

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

Кафедра технологии металлов и материаловедения

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СВАРОЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Электроника и микропроцессорная техника в сварочном оборудовании»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Тверь 2020

УДК 621.3:621.791.03(075.8)
ББК 32.859:34.641я7

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и материаловедения ТвГТУ Лаврентьев А.Ю.

Промышленная электроника в сварочном производстве: метод. указания / сост. Д.А. Барчуков, А.В. Карелин. Тверь: ТвГТУ, 2020. 12 с.

Содержат сведения по особенностям нахождения встречающихся простейших неисправностей в схемах управления сварочным электрооборудованием и работы некоторых электронных элементов этих схем, необходимых при выполнении лабораторных работ. Указывается необходимое оборудование, материалы, порядок выполнения и оформления отчётов по лабораторным работам.

Обсуждены на заседании кафедры технологии металлов и материаловедения, рекомендованы к изданию (протокол № 12 от 8 мая 2020 г.).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельные практические действия студентов в процессе выполнения лабораторных работ способствуют лучшему усвоению теоретического материала, развитию навыков инженерного мышления, а также являются важным этапом приобщения к научно-исследовательской работе.

В каждой лабораторной работе кратко дан теоретический материал, сформулирована цель, изложена методика проведения работы, определено содержание отчёта. Для закрепления знаний и навыков, полученных в результате проведения лабораторных работ, в конце каждой работы приведены контрольные вопросы.

Отчёт по лабораторной работе составляется самостоятельно каждым студентом. Весь иллюстративный материал (схемы, рисунки, графики и т.п.) выполняется с помощью чертежных принадлежностей или компьютерной графикой. Небрежно оформленные отчёты к защите не принимаются. Отчёты должны быть оформлены и представлены преподавателю к следующему занятию. Для защиты отчёта по каждой работе необходимо знать не только технику выполнения лабораторной работы, но и соответствующий материал теории. Работа считается выполненной студентом после подписания и защиты отчёта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

СТАТИЧЕСКИЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНОГО ПЕРЕХОДА БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Цель работы. Исследование статических вольтамперных характеристик (ВАХ) германиевого и кремниевого электронно-дырочного переходов и биполярного транзистора.

Определение статических и дифференциальных параметров транзистора.

1.1. Общие положения

Лабораторная работа выполняется на универсальном стенде, позволяющем с помощью набора переключателей формировать различные схемы для проведения исследований. В качестве германиевого $p-n$ перехода используется переход база-эмиттер биполярного транзистора $VT1$ типа $n-p-n$. Коллекторная цепь при этом размыкается (см. рис. 1.1). В качестве кремниевого $p-n$ перехода используется переход затвор-канал полевого транзистора $VT2$ (типа КП303). Цепь стока при этом размыкается (см. рис. 1.2).

Показанные на схемах измерительные приборы – миллиамперметры "ГБ" (с пределом до 2 мА), "ИК" (с пределом 20 мА), а также вольтметр "У" (с пределами 0,1 В; 1 В и 10 В) встроены в стенд.

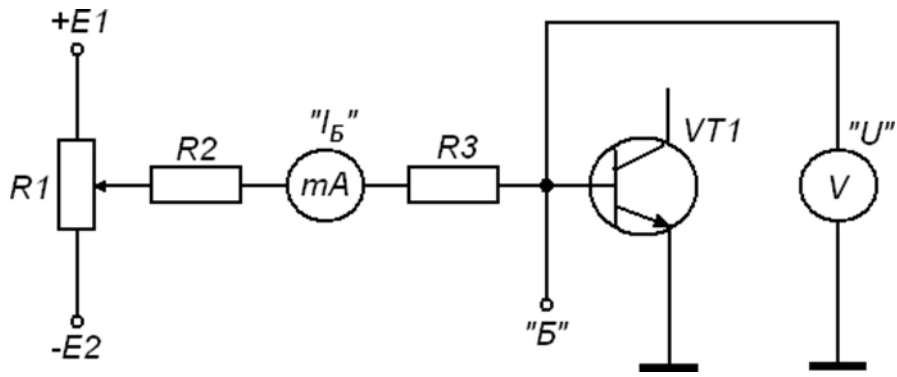


Рис. 1.1. Схема для исследования статической ВАХ германиевого $p-n$ -перехода

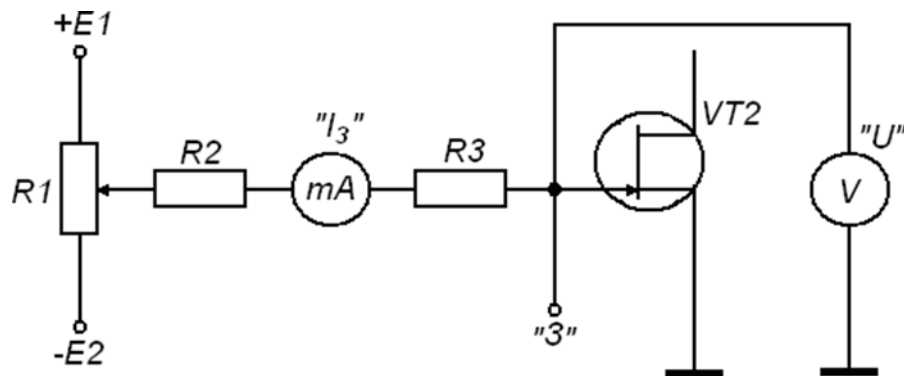


Рис. 1.2. Схема для исследования статической ВАХ кремниевого $p-n$ -перехода

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. Построение статических ВАХ германиевого и кремниевого $p-n$ -переходов

Собрав схему, показанную на рис. 1.1, произвести измерения зависимости тока германиевого перехода от напряжения, изменяя значение тока с помощью потенциометра R1. Собрав схему, показанную на рис. 1.2, повторить измерения ВАХ для кремниевого перехода.

1.2.2. Построение семейства входных характеристик биполярного транзистора $I_B = f(U_{БЭ})$ в схеме с общим эмиттером

Собрать схему, показанную на рис. 1.3, произвести измерения зависимости тока базы от прямого напряжения база-эмиттер при трёх фиксированных значениях напряжения коллектор-эмиттер: $U_{КЭ} = 0$; $U_{КЭ} = 0,5В$; $U_{КЭ} = 5В$.

Построить графики входных ВАХ.

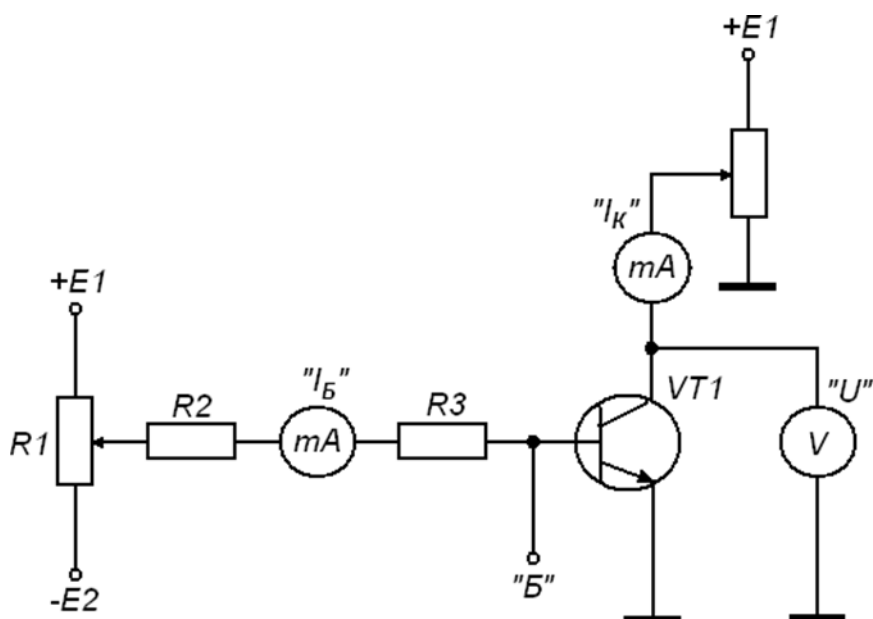


Рис. 1.3. Схема для исследования статических ВАХ биполярного транзистора

1.2.3. Построение семейства выходных характеристик биполярного транзистора $I_B = f(U_{БЭ})$ в схеме с общим эмиттером

Собрать схему, показанную на рис. 1.3, и произвести измерения зависимости тока коллектора от напряжения коллектор - эмиттер при нескольких фиксированных значениях тока базы. Построить графики выходных ВАХ.

Определить в нескольких точках значения статического (β) и дифференциального ($h_{21э}$) коэффициентов передачи тока базы при $U_{КЭ} = 2$ В; $U_{КЭ} = 5$ В; $U_{КЭ} = 10$ В.

1.2.4. Построение семейства передаточных характеристик биполярного транзистора $I_K = f(I_B)$

В схеме, показанной на рис. 1.3, выполнить измерения зависимости тока коллектора от тока базы при трёх фиксированных значениях напряжения $U_{КЭ}$ в схеме с общим эмиттером. Построить графики передаточных характеристик.

1.3. Методические указания

1.3.1. Учитывая нелинейный характер прямой ветви ВАХ $p-n$ - перехода, её построение (п.1.2.1) удобно производить, задаваясь значениями тока и измеряя соответствующие значения напряжения. Результаты измерений свести в табл. 1.1.

При построении графиков ВАХ в качестве независимой переменной следует принять напряжение (на оси абсцисс).

Таблица 1.1

Статические ВАХ p-n-перехода

$I, \text{мА}$		0	0,2	0,4			
Ge	$U, \text{В}$	0					
Si		0					

1.3.2. При измерениях входных характеристик транзисторов (п.1.2.2.) также удобно задавать значения тока базы, а измерять напряжение база-эмиттер (табл. 1.2), но при построении графиков в качестве независимой величины следует брать входное напряжение.

Таблица 1.2

Входные характеристики

$U_{КЭ}, \text{В}$	$I_B, \text{мА}$	0	0,05	0,1	0,2			
0	$U_{БЭ}$	0						
0,5		0						
5		0						

1.3.3. При построении выходных характеристик (п.1.2.3) фиксированные значения тока базы следует устанавливать через равные интервалы, например, 0,15 мА; 0,3 мА; 0,45 мА; 0,6 мА. Для выбора интервалов необходимо сначала оценить максимально допустимый ток базы, при котором ток коллектора достигает значения 20 мА (при напряжении $U_{КЭ} = 5 \div 6 \text{ В}$).

На начальном крутом участке выходной характеристики напряжение $U_{КЭ}$ следует изменять через малые интервалы, а на пологом участке – большие приращения (см. табл. 1.3).

Таблица 1.3

Выходные характеристики

$I_B, \text{мА}$	$U_{КЭ}, \text{В}$	0	0,1	0,2	0,5	1	2	4		
0,1	$I_K, \text{мА}$									
0,2										
0,3										
0,4										

Статический коэффициент передачи тока базы определяется по данным табл. 1.3 по формуле $\beta = I_K / I_B$, а дифференциальный коэффициент по формуле $h_{2I_B} = \Delta I_K / \Delta I_B$ при $U_{КЭ} = \text{const}$.

1.3.4 Результаты измерения передаточных характеристик (п. 1.2.4) свести в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Передаточные характеристики

$U_{КЭ}, \text{В}$	$I_B, \text{мА}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
2	$I_K, \text{мА}$									
6										
10										

1.4. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

наименование и цель работы;

конспект общих положений лабораторной работы, схемы, программу исследований (готовится до начала работы);

результаты исследований: заполненные таблицы измерений, графики статических характеристик, расчётные значения коэффициента передачи тока базы.

1.5. Контрольные вопросы

Привести график теоретической ВАХ идеального $p-n$ - перехода. Какое напряжение на переходе называется прямым, какое – обратным?

В чем отличие ВАХ реального $p-n$ -перехода от ВАХ идеального перехода? Приведите эквивалентную схему реального диода.

Объяснить физические процессы на границе полупроводников различного типа. Механизм образования $p-n$ - перехода.

Объяснить физические процессы в $p-n$ -переходе при прямом и обратном включении.

Привести значения прямого напряжения, при котором работают германиевые и кремниевые диоды.

Температурные зависимости обратного тока и прямого напряжения диода.

Назначение эмиттерного и коллекторного переходов биполярного транзистора.

Схема подключения переходов транзистора к источникам питания при нормальной активной работе.

Схемы транзисторных каскадов с общей базой и общим эмиттером.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД НА БИПОЛЯРНОМ ТРАНЗИСТОРЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ

Цель работы. Изучение закономерностей работы однокаскадного усилителя напряжения переменного тока, построенного на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером.

2.1. Общие положения

Лабораторная работа выполняется на универсальном стенде, позволяющем с помощью набора переключателей сформировать схему усилительного каскада с емкостными связями на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером (см. рис. 2.1).

Для построения схемы каскада необходимо включить в схему биполярный транзистор (соответствующее положение кнопки на стенде), установить сопротивление в цепи эмиттера $R_Э = 0$, и указанное преподавателем сопротивления R_3 (в цепи коллектора) и R_H (в цепи нагрузки), указанные на рис. 2.1 ёмкости разделительных конденсаторов $C1$ и $C2$. С помощью переменного резистора $R4$ установить заданное напряжение $U_{П}$.

В качестве источника напряжения входного сигнала используется генератор синусоидального напряжения (ГЗ-33), выход которого подключается к гнездам Г1, Г2.

Форму сигналов в тракте усилителя наблюдают с помощью электронного осциллографа, вход которого через вспомогательные гнезда Г4, Г5 и гибкий щуп подключают к исследуемой точке схемы.

Встроенный в стенд вольтметр используется для измерения как постоянных, так и переменных составляющих напряжений в различных точках схемы.

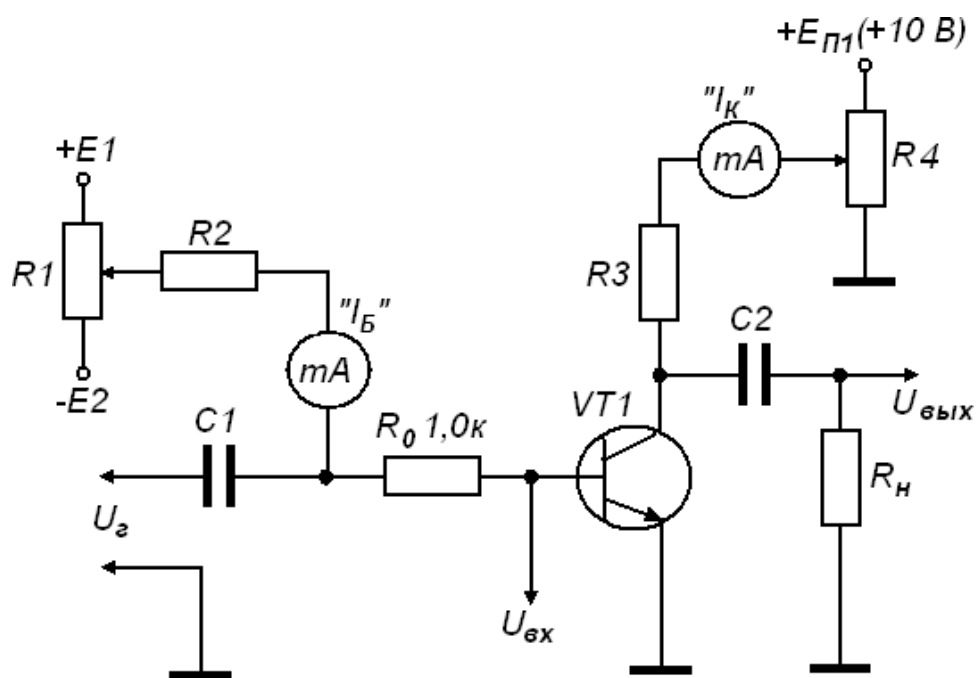


Рис. 2.1. Схема усилительного каскада на биполярном транзисторе

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Построение статической линии нагрузки

Измерить зависимость напряжения коллектор-эмиттер от тока коллектора при фиксированном напряжении питания и трёх значениях сопротивления R_K (задаются преподавателем). Построить графики статической линии нагрузки $U_{КЭ} = f(I_K)$ для заданных значений R_K в координатах выходных характеристик транзистора, определить и указать на графике оптимальное положение рабочей точки для каждого случая.

2.2.2. Исследование формы сигнала в тракте усилителя

При заданных значениях $U_{П}$ и R_K установить определённый в п.2.2.1 режим покоя (при отсутствии сигнала на входе). Установить на генераторе сигнал частотой 1000 Гц в диапазоне выходного напряжения 100 мВ.

Наблюдая на экране осциллографа выходное напряжение (на нагрузке), установить амплитуду сигнала на входе усилителя, при которой отсутствуют заметные искажения формы выходного сигнала и в режиме внутренней синхронизации снять осциллограммы напряжений на коллекторе и на нагрузке.

2.2.3. Построение амплитудных характеристик усилителя

Сохранить значения $U_{П}$, R_K и точку покоя из п. 2.2.2. Снять зависимость выходного напряжения $U_{вых}$ от входного $U_{вх}$, действующего на базе, увеличивая амплитуду сигнала до появления перегрузки усилителя. Сигналом перегрузки является искажение формы выходного сигнала.

Построить графики амплитудных характеристик $U_{вых} = f(U_{вх})$ при различных значениях сопротивления нагрузки: $R_H = \infty$ и $R_H = R_K$.

2.2.4. Измерение коэффициента усиления

Сохранить значения $U_{П}$, R_K и точку покоя из п. 2.2.2. Подать с выхода генератора напряжение сигнала, примерно равное половине максимально допустимого, вызывающего перегрузку усилителя. Определить значение коэффициента усиления как отношение $K_U = U_{вых}/U_{вх}$, при различных значениях сопротивления нагрузки: $R_H = \infty$ и $R_H = R_K$.

2.2.5. Измерение входного сопротивления

Входное сопротивление каскада, определяемое как отношение входного напряжения к входному току (переменной составляющей тока базы), находится путем косвенных измерений входного тока:

$$I_{вх} = (U_{Г} - U_{вх}) / R_0 \quad (2.1)$$

Отсюда входное сопротивление определяется по формуле

$$R_{вх} = R_0 (U_{вх} / (U_{Г} - U_{вх})) \quad (2.2)$$

Измерить входное сопротивление усилителя при различных значениях тока покоя коллектора и построить график зависимости $R_{вх} = f(I_{КО})$.

2.2.6. Измерение выходного сопротивления

Величину выходного сопротивления можно оценить по изменению выходного напряжения усилителя при изменении сопротивления нагрузки. При

отключенной нагрузке ($R_H = \infty$) установить амплитуду напряжения генератора, при которой выходное напряжение (напряжение холостого хода) $U_{\text{выхх}}$ соответствует полному пределу вольтметра (1 В или 100 мВ). Затем подобрать сопротивление нагрузки, при котором выходное напряжение $U_{\text{выхн}}$ уменьшится до уровня $0,4 \div 0,6$ от начального.

Вычислить входное сопротивление по формуле

$$R_{\text{вх}} = R_H \cdot ((U_{\text{выхх}} - U_{\text{выхн}}) / U_{\text{выхн}}) \quad (2.3)$$

Измерение выходного сопротивления произвести при нескольких значениях сопротивления R_K и построить график зависимости $R_{\text{вых}} = f(R_K)$.

2.3. Методические указания

2.3.1. Измерения по п. 2.2.1 проводятся при отсутствии входного переменного сигнала. При этом каждая точка статической линии нагрузки как $U_{KЭ} = f(I_K)$ определяется напряжением смещения базовой цепи, регулируемым R_I . Результаты измерений свести в табл. 2.1.

2.3.2. При построении осциллограмм напряжений на коллекторе и на нагрузке по п. 2.2.2 необходимо установить масштаб по оси Y и смещение изображения по вертикали таким образом, чтобы уровни нуля и напряжения питания U_{II} располагались в пределах экрана.

Все регулировки синхронизации осциллографа должны оставаться в одинаковых положениях для обеих осциллограмм.

Таблица 2.1

Статическая линия нагрузки

R_K , кОм	I_K , мА	0							
	$U_{KЭ}$, В								

2.3.3. Результаты измерения амплитудных характеристик (п. 2.2.3) свести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Амплитудные характеристики

R_H , кОм	$U_{\text{вх}}$, мВ									

2.3.4. При измерениях входного сопротивления (п. 2.2.5) в каждой точке покоя необходимо устанавливать напряжение входного сигнала, которое не вызывает перегрузку усилителя. Результаты измерений свести в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Входное сопротивление

$I_{кО}$							
U_{ε} , мВ							
$U_{вх}$, мВ							
$R_{вх}$, Ом							

2.3.5. При измерении выходного сопротивления (п. 2.2.6) для каждого значения сопротивления R_K следует установить свою оптимальную точку покоя (ток $I_{кО}$). Результаты измерений свести в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Выходное сопротивление

R_K , кОм						
$U_{вых.х}$, В						
R_H , кОм						
$U_{вых.н}$, В						
$R_{вых}$, кОм						

2.4. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

наименование и цель работы;

конспект общих положений лабораторной работы, схемы, программу исследований (готовится до начала работы);

результаты исследований: заполненные таблицы измерений, графики характеристик и зависимостей, результаты вычислений параметров усилителя, осциллограммы напряжений.

Контрольные вопросы

Из каких соображений выбираются координаты рабочей точки транзисторного каскада?

На чём основан эффект усиления колебаний напряжения в транзисторном каскаде с ОЭ?

Назначение разделительных конденсаторов на входе и выходе усилительного каскада.

Что такое статическая и динамическая линии нагрузки?

Дать определение входному сопротивлению усилительного каскада. Как измерить переменную составляющую входного тока?

Указать связь между входным и выходными напряжениями.

Зависит ли входное сопротивление от точки покоя?

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СВАРОЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Электроника и микропроцессорная техника в сварочном оборудовании»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Составители: Д.А. Барчуков, А.В. Карелин

Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Физ. печ. л. 0,75

Усл. печ. л. 0,698

Уч.-изд. л. 0,653

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22