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 Uпит2=1В и подобрать такое Uпит1, чтобы Iк соответствовал значению в таблице 1. Заполнить по данной методике таблицу 1. Аналогичным образом заполнить таблицу 2 для Uпит2=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 Uпит2=10В и подобрать такое Uпит1, чтобы Iэ = 3мА. Затем необходимо заполнить таблицу 3, изменяя Uпит2. Аналогичным образом заполнить таблицу 4 для тока Iэ = 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.



(100 нФ)

**-**

**-**

**+**

**+**

**+**

**-**

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

Семейство входных характеристик БТ в схеме с ОБ Iэ=f(Uэб) измерено для двух фиксированных значений напряжения коллектора-база Uкб = 1; 10В. Результаты исследований занесены в таблицу 1 и таблицу 2 соответственно.

Таблица 1 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение Uпит1) Iэ = f(Uэб), при фиксированном значении **Uпит2 = Uкб = 1В**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iк, мА | 0 | 0,1+0,05 | 0,5$\pm $0,1 | 1$\pm $0,1 | 2$\pm $0,1 | 3$\pm $0,1 |
| Uэб, В | 0 |  |  |  |  |  |
| Iэ, мА | 0 |  |  |  |  |  |
| Iк, мА | 4$\pm $0,1 | 5$\pm $0,1 | 6$\pm $0,1 | 7$\pm $0,1 | 8$\pm $0,1 | 9$\pm $0,1 |
| Uэб, В |  |  |  |  |  |  |
| Iэ, мА |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение Uпит1) Iэ = f(Uэб), прификсированном значении **Uпит2 = Uкб = 10В**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iк, мА | 0 | 0,1+0,05 | 0,5$\pm $0,1 | 1$\pm $0,1 | 2$\pm $0,1 | 3$\pm $0,1 |
| Uэб, В | 0 |  |  |  |  |  |
| Iэ, мА | 0 |  |  |  |  |  |
| Iк, мА | 4$\pm $0,1 | 5$\pm $0,1 | 6$\pm $0,1 | 7$\pm $0,1 | 8$\pm $0,1 | 9$\pm $0,1 |
| Uэб, В |  |  |  |  |  |  |
| Iэ, мА |  |  |  |  |  |  |

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

Семейство выходных характеристик Iк=f(Uкб) измерено для двух фиксированных значений входного тока эмиттера Iэ = 3; 9 мA. Результаты исследований занесены в таблицу 3 и таблицу 4 соответственно.

Таблица 3 – Результаты измерения (изменять значение Uпит2) выходной характеристики БТ Iк=f(Uкб), при фиксированном значении **Iэ = 3мА (устанавливается при Uпит2=10В)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uкб, В | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |
| Uэб, В |  |  |  |  |  |  |  |
| Uкб, В | 3 | 2 | 1 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,01 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |
| Uэб, В |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 4 – Результаты измерения (изменять значение Uпит2) выходной характеристики БТ Iк=f(Uкб), при фиксированном значении **Iэ = 9мА (устанавливается при Uпит2=10В)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uкб, В | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |
| Uэб, В |  |  |  |  |  |  |  |
| Uкб, В | 3 | 2 | 1 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,01 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |
| Uэб, 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 С1, С2 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 Uxx = ……… В.

Амплитуда выходного сигнала с подключенной на выходе нагрузкой 10кОм (параллельно катушке индуктивности) составила Uн = ……… В.

Частота выходного сигнала составила f = ……… кГц.

Выходное сопротивление генератора рассчитали по формуле:

$Rвых=10кОм\*\left(\frac{U\_{хх}}{U\_{н}}-1\right)=$……………………………………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).

|  |  |
| --- | --- |
| Uэб, ВРисунок 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 Iэ = 9 мА, Uкб = 10В.

h11Б =

h12Б =

h21Б =

h22Б =

**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 Uпит2=1В и подобрать такое Uпит1, чтобы Iк соответствовал значению в таблице 5. Заполнить по данной методике таблицу 5. Аналогичным образом заполнить таблицу 6 для Uпит2=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 Uпит2= 10В и подобрать такое Uпит1, чтобы Iк = 3мА. Затем необходимо заполнить таблицу 7, изменяя Uпит2. Аналогичным образом заполнить таблицу 8 для тока Iк = 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.



(100 нФ)

(либо 22к + 22к +100к)

**-**

**-**

**-**

**+**

**+**

**+**

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

Семейство входных характеристик БТ в схеме с ОЭ Iб=f(Uбэ) измерено для двух фиксированных значений напряжения коллектора-эмиттер: Uкэ = 1; 10В. Результаты исследований занесены в таблицу 5 и таблицу 6 соответственно.

Таблица 5 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение Uпит1) Iб=f(Uбэ), при фиксированном значении **Uкэ = Uпит2 = 1В**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iк, мА | 0 | 0,1+0,05 | 0,5$\pm $0,1 | 1$\pm $0,1 | 2$\pm $0,1 | 3$\pm $0,1 |
| Uбэ, В | 0 |  |  |  |  |  |
| Iб, мА | 0 |  |  |  |  |  |
| Iк, мА | 4$\pm $0,1 | 5$\pm $0,1 | 6$\pm $0,1 | 7$\pm $0,1 | 8$\pm $0,1 | 9$\pm $0,1 |
| Uбэ, В |  |  |  |  |  |  |
| Iб, мА |  |  |  |  |  |  |

Таблица 6 – Результаты измерения входной характеристики БТ (изменять значение Uпит1) Iб=f(Uбэ), прификсированном значении **Uкэ** **= Uпит2 = 10В**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iк, мА | 0 | 0,1+0,05 | 0,5$\pm $0,1 | 1$\pm $0,1 | 2$\pm $0,1 | 3$\pm $0,1 |
| Uбэ, В | 0 |  |  |  |  |  |
| Iб, мА | 0 |  |  |  |  | х1=  |
| Iк, мА | 4$\pm $0,1 | 5$\pm $0,1 | 6$\pm $0,1 | 7$\pm $0,1 | 8$\pm $0,1 | 9$\pm $0,1 |
| Uбэ, В |  |  |  |  |  |  |
| Iб, мА |  |  |  |  |  | х2=  |

Значения в ячейках, обозначенных х1, х2, будут использованы в дальнейшем.

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

Семейство выходных характеристик Iк=f(Uкэ) измерено для двух фиксированных значений входного тока базы Iб = х1; х2 мA. Результаты исследований занесены в таблицу 7 и таблицу 8 соответственно.

Таблица 7 – Результаты измерения выходной характеристики БТ (изменять значение Uпит2) Iк=f(Uкэ), при фиксированном значении **Iб = х1 (из таблицы 6) = …… мА (устанавливается при Uпит2=10В)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uкэ, В | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 | 0,01 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Uбэ, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 8 – Результаты измерения выходной характеристики БТ (изменять значение Uпит2) Iк=f(Uкэ), при фиксированном значении **Iб = х2 (из таблицы 6) = …… мА (устанавливается при Uпит2=10В)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uкэ, В | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 | 0,01 |
| Iк, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Uбэ, 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** Uвх = 30 mVpp (при необходимости размах можно контролировать осциллографом, mVpp – размах сигнала в мВ), частота **генератора** f = 1кГц, форма сигнала – синусоидальная. Напряжение питания усилителя – 10В. Для оценки параметров выходного сигнала усилителя подключен канал А (1 либо Ch1, либо канал Х) осциллографа (Осц, рисунок 8).

Размах выходного сигнала составил Uвых = ……… В.

Коэффициент усиления по напряжению Ku = Uвых/Uвх = ……………

Увеличивая размах входного сигнала, определили максимальный размах (от верхнего пика сигнала до нижнего) выходонго сигнала без искажения его формы, он составил Uвыхmax = ……… В. Размах входного сигнала при этом составил Uвхmax = …………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 Iб = х2 (из таблицы 6)= … мА, Uкэ = 10В.

h11Э =

h12Э =

h21Э =

h22Э =

**3 Выводы**