



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
М.С. Агеева

Учебно-методические указания по выполнению лабораторных занятий по
дисциплине

ОП.03 ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

**11.02.03. Эксплуатация оборудования радиосвязи и электрорадионавигации
судов**

МО-11 02 03-ОП.03.ЛР

РАЗРАБОТЧИК	Н.И. Прийма
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Д.В. Холоденин
ГОД РАЗРАБОТКИ	2023

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.2/35

Содержание

Введение	3
Перечень лабораторных занятий	4
Лабораторное занятие № 1 Исследование выпрямительных диодов	6
Лабораторное занятие № 2 Исследование однофазных схем выпрямления	12
Лабораторное занятие № 3 Исследование стабилитронов	14
Лабораторное занятие № 4 «Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером» ..	27
Лабораторное занятие № 6 «Исследование тиристор»	27
Лабораторное занятие № 5 Исследование эмиттерного повторителя	28
Лабораторное занятие № 7 Исследование логических схем на основе полупроводниковых усилителей	29
Лабораторное занятие № 8 Исследование обратных связей в усилителях	29
Лабораторное занятие № 9 Исследование RC генератора	30
Лабораторное занятие № 10 Исследование работы дифференцирующих и интегрирующих цепей	30
Лабораторное занятие № 11 Исследование работы усилителей – ограничителей	31
Лабораторное занятие № 12 Исследование работы транзисторных ключей	32
Лабораторное занятие № 13 Исследование работы мультивибратора	32
Лабораторное занятие № 14 Исследование работы генератора линейно-изменяющегося напряжения	33
Лабораторное занятие № 15 Исследование триггера	34
Список использованных источников	35

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.3/35

Введение

Методические указания по выполнению лабораторных занятий (для обучающихся) составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.02 «Электронная техника».

Рабочей программой дисциплины предусмотрено проведение 15 лабораторных занятий.

Целью проведения лабораторных занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе лабораторных занятий вырабатывается способность и умение использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Для выполнения практических заданий обучающийся должен уметь:

определять и анализировать основные параметры электронных схем и по ним определять работоспособность устройств электронной техники;

производить подбор элементов электронной аппаратуры по заданным параметрам;

знать:

сущность физических процессов, протекающих в электронных приборах и устройствах;

принципы включения электронных приборов и построения электронных схем.

Перед проведением лабораторных занятий курсанты обязаны проработать соответствующие материалы, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания и готовность к выполнению задания.

Текст выполняемых работ лабораторной работы курсанты должны писать чернилами, понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом и только с помощью чертежных инструментов.

После каждой лабораторной работы проводится зачет, как правило, на следующем практическом занятии перед выполнением последующей работы. На зачете курсант должен:

пояснить, как проводится расчет; уметь проанализировать полученные результаты (в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы). Ответить на вопросы для самопроверки. В

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.4/35

процессе выполнения практических работ обучающийся должен получить практический опыт:

анализировать работу элементов и систем и находить эффективные способы предупреждения их отказов;

пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой, инструментом, средствами механизации;

оформлять техническую документацию;

обеспечивать соблюдение правил охраны труда и окружающей среды.

В процессе выполнения и защиты работ курсант должен продемонстрировать обладание общими компетенциями, включающими в себя способность:

В результате изучения дисциплины у обучающегося формируются элементы следующих профессиональных компетенций:

ПК 1.2. Нести радиовахту с использованием процедуры связи в подсистемах Глобальной морской системы связи при бедствии.

ПК 1.4. Пользоваться программным обеспечением микропроцессоров радиооборудования и методами устранения сбоев программного обеспечения;

ПК 1.5. Проводить профилактическое и регламентируемое техническое обслуживание оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 2.1. Диагностировать оборудование радиосвязи и средства электрорадионавигации судов при помощи контрольно-измерительных приборов.

Перечень лабораторных занятий

№ п/п	Лабораторные занятия	Кол-во часов
Раздел 1. Полупроводниковые приборы		
Тема 1.1 Полупроводниковые диоды		
1	Исследование выпрямительных диодов	2
2	Исследование однофазных схем выпрямления	2
3	Исследование стабилитронов	2
Тема 1.2 Транзисторы и тиристоры		
4	Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером	2
5	Исследование эмиттерного повторителя	2
6	Исследование тиристоров	2
Раздел 2 Аналоговые электронные устройства		
Тема 2.1 Полупроводниковые усилители		
7	Исследование логических схем на основе полупроводниковых усилителей	2
8	Исследование обратных связей в усилителях	2
Тема 2.2 Полупроводниковые генераторы гармонических колебаний		
9	Исследование RC генератора.	2
Раздел 3 Формирователи импульсов и схемы импульсных устройств		

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.5/35

Тема 3.1 Методы формирования импульсных сигналов		
10	Исследование работы дифференцирующих и интегрирующих цепей	2
11	Исследование работы усилителей – ограничителей	2
12	Исследование работы транзисторных ключей	2
Тема 3.2. Полупроводниковые генераторы импульсных сигналов		
13	Исследование работы мультивибратора	2
14	Исследование работы генератора линейно-изменяющегося напряжения	2
Раздел 4 Элементы вычислительной техники		
Тема 4.1 Полупроводниковые триггеры		
15	Исследование триггера	2
ИТОГО		30

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.6/35

РАЗДЕЛ 1 Полупроводниковые приборы Тема 1.2 Полупроводниковые диоды

Лабораторное занятие № 1 Исследование выпрямительных диодов

- Цель работы:*
1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
 2. Закрепление теоретических знаний по теме 1.2. «Полупроводниковые диоды».
 3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами.
 4. Привитие интереса к избранной специальности.

Приборы и материалы:

1. Монтажный столик;
2. Источник питания с регулируемыми напряжениями;
3. Измерительные приборы для измерения токов и напряжения в схеме: вольтметр, миллиамперметр, микроамперметр;

План работы:

1. Снятие вольт-амперной характеристики выпрямительного диода;
2. Проверка работы диода;
3. Определение параметров полупроводникового диода.

Краткие теоретические сведения:

Полупроводники и p-n-переход. Электропроводность полупроводников (п/п) зависит от наличия примесей других элементов. Ничтожные количества примесей весьма сильно увеличивают электропроводность полупроводников. Примеси, поставляющие электроны в зону проводимости, называются *донорами*. Примером донорной примеси могут служить атомы мышьяка As, вводимые в кристаллическую решетку кремния Si. П/п с донорной примесью называются полупроводниками *p*-типа. Примеси другого типа, называемые *акцепторными*, вызывают появление *дырок*, то есть вакантных мест, возникающих в результате разрывов валентных связей. Оказывается, что в электрических и магнитных полях дырки движутся так же, как двигались бы положительно заряженные частицы с зарядом, равным по величине заряду электрона. Таким образом, образуется дырочная проводимость, то есть проводимость *p*-типа, а п/п с такой проводимостью называются полупроводниками *p*-типа.

Граница соприкосновения двух полупроводников, один из которых имеет электронную, а другой дырочную проводимость, называется электронно-дырочным

переходом (p - n -переходом). Сопротивление p - n -перехода зависит от направления проходящего через него тока. Если ток идет в направлении от p - к n - p , то сопротивление перехода сравнительно мало; это направление называют пропускным или прямым. При пропускании тока в направлении от n - к p - p (обратное направление) сопротивление перехода возрастает в несколько тысяч раз по сравнению с его сопротивлением в пропускном направлении. Это значит, что p - n -переход обладает односторонней проводимостью.

Полупроводниковый диод представляет собой двухэлектродный p - n прибор, содержащий один p - n -переход, предназначен для преобразования переменного тока в пульсирующий ток одной полярности (рис. 1). На корпусе диода стрелкой указывают его пропускное направление.

Если к диоду приложить напряжение в прямом направлении, когда положительный полюс источника энергии соединен с p -областью (анодом), а отрицательный – с n -областью (катодом), то через диод протекает большой прямой ток даже при невысоком приложенном напряжении. При смене полярности приложенного к диоду напряжения через диод протекает очень малый ток неосновных носителей заряда (обратный ток) даже при высоких значениях обратного напряжения.

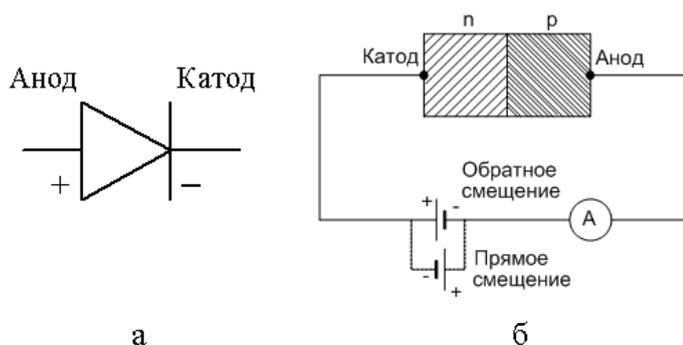


Рис. 1. Условное графическое обозначение (а) и схема включения в электрическую цепь (б) выпрямительного диода

Вольт-амперная характеристика. Зависимость силы тока, протекающего через p - n диод, от приложенного к диоду напряжения называется вольт-амперной характеристикой (ВАХ). p - n диоды отличаются друг от друга материалом полупроводника. Наиболее часто в них используют германий Ge или кремний Si. При повышении температуры абсолютная величина изменения обратного тока $I_{обр}$ в кремниевом диоде (рис. 2а) значительно меньше, чем в германиевом (рис. 2б).

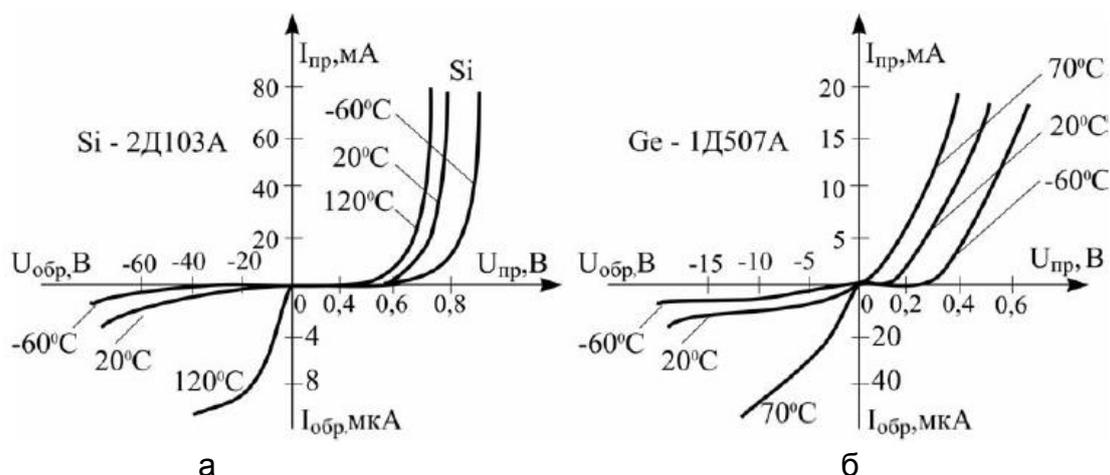


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики кремниевого (а) и германиевого (б) диодов

Параметры выпрямительных диодов. Перечислим основные параметры выпрямительных диодов, приводимые в справочной литературе.

1. Максимально допустимое обратное напряжение диода $U_{обр\ max}$ – значение обратного напряжения, которое диод может выдержать в течение длительного времени без нарушения работоспособности. У маломощных диодов $U_{обр\ max}$ может изменяться от нескольких десятков до нескольких тысяч вольт.

2. Средний выпрямленный ток диода $I_{ср}$ – среднее за период значение выпрямленного тока.

3. Средний обратный ток диода $I_{обр\ ср}$ – среднее за период значение обратного тока.

4. Средняя рассеиваемая мощность диода $P_{ср}$ – средняя за период мощность, рассеиваемая диодом. У маломощных диодов $P_{ср}$ может изменяться от сотен милливатт до нескольких десятков ватт.

5. Дифференциальное сопротивление диода $R_{диф}$ – отношение приращения напряжения на диоде к вызванному им приращению тока. Дифференциальное сопротивление может изменяться от единиц до нескольких сотен Ом.

Как проверить, рабочий ли диод. Суть проверки основана на том, что диод пропускает ток только в одном направлении, а в другом не пропускает. Любой стрелочный (аналоговый) омметр позволяет проверить прохождение тока через диод (фотодиод, светодиод) в прямом направлении — когда «+» тестера приложен к аноду диода. Обратное включение исправного диода эквивалентно разрыву цепи.

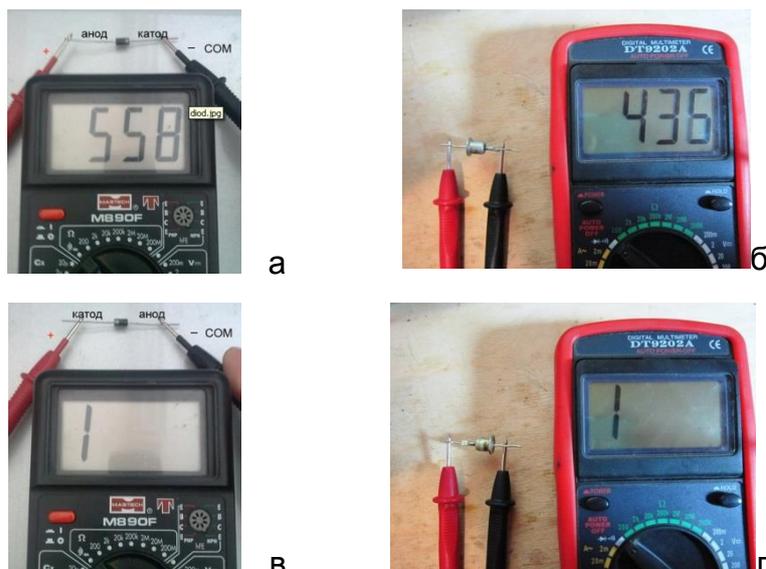


Рис.3. Проверка работы диода в прямом (а, б) и обратном (в, г) направлениях

Цифровым прибором в режиме омметра проверить переход не удастся. Поэтому у большинства современных цифровых мультиметров есть специальный режим проверки р-п-переходов (на переключателе режимов он отмечен знаком диода). Такие переходы есть не только у диодов, но и фотодиодов, светодиодов, а также транзисторов. В этом режиме «цифровик» работает как источник стабильного тока величиной 1 мА (такой ток проходит через контролируемую цепь) – что совершенно безопасно. При подключенном контролируемом элементе прибор показывает напряжение на открытом р-п-переходе в милливольтках: для германиевых 200...300 мВ, а для кремниевых 550...700 мВ. Измеренное значение может быть не более 2000 мВ (рис.3).

Однако, если напряжение на щупах мультиметра ниже отпириания диода, диодного или селенового столба, то прямое сопротивление измерить невозможно.

Порядок выполнения работы:

1. Занести в таблицу 1 справочные данные для диодов Д226 и

Таблица 1. - Справочные данные по диодам

Тип	$U_{обр\ max}$, В	$I_{пр\ max}$, мА	$U_{пр}$, В
Д220	50	50	1.5 (при $I_{пр} = 50$ мА)
Д226	400	300	1 (при $I_{пр} = 300$ мА)

2. Рассчитать значения резисторов нагрузки для обоих диодов по формуле:

$$R_n = \frac{U_{пр}}{0,5 \cdot I_{пр\ max}} \quad (1)$$

3. Снятие прямой ветви вольт-амперной характеристики диода:

- собрать схему как показано на рис. 4 а.
- установить ручку потенциометра в крайнее левое положение
- тумблером замкнуть цепь

– осторожно вращая ручку потенциометра по часовой стрелке, увеличивать напряжение в цепи и через каждый 0,1 В записывать в таблицу 1 показания амперметра и вольтметра. Напряжение увеличивать до тех пор, пока показание амперметра не достигнет величины 40 или 50 мА. При этом необходимо снять примерно 8 показаний измерительных приборов. Значения напряжения $U_{пр}$ и тока $I_{пр}$ диода занести в таблицу 2.

–окончив измерения, установите ручку потенциометра в крайнее левое положение и тумблером разомкните цепь.

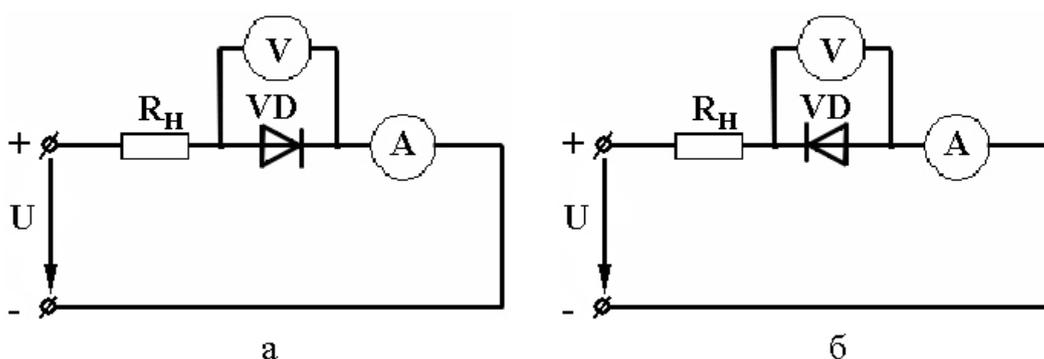


Рис. 4. Схема исследования прямой (а) и обратной (б) ветвей вольт-амперной характеристики диода.

4. Снятие обратной ветви вольт-амперной характеристики диода:

- собрать схему, изменив полярность напряжения на диоде (рис.4 б).
- снять показания приборов для построения обратной ветви ВАХ, следуя пункту 3.

Таблица 2. - Вольт-амперная характеристика диода Д226.

Прямая ветвь									
$U_{вх}, В$	10	16	20	26	30	36	38		
$U_{пр}, В$									
$I_{пр}, МА$									
Обратная ветвь									
$U_{вх}, В$	10	16	20	26	30	36	38		
$U_{обр}, В$									
$I_{обр}, мКА$									

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.11/35

5. По полученным данным построить график – вольт-амперную характеристику диода, откладывая по оси абсцисс вправо от начала координат прямое напряжение, а влево - обратное; по оси ординат откладывают вверх от начала координат прямой ток, а вниз –обратный (рис. 5).

6. Определение параметров полупроводникового диода:

– по прямолинейному участку вольт-амперной характеристики (рис. 5) определить дифференциальное прямое и обратное сопротивление диода как приращение напряжения ΔU к приращению тока ΔI :

$$R_{\text{пр}} = \frac{\Delta U_{\text{пр}}}{\Delta I_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

$$R_{\text{обр}} = \frac{\Delta U_{\text{обр}}}{\Delta I_{\text{обр}}}; \quad (3)$$

– определить коэффициент выпрямления диода:

$$k = \frac{\Delta I_{\text{пр}}}{\Delta I_{\text{обр}}} \text{ при } |\Delta U_{\text{пр}}| = |\Delta U_{\text{обр}}|. \quad (4)$$

– Результаты эксперимента и расчетные величины занести в таблицу 3

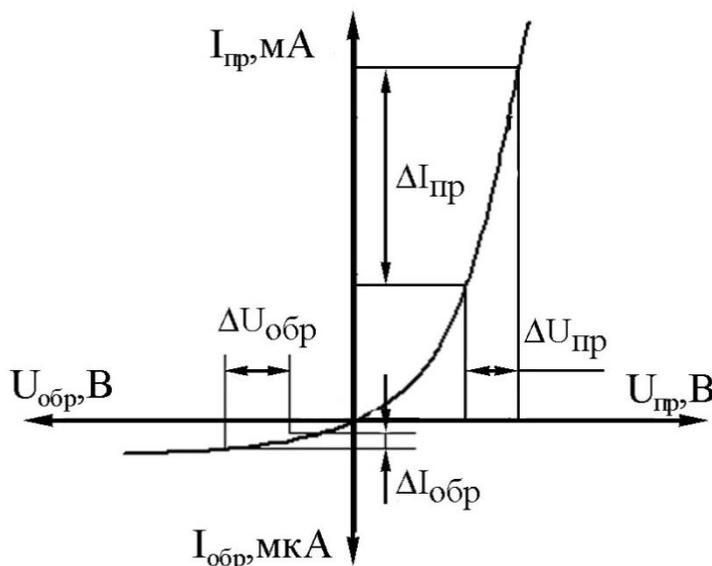


Рис. 5. Вольт-амперная характеристика п/п диода

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.12/35

Содержание отчета:

1. Тема и цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Порядок выполнения работы:
 - электрическая принципиальная схема;
 - таблица со справочными данными по диодам;
4. Выводы к работе.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение *собственной и примесной проводимости* полупроводников.
2. Какие частицы являются *основными носителями заряда* в полупроводниках *n*-типа? Как создают полупроводники *n*-типа?
3. Какие частицы являются *основными носителями заряда* полупроводниках *p*-типа? Как создают полупроводники *p*-типа?
4. Как образуется *p-n*-переход и каково его основное свойство?
5. Каковы основные характеристики и параметры диода?
6. Каков принцип работы полупроводникового диода?
7. Какое подключение диода к источнику тока называют *прямым*, а какое – *обратным*?
8. Чем объясняется наличие тока (небольшой величины) через полупроводниковый диод при его обратном подключении к источнику тока?
9. Каково основное свойство и назначение полупроводникового диода?
10. Что называют *внутренним сопротивлением* полупроводникового диода и как изменяется величина этого сопротивления при смене полярности приложенного к диоду внешнего электрического напряжения?
11. Каковы классификация и система обозначения диодов?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Лабораторное занятие №2 Исследование однофазных схем выпрямления

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.13/35

2. Закрепление теоретических знаний по теме 1.2. «Полупроводниковые диоды».

3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами.

4. Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные и материалы:

- лабораторный стенд 87Л-01;
- осциллограф;
- вольтметр переменного тока;
- вольтметр постоянного тока;
- набор короткозамыкателей.

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с рабочим местом.

2. Составить схему однополупериодной схемы выпрямления:

а) установить напряжение питания выпрямителя U_1 ;

б) измерить напряжение U_2 , U_0 . Определить соотношение между этими напряжениями;

в) подключить осциллограф. Зарисовать осциллограмму выходного напряжения U_0 ;

г) зарисовать осциллограмму входного напряжения U_2 , для чего подключить осциллограф к вторичной обмотке трансформатора. Сравнить форму входного и выходного напряжений.

3. Собрать схему двухполупериодной схемы выпрямления. Произвести измерения в соответствии с пунктами а), б), в), г) предыдущего задания.

4. Собрать мостовую схему выпрямления. Произвести измерения, аналогичные предыдущим.

5. Результаты измерений свести в таблицу 1.

Таблица 1 -

Параметр	Схема выпрямления		
	Однополупериодная	Двухполупериодная	Мостовая
U_2 , В			
U_0 , В			
U_2 / U_0			
f- пульсаций			

Выводы и предложения:

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.14/35

В результате проделанной работы сделать сравнительную оценку схем выпрямления, оценив их достоинства и недостатки.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Перечень оборудования
4. Схемы исследуемых схем выпрямления
5. Осциллограммы входных и выходных напряжений.
6. Необходимые расчеты, таблица
7. Выводы и предложения.
8. Даты и подписи курсанта и преподавателя.

Вопросы для самопроверки:

1. Показать цепи токопрохождения в исследуемых схемах.
2. Достоинства и недостатки исследуемых схем.
3. Что такое коэффициент пульсаций?
4. Работа, достоинства и недостатки других схем выпрямления.
5. Соотношения частоты пульсаций и частоты питающей сети для различных схем выпрямления.

Лабораторное занятие № 3 Исследование стабилитронов

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 1.1. «Полупроводниковые диоды»: изучить схему стабилизации напряжения, построенную с использованием полупроводникового стабилитрона, ознакомиться с основными параметрами стабилитрона и снять его вольт-амперную характеристику.

3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

Приборы и материалы:

1. Монтажный столик;
2. Источник питания с регулируемыми напряжениями;

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.15/35

3. Измерительные приборы для измерения токов и напряжения в схеме: вольтметр, миллиамперметр, микроамперметр

План работы:

1. Снятие вольт-амперных характеристик параметрического стабилизатора на одном и двух стабилитронах;
2. Определение параметров стабилизатора

Краткие теоретические сведения:

Пробой р–п-перехода. Обратный ток диода не изменяется, пока обратное напряжение не достигнет значения $U_{пр}$. Это так называемое напряжение пробоя, при котором наступает пробой р–п-перехода. После начала пробоя незначительное увеличение обратного напряжения сопровождается резким увеличением тока.

В основе пробоя р–п-перехода лежат следующие явления:

- 1) туннельный пробой;
- 2) лавинный пробой;
- 3) тепловой пробой.

Туннельный пробой наблюдается тогда, когда напряженность электрического поля такова, что становится возможным туннельный переход из валентной зоны полупроводника с электропроводностью одного типа в зону полупроводника с электропроводностью другого типа. Как правило, туннельный пробой наблюдается при напряжениях ниже 6 В.

Лавинный пробой обусловлен образованием носителей заряда из-за ударной ионизации атомов полупроводника. Если напряженность электрического поля достаточно велика, то электроны приобретают энергию, достаточную для того, чтобы выбивать другие электроны из атомов кристаллической решетки. Этот процесс приводит к быстрому (лавинному) нарастанию обратного тока.

Тепловой пробой происходит при нагреве перехода. За счет тепловой энергии происходит генерация пар электрон – дырка. Это приводит к увеличению обратного тока и дальнейшему увеличению температуры. Процесс нарастает лавинообразно и приводит к изменению структуры кристалла, выводя его из строя.

Стабилитрон – полупроводниковый диод, работающий в режиме управляемого лавинного пробоя. В зависимости от удельного сопротивления базы в стабилитроне может иметь место и туннельный, и лавинный, и смешанный пробой.

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.16/35

Стабилитроны изготавливают из кремния Si, обеспечивающего необходимую форму вольт-амперной характеристики. Ширина p - n -перехода в этом случае получается очень маленькой, а напряженность электрического поля потенциального барьера – очень большой, что создает условия для возникновения туннельного пробоя. При большой ширине p - n -перехода пробой носит лавинный характер. Германиевые Ge диоды для стабилизации напряжения непригодны, так как электрический пробой у них легко переходит в тепловой.

Условное графическое изображение стабилитрона и его вольт-амперная характеристика показаны на рис. 1. Прямая ветвь ВАХ стабилитрона имеет такой же вид, как и у кремниевого диода. У стабилитронов рабочей является обратная ветвь ВАХ. Она имеет излом и вслед за ним – круто падающий линейный участок. Поэтому при изменении тока в широких пределах напряжение на приборе практически не изменяется. Это свойство стабилитрона позволяет использовать его в качестве стабилизатора напряжения.

Поскольку электрический пробой наступает при сравнительно низком обратном напряжении, мощность, выделяющаяся в p - n -переходе, будет небольшой, что предохраняет переход от теплового (необратимого) пробоя. Рабочий ток стабилитрона (его обратный ток) не должен превышать максимально допустимого значения $I_{ст\ max}$ во избежание перегрева полупроводниковой структуры и выхода его из строя (ток стабилитрона колеблется в пределах от единиц миллиампер до нескольких ампер). Рабочее напряжение стабилитрона, являющееся напряжением пробоя p - n -перехода, лежит в пределах от единиц до нескольких десятков вольт.

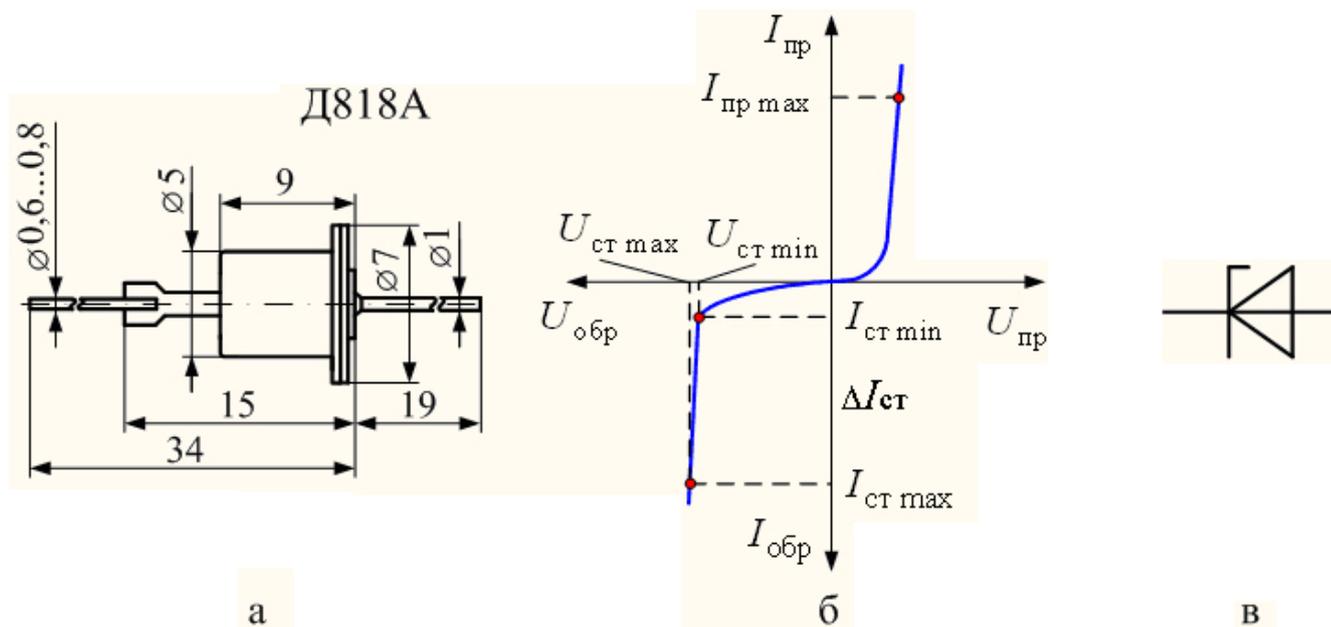


Рис. 1. - Конструкция корпуса (а), вольт-амперная характеристика (б) и условное графическое обозначение (в) стабилитрона

Основные параметры стабилитронов:

1. *Напряжение стабилизации $U_{ст}$* – напряжение на стабилитроне при протекании через него тока стабилизации;

2. *Ток стабилизации $I_{ст}$* – значение постоянного тока, протекающего через стабилитрон в режиме стабилизации;

3. *Дифференциальное сопротивление стабилитрона $r_{ст}$* – дифференциальное сопротивление при заданном значении тока стабилизации, т. е. $\Delta U_{ст} / \Delta I_{ст}$;

4. *Температурный коэффициент напряжения стабилизации $\alpha_{ст}$* – отношение относительного изменения напряжения стабилизации стабилитрона к абсолютному изменению температуры окружающей среды при постоянном значении

тока стабилизации: $\alpha_{ст} = \frac{1}{U_{ст}} \cdot \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta T} \cdot 100\%$;

Предельные параметры стабилитронов:

1. *Минимально допустимый ток стабилизации $I_{ст\ min}$* – наименьший ток через стабилитрон, при котором напряжение стабилизации находится в заданных пределах;

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.18/35

2. *Максимально допустимый ток стабилизации* $I_{ст\ max}$ – наибольший ток через стабилитрон, при котором напряжение стабилизации $U_{ст}$ находится в заданных пределах, а температура перехода не выше допустимой;

3. *Максимально допустимая рассеиваемая мощность* P_{max} – мощность, при которой не возникает теплового пробоя перехода.

В таблице 1 приведены параметры стабилитронов малой мощности серии BZX55-C из нормализованного ряда E24 (допуск на рабочее напряжение стабилизации $\pm 5\%$).

Таблица 1- Параметры стабилитронов

№	Тип стабилитрона	Напряжение стабилизации		Дифференциальное сопротивление $r_{ст}$, Ом при токе $I_{ст}$	Максимальный ток стабилизации $I_{ст\ max}$, МА
		$U_{ст}$, В	при токе стабилизации $I_{ст}$, МА		
1	BZX55 C3V9	3,9	5	85	95
2	BZX55 C6V8	6,8	5	8	58
3	BZX55 C8V2	8,2	5	7	74
4	BZX55 C9V1	9,1	5	10	43
5	BZX55 C10	10	5	15	40
6	BZX55 C12	12	5	20	32
7	BZX55 C13	13	5	26	29
8	BZX55 C15	15	5	30	27
9	BZX55 C20	20	5	55	20
10	BZX55 C36	36	5	80	11

Маркировка стабилитронов.

1. Маркировка отечественных стабилитронов: *1 элемент* – буква или цифра, обозначающая исходный материал (1 или Г – германий, 2 или К – кремний, 3 или А – арсенид галлия); *2 элемент* – буква, указывающая класс прибора (С – стабилитроны, стабисторы); *3 элемент* – три цифры, обозначающие назначение и свойства прибора (напряжение стабилизации и мощность стабилитрона); *4 элемент* – буква, обозначающая классификацию прибора внутри технологического типа.

Примеры: КС133А, КС156А.

2. Маркировка стабилитронов по американской системе JEDEK: *1 элемент* – цифра, обозначающая число р-п переходов (1 - диод); *2 элемент* – буква N; *3 элемент* – серийный номер.

Примеры: 1N4148, 1N4740А.

3. Маркировка стабилитронов по европейской системе PRO ELECTRON: *1 элемент* – буква, обозначающая исходный материал (А – германий, В – кремний, С – арсенид галлия, R – сульфид кадмия); *2 элемент* – назначение (Z – стабилитрон);

3 элемент – три цифры, обозначающие назначение прибора (Z10...A99 – приборы для промышленной и специальной аппаратуры); 4 и 5 элементы – буква, обозначающая допустимое изменение номинального напряжения стабилизации (А – 1%, В – 2%, С – 5%, D – 10%, Е – 15%), и цифра, обозначающая напряжение стабилизации в В.

Примеры: VZX55 C8V2, VZX55 C36.

Стабистор. Стабилизацию постоянного напряжения можно так же получить при использовании диода, включенного в прямом направлении, используя для этой цепи крутой участок прямой ветви вольт-амперной характеристики (рис. 2). При изменении прямого тока в диапазоне от $I_{ст\ min}$ до $I_{ст\ max}$ падение напряжения будет изменяться в относительно небольшом диапазоне ΔU . Кремниевые диоды, предназначенные для этой цели, называют *стабисторами*.

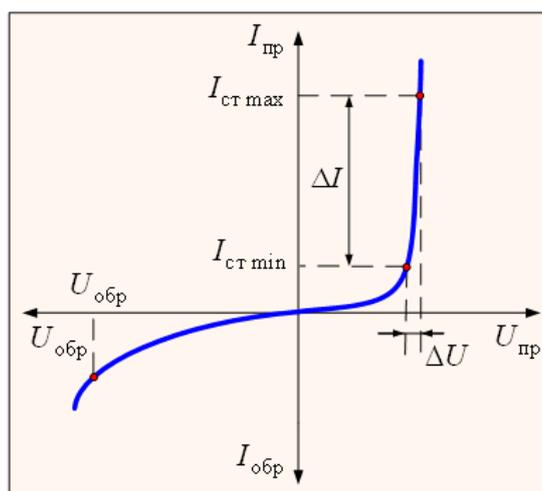


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика стабистора

Для изготовления стабисторов используется кремний с большой концентрацией примесей, что необходимо для получения меньшего сопротивления и меньшей температурной зависимости прямой ветви вольт-амперной характеристики.

По сравнению со стабилитронами стабисторы имеют меньшее напряжение стабилизации, определяемое прямым падением напряжения на диоде, и которое составляет примерно 0,7 В. Последовательное соединение двух или трёх стабисторов позволяет получить удвоенное или утроенное значение напряжения стабилизации. Некоторые типы стабисторов представляют собой единый прибор с последовательным соединением отдельных элементов.

Основные параметры стабисторов такие же, как у стабилитронов.

Расчет параметрического стабилизатора. На рис.3 приведена схема параметрического стабилизатора. Обратите внимание на включение стабилитрона: катод подключается к плюсу источника входного напряжения, а анод к минусу. Нагрузка подключается параллельно стабилитрону. Напряжение на нагрузке будет равно напряжению стабилизации $U_{ст}$ стабилитрона пока ток стабилитрона находится между максимальным и минимальным значением $I_{ст\ max}$ и $I_{ст\ min}$. Ток стабилитрона при этом равен:

$$I_{ст} = (I_{ст\ max} + I_{ст\ min})/2. \quad (1)$$

При увеличении входного напряжения увеличивается ток через ограничительное сопротивление $R_{огр}$. Ток нагрузки остается неизменным, так как напряжение на нем не меняется, оно остается равным $U_{ст}$. Изменяется (увеличивается в нашем случае) ток стабилитрона.

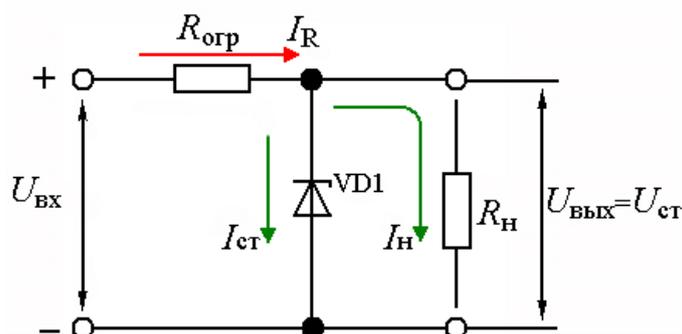


Рис. 3. Схема параметрического стабилизатора напряжения

Исходными данными для расчета стабилизатора являются:

- 1) Входное напряжение $U_{вх}$.
- 2) Необходимое напряжение на нагрузке $U_н$.
- 3) Ток, потребляемый нагрузкой $I_н$.
- 4) Диапазон изменения тока, потребляемого нагрузкой $\Delta I_н$.

1. С учетом исходных данных выбирается стабилитрон с напряжением стабилизации $U_{ст}$, равным или близким $U_н$, и током стабилизации $I_{ст}$, большим примерно в 2 раза, чем диапазон изменения тока нагрузки $\Delta I_н$.

2. Сопротивление нагрузки рассчитывается по закону Ома:

$$R_н = U_н/I_н. \quad (2)$$

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.21/35

При изменении сопротивления нагрузки, например при уменьшении R_H , увеличивается ток нагрузки за счет уменьшения тока стабилитрона. Напряжение на стабилитроне, а, следовательно, и на нагрузке, остается практически неизменным.

3. Как видно из рис.2, ток через резистор $R_{огр}$ является суммой тока стабилизации стабилитрона VD1 $I_{ст}$ и тока, потребляемого нагрузкой I_H :

$$I_R = I_H + I_{ст} \quad (3)$$

В качестве $I_{ст}$ принимается среднее значение тока стабилизации, указанное в справочных данных для стабилитрона, или значение, рассчитанное по формуле (1).

4. Резистор $R_{огр}$ ограничивает величину тока стабилитрона и определяет стабильность выходного напряжения. С ростом $R_{огр}$ увеличивается коэффициент стабилизации, но падает к.п.д. схемы. Из закона Ома для участка цепи можно рассчитать величину сопротивления ограничительного резистора:

$$R_{огр} = (U_{вх} - U_H) / I_R = U_R / I_R \quad (4)$$

Реальное значение сопротивления $R_{огр}$ выбирается, как ближайшее к полученному, из ряда номинальных сопротивлений.

Коэффициент стабилизации. Эффективность стабилизации напряжения характеризуется коэффициентом стабилизации $K_{ст}$, который показывает, во сколько раз относительное изменение напряжения на выходе схемы стабилизации меньше, чем относительное изменение напряжения на входе:

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} \cdot \frac{U_{вых}}{\Delta U_{вых}} \quad (5)$$

Так как напряжение на стабилитроне $U_{ст}$ в соответствии с вольт-амперной характеристикой почти не зависит от тока стабилитрона в пределах участка от $I_{ст \min}$ до $I_{ст \max}$, то приращение входного напряжения $\Delta U_{вх}$ примерно равно приращению напряжения ΔU_R на резисторе $R_{огр}$. Так как ток нагрузки $I_H = U_H / R_H = U_{ст} / R_H$ останется при этом неизменным, то можно записать:

$$\Delta U_{вх} = \Delta U_R = \Delta I_{ст} \cdot R_{огр} \quad (6)$$

Изменение нагрузки, например уменьшение сопротивления резистора R_H , приведет к увеличению тока нагрузки. Поскольку при неизменном входном

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.22/35

напряжении должно сохраняться постоянство входного тока $I_{вх} = I_R = I_H + I_{ст} = \text{const}$, увеличение тока I_H влечет за собой уменьшение на такое значение тока стабилитрона. Так как выходным напряжением стабилизатора является напряжение на стабилитроне $U_H = U_{ст}$, изменение тока в нагрузке равно изменению тока через стабилитрон $\Delta I_H = \Delta I_{ст}$. Таким образом, изменение выходного напряжения будет вычисляться как:

$$\Delta U_{вых} = \Delta U_{ст} = \Delta I_{ст} \cdot r_{ст}, \quad (7)$$

где $r_{ст}$ – дифференциальное сопротивление стабилитрона, табличная величина.

С учетом выражений (6) и (7) коэффициента стабилизации параметрического стабилизатора можно вычислить по формуле:

$$K_{ст} = \frac{\Delta I_{ст} \cdot R_{огр}}{U_{вх}} \cdot \frac{U_{вых}}{\Delta I_{ст} \cdot r_{ст}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \cdot \frac{R_{огр}}{r_{ст}} \quad (8)$$

Обычно коэффициент стабилизации не превышает $20 \div 50$ единиц.

Коэффициент полезного действия. КПД параметрического стабилизатора определяется как отношение мощности, выделяемой в нагрузке, к входной мощности:

$$\eta = \frac{U_{вых} \cdot I_{вых}}{U_{вх} \cdot I_{вх}} = \frac{U_H \cdot I_H}{U_{вх} \cdot I_{вх}} = \frac{P_{н \max}}{P_{вх \max}}, \quad (9)$$

где $P_{вх \max}$ – максимальная мощность, потребляемая стабилизатором ($I_{вх} = I_R$ определяется по формуле (3)):

$$P_{вх \max} = U_{вх} \cdot I_{вх}, \quad (10)$$

$P_{н \max}$ – максимальная мощность, рассеиваемую на стабилитроне:

$$P_{н \max} = U_H \cdot I_H. \quad (11)$$

Последовательное включение стабилитронов. Для повышения напряжения стабилизации можно использовать цепочку из последовательно соединённых стабилитронов, но для этого, допустимый ток стабилизации таких стабилитронов

должен быть в пределах параметров $I_{ст\ max}$ и $I_{ст\ min}$, иначе существует вероятность выхода стабилитронов из строя.

На рис.4 приведен пример последовательного включения двух стабилитронов VD1 и VD2.

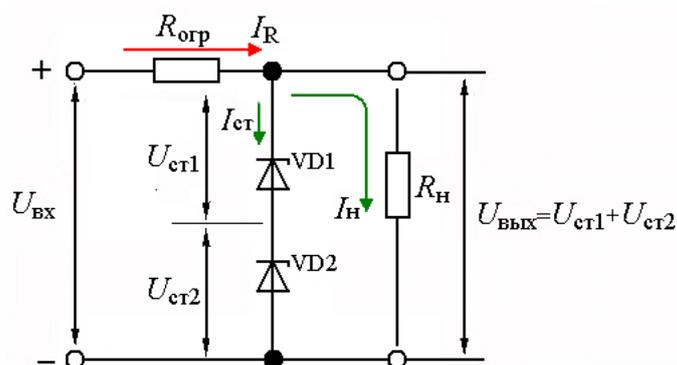


Рис. 4. Схема последовательного включения стабилитронов

Требуемое выходное стабильное напряжение равно сумме напряжений стабилизации этих стабилитронов:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{ст1}} + U_{\text{ст2}}. \quad (12)$$

Порядок выполнения работы:

1. Провести расчет параметрического стабилизатора, исходя из следующих данных:

Входное напряжение $U_{\text{вх}}$	15 В
Необходимое напряжение на нагрузке $U_{\text{н}}$	13 В
Ток, потребляемый нагрузкой $I_{\text{н}}$	20 мА
Диапазон изменения тока, потребляемого нагрузкой $\Delta I_{\text{н}}$	2 мА

- 1.1 Рассчитать ток стабилизации как $I_{\text{ст}} = 2 \cdot \Delta I_{\text{н}}$;
- 1.2 Рассчитать сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$ по формуле (2);
- 1.3 Вычислить ток через резистор $R_{\text{огр}}$ по формуле (3);
- 1.4 Рассчитать величину сопротивления ограничительного резистора по формуле (4);

2. Исходя из рассчитанных данных выбрать:

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.24/35

– необходимый стабилитрон, рассчитанный на напряжение стабилизации $U_{ст}$, равным или близким U_n , и током стабилизации $I_{ст}$;

– из ряда номинальных сопротивлений резисторы с сопротивлением, близким к полученным значениям R_n и $R_{огр}$.

3. Из таблицы 1 подобрать два стабилитрона, которые смогли бы обеспечить необходимое напряжение на нагрузке U_n при их последовательном соединении, как показано на рис.4. При этом руководствоваться формулой (12).

4. Занести в таблицу 2 справочные данные для трех выбранных диодов.

Таблица 2. - Справочные данные по стабилитронам

№	Тип стабилитрона	Напряжение стабилизации		Дифференциальное сопротивление при токе $I_{ст}$, Ом	Максимальный ток стабилизации $I_{ст max}$, МА
		$U_{ст}$, В	при токе стабилизации $I_{ст}$, МА		
1					
2					
3					

5. Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики 1-го стабилитрона:

– собрать схему, как показано на рис. 3;

– установить ручку потенциометра в крайнее левое положение;

– тумблером замкнуть цепь;

– осторожно вращая ручку потенциометра по часовой стрелке, увеличивать напряжение в цепи и запишите в таблицу 3 около 5 показаний микроамперметра и вольтметра. Затем переключитесь на миллиамперметр и также снимите 5 показаний. При этом необходимо снять примерно 8 показаний измерительных приборов. Значения напряжения $U_{обр}$ и тока $I_{обр}$ диода занести в таблицу 3;

–окончив измерения, установите ручку потенциометра в крайнее левое положение и тумблером разомкните цепь.

Таблица 3. - Вольт-амперная характеристика 1-го стабилитрона

Обратная ветвь										
$U_{вх}$, В										
$U_{обр}$, В										
$I_{обр}$, МА										

6. Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики последовательного соединения 2-го и 3-го стабилитронов:

- собрать схему как показано на рис. 4;
- снять показания приборов для построения обратной ветви ВАХ, следуя пункту 5;
- полученные данные занести в таблицу 4.

Таблица 4. - Вольт-амперная характеристика последовательного соединения стабилитронов

Обратная ветвь										
$U_{вх}, В$										
$U_{обр}, В$										
$I_{обр}, мА$										

7. По полученным данным построить два графика – обратную ветвь вольт-амперных характеристик 1-го стабилитрона и последовательного соединения 2-го и 3-го стабилитронов, откладывая по оси абсцисс влево от начала координат обратное напряжение, а по оси ординат вниз – обратный ток (рис. 5). Из полученных графиков определить величины $I_{ст}$ по формуле (1) и $U_{ст}$, как показано на рис.5, данные занести в таблицу 5.

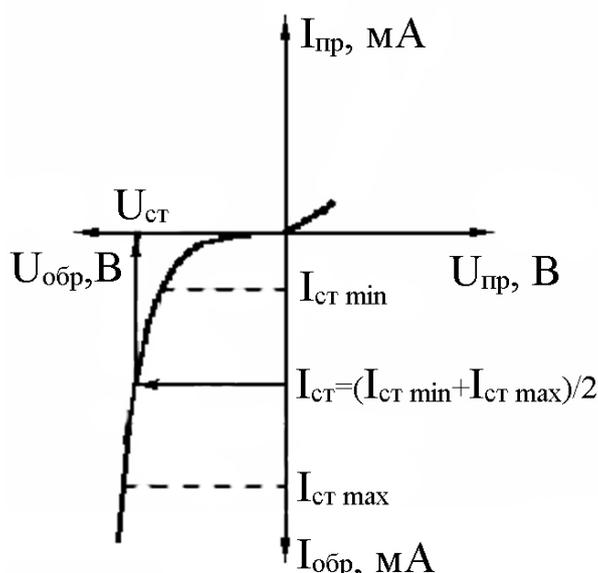


Рис. 5. Определение напряжения стабилизации $U_{ст}$ из ВАХ стабилизатора

8. По результатам измерений определить параметры стабилизатора:

8.1. Коэффициент стабилизации $K_{ст}$ по формуле (8);

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.26/35

8.2. Максимальную мощность, потребляемую стабилизатором, $P_{вх\ max}$ по формуле (10);

8.3. Максимальную мощность, рассеиваемую на стабилитроне, $P_{н\ max}$ по формуле (11);

8.4. Коэффициент полезного действия η по формуле (9).

9. Результаты исследований свести в таблицу 5.

Таблица 5. - Параметры стабилизатора.

Стабилизатор на одном стабилитроне								Последовательное соединение стабилитронов	
$U_{вых}, В$	$I_{вых}, МА$	$K_{ст}$	$P_{вх\ max}, ВТ$	$P_{н\ max}, ВТ$	$\eta, \%$	$U_{ст}, В$	$I_{ст}, МА$	$U_{ст}, В$	$I_{ст}, МА$

Содержание отчета:

- Тема и цель работы.
- Краткие теоретические сведения.
- Порядок выполнения работы:
 - электрическая принципиальная схема;
 - таблица 2 со справочными данными по диодам;
 - таблица 3 с данными снятия ВАХ стабилитрона;
 - таблица 4 с данными снятия ВАХ последовательного соединения стабилитронов;
 - два графика ВАХ на основе таблиц 3 и 4;
 - расчет коэффициента стабилизации $K_{ст}$;
 - расчет мощности $P_{вх\ max}$;
 - расчет мощности $P_{н\ max}$;
 - расчет КПД стабилизатора η ;
 - определение $U_{ст}$ из полученных ВАХ стабилизатора;
 - таблица 5 с параметрами рассчитанного стабилизатора.
- Выводы к работе.

Контрольные вопросы:

- Дайте определение стабилитрона.
- Перечислите основные параметры стабилитрона.
- Как определить коэффициент стабилизации?

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.27/35

4. Приведите формулу для вычисления к.п.д. стабилизатора напряжений.
5. На чем основан принцип работы параметрического стабилизатора?
6. Приведите вольт-амперную характеристику стабилитрона.
7. Что такое напряжение стабилизации стабилитрона?
8. Нарисуйте схему параметрического стабилизатора и объясните его работу.
9. Какую роль выполняет балластный резистор?
10. Как определить величину балластного резистора?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Тема 1.2 Транзисторы и тиристоры
Лабораторное занятие № 4 «Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером».
Лабораторное занятие № 6 «Исследование тиристор»

- Цель работы:*
1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
 2. Закрепление теоретических знаний по теме 1.2 «Транзисторы и тиристоры»;
 3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;
 4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 45 – 51 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Пользуясь данными, полученными по результатам работы, построить входные и выходные характеристики в координатных осях.
2. Определить по характеристикам электрические параметры транзистора в режимах отсечки, насыщения и активном режиме.
3. Выполнить построения на входных и выходных характеристиках для определения h – параметров транзистора, рассчитать их.

Контрольные вопросы:

1. Почему $h_{21Э}$ значительно больше 1?

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.28/35

2. Почему входное сопротивление транзистора в схеме с ОЭ больше, чем в схеме с общей базой (ОБ)?

3. Какие параметры транзистора, включенного с ОЭ, характеризуют его рабочую точку?

4. Каков физический смысл “h” – параметров и при каких условиях их определяют?

5. Почему схема включения транзистора с ОЭ наиболее распространенная?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Лабораторное занятие № 5 Исследование эмиттерного повторителя

Цель работы: 1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.

2. Закрепление теоретических знаний по теме 1.2 «Транзисторы и тиристоры»: Изучение принципа действия тиристора; снятие и анализ его вольтамперной характеристики.

3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;

4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 33 – 37 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Построить ВАХ тиристора в координатных осях.

Контрольные вопросы:

1. Из каких полупроводниковых материалов изготавливают тиристоры?

2. Почему закрытое состояние тиристора устойчиво?

3. Сохранится ли открытое состояние тиристора при снятии сигнала управления?

4. Каковы преимущества бесконтактного переключения электрических цепей?

5. По какому основному параметру тиристор превосходит тириатрон?

Использованные источники: [1], [2], [3].

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.29/35

Раздел 2 АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Тема 2.1 Полупроводниковые усилители

Лабораторное занятие №7 Исследование логических схем на основе полупроводниковых усилителей

- Цель работы:*
1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
 2. Закрепление теоретических знаний по теме 2.1 «Полупроводниковые усилители»
 3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;
 4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 197 – 202 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Составить таблицы состояний логических схем «И» и «ИЛИ».
2. Представьте схему «ИЛИ – НЕ» и заполните ее таблицу истинности.
3. Представьте схему «И – НЕ» и заполните таблицу истинности для этой схемы.

Контрольные вопросы:

1. Почему в вычислительной технике используют двоичную систему исчисления?
2. Как работают схемы «НЕ», «И» и «ИЛИ»?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Лабораторное занятие № 8 Исследование обратных связей в усилителях

- Цель работы:*
1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
 2. Закрепление теоретических знаний по теме 2.1 «Полупроводниковые усилители»
 3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;
 4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.30/35

Изложены на с. 197 – 202 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Использованные источники: [1], [2], [3].

Тема 2.2 Полупроводниковые генераторы гармонических колебаний Лабораторное занятие № 9 Исследование RC генератора

Цель работы: 1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,

2. Закрепление теоретических знаний по теме 2.2 «Полупроводниковые генераторы гармонических колебаний»

3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;

4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 197 – 202 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Использованные источники: [1], [2], [3].

Раздел 3 Формирователи импульсов и схемы импульсных устройств Тема 3.1 Методы формирования импульсных сигналов

Лабораторное занятие № 10 Исследование работы дифференцирующих и интегрирующих цепей

Цель работы: 1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,

2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.1 Методы формирования импульсных сигналов

3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами;

4. Привитие интереса к избранной специальности.

На базе симметричного триггера исследовать работу дифференцирующих и интегрирующих цепей.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 177 – 183 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.31/35

1. Определить постоянные составляющие напряжений на выходах транзисторов триггера или его работе в режиме деления частоты и занести результаты в таблицу, указав знак измеренного напряжения относительно корпуса.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение ускоряющих конденсаторов в схеме триггера?
2. Чем определяется длительность импульсов на выходе триггера?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Лабораторное занятие № 11 Исследование работы усилителей – ограничителей

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.1 «Методы формирования импульсных сигналов»
3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами: на базе триггера Шмитта исследовать работу транзисторного усилителя - ограничителя.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 190 – 193 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Объяснить сущность гистерезиса схемы, т.е. изменение порога ограничения сигнала.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется в схеме положительная обратная связь?
2. Как изменяют скважность выходной импульсной последовательности схемы?

Использованные источники: [1], [2], [3].

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.32/35

Лабораторное занятие № 12 Исследование работы транзисторных ключей

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.1 «Методы формирования импульсных сигналов»
3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами: на базе ждущего мультивибратора исследовать работу транзисторного ключа.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 193 – 197 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Рассчитать параметры выходного сигнала, пользуясь данными, полученными по результатам работы.

Контрольные вопросы:

1. Как работает транзисторный ключ в схеме ждущего мультивибратора?
2. От чего зависит длительность выходных импульсов?
3. Чем ограничивается максимальная частота входных импульсов?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Тема 3.2 Полупроводниковые генераторы импульсных сигналов

Лабораторное занятие № 13 Исследование работы мультивибратора

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.4, 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.2 *Полупроводниковые генераторы импульсных сигналов.*
3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами: изучить работу мультивибратора в автоколебательном режиме, в режимах синхронизации и деления частоты.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.33/35

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 171 – 177 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Пользуясь формулами, рассчитать параметры схемы, рассчитав, занести результаты в общую таблицу и сравнить их с измерениями.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение мультивибратора?
2. Какие элементы схемы мультивибратора определяют временные параметры его выходного сигнала?
3. Какова максимальная скважность выходного сигнала мультивибратора?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Лабораторное занятие № 14 Исследование работы генератора линейно-изменяющегося напряжения

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.4, 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.2 *Полупроводниковые генераторы импульсных сигналов.*
3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами: изучить принцип действия генератора линейно-изменяющегося напряжения.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 165 – 171 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. По данным схемы рассчитать время, в течение которого конденсатор полностью заряжается через резистор.

Контрольные вопросы:

1. Какую роль в исследуемой схеме выполняет транзистор VT 2?
2. Каким током должен заряжаться конденсатор, чтобы напряжение увеличивалось строго линейно?

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.34/35

3. Где применяют линейно-меняющееся напряжение?

Использованные источники: [1], [2], [3].

Раздел 4 Элементы вычислительной техники
Тема 4.1 Полупроводниковые триггеры
Лабораторное занятие № 15 Исследование триггера

Цель работы:

1. Формирование компетенций ПК 1.2., 1.4, 1.5., 2.1.,
2. Закрепление теоретических знаний по теме 3.2 *Полупроводниковые генераторы импульсных сигналов.*
3. Приобретение практических навыков и умений работы со схемами.
4. Привитие интереса к избранной специальности.

Пояснения, порядок выполнения работы и методические указания:

Изложены на с. 171 – 177 «Лабораторного практикума по радиоэлектронике».

Дополнительные требования по составлению отчета по работе:

1. Пользуясь формулами, рассчитать параметры схемы, рассчитав, занести результаты в общую таблицу и сравнить их с измерениями.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение триггера?
2. Какие элементы схемы триггера определяют временные параметры его выходного сигнала?
3. Какова максимальная скважность выходного сигнала триггера?

Использованные источники: [1], [2], [3].

МО-11 02 03-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА	С.35/35

Список использованных источников

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	Москатов, Е. А. Электронная техника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. А. Москатов. - Электрон. дан. - Москва : КноРус, 2021. – (Среднее проф. образование) Федорова, Г. Н. Разработка модулей программного обеспечения для компьютерных систем [Электронный ресурс] : учебник / Г. Н. Федорова. - 3-е изд. - Москва : Академия, 2019
	Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов) [Электронный ресурс] : справочник / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев. - Москва : КноРус, 2019
Дополнительные, в т.ч. курс лекций по учебной дисциплине, методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий и самостоятельных работ	Богомолов В.С., Волкогон В.А. Электронная техника в рыбопромысловом флоте. – М.: Колос, 2009
	Москатов, Е. А. Основы электронной техники учебное пособие / Е. А. Москатов. - Ростов н/Д : Феникс, 2010
	Немцов, М. В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учебник / М. В. Немцов. - М. : КНОРУС, 2016.
	Молочков, В. Я. Микропроцессорные системы управления техническими средствами рыбопромысловых судов, учебное пособие / В. Я. Молочков. - М. : Моркнига, 2013.
Электронные образовательные ресурсы	1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС « ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru
Периодические издания	Журнал «Радио»; Журнал «Эксплуатация морского транспорта»; Журнал «Морские вести России»; Журнал «Морской Флот»; Журнал «Стандарты и качество». Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства.