

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам 1-4
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов») очной и заочной форм обучения



Воронеж 2021

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиотехники

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам 1-4
для студентов направления 11.03.01
«Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства
передачи, приема и обработки сигналов») очной и заочной
форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.396
ББК 32.85

Составитель *канд. техн. наук, доц. Р. П. Краснов*

Радиоматериалы и радиокомпоненты: методические указания к лабораторным работам 1-4 для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Р. П. Краснов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 33 с.

В методических указаниях приведены материалы для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Радиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов 1 курса очной и заочной форм обучения направления 11.03.01 «Радиотехника». Каждая лабораторная работа снабжена краткими теоретическими сведениями и контрольными вопросами.

Предназначено для студентов 1 курса очной и заочной форм обучения направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»).

УДК 621.396
ББК 32.85

Ил. 10. Табл. 5. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент – канд. техн. наук, доц. каф. РЭУС, ВГТУ А. В. Володько

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

На лабораторных занятиях по курсу «Радиоматериалы и радиокомпоненты» каждый студент выполняет лабораторное задание, включающее теоретическую и экспериментальную части.

Лабораторные занятия предполагают выполнение подготовительных (домашних) заданий, основным содержанием которых является ознакомление с принципом работы электронного прибора, его паспортными данными, изучение измерительных схем и методик проведения измерений.

Контроль правильности выполнения подготовительного задания и теоретической готовности к выполнению лабораторной работы проводится преподавателем перед началом занятия.

Заключительным этапом лабораторной работы является защита отчета, которая проводится в виде устного собеседования в рамках контрольных вопросов.

Техника безопасности в лаборатории

Режим техники безопасности на лабораторных занятиях по курсу «Радиоматериалы и радиокомпоненты» включает:

- изучение правил техники безопасности при обслуживании электроустановок с напряжением до 1000 В и дополнительный инструктаж по электробезопасности в конкретных условиях учебной лаборатории;
- документальную регистрацию студентами знаний правил техники безопасности и дополнительного инструктажа в специальном журнале.

Дополнительный инструктаж включает в себя следующие рекомендации по сборке измерительных схем.

Перед началом сборки измерительной схемы убедиться, что все источники питания лабораторной установки

выключены, а их регуляторы установлены в крайнее левое положение.

При сборке измерительной схемы использовать только надежные клеммные и штепсельные соединения и соединительные провода. Основания клемм должны иметь надежную фиксацию в посадочные отверстия. Соединение и разъединение штепсельных разъемов должно осуществляться при отключенных источниках питания плавно и с небольшим усилием.

Только после тщательной проверки собранной измерительной схемы и с разрешения преподавателя или лаборанта можно включать тумблеры источников питания.

Электрическая схема собирается без подключенного на панели исследуемого элемента. С помощью вольтметра выставляется необходимое напряжение питания. Затем при выключенном источнике питания производится подключение элемента.

О всех замеченных технических неисправностях немедленно сообщать преподавателю или лаборанту.

Запрещается в процессе измерений прикасаться к токоведущим элементам (клеммам).

Перед внесением изменений в схему необходимо выключить источники питания лабораторной установки.

После окончания измерений необходимо установить регуляторы напряжения всех источников питания в крайнее левое положение, выключить источники питания и другие приборы, обесточить измерительный стенд, разобрать измерительную схему, привести в порядок рабочее место.

Краткие сведения об учебном измерительном оборудовании

Для проведения учебной исследовательской работы в лаборатории электронных приборов используется стенд лабораторный универсальный типа СПЭ-8. Он предназначен для исследования полупроводниковых приборов в статическом режиме.

Для задания статических режимов полупроводниковых приборов и подключения дополнительного оборудования в стенде имеется два источника стабилизированного постоянного напряжения, регулируемого в пределах 0...15В, при уровне пульсаций выходного напряжения не более 0,5%, а также два источника переменного напряжения 220В частотой 50Гц.

Для измерения тока, протекающего в цепях с исследуемыми приборами и напряжений на них, имеется шесть электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы.

Для проведения измерений при различных температурах используется нагреватель, устанавливаемый сверху на исследуемые приборы. Он подключается к источнику переменного напряжения 12.6В. Температура внутри нагревателя 60°C время нагрева рабочего объема - 5 минут.

Исследуемая схема собирается на макетной плате «Полупроводники-микросхемы», которая позволяет исследовать различные схемы, собранные на полупроводниковых приборах и ИС.

Макет выполнен в виде самостоятельного устройства настольного типа. Все органы управления и коммутации расположены на лицевой стороне панели макета.

Одно- и двухполярное напряжение питания подводится к гнездам, обозначенных на макете «+», «⊥», «-». Индикация наличия напряжения осуществляется тумблером, при этом загораются светодиоды.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕМЕННОГО РЕЗИСТОРА

Цели работы

1. Ознакомление с методами измерений в цепях постоянного тока.
2. Изучение работы и номенклатуры переменных резисторов.
3. Ознакомление с измерительным оборудованием лаборатории.

Состав используемого оборудования

- Источник питания постоянного напряжения 0...15 В.
- Вольтметры постоянного напряжения.
- Амперметры постоянного тока.
- Стенд лабораторный с исследуемыми переменными резисторами.
- Соединительные провода.

Подготовительное (домашнее) задание

- Записать название, цель работы.
- Зарисовать измерительную схему.
- Изучить виды переменных резисторов и их угломерные характеристики.

Краткие теоретические сведения

Регулировка величины сопротивления переменного резистора осуществляется плавным перемещением скользящего контакта, помещаемого на изолирующей пластине его подвижной системы, по поверхности проводящего элемента. В зависимости от назначения переменные резисторы подразделяются на подстроечные и регулировочные. Подстроечные резисторы используются для установки требуемого режима работы аппаратуры после ее изготовления,

ремонта или в процессе регламентных работ. Их подвижная ось обычно выводится под шлиц, а иногда и стопорится. Регулировочные резисторы используются в качестве рабочих органов управления.

Переменные резисторы делятся на *непроволочные* и *проволочные*. Непроволочные резисторы, в свою очередь, делятся на тонкослойные и объемные. Их отличие заключается в характере токопроводящего элемента.

Функциональная угломерная характеристика переменного резистора показывает зависимость величины сопротивления R между подвижным контактом и одним из неподвижных контактов проводящего элемента от угла поворота α подвижной системы резистора.

Разрешающая способность переменного резистора - это его способность различать наименьшее изменение угла поворота подвижной системы. Ее характеризуют минимально допустимым изменением сопротивления при весьма малом перемещении контакта. Количественно разрешающую способность выражают отношением скачка сопротивления или напряжения к общему сопротивлению или к общему напряжению, подводимому к резистору. Для переменных проволочных резисторов разрешающая способность зависит от числа витков и определяется тем перемещением подвижного контакта, при котором происходит изменение величины сопротивления. Разрешающая способность переменных резисторов общего применения составляет 0,1...1,5%.

Износоустойчивость - это способность переменного резистора сохранять свои параметры при многократных вращениях подвижной системы. У подстроечных резисторов износоустойчивость не превышает 10^3 поворотов. Износоустойчивость регулировочных резисторов может достигать $10^5...10^7$ поворотов.

Наряду с тепловыми и флуктуационными шумами при вращении подвижной системы переменного резистора на выходное напряжение накладывается дополнительная составляющая - напряжение шумов вращения, уровень

которых значительно выше тепловых и флуктуационных шумов.

На рис. 1.1 представлена конструкция переменного непроволочного резистора круглой формы.

Переменный непроволочный резистор состоит из подвижной и неподвижной частей. Неподвижная часть представляет собой пластмассовый круглый корпус 2, в котором смонтирован токопроводящий элемент 3, имеющий подковообразную форму. Посредством заклепок 6 он крепится к круглому корпусу. Эти заклепки соединены с внешними выводами 4.

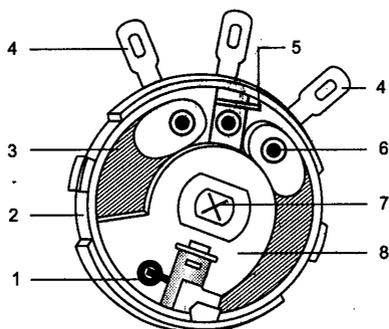


Рис. 1.1. Переменный непроволочный резистор (1 - токосъемник; 2 - пластмассовый круглый корпус; 3 - токопроводящий элемент; 4 - внешние выводы; 5 - стопор; 6 - заклепки; 7 - вращающаяся ось с торцом; 8 - изоляционная планка)

Подвижная часть представляет собой вращающуюся ось, с торцом которой 7 посредством чеканки соединена изоляционная планка 8, на которой смонтирован подвижный контакт 1 (токосъемник), соединенный с внешним выводом. Угол поворота оси составляет 270° и ограничивается стопором 5.

Существуют и другие конструкции переменных непроволочных резисторов. Токопроводящий элемент в них представляет собой тонкую графитовую, металлическую, металлооксидную или композиционную пленку.

Переменные резисторы могут иметь разный закон изменения сопротивления в зависимости от угла поворота оси (угломерная характеристика) (рис. 1.2).

У линейных резисторов (типа А, импорт – тип В) сопротивление зависит от угла поворота линейно. У логарифмических резисторов (тип Б, импорт – тип А) сопротивление изменяется по логарифмическому закону, а у резисторов типа В (импорт – тип С) по обратнологарифмическому.

Кроме того, существуют резисторы, у которых сопротивление изменяется по закону синуса (тип В) или косинуса (тип Г).

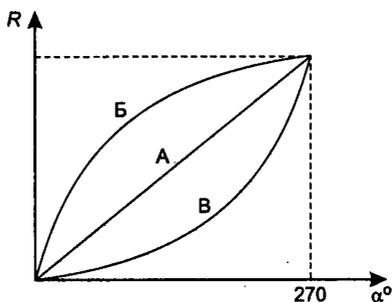


Рис. 1.2. Изменение сопротивления в зависимости от угла поворота оси

Некоторые типы переменных резисторов состоят из двух переменных резисторов, объединенных в единую конструкцию, в которой токосъемники расположены на общей оси.

Существуют переменные резисторы, содержащие выключатель, контакты которого разомкнуты, если ось резистора повернута в крайнее положение при вращении против часовой стрелки. При повороте оси по часовой стрелке на небольшой угол контакты выключателя замыкаются. Некоторые типы резисторов комплектуются специальными стопорящими устройствами, жестко фиксирующими положение оси.

Кроме переменных резисторов с круговым перемещением, существуют резисторы с прямолинейным перемещением

подвижного контакта. В этом случае контактный ползун укрепляется не на поворотной, а на червячной оси.

Условно-графическое обозначение переменного (а) и подстроечного (б) резисторов приведено на рис. 1.3:

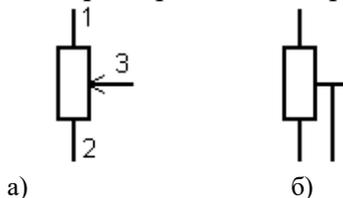


Рис. 1.3. Условно-графическое обозначение переменных резисторов

Лабораторное задание

1. Получить допуск у преподавателя или лаборанта.
2. Включить стенд, установить напряжение источника питания равным 15 В.
3. Собрать схему для измерения угломерной характеристики переменного резистора согласно представленной на рис. 1.4.

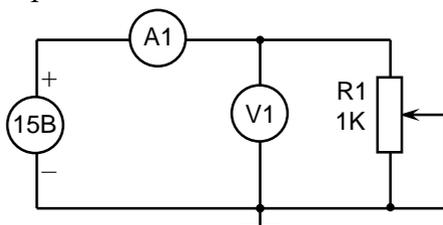


Рис. 1.4. Схема для снятия характеристики переменного резистора

4. Снять по точкам угломерную характеристику переменного резистора. Результаты занести в таблицу

Сопротивление R , Ом	Угол поворота α , °

5. По данным таблицы построить угломерную характеристику в координатах, аналогичных рис. 1.2.

6. Сделать вывод о типе характеристики исследуемого резистора.

Содержание отчета

– Название, цель работы, состав используемого оборудования.

– Измерительная схема.

– Данные измерений и угломерная характеристика

– Краткие выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается переменный резистор от подстроечного?

2. Перечислите разновидности переменных резисторов.

3. Каковы основные параметры резисторов?

4. Перечислите типы угломерных характеристик переменных резисторов.

5. За счет чего происходит изменение сопротивления при повороте регулировочной ручки?

6. Поясните роль сопротивления в законе Ома для участка цепи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Цели работы

1. Ознакомление с методиками измерений номиналов радиоэлементов различного типа.
2. Получение навыков самостоятельной классификации пассивных радиоэлементов.
3. Знакомство с разновидностями маркировки радиоэлементов.

Состав используемого оборудования

- Цифровой мультиметр УТ-603.
- Набор исследуемых пассивных радиоэлементов.
- Соединительные провода.

Подготовительное (домашнее) задание

- Записать название, цель работы.
- Оформить заготовку таблицы перечня измеряемых элементов.
- Изучить номенклатуру пассивных радиоэлементов.

Краткие теоретические сведения

1. Система обозначений резисторов

Сокращенное условное обозначение непроволочных резисторов (по стандарту 1968г.) состоит из трех букв: первая указывает вид резистивного слоя (К – композиционный, У – углеродистые, М – металлопленочные), вторая – вид защиты (Л – лакированные, Г – герметичные, В – вакуумные), третья характеризует особые свойства или назначение резисторов (Т – теплостойкие, П – прецизионные, В – высоковольтные, М – мегаомные и т.д.).

Вторая система сокращенных условных обозначений состоит из букв и цифр: С – резисторы постоянные, СП – резисторы переменные. Число, стоящее после букв, обозначает

разновидность резисторов в зависимости от материала токопроводящего элемента: 1 – непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые; 2 – непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические металлизированные; 3 – непроволочные композиционные пленочные; 4 – непроволочные композиционные объемные; 5 – проволочные; 6 – непроволочные тонкослойные металлизированные. Цифра, стоящая через дефис обозначает регистрационный номер. Например, С4-2: резистор объемный изолированный для навесного монтажа.

Буква кода обозначает множитель и определяет положение условной запятой десятичного знака:

Р - множитель 1 (сопротивление в Ом),

К - множитель 10^3 (сопротивление в кОм),

М - множитель 10^6 (сопротивление в МОм).

2. Система обозначений конденсаторов

Согласно старой системе наименование конденсатора давалось по сокращённому названию диэлектрика, конструктивному оформлению, по технологическим, эксплуатационным и др. признакам.

Типы конденсаторов по старой системе наименований: БИК - бумажные безындукционные, КД — керамический дисковый, КДК — конденсатор дисковый керамический, КМ - керамические монолитные, КПЕ - переменный с воздушным диэлектриком, КПК - конденсатор подстроечный керамический, КПМ - керамический конденсатор (в некоторых источниках - полистирольный), КПС - конденсаторы пластинчатые сегнетокерамические, КОБ - конденсаторы стеклоэмалевые, КСО - конденсатор слюдяной опрессованный, МБГП - металlobумажный герметизированный в прямоугольном металлическом корпусе, МБГО - металlobумажный однослойный герметизированный и уплотненный, МБГЧ - металlobумажный герметизированный, изолированный, самовосстанавливающийся, МБМ – металlobумажный малогабаритный, ПМ - полистирольные

малогабаритные, САМ - открытый обжатым конденсатор, СГМ - слюдяной герметизированный малогабаритный, ССГ - слюдяной с серебряными обкладками герметизированный, ФТ — фторопластовые теплостойкие.

Таблица 1

Тип конденсатора (первый индекс)	Вид диэлектрика	Подкласс (второй индекс)
К – конденсатор постоянной емкости	Керамические	10, 15
	Стеклянные	21
	Стеклокерамические	22
	Тонкопленочные с неорганическим диэлектриком	26
	Слюдяные	31, 32
	Бумажные	40, 41, 42
	Электролитические	50, 51, 52, 53
	Полистирольные	71(70)
	Фторопластовые	72
	Полиэтилентерефталатные	73(74)
	Комбинированные	75
	Лакопленочные	76
	Поликарбонатные	77
Полипропиленовые	78	
КТ – подстроечный КП – переменной емкости	Вакуумные	1
	С воздушным диэлектриком	2
	газообразным	3
	твердым	4

Новая система обозначения конденсаторов

В новой системе обозначения имеют четыре индекса.

Первый индекс (буквенный) означает тип конденсатора

Второй индекс означает вид диэлектрика, а иногда вместе с видом и рабочее напряжение (ниже 1600 В или 1600 В и выше). У подстроечных конденсаторов и конденсаторов переменной емкости второй индекс пишется через дефис, состоит из одной цифры и означает вид диэлектрика. Обозначения конденсаторов в зависимости от материала диэлектрика приведены в табл. 1.

Третий индекс (буквенный) у конденсаторов постоянной емкости указывает на их назначение:

П - для работы в цепях постоянного и переменного токов;

Ч - для работы в цепях переменного тока;

У - для работы в цепях постоянного и переменного тока и в импульсном режиме;

И - для работы в импульсном режиме.

У конденсаторов, предназначенных для работы только в цепи постоянного тока или только в цепи пульсирующего тока, третий буквенный индекс отсутствует. У подстроечных конденсаторов и конденсаторов переменной емкости третий индекс (цифровой) пишется через дефис и означает порядковый номер конструктивной разработки.

Четвертый индекс (цифровой) для конденсаторов постоянной емкости и варикондов означает порядковый номер конструктивной разработки.

3. Система обозначений дросселей и катушек индуктивности

Для обозначения дросселей действует следующее правило. Первые две цифры указывают значение в микрогенри (мкГн, μH), последняя — количество нулей. Следующая за цифрами буква указывает на допуск ($D = \pm 0,3$ нГн; $J = \pm 5\%$; $K = \pm 10\%$; $M = \pm 20\%$). Например, код 101J обозначает 100 мкГн $\pm 5\%$. Если последняя буква не указывается — допуск 20%. Исключения: для индуктивностей меньше 10 мкГн роль десятичной запятой выполняет буква R, а для индуктивностей меньше 1 мкГн — буква N.

4. Правила измерения цифровым мультиметром

На рис. 2.1 представлена передняя панель мультиметра.

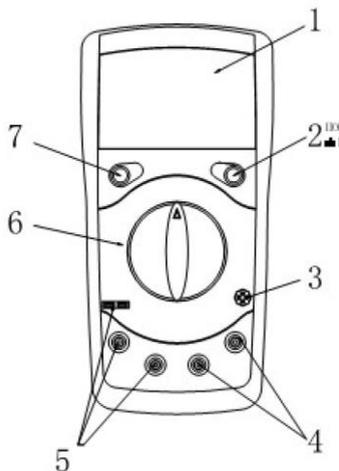


Рис. 2.1. Панель мультиметра

На рис. 2.1 показаны: 1 – ЖК дисплей; 2 – кнопка переключения измерения L-C; 3 – гнездо для подключения транзисторов; 4 – входные гнезда для измерения сопротивления, проверки диодов, звуковой прозвонки; 5 – входные гнезда для подключения конденсаторов и катушек; 6 – поворотный переключатель; 7 – кнопка вкл/выкл.

Ниже на рис. 2.2 представлены символьные обозначения дисплея мультиметра, а в таблице приведен перечень значений графических символов.

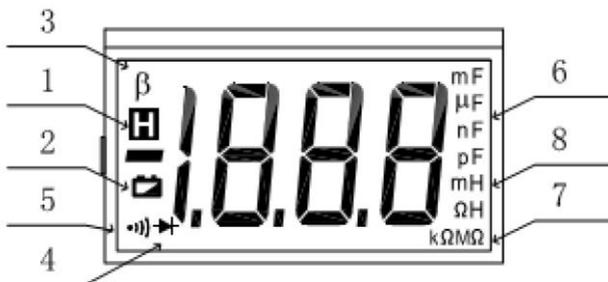


Рис. 2.2. Дисплей мультиметра

Значения графических символов

№	Символ	Значение
1		Режим фиксации показаний дисплея
2		Разряженная батарея
3	β	Тест транзисторов
4		Диодный тест
5		Режим прозвонки соединений
6	mF/ μ F/nF/pF	Режим измерения емкости
7	k Ω /M Ω	Режим измерения сопротивлений
8	mH/H	Режим измерения индуктивности

Схема для использования мультиметра при измерении сопротивления представлена на рис. 2.3.

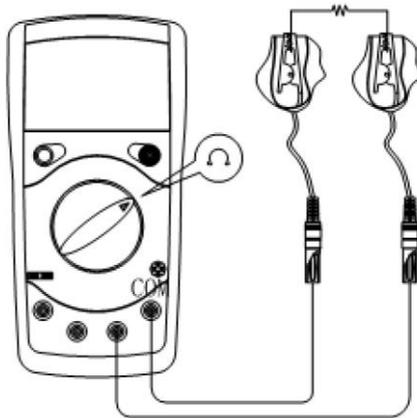


Рис. 2.3. Схема соединений мультиметра

Для измерения сопротивления:

Установите красный щуп в гнездо $\rightarrow 5$, а черный щуп в гнездо COM.

Установите поворотный переключатель на соответствующий предел 5.

Подсоедините щупы к измеряемому сопротивлению.

На дисплее появится измеренная величина.

Замечание

Тестовые щупы могут вносить дополнительное сопротивление 0,1 – 0,3 Ом. Для компенсации этого сопротивления на нижних пределах (20 Ом и 200 Ом) замкните накоротко щупы. Полученную величину вычитайте из показаний для компенсации погрешности.

Для высоких сопротивлений (более 1МОма) измерение может занять несколько секунд.

При разомкнутых щупах на дисплее отображается «1» в старшем разряде.

Схема для использования мультиметра при измерении емкости конденсаторов представлена на рис. 2.4.

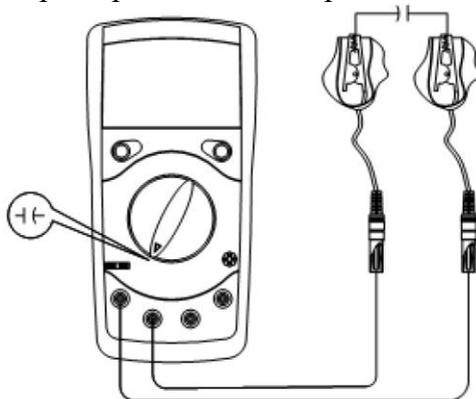


Рис. 2.4. Измерение емкости конденсаторов

Для измерения емкости:

Установите поворотный переключатель на соответствующий предел F⇄. Если измеряемая величина заранее не известна установите переключатель на минимальный предел 2.000nF и увеличивайте предел пошагово для получения показаний. «1» в старшем разряде – превышение предела.

Установите красный щуп в гнездо +, черный – в гнездо – для конденсаторов с малым размером используйте гнездо для измерений. Подсоедините красный щуп к положительному, а

черный – к отрицательному выводу конденсатора.

На дисплее появится измеренная величина.

Для уменьшения погрешности выводы конденсатора должны быть по возможности короткими.

Схема для использования мультиметра при измерении индуктивности представлена на рис. 2.5.

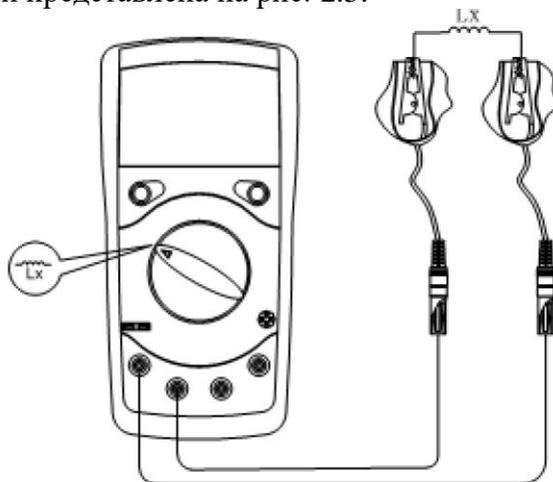


Рис. 2.5. Измерение индуктивности катушек

Для измерения индуктивности:

Установите поворотный переключатель на соответствующий предел Lx .

Если измеряемая величина заранее неизвестна установите переключатель на максимальный предел. Уменьшайте предел пошагово для получения показаний.

Установите тестовые щупы в гнезда для измерений.

Кнопка переключения L-C должна быть в положении L (отжата). На дисплее появится измеренная величина.

Замечание

На пределе 2mH замкните щупы накоротко. На дисплее отобразится величина погрешности. Для получения правильного значения необходимо вычесть ее из показаний.

Для уменьшения погрешности выводы индуктивности

должны быть по возможности короткими.

Лабораторное задание

1. Получить допуск у преподавателя или лаборанта.

2. Отобрать из набора радиоэлементов резисторы, записать их типы в таблицу результатов измерения. Перевести мультиметр UT-603 в режим измерения активного сопротивления. Провести измерения номиналов резисторов, результаты записать в таблицу. Дать расшифровку типа резистора. Определить величину погрешности измеренного номинала.

3. Отобрать из набора радиоэлементов дроссели, записать их типы в таблицу. Перевести мультиметр UT-603 в режим измерения индуктивности. Провести измерения номиналов дросселей, результаты записать в табл. 3. Дать расшифровку типа дросселя. Определить величину погрешности измеренного номинала.

4. Отобрать из набора радиоэлементов конденсаторы, записать их типы в таблицу. Перевести мультиметр UT-603 в режим измерения емкостей. Провести измерения номиналов конденсаторов, результаты записать в таблицу. Дать расшифровку типа конденсатора. Определить величину погрешности измеренного номинала.

5. Отключить питание мультиметра UT-603.

Таблица 3

Результаты измерения

№	Тип элемента (с расшифровкой)	Измеренный номинал	Относительная погрешность, %
<i>Резисторы</i>			
<i>Дроссели</i>			
<i>Конденсаторы</i>			

Содержание отчета

- Название, цель работы, состав используемого оборудования.
- Данные измерений и расшифровка типов измеряемых элементов.
- Краткие выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Приведите систему обозначений постоянных резисторов.
2. Приведите систему обозначений типов постоянных конденсаторов.
3. Приведите номенклатуру обозначений дросселей малой мощности.
4. Перечислите основные и паразитные параметры постоянных резисторов.
5. Перечислите основные и паразитные параметры постоянных конденсаторов.
6. Перечислите основные и паразитные параметры катушек индуктивности.
7. Чем определяются ряды значений номиналов радиоэлементов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА

Цели работы

1. Углубление и расширение теоретических знаний по физическим основам полупроводниковой электроники и работы полупроводниковых диодов.
2. Знакомство с конструкцией выпрямительных диодов.
 - Освоение методики снятия вольтамперных характеристик (ВАХ).
3. Освоение графоаналитического метода расчета основных статических параметров диодов.

Состав используемого оборудования

- Источники питания постоянного напряжения 0...15В.
- Вольтметр постоянного напряжения.
- Амперметр постоянного тока.
- Макет «Полупроводники-микросхемы» с исследуемым диодом типа Д226.
- Соединительные провода.

Подготовительное (домашнее) задание

- Записать название, цель работы.
- Изучить ВАХ выпрямительного диода и основные статические характеристики.

Краткие теоретические сведения

Выпрямительным диодом называется полупроводниковый прибор, предназначенный для выпрямления переменного тока. По конструкции полупроводниковые диоды могут быть плоскостными и точечными.

Для плоскостного диода на базу накладывается материал акцепторной примеси и в вакуумной печи при высокой температуре (порядка 500 °С) происходит диффузия акцепторной примеси в базу диода, в результате чего

образуется область р-типа проводимости и рп-переход большой плоскости (отсюда название). Вывод от р-области называется анодом, а вывод от п-области – катодом (рис. 3.1, а).

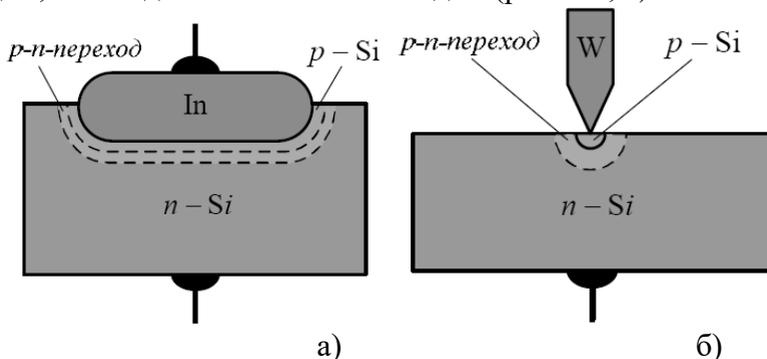


Рис. 3.1. Конструкция плоскостного (а) и точечного (б) диода

Большая плоскость рп - перехода плоскостных диодов позволяет им работать при больших прямых токах, но за счёт большой барьерной ёмкости они будут низкочастотными.

К базе точечного диода подводят вольфрамовую проволоку, легированную атомами акцепторной примеси, и через неё пропускают импульсы тока силой до 1А. В точке разогрева атомы акцепторной примеси переходят в базу, образуя р-область (рис. 3.1, б).

Получается рп-переход очень малой площади. За счёт этого точечные диоды будут высокочастотными, но могут работать лишь на малых прямых токах (десятки миллиампер).

Под ВАХ выпрямительного диода понимают зависимость тока, протекающего через диод, от приложенного напряжения. ВАХ диода (рис. 3.2) хорошо аппроксимируется выражением:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{U_{pn}}{\phi_T}} - 1 \right),$$

где U_{pn} - приложенное к переходу напряжение; ϕ_T – тепловой потенциал (для $T=300\text{K}$ равный около 26 мВ); I_0 - обратный (тепловой) ток.

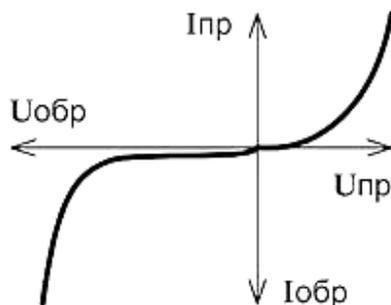


Рис. 3.2. ВАХ выпрямительного диода

К основным параметрам выпрямительного диода относятся прямое и обратное сопротивление для постоянного тока (статические сопротивления):

$$R_{np} = \frac{U_{np}}{I_{np}}, R_{обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}}.$$

Аналогичные дифференциальные сопротивления выпрямительного диода определяются как

$$r_{np} = \frac{dU_{np}}{dI_{np}}, r_{обр} = \frac{dU_{обр}}{dI_{обр}}.$$

Последние характеризуют свойства выпрямительного диода по отношению к малым приращениям или к переменным составляющим, наложенным на относительно большие постоянные токи и напряжения, и могут значительно отличаться от сопротивлений для постоянного тока. Статические и дифференциальные сопротивления можно определить по ВАХ выпрямительного диода, задавшись определенной рабочей точкой и аппроксимировав производные конечными разностями.

Лабораторное задание

1. Получить у преподавателя допуск к лабораторной работе.
2. Начертить в тетради исследуемую схему для снятия

прямой и обратной ветви ВАХ диода, руководствуясь рис. 3.3, указав пределы и полярность, измерительных приборов.

3. Собрать исследуемую схему для снятия прямой ВАХ выпрямительного диода. Получив допуск у преподавателя или лаборанта, подать питание на лабораторный стенд. Снять по точкам прямую ветвь ВАХ, занести результаты в таблицу.

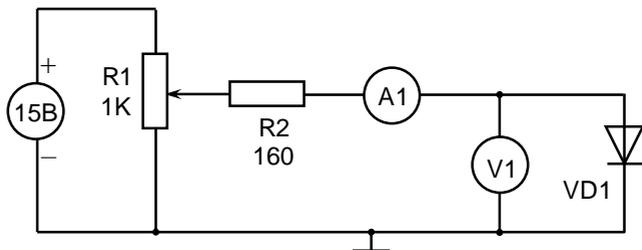


Рис. 3.3. Схема для снятия прямой ветви ВАХ выпрямительного диода

Таблица

№	Прямая ветвь		Обратная ветвь	
	U, В	I, мА	U, В	I, мкА

4. Отключить питание лабораторного стенда.

5. Собрать исследуемую схему для снятия обратной ветви ВАХ выпрямительного диода (рис. 3.4). Получив допуск у преподавателя или лаборанта, подать питание на лабораторный стенд. Снять по точкам обратную ветвь ВАХ, занести результаты в таблицу.

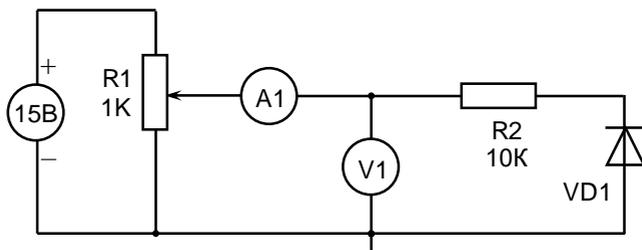


Рис. 3.4. Схема для снятия обратной ветви ВАХ

выпрямительного диода

6. По данным таблицы построить ВАХ выпрямительного диода.

7. По полученным данным, задавшись определенными значениями прямого и обратного напряжения на линейных участках ВАХ, рассчитать статические и динамические сопротивления выпрямительного диода в прямом и обратном включении. Показать преподавателю полученные результаты.

Содержание отчета

– Название, цель работы, состав используемого оборудования.

– Схема для снятия ВАХ.

– Результаты выполнения подготовительного задания.

– Данные расчетов и измерений.

– Краткие выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое полупроводник? Каким образом получают полупроводник р- и n-типа?

2. Каков принцип действия рn-перехода?

3. Приведите области применения полупроводниковых диодов.

4. Чем отличаются точечные и плоскостные диоды?

5. В чем отличие ВАХ идеального и реального выпрямительного диода?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ СТАБИЛИТРОНА

Цели работы

1. Углубление и расширение теоретических знаний по физическим основам полупроводниковой электроники и работы стабилитронов.

2. Знакомство с работой стабилитронов.

3. Освоение методики снятия вольтамперных характеристик (ВАХ).

4. Освоение графоаналитического метода расчета основных статических параметров.

Состав используемого оборудования

– Источник питания постоянного напряжения 0... 15 В.

– Вольтметр постоянного напряжения.

– Амперметр постоянного тока.

– Макет «Полупроводники микросхемы» с исследуемыми стабилитронами типа Д818Е и КС156А.

– Соединительные провода.

Подготовительное (домашнее) задание

– Записать название, цель работы.

– Изучить ВАХ стабилитрона и основные статические характеристики.

Краткие теоретические сведения

Стабилитрон – это полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации напряжения. Действие полупроводниковых стабилитронов основано на электрическом (лавинном или туннельном) пробое рп-перехода, при котором происходит резкое увеличение обратного тока, а обратное напряжение изменяется очень мало. Это свойство использовано для стабилизации напряжения в электрических цепях.

Пробой рп-перехода связан с резким возрастанием тока. Величина стабилизируемого напряжения, при котором

наступает пробой $U_{ст.}$ зависит от типа рп-перехода и составляет от нескольких вольт до нескольких киловольт (рис. 4.1).

Различают следующие виды пробоя: электрический и тепловой, а электрический в свою очередь разделяют на туннельный и лавинный.

Лавинный пробой вызывается ударной ионизацией: неосновные носители, образующие обратный ток, ускоряются приложенным напряжением настолько, что при их соударении с атомами кристаллической решетки происходит ионизация атомов. В результате генерируется пара свободных носителей заряда: электрон и дырка. Вновь появившиеся носители заряда также ускоряются электрическим полем и в свою очередь могут вызвать ионизацию других атомов. Процесс приобретает лавинообразный характер. Это приводит к резкому увеличению обратного тока, который может быть ограничен только внешним сопротивлением.

Тепловой пробой возникает в результате разогрева рп-перехода, когда количество теплоты, выделяемой при протекании тока, больше отводимой. При этом происходит интенсивная тепловая генерация свободных носителей заряда. Это приводит к увеличению тока, что в свою очередь приводит к дальнейшему повышению температуры, т.е. возникает обратная положительная связь. Происходит тепловой пробой ($I > I_{ст\ max}$) и прибор выходит из строя.

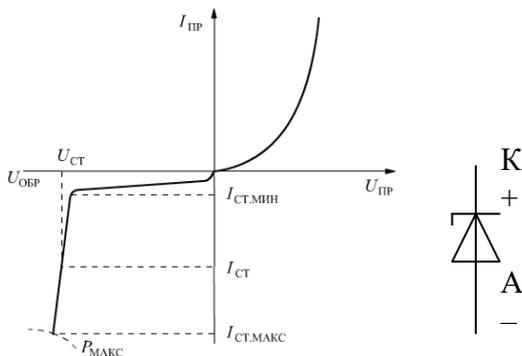


Рис. 4.1. ВАХ стабилитрона

Исходным материалом для стабилитронов служит кремний. Для стабилитрона пробой является нормальным режимом работы. Пробивное напряжение диода является напряжением стабилизации, которая зависит от толщины рп-перехода или от удельного сопротивления базы диода. Поэтому разные типы стабилитронов имеют различные напряжения стабилизации U_{cm} (от единиц до сотен вольт).

Для стабилизации напряжения разной полярности выпускаются симметричные стабилитроны, имеющие симметричную ВАХ. Для получения симметричной ВАХ с двух сторон пластинки кремния одновременно формируют два рп-перехода. При подаче напряжения на крайние области структуры эти переходы оказываются включенными встречно.

Помимо стабилизации напряжения источников, стабилитроны нашли применение в качестве ограничителей, фиксаторов уровня, развязывающих элементов переключающих устройств.

Важным параметром при расчете цепей, содержащих стабилитроны, является его дифференциальное сопротивление, которое определяется аналогично выпрямительному диоду (при напряжении на стабилитроне равном напряжению стабилизации).

Лабораторное задание

1. Начертить в тетради исследуемую схему, руководствуясь рис. 4.2, указав полярность и пределы измерительных приборов.

2. Для первого вида стабилитрона, воспользовавшись его паспортными данными, рассчитать величину ограничительного резистора $R2$:

$$R2 = \frac{U_{вх\max} - U_{cm}}{I_{cm\max}},$$

где $U_{вх\max}$ – наибольшее входное напряжение схемы, U_{cm} – номинальное напряжение стабилизации, $I_{cm\max}$ – максимально

допустимый обратный ток стабилитрона.

3. Собрать измерительную схему согласно рис. 4.2. Номинал ограничительного сопротивления R2 округлить до ближайшего значения из имеющихся на стенде. Получив допуск у преподавателя или лаборанта, подать питание на измерительную схему.

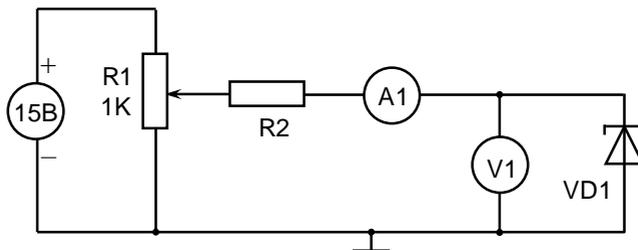


Рис. 4.2. Схема для снятия ВАХ стабилитрона

4. Снять по точкам рабочую (обратную) ветвь ВАХ стабилитрона. Результаты занести в таблицу.

Таблица

№	Д818Е		КС156А	
	U, В	I, мА	U, В	I, мА

5. Обесточить лабораторный стенд. Подключить второй стабилитрон. Провести необходимые расчеты и измерения аналогично первому.

6. По данным таблицы построить ВАХ стабилитронов.

7. По полученным ВАХ, задавшись определенной рабочей точкой, рассчитать основные параметры стабилитронов: напряжение стабилизации, дифференциальное сопротивление стабилитрона.

Содержание отчета по работе

– Название, цель работы, исследуемые полупроводниковые приборы.

- Схема для снятия ВАХ.
- Результаты выполнения подготовительного задания.
- Данные расчетов и измерений.
- Краткие выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите разновидности пробоев и механизм их возникновения.
2. Поясните принцип действия стабилитрона.
3. Каково назначение резистора R2 в схеме на рис. 4.2?
4. Перечислите основные разновидности стабилитронов.
5. Чем определяется величина напряжения стабилизации?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наундорф, У. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование [Текст] / У. Наундорф. – М.: Техносфера, 2008. – 472 с.
2. Кучумов, А. И. Электроника и схемотехника [Текст] / А. И. Кучумов. – М.: Гелиос АРВ, 2004. – 336 с.
3. Петров, К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника [Текст] / К. С. Петров. – СПб.: Питер, 2003. – 506 с.
4. Никулин, Н. В. Радиоматериалы и радиокомпоненты [Текст] / Н. В. Никулин, А. С. Назаров. – М.: Высш. шк., 1986. – 311 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Измерение угломерной характеристики переменного резистора.....	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 Исследование параметров пассивных радиоэлементов	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 Исследование ВАХ полупроводникового диода.....	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 Исследование ВАХ стабилитрона.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам 1-4
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов») очной и заочной форм обучения

Составитель

Краснов Роман Петрович

Компьютерный набор Р.П. Краснова

Подписано в печать 15.04.2021

Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л 2,1, Тираж экз. Заказ № 264

ФГОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026, Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394026, Воронеж, Московский просп., 14