

Глава 2 Исследование полевого и биполярного транзисторов

Цель проведения работ

Знание устройств, изучение характеристик и параметров электронных полупроводниковых приборов: полевых и биполярных транзисторов.

Описание лабораторной установки

Все лабораторные работы, описанные в данной главе, выполняются с использованием следующих модулей лабораторного стенда: "Транзисторы", "Мультиметры" и "Миллиамперметры".

Лицевая панель модуля "Транзисторы" представлена на рис. 2. На ней приведена мнемосхема и установлены коммутирующие и регулирующие элементы. На мнемосхеме изображены:

- 1) два гальванически не связанных регулируемых источника постоянного напряжения (ИП1, ИП2) 0...20 В;
- 2) три переменных резистора (многооборотные) номиналом 1 кОм;
- 3) биполярный транзистор VT1;
- 4) диод Шоттки VD1;
- 5) полевой транзистор с управляющим p-n переходом VT2;
- 6) полевой транзистор с изолированным затвором VT3;
- 7) резисторы R1=1 кОм, R2=500 Ом.

Питание модуля осуществляется от источников сетевого переменного напряжения 220 В лабораторного стенда.

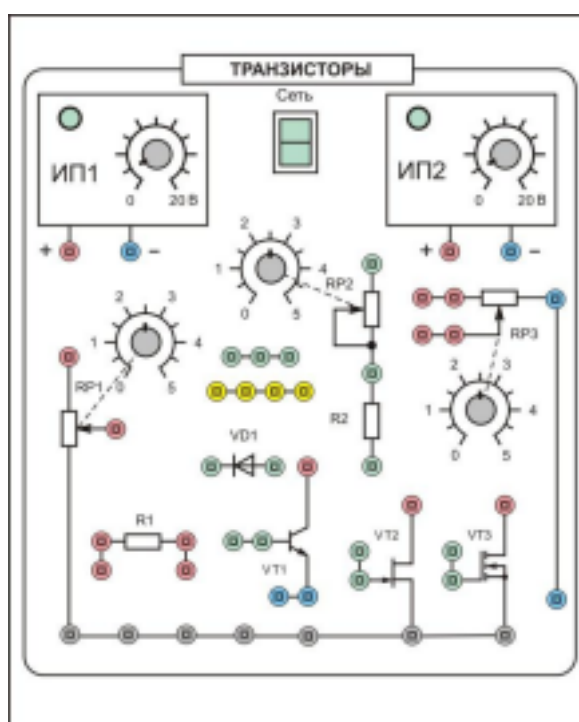


Рис. 2 Модуль "Транзисторы"

РАБОТА 5 ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР С УПРАВЛЯЮЩИМ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫМ ПЕРЕХОДОМ

Термины и обозначения

| | |
|---|---------------|
| Напряжение между стоком и истоком..... | $U_{СИ}$ |
| Напряжение между затвором и истоком..... | $U_{ЗИ}$ |
| Ток стока..... | I_C |
| Крутизна передаточной характеристики..... | S |
| Выходное дифференциальное сопротивление..... | $r_{Д.ВЫХ}$ |
| Максимально допустимое напряжение сток-исток..... | $U_{СИ.МАКС}$ |
| Напряжение отсечки полевого транзистора..... | $U_{ЗИ.ОТС}$ |
| Максимально допустимый постоянный ток стока..... | $I_{С.МАКС}$ |
| Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность полевого транзистора..... | $P_{МАКС}$ |

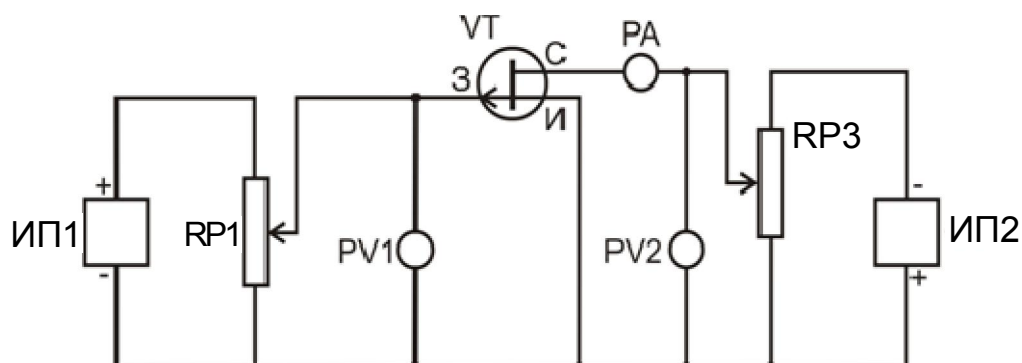
ПРОГРАММА работы предусматривает снятие семейства выходных (стоковых) вольтамперных характеристик (ВАХ) и семейства ВАХ прямой передачи полевого транзистора с управляющим переходом (ПТУП), включенного по схеме с общим истоком.

Вопросы для подготовки к работе

1. Каков простейший вариант устройства ПТУП?
2. Поясните принцип управления током стока в транзисторе данного типа.
3. Какой должна быть полярность напряжений на выводах ПТУП, если используется транзистор с каналом *p*- и *n*-типа? Почему?
4. Начертите вольтамперные характеристики ПТУП (выходные, прямой передачи). Поясните их характерные особенности (область насыщения, наличие напряжения отсечки и т. п.).

Методика измерений

Схема измерительной цепи



ИП1 - источник питания 0-20 В;

ИП2 - источник питания 0-20 В;

VT - исследуемый транзистор;

RP1 - потенциометр 0-1 кОм;

RP3 - потенциометр 0-1 кОм;

РА – миллиамперметр модуля "Миллиамперметры".

PV1, PV2 - цифровые вольтметры модуля "Мультиметров",

Перед включением источников ИП1, ИП2 необходимо обратить внимание на правильность выбора полярности напряжений на стоке и затворе относительно истока. На схеме указана полярность для ПТУП КП103Г с каналом *p*-типа.

Для изменения напряжения на затворе и стоке транзистора служат потенциометры RP1 и RP3. Верхние пределы изменения этих величин, выбранные исходя из их значений $U_{зи.макс}$ и $U_{зи.отс}$, устанавливаются с помощью управляющих элементов и вольтметров.

Предельные параметры транзистора

| Транзистор | $U_{си.макс.}$ | $I_{с.макс.}$ | $U_{зи.макс.}$ | $P_{макс.}$ |
|------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| КП103Г | 10 В | 6,6 мА | 10 В | 120 мВт |

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Транзисторы".

Проверьте (соберите) схему для исследования ПТУП. После этого, переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа " ~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручки потенциометров "ИП1", "ИП2" RP1 и RP3 модуля "Транзисторы" находятся в крайнем левом положении. Включите тумблер "Сеть" модуля, убедитесь в световой индикации тумблера.

Определите по справочным таблицам максимально допустимые параметры исследуемого транзистора и выберите пределы изменения измеряемых величин. На миллиметровую бумагу нанесите границы допустимых значений токов и напряжений с учетом параметра $P_{МАКС}$. Выберите рабочие диапазоны измерительных приборов модулей "Миллиамперметры" и "Мультиметры".

Выполните измерения и постройте следующие характеристики:

1. Семейство выходных ВАХ для четырех значений напряжения $U_{зи}$, лежащих в пределах $0 < U_{зи} < U_{зи.отс}$.
2. Семейство ВАХ прямой передачи для трех значений напряжения $U_{си}$. Одно из них должно быть меньше напряжения насыщения $U_{си.нас}$, а два других - больше.

После окончания измерений выключите модули "Транзисторы", "Мультиметры", а затем и "Питание стенда".

ВНИМАНИЕ! При снятии каждой ВАХ прямой передачи необходимо поддерживать постоянное значение $U_{си}$.

Оформление отчета

Начертите схему электрической цепи, использованной для измерений. Приведите предельные параметры исследованных транзисторов. Приложите полученные в лаборатории графики.

Используя результаты измерений, определите:

1. Крутизну S в пяти точках одной из ВАХ прямой передачи, соответствующей рабочей области на выходных ВАХ ($U_{си} > U_{си.нас}$). Постройте по этим данным график $S = f_1(U_{зи})$ при $U_{си} = const$.

2. Выходное дифференциальное сопротивление $r_{д.ВЫХ}$ в пяти точках для каждой из снятых выходных ВАХ; постройте по этим данным графики $r_{д.ВЫХ} = f_2(U_{СИ})$ при $U_{ЗИ} = const$ и $r_{д.ВЫХ} = f_3(U_{ЗИ})$ при $U_{СИ} = const$.

Проанализируйте полученные результаты: например, поясните, с чем связаны характерные особенности полученных ВАХ, в каких случаях целесообразно использовать ПТУП и т. д.

Литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. Изд.4. – М: Высшая школа, 1987, с. 301 - 312.
2. Электронные приборы. Ред. Г.Г.Шишкин. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 205 - 207, 235 - 244.

РАБОТА 6 ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ

Термины и обозначения

| | |
|---|---------------|
| Напряжение между стоком и истоком..... | $U_{СИ}$ |
| Напряжение между затвором и истоком..... | $U_{ЗИ}$ |
| Ток стока..... | I_C |
| Пороговое напряжение полевого транзистора..... | $U_{ЗИ.ПОР}$ |
| Крутизна передаточной характеристики | S |
| Выходное дифференциальное сопротивление..... | $r_{Д.ВЫХ}$ |
| Максимально допустимое напряжение сток-исток..... | $U_{СИ.МАКС}$ |
| Максимально допустимое напряжение затвор-исток..... | $U_{ЗИ.МАКС}$ |
| Максимально допустимый постоянный ток тока..... | $I_{С.МАКС}$ |
| Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность полевого транзистора..... | $P_{МАКС}$ |

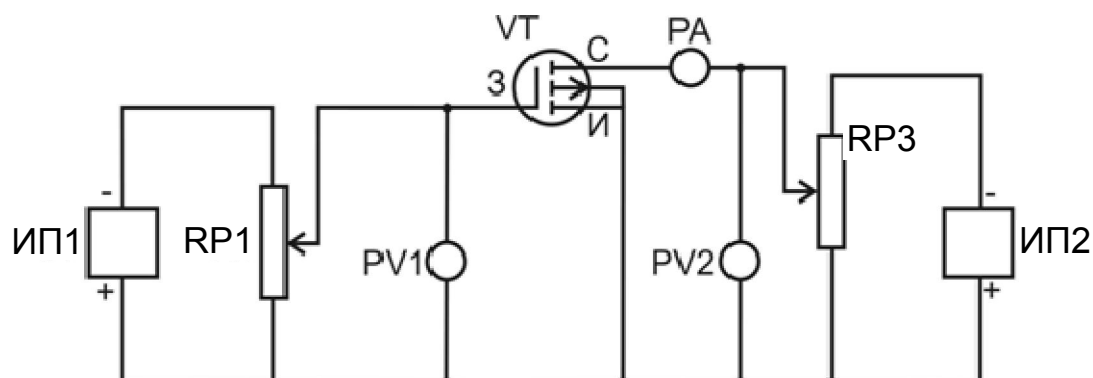
ПРОГРАММА работы предусматривает снятие семейства выходных вольт-амперных характеристик (ВАХ) и семейства ВАХ прямой передачи полевого транзистора (ПТИЗ) с индуцированным каналом *p*-типа, включенного по схеме с общим истоком. Измерения

Вопросы для подготовки к работе

1. Какие существуют виды полевых транзисторов с изолированным затвором?
2. Опишите устройство ПТИЗ с индуцированным каналом.
3. Как образуется индуцированный канал ПТИЗ?
4. Поясните принцип управления током стока в ПТИЗ.
5. Начертите вольт-амперные характеристики ПТИЗ (выходные, прямой передачи). Поясните их характерные особенности.
6. В каких случаях целесообразно использовать ПТИЗ? Почему?

Методика измерений

Схема измерительной цепи



ИП1 - источник питания 0-20 В;

ИП2 - источник питания 0-20 В;

VT - исследуемый транзистор;

RP1 - потенциометр 0-1 кОм;

RP3 - потенциометр 0-1 кОм;

РА – миллиамперметр модуля "Миллиамперметры".

PV1, PV2 - цифровые вольтметры модуля "Мультиметров",

Перед включением источников ИП1, ИП2 необходимо обратить внимание на правильность выбора полярности напряжений на стоке и затворе относительно истока. На схеме указана полярность для ПТИЗ КП301Б с каналом *p*-типа.

Для изменения напряжения на затворе и стоке транзистора служат потенциометры RP1 и RP3. Верхние пределы изменения этих величин, выбранные исходя из их значений

$U_{зи.макс}$ и $U_{зи.отс}$, устанавливаются с помощью управляющих элементов и вольтметров.

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Транзисторы".

Проверьте (соберите) схему для исследования ПТИЗ. После этого, переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа " ~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручки потенциометров RP1 и RP3 источников "ИП1", "ИП2" модуля "Транзисторы" находятся в крайнем левом положении. Включите тумблер "Сеть" модуля, убедитесь в световой индикации тумблера.

Определите по справочным таблицам максимально допустимые параметры исследуемого транзистора и выберите пределы изменения измеряемых величин. На миллиметровую бумагу нанесите границы допустимых значений токов и напряжений с учетом параметра $P_{МАКС}$. Выберите рабочие диапазоны измерительных приборов модулей "Миллиамперметры" и "Мультиметры".

Предельные параметры транзистора

| Транзистор | $U_{СИ\ МАКС.}$ | $I_{С\ МАКС.}$ | $U_{ЗИ\ МАКС.}$ | $P_{МАКС.}$ |
|------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|
| КП301Б | 20 В | 15 мА | 30 В | 200 мВт |

Выполните измерения и постройте следующие характеристики:

1. Семейство выходных ВАХ для трех значений напряжения $U_{ЗИ}$, с интервалом не более **0.2 В**, лежащих в пределах от $U_{ЗИ.ПОР}$ до $U_{ЗИ.МАКС}$.
2. Семейство ВАХ прямой передачи для двух значений напряжения $U_{СИ}$, лежащих в рабочей области. Одно из них должно соответствовать середине пологих участков выходных ВАХ, второе – максимальному значению $U_{СИ} = U_{СИ.МАКС}$.

После окончания измерений выключите модули "Транзисторы", "Мультиметры", а затем и "Питание стенда".

Оформление отчета

Начертите схему электрической цепи, использованной для измерений.

Приведите предельные параметры исследованных транзисторов.

Приложите полученные в лаборатории графики.

Используя результаты измерений, определите (для транзистора с каналом *p*-типа):

1. Крутизну S в пяти точках ВАХ прямой передачи при напряжении сток-исток $U_{СИ}$, соответствующем середине пологого участка; постройте по этим данным график $S = f_1(U_{ЗИ})$ при $U_{СИ} = const$.
 2. Выходное дифференциальное сопротивление $r_{Д.ВЫХ}$ в пяти точках для выходной ВАХ; снятой при $U_{ЗИ} = U_{ЗИ.макс}$; постройте по этим данным график $r_{Д.ВЫХ} = f_2(U_{СИ})$ при $U_{ЗИ} = const$.
 3. Выберите рабочую точку на средней из трех выходных ВАХ (примерно в середине участка насыщения). Постройте рабочую характеристику транзистора $U_{СИ} = E_c - R_c I_c$, проходящую через выбранную рабочую точку для напряжения источника питания E_c , совпадающего с $U_{СИ.макс}$. Определите значение сопротивления в цепи стока R_c , соответствующее построенной рабочей характеристике.
 4. Для выбранной рабочей точки определите графически значение рабочего коэффициента усиления по напряжению K_y . Сравните полученное значение K_y с рассчитанным по формуле через статические параметры S и $r_{Д.ВЫХ}$, соответствующие этой же рабочей точке.
- Проанализируйте полученные результаты; например, поясните, чем различаются ВАХ транзисторов с каналами p и n -типов, с чем связаны характерные особенности полученных ВАХ, что общего в работе полевых транзисторов с управляющим электронно-дырочным переходом и с изолированным затвором, чем они различается и т.д.

Литература

1. Гнучев Н.М. Электронные приборы. Физические основы электроники. Издательство СПбПУ, 2013., с. 68-75.
2. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. Изд 4. – М: Высшая школа, 1987, с.35-40; 312-322.
2. Электронные приборы. Ред. Г.Г.Шишкин. Изд 4. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 43 - 51, 205 - 235.

РАБОТА 7 БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР В СХЕМЕ С ОБЩЕЙ БАЗОЙ

Термины и обозначения

| | |
|--|------------------------|
| Постоянный ток коллектора | I_K |
| Постоянный ток эмиттера | $I_{\mathcal{E}}$ |
| Постоянный ток базы | I_B |
| Постоянное напряжение эмиттер-база..... | $U_{\mathcal{ЭБ}}$ |
| Постоянное напряжение коллектор-база..... | U_{KB} |
| Постоянная рассеиваемая мощность биполярного транзистора... P | |
| Входное дифференциальное сопротивление биполярного транзистора (БТ) в режиме малого сигнала..... | h_{11} |
| Коэффициент обратной связи по напряжению БТ в режиме малого сигнала..... | h_{12} |
| Коэффициент передачи тока БТ в режиме малого сигнала..... | h_{21} |
| Выходная полная проводимость БТ в режиме малого сигнала..... | h_{22} |
| Максимально допустимый постоянный ток коллектора..... | $I_{K\text{макс}}$ |
| Максимально допустимый постоянный ток эмиттера..... | $I_{\mathcal{Эмакс}}$ |
| Максимально допустимое постоянное напряжение коллектор-база..... | $U_{KB\text{макс}}$ |
| Максимально допустимое постоянное напряжение эмиттер-база..... | $U_{\mathcal{ЭБмакс}}$ |
| Максимально допустимая рассеиваемая мощность БТ..... | $P_{\text{макс}}$ |

ПРОГРАММА измерений предусматривает снятие семейств выходных и входных вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора (БТ), включенного по схеме с общей базой (ОБ).

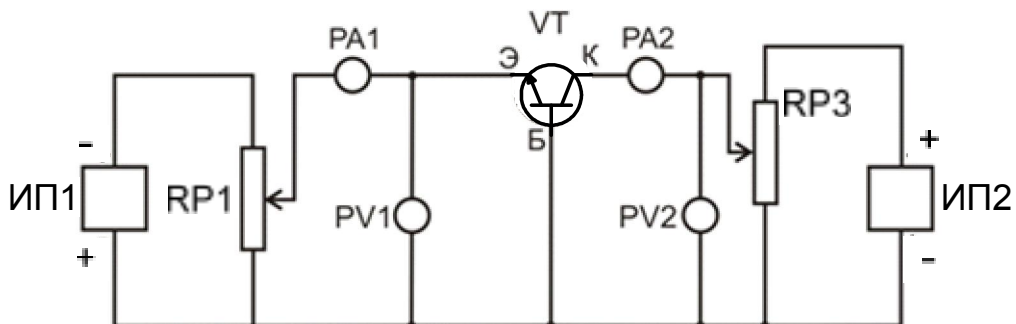
Вопросы для подготовки к работе

1. Как устроен БТ? Чем отличается активный режим работы БТ от режима отсечки и режима насыщения?
2. С какими физическими процессами связано протекание эмиттерного, коллекторного и базового токов? Каковы особенности управления выходным током в БТ?
3. Постройте энергетические диаграммы для БТ (*n-p-n* или *p-n-p*) в активном режиме. Опишите физический процесс переноса основных носителей эмиттера в коллектор.

4. Какие требования предъявляются к материалу базы БТ и к ее геометрическим размерам? Почему?
5. В чем проявляется обратная связь по напряжению в БТ и какова ее физическая природа?
6. Каков общий ход статических входных и выходных ВАХ БТ при включении по схеме с ОБ?
7. Как вводятся h -параметры для описания работы БТ в режиме малого сигнала? Как определить h -параметры по характеристикам?

Методика измерений

Схема измерительной цепи



ИП1 - источник питания 0-20 В;

ИП2 - источник питания 0-20 В;

VT - исследуемый транзистор;

RP1 - потенциометр 0-1 кОм;

RP3 - потенциометр 0-1 кОм;

РА1, РА2 – миллиамперметры модуля "Миллиамперметры".

PV1, PV2 - цифровые вольтметры модуля "Мультиметров",

p-n-p

МП114

Исследуемый ~~n-p-n~~ транзистор марки ~~3DD13001~~ включен по схеме с ОБ. Напряжение на эмиттер Э транзистора подается через потенциометр RP1 от источника питания ИП1 и

измеряется вольтметром PV1. Для измерения тока эмиттера в его цепь включен миллиамперметр PA1. Напряжение на коллектор К подается от второго источника питания ИП2 через потенциометр RP3 и измеряется вольтметром PV2. Для измерения тока коллектора в его цепь включен миллиамперметр PA2.

ВНИМАНИЕ! Следите за тем, чтобы во время измерений ток коллектора, напряжение коллектор-база и рассеиваемая мощность не превысили соответствующих максимально допустимых значений $I_{K\text{макс}}$, $U_{KB\text{макс}}$, $P_{\text{макс}}$. Эти меры предосторожности необходимы для того, чтобы не вывести БТ из строя.

Предельные параметры транзистора

| Транзистор | $U_{KB\text{макс}}$ | $U_{KЭ\text{макс}}$ | $I_{K\text{макс}}$ | I_{KB0} | $P_{\text{макс}}$ |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| 3DD13001 | 600 В | 400 В | 200 мА (пост.) | 100 мкА | 700 мВт |
| МП114 | 60В | 60В | 10 мА | 10 мкА | 150 мВт |

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Транзисторы".

Проверьте (соберите) схему для исследования биполярного транзистора. После этого, переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа "~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручки потенциометров "ИП1", "ИП2" RP1 и RP3 модуля "Транзисторы" находятся в крайнем левом положении. Включите тумблер "Сеть" модуля, убедитесь в световой индикации тумблера.

Определите по справочным таблицам максимально допустимые параметры исследуемого транзистора и выберите пределы изменения измеряемых величин. На миллиметровую бумагу нанесите границы допустимых значений токов и напряжений с учетом параметра $P_{\text{макс}}$. Выберите рабочие диапазоны измерительных приборов модулей "Миллиамперметры" и "Мультиметры".

Выполните следующие операции:

- снимите семейство статических выходных ВАХ при пяти разных значениях тока $I_Э < I_{Э\text{макс}}$ (в частности при $I_Э = 0$); напряжение U_{KB} изменяйте от нуля до значения, определяемого величиной $P_{\text{макс}} = U_{KB} \cdot I_K$; при снятии каждой кривой значение $I_Э$ поддерживайте постоянным путем изменения входного напряжения $U_{ЭБ}$;

- снимите семейство статических входных ВАХ при трех разных значениях напряжения $U_{KB} < U_{KB\text{макс}}$ (например, при $U_{KB} = 0; 1; 10 В$).

После окончания измерений выключите модули "Транзисторы", "Мультиметры", а затем и "Питание стенда".

Оформление отчета

Начертите схему цепи, использованную для измерений. Запишите параметры исследованного БТ.

Приложите полученные в лаборатории графики семейств входных и выходных ВАХ.

Постройте семейство характеристик передачи тока $I_K = f_1(I_{\text{Э}})$ при $U_{KB} = const$ на основании семейства выходных ВАХ.

Постройте семейство характеристик обратной связи по напряжению $U_{\text{ЭБ}} = f_2(U_{KB})$ при $I_{\text{Э}} = const$ с помощью семейства входных ВАХ.

Определите по характеристикам в пяти точках h-параметры для БТ, включенного по схеме с ОБ ($h_{\text{б}}$ - параметры), в зависимости от режима работы; постройте характеристики: $h_{11\text{Б}} = f_3(I_{\text{Э}})$ при $U_{KB} = const$; $h_{12\text{Б}} = f_4(U_{KB})$ при $I_{\text{Э}} = const$; $h_{21\text{Б}} = f_5(I_{\text{Э}})$ при $U_{KB} = const$. Оцените величину h_{22} по одной из выходных ВАХ. Проанализируйте полученные результаты.

Литература

1. Электронные приборы. Ред. Г.Г. Шишкин. Изд 4. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 140-145; 148-149; 161-163; 165-167; 172-174
2. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. Изд 4. – М: Высшая школа, 1987, с . 192-200; 210-211; 213-215; 220-222; 231.

РАБОТА 8 БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР В СХЕМЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ

Термины и обозначения

| | |
|--|--------------|
| Постоянный ток коллектора | I_K |
| Постоянный ток эмиттера | $I_Э$ |
| Постоянный ток базы..... | I_B |
| Постоянное напряжение база-эмиттер..... | $U_{БЭ}$ |
| Постоянное напряжение коллектор-эмиттер..... | $U_{КЭ}$ |
| Входное сопротивление биполярного транзистора (БТ) в режиме малого сигнала..... | h_{11} |
| Коэффициент обратной связи по напряжению БТ в режиме малого сигнала..... | h_{12} |
| Коэффициент передачи тока БТ в режиме малого сигнала..... | h_{21} |
| Выходная полная проводимость БТ в режиме малого сигнала..... | h_{22} |
| Максимально допустимый постоянный ток коллектора..... | $I_{Кмакс}$ |
| Максимально допустимое постоянное напряжение коллектор- эмиттер..... | $U_{КЭмакс}$ |
| Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность БТ..... | $P_{макс}$ |

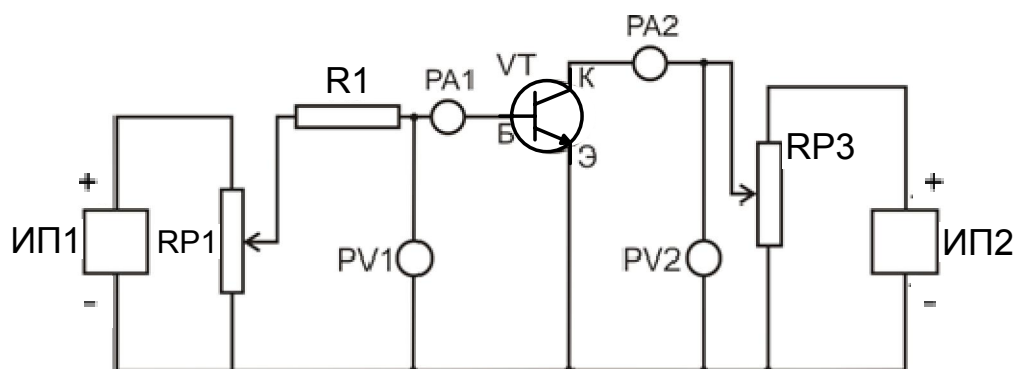
ПРОГРАММА измерений предусматривает снятие семейств выходных и входных вольтамперных характеристик (ВАХ) БТ, включенного в схеме с общим эмиттером (ОЭ).

Вопросы для подготовки к работе

1. В чем состоят особенности работы БТ в схеме с ОЭ?
2. Каков общий ход статических входных и выходных ВАХ БТ при включении по схеме с ОЭ?
3. Какова физическая причина различия формы выходных ВАХ при включении по схемам с ОЭ и ОБ?
4. Как отличаются друг от друга h -параметры БТ при включении по схемам с ОБ и ОЭ?

Методика измерений

Схема измерительной цепи



ИП1 - источник питания 0-20 В;

ИП2 - источник питания 0-20 В;

VT - исследуемый транзистор;

RP1 - потенциометр 0-1 кОм;

RP3 - потенциометр 0-1 кОм;

PA1, PA2 – миллиамперметры модуля "Миллиамперметры".

PV1, PV2 - цифровые вольтметры модуля "Мультиметров",

R1 – резистор 1 кОм.

Исследуемый ~~n-p-n~~ ^{p-n-p} транзистор марки ~~3DD13001~~ ^{МП114} включен по схеме с ОЭ. Напряжение на базу Б исследуемого транзистора VT относительно эмиттера Э подается от источника питания ИП1 через потенциометр RP1 и измеряется вольтметром PV1. Ток базы I_B измеряется микроамперметром PA1, включенным в ее цепь. Напряжение на коллектор К относительно эмиттера подается от источника питания ИП2 через потенциометр RP3 и измеряется с помощью вольтметра PV2. Для измерения тока коллектора в его цепь включается миллиамперметр PA2.

ВНИМАНИЕ! Следите за тем, чтобы во время измерений ток коллектора, напряжение коллектор-эмиттер и рассеиваемая мощность не превысили соответствующих максимально допустимых значений $I_{Кмакс}$, $U_{КЭмакс}$, $P_{макс}$. Эти меры предосторожности необходимы для того, чтобы не вывести БТ из строя.

Предельные параметры транзистора

| Транзистор | $U_{КБ\text{ МАКС}}$ | $U_{КЭ\text{ МАКС}}$ | $I_{К\text{ МАКС}}$ | $I_{КБ\text{ }0}$ | $P_{\text{МАКС}}$ |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| 3DD13001 | 600 В | 400 В | 200 мА (пост.) | 100 мкА | 700 мВт |
| МП114 | 60В | 60В | 10 мА | 10 мкА | 150 мВт |

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Транзисторы".

Проверьте (соберите) схему для исследования биполярного транзистора. После этого, переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа "~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручки потенциометров "ИП1", "ИП2" RP1 и RP3 модуля "Транзисторы" находятся в крайнем левом положении. Включите тумблер "Сеть" модуля, убедитесь в световой индикации тумблера.

Определите по справочным таблицам максимально допустимые параметры исследуемого транзистора и выберите пределы изменения измеряемых величин. На миллиметровую бумагу нанесите границы допустимых значений токов и напряжений с учетом параметра $P_{\text{МАКС}}$. Выберите рабочие диапазоны измерительных приборов модулей "Миллиамперметры" и "Мультиметры".

Выполните следующие операции:

- снимите семейство статических выходных ВАХ при пяти значениях тока I_B (в частности, при $I_B = 0$); значения I_B выберите таким образом, чтобы ВАХ были расположены равномерно по всей области допустимых значений измеряемых величин;
- снимите семейство статических входных ВАХ при трех значениях напряжения $U_{КЭ}$ (в частности, при $U_{КЭ} = 0$).

После окончания измерений выключите модули "Транзисторы", "Мультиметры", а затем и "Питание стенда".

Оформление отчета

Начертите схему цепи, использованной для измерений.

Приведите параметры изученного БТ.

Приложите полученные в лаборатории графики семейств выходных и входных ВАХ.

Постройте две характеристики передачи тока $I_K = f_1(I_B)$, используя семейство выходных ВАХ, например, для $U_{КЭ} = -2В, -10В$.

Постройте семейство характеристик обратной связи по напряжению $U_{БЭ} = f_2(U_{КЭ})$ при $I_B = const$ на основании семейства входных ВАХ.

Определите по характеристикам 3-4 значения параметров БТ в зависимости от режима $h_{11Э} = f_3(I_B)$ при $U_{КЭ} = const$; $h_{12Э} = f_4(U_{КЭ})$ при $I_B = const$; $h_{21Э} = f_5(I_B)$ при $U_{КЭ} = const$; $h_{22Э} = f_6(U_{КЭ})$ при $I_B = const$. Проанализируйте полученные результаты.

Литература

1. Электронные приборы. Ред. Г.Г.Шишкин. Изд 4. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 148 - 149, 156 – 157, 159 – 160, 168 – 170, 172 – 174.
2. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. Изд. 4. – М: Высшая школа, 1987, с.210 - 214; 222 - 226, 229 – 231.