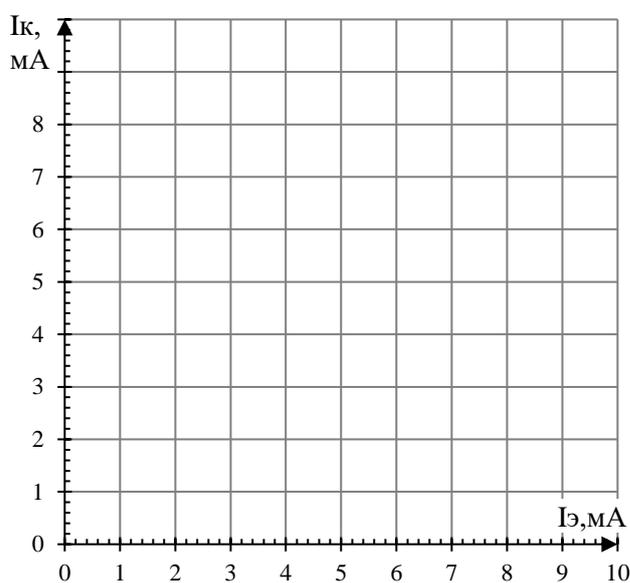


Рисунок 5 – Характеристики прямой передачи БТ в схеме с ОБ

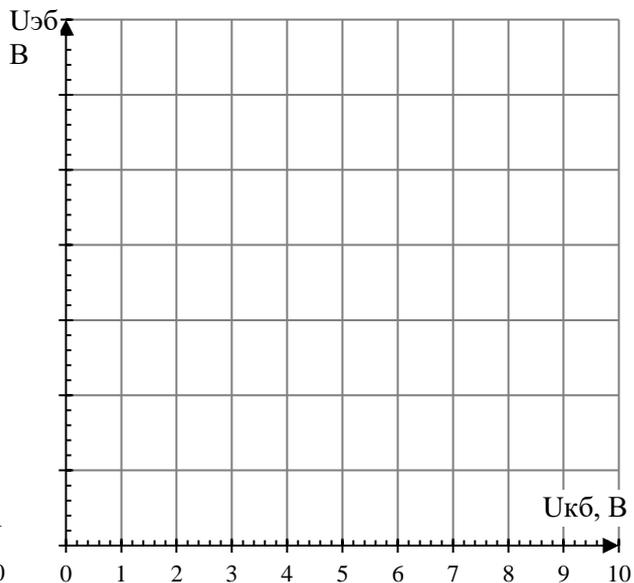


Рисунок 6 – Характеристики обратной передачи БТ в схеме с ОБ

2.5 Расчет дифференциальных параметров БТ в схеме с ОБ

По построенным графикам характеристик БТ в схеме с ОБ рассчитаны его дифференциальные параметры в окрестностях рабочей точки $I_{\text{э}} = 9 \text{ мА}$, $U_{\text{кб}} = 10 \text{ В}$.

$$h_{11\text{Б}} =$$

$$h_{12\text{Б}} =$$

$$h_{21\text{Б}} =$$

$$h_{22\text{Б}} =$$

Порядок выполнения второй части работы:

1 Ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы. (Теоретическое описание лабораторной работы изложено в методическом пособии [1], стр. 28-40).

2 Получить у преподавателя необходимый комплект для проведения лабораторной работы.

3 Уточнить тип исследуемого транзистора у преподавателя.

4 Собрать схему, представленную на рисунке 2 данного отчета, для исследования параметров биполярного транзистора n-p-n типа.

5 Исследовать входные характеристики биполярного транзистора с общим эмиттером. Для этого необходимо зафиксировать значение $U_{пит2}=1В$ и подобрать такое $U_{пит1}$, чтобы I_k соответствовал значению в таблице 5. Заполнить по данной методике таблицу 5. Аналогичным образом заполнить таблицу 6 для $U_{пит2}=10В$. (Качественный вид и описание входных характеристик представлены в методическом пособии [1], стр. 34).

6 Исследовать выходные характеристики биполярного транзистора с общим эмиттером. Для этого необходимо установить $U_{пит2} = 10В$ и подобрать такое $U_{пит1}$, чтобы $I_k = 3мА$. Затем необходимо заполнить таблицу 7, изменяя $U_{пит2}$. Аналогичным образом заполнить таблицу 8 для тока $I_k = 9мА$. (Качественный вид и описание выходных характеристик представлены в методическом пособии [1], стр. 34).

7 Исследовать параметры усилителя на основе биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.

8 Предоставить измеренные данные на проверку преподавателю.

Порядок оформления отчета:

1 По измеренным данным построить соответствующие графики.

2 По построенным графикам рассчитать h-параметры биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером в окрестностях рабочей точки.

3 Записать общие выводы по проделанной лабораторной работе.

[1] – Электронные приборы. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. В 2 частях. Часть 1: Активные компоненты полупроводниковой электроники / А. Я. Бельский – Минск : БГУИР, 2012

2.6 Исследование входных характеристик БТ в схеме с общим эмиттером (ОЭ)

Для исследования характеристик БТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 7.

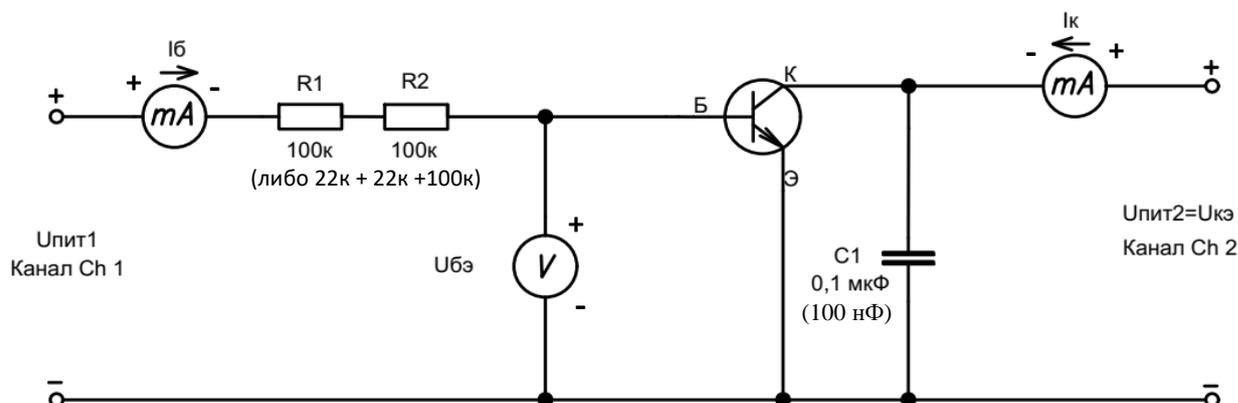


Рисунок 7 – Схема исследования входных характеристик БТ в схеме с ОЭ

Семейство входных характеристик БТ в схеме с ОЭ $I_b=f(U_{бэ})$ измерено для двух фиксированных значений напряжения коллектора-эмиттер: $U_{кэ} = 1; 10\text{В}$. Результаты исследований занесены в таблицу 5 и таблицу 6 соответственно.

Таблица 5 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит1}$) $I_b=f(U_{бэ})$, при фиксированном значении $U_{кэ} = U_{пит2} = 1\text{В}$

$I_k, \text{мА}$	0	$0,1+0,05$	$0,5\pm 0,1$	$1\pm 0,1$	$2\pm 0,1$	$3\pm 0,1$
$U_{бэ}, \text{В}$	0					
$I_b, \text{мА}$	0					
$I_k, \text{мА}$	$4\pm 0,1$	$5\pm 0,1$	$6\pm 0,1$	$7\pm 0,1$	$8\pm 0,1$	$9\pm 0,1$
$U_{бэ}, \text{В}$						
$I_b, \text{мА}$						

Таблица 6 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит1}$) $I_b=f(U_{бэ})$, при фиксированном значении $U_{кэ} = U_{пит2} = 10\text{В}$

$I_k, \text{мА}$	0	$0,1+0,05$	$0,5\pm 0,1$	$1\pm 0,1$	$2\pm 0,1$	$3\pm 0,1$
$U_{бэ}, \text{В}$	0					
$I_b, \text{мА}$	0					$x_1=$
$I_k, \text{мА}$	$4\pm 0,1$	$5\pm 0,1$	$6\pm 0,1$	$7\pm 0,1$	$8\pm 0,1$	$9\pm 0,1$
$U_{бэ}, \text{В}$						
$I_b, \text{мА}$						$x_2=$

Значения в ячейках, обозначенных x_1, x_2 , будут использованы в дальнейшем.

2.7 Исследование выходных характеристик БТ в схеме с общим эмиттером (ОЭ)

Семейство выходных характеристик $I_k=f(U_{кэ})$ измерено для двух фиксированных значений входного тока базы $I_b = x_1; x_2$ мА. Результаты исследований занесены в таблицу 7 и таблицу 8 соответственно.

Таблица 7 – Результаты измерения выходной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит2}$) $I_k=f(U_{кэ})$, при фиксированном значении $I_b = x_1$ (из таблицы 6) = мА (устанавливается при $U_{пит2}=10В$)

$U_{кэ}, В$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,1	0,01
$I_k, мА$													
$U_{бэ}, В$													

Таблица 8 – Результаты измерения выходной характеристики БТ (изменять значение $U_{пит2}$) $I_k=f(U_{кэ})$, при фиксированном значении $I_b = x_2$ (из таблицы 6) = мА (устанавливается при $U_{пит2}=10В$)

$U_{кэ}, В$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,1	0,01
$I_k, мА$													
$U_{бэ}, В$													

2.8 Исследование усилителя на основе биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером

Усилители — это устройства, как правило, четырехполюсники, имеющие входные и выходные клеммы, и предназначенные для увеличения амплитуды напряжения (либо тока) входного сигнала. Выходной сигнал усилителя формируется активным элементом (транзистором) за счет энергии питающего источника постоянного напряжения и оказывается пропорционален входному. На рисунке 8 представлен усилитель сигналов на биполярном транзисторе с коллекторной стабилизацией. Транзистор включен по схеме с общим эмиттером, что позволяет усилить входной сигнал как по напряжению, так и по току.

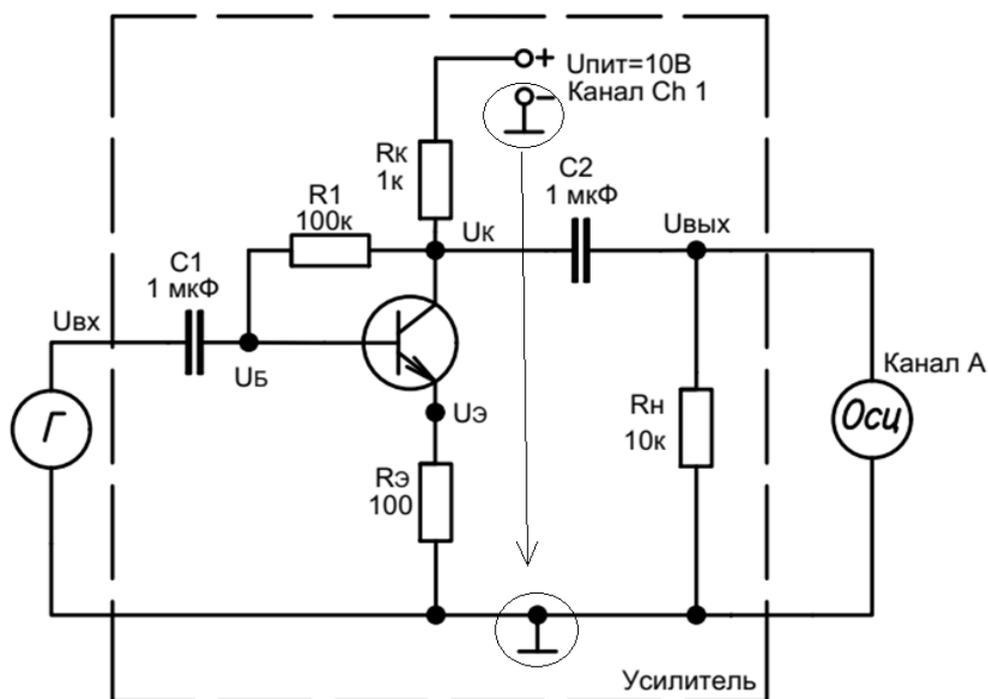


Рисунок 8 – Усилитель с коллекторной стабилизацией

Для исследования усилителя собрана схема (рисунок 8). Параметры входного сигнала: размах сигнала **генератора** $U_{вх} = 30 \text{ mVpp}$ (при необходимости размах можно контролировать осциллографом, mVpp – размах сигнала в мВ), частота **генератора** $f = 1 \text{ кГц}$, форма сигнала – синусоидальная. Напряжение питания усилителя – 10В. Для оценки параметров выходного сигнала усилителя подключен канал А (1 либо Ch1, либо канал X) осциллографа (Осц, рисунок 8).

Размах выходного сигнала составил $U_{вых} = \dots\dots\dots \text{ В}$.

Коэффициент усиления по напряжению $K_u = U_{вых}/U_{вх} = \dots\dots\dots$

Увеличивая размах входного сигнала, определили максимальный размах (от верхнего пика сигнала до нижнего) выходного сигнала без искажения его формы, он составил $U_{вых_{max}} = \dots\dots\dots \text{ В}$. Размах входного сигнала при этом составил $U_{вх_{max}} = \dots\dots\dots \text{ мВ}$.

2.9 Результаты экспериментальных исследований

По результатам измерений БТ в схеме с ОЭ построены графики входных, выходных, передаточных характеристик БТ (рисунки 9, 10, 11, 12).

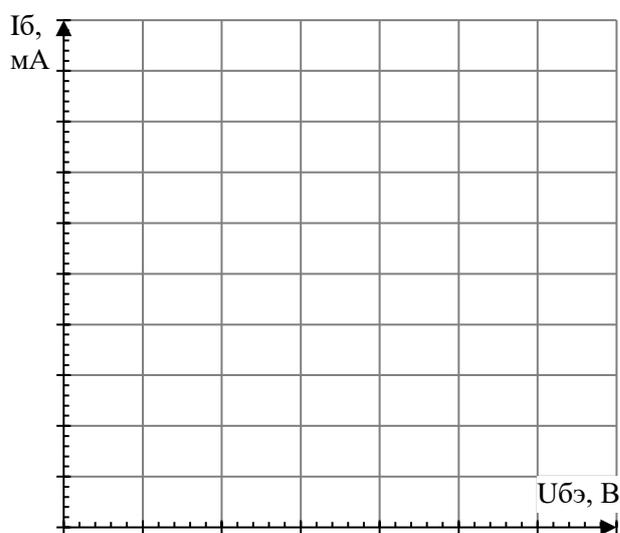


Рисунок 9 – Входные характеристики БТ в схеме с ОЭ

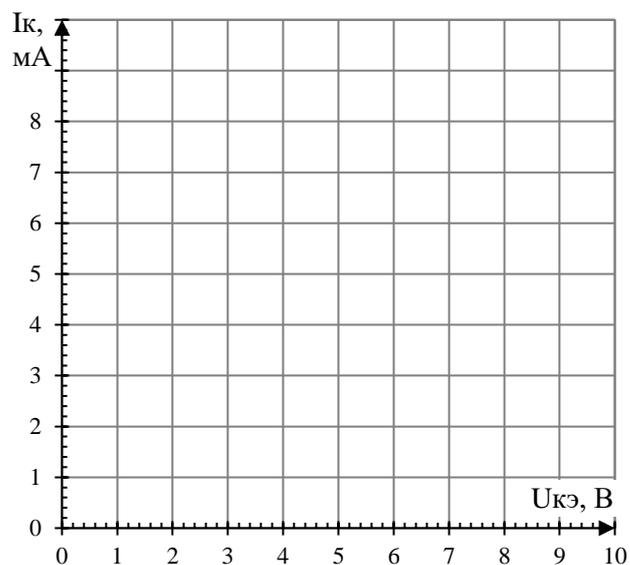


Рисунок 10 – Выходные характеристики БТ в схеме с ОЭ

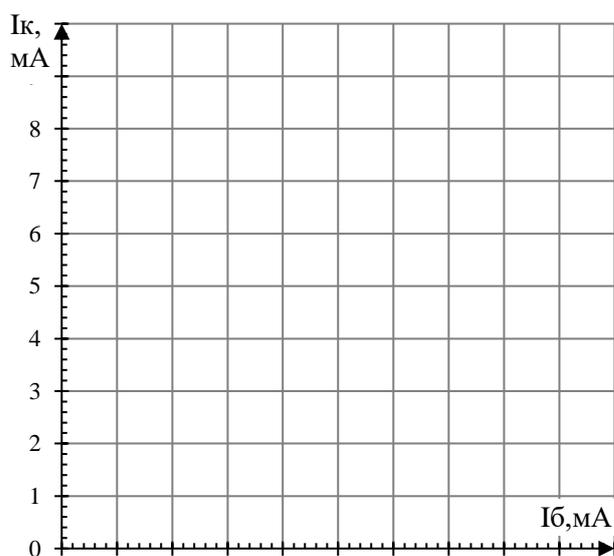


Рисунок 11 – Характеристики прямой передачи БТ в схеме с ОЭ

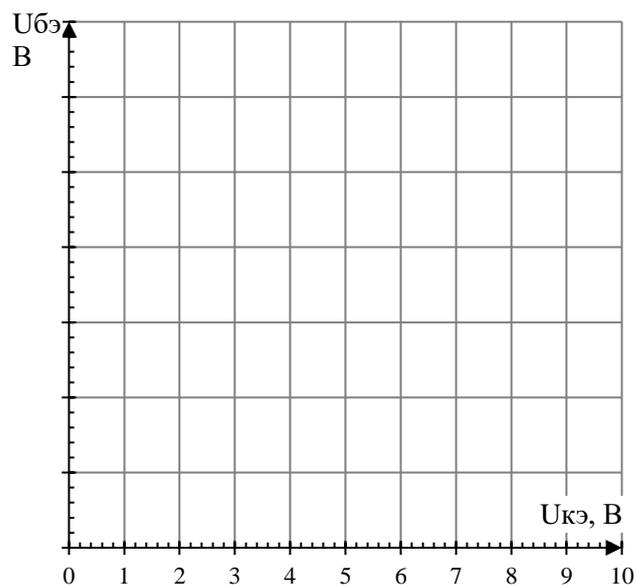


Рисунок 12 – Характеристики обратной передачи БТ в схеме с ОЭ

2.10 Расчет дифференциальных параметров БТ в схеме с ОЭ

По построенным графикам характеристик БТ в схеме с ОЭ рассчитаны его дифференциальные параметры в окрестности рабочей точки $I_b = x_2$ (из таблицы 6) = ... мА, $U_{кэ} = 10В$.

$$h_{11Э} =$$

$$h_{12Э} =$$

$$h_{21Э} =$$

$$h_{22Э} =$$

3 Выводы