

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович  
Должность: Директор  
Дата подписания: 17.05.2024 14:07:12  
Уникальный программный ключ:  
fceab25d7092f3bff743e8ad3f8d57fddc1f5e66

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНИТ  
ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Утверждено:

на заседании кафедры высшей математики и  
физики  
протокол № 3 от 10.11.2023 г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_/Чудинов В.В.

Согласовано:

Председатель УМК  
факультета физики и математики  
\_\_\_\_\_/Бигаева Л.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
для очной формы обучения**

Промышленная электроника

*Обязательная часть*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 *ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА*

Направленность (профиль) подготовки  
Электроэнергетические сети и электрооборудование производственных и жилых объектов

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель) Старший преподаватель (должность, ученая степень, ученое звание)	_____/Красильников В.А. (подпись, Фамилия И.О.)
--	--

Для приема: 2024-2025 г.

Бирск 2023 г.

Составитель / составители: Красильников В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры высшей математики и физики  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций.....	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине .....	10
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине .....	10
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине .....	11
4.3. Рейтинг-план дисциплины .....	20
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	20
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	20
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины .....	21
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин (ОПК-4);	ОПК-4.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	Умеет использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока
		ОПК-4.2. Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Знает принципы действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами
		ОПК-4.3. Анализирует установившиеся режимы работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характеристик	Владеет анализом установившихся режимов работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характеристик.

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Промышленная электроника» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на   2   курсе в   4   семестре.

Цель изучения дисциплины: формирование общепрофессиональной компетенции, позволяющей анализировать и моделировать электрические цепи, используя знания о полупроводниковых приборах и устройствах электронной аппаратуры различного назначения

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ  
ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Промышленная электроника» на 4 семестр

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	73.2
лекций	34
практических/ семинарских	18
лабораторных	20
контроль самостоятельной работы (КСР)	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) ФКР	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	36
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	34.8

Форма контроля:

Экзамен 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Лек	Лаб	П	Эк	СР С			
2 курс / 4 семестр									
1	Раздел 1. Промышленная электроника и элементная база.								
1.1	<p>Элементная база информационной и энергетической промышленной электроники.</p> <p>Элементная база информационной и энергетической промышленной электроники. Диод и стабилитрон, характеристики, параметры, схемы замещения, применение.</p>	6	2	4		6	Осн. лит-ра №№ 1,2	Конспект	Лабораторная работа, Групповой опрос, Тестирование
1.2	<p>Биполярный и полевые транзисторы, характеристики, параметры.</p> <p>Устройство и принцип действия полевых транзисторов, характеристики, параметры. Устройство и принцип действия биполярного транзистора, характеристики, параметры. Области применения.</p>	6	4	4		6	Осн. лит-ра №№ 1,2	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос, Практическое задание

2	Раздел 2. Электронные приборы: Мало-мощные выпрямители тока, стабилизаторы напряжения. Электронные усилители. Генераторы.								
2.1	Маломощные выпрямители тока, стабилизаторы напряжения  Одно и двухполупериодные выпрямители. Мостовая схема. Маломощные выпрямители тока, стабилизаторы напряжения. Характеристики.	4	4	2		4	Осн. лит-ра № 1	Конспект	Тестирование, Групповой опрос, Лабораторная работа
2.2	Электронные усилители.  Усилитель, как активный 4х-полюсник. Характеристики и параметры. Схемы реализации. Классы усилителей. Обратная связь в усилителях.	6	4	2		6	Осн. лит-ра №№ 1,2	Конспект	Тестирование, Групповой опрос, Лабораторная работа
2.3	Генераторы.  Генератор, как усилитель с положительной обратной связью. Условие самовозбуждения. Виды генераторов.	2	2			4	Осн. лит-ра №№ 1,2	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос
3	Раздел 3. Устройства управления								
3.1	Аналоговые устройства управления  общие понятия; параметры импульсов и импульсных устройств; простейшие формирователи импульсов; ограничители уровня; транзисторный ключ; триггеры	4	2	4		4	Осн. лит-ра №№ 1,2 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос



3.2	Цифровые устройства управления Последовательный и параллельный регистры, таблицы переходов, временные диаграммы. Таймер как генератор и ждущий мультивибратор, схемы, работа, временные диаграммы.	6	2	2		6	Осн. лит-ра № 1 Доп. лит-ра № 1	Конспект	Лабораторная работа, Тестирование, Групповой опрос, Практическое задание
3.3	Экзамен				1	36			
Итого по 2 курсу 4 семестру		34	20	18	1	72			
Итого по дисциплине		34	20	18	1	72			

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин (ОПК-4);

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (Экзамен)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
ОПК-4.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	Умеет использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	Знания не сформированы	Знания недостаточно сформированы, несистемны	Знания сформированы, но имеют отдельные пробелы и неточности	Знания полностью сформированы
ОПК-4.2. Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Знает принципы действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Умения не сформированы	Умения не полностью сформированы	Умения в основном сформированы	Умения полностью сформированы
ОПК-4.3. Анализирует установившиеся режимы работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характер	Владеет анализом установившихся режимов работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характер	Владение навыками не сформировано	Владение навыками неуверенное	Владение навыками в основном сформировано	Владение навыками уверенное

трансформаторов, использует знание их режимов работы и характеристик	ристик.				
--	---------	--	--	--	--

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины. Баллы, выставляемые за конкретные виды деятельности представлены ниже.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-4.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	Умеет использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	Конспект, Лабораторная работа, Групповой опрос, Практическое задание, Тестирование
ОПК-4.2. Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Знает принципы действия электронных устройств, основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование
ОПК-4.3. Анализирует установленные режимы работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характеристик	Владеет анализом установленных режимов работы двигателей, генераторов и трансформаторов, использует знание их режимов работы и характеристик.	Практическое задание, Лабораторная работа

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины

для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10;

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

### Тестовые задания

Описание тестовых заданий: тестовые задания включают тесты закрытого типа (с одним правильным ответом), тесты на установлении последовательности и на установление соответствия. Оценка за выполнение тестовых заданий выставляется на основании процента заданий, выполненных студентами в процессе прохождения промежуточного и рубежного контроля знаний

Вариант 1

**Указания:** Все задания имеют 4 варианта ответов, из которых правильный только один. Номер выбранного Вами ответа обведите кружочком в бланке для ответов.

1. Что такое полупроводник?

1) Это вещество, плохо проводящее электрический ток.	2) Это вещество, хорошо проводящее электрический ток.	3) Это вещество, проводящее электрически ток лучше диэлектрика, но хуже проводника; с повышением температуры проводимость увеличивается.	4) Это вещество, проводящее электрический ток только в одном направлении.
--	---	--	---

2. Собственная проводимость полупроводника в большей степени зависит от:

1) Температуры	2) Давления	3) Освещенности	4) Магнитного поля
----------------	-------------	-----------------	--------------------

3. Основными носителями заряда в полупроводнике p-типа являются:

1) Электроны	2) Дырки	3) Позитроны	4) Атомы
--------------	----------	--------------	----------

4. При отсутствии внешнего поля в p-n переходе ток:

1) Не течет	2) Течет	3) Ток дырок равен току электронов	4) Ток дырок неравен току электронов
-------------	----------	------------------------------------	--------------------------------------

5. Запирающий слой в несимметричном p-n переходе смещается в сторону:

1) С большей концентрацией примеси	2) С меньшей концентрацией примеси	3) Пропадает	4) Остается симметричным
------------------------------------	------------------------------------	--------------	--------------------------

6. Через p-n- переход при наличии внешнего поля ток:

1) Не течет никогда	2) Может течь только в одном направлении	3) Может течь в любом направлении	4) На p-n-переход нельзя подавать внешнее напряжение
---------------------	--	-----------------------------------	--

7. Сигнал это:

1) Материальный носитель сообщения	2) Электрический ток	3) Напряжение	4) Изменение параметра со временем
------------------------------------	----------------------	---------------	------------------------------------

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения тестовых заданий

Описание методики оценивания выполнения тестовых заданий: оценка за выполнение тестовых заданий ставится на основании подсчета процента правильно выполненных тестовых заданий.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **9-10** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 81 – 100 %;
- **7-8** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 61 – 80 %;
- **4-6** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 41 – 60 %;
- **до 4** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 40 %;

**Конспект**

**Конспекты по темам занятий.**

1. Импульсные сигналы и параметры.
2. 4-х полюсники. Характеристики.
3. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость.
4. Беспереходные полупроводниковые приборы. Термистор. Фоторезистор.
5. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.
6. Электронно-дырочный (p-n) переход. Диод.
7. Электронно-дырочный (p-n) переход. Стабистор. Стабилитрон.
8. Электронно-дырочный (p-n) переход. Варикап.
9. Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.
10. Полевые транзисторы КМОП (КМДП) структуры. Устройство и принцип действия.
11. Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения конспектов

Критерии оценки:

- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);
  - логическое построение и связность текста;
  - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);
  - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);
  - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
- 1- выставляется, если текст конспекта оформлен аккуратно, выбрано главное и второстепенное, выделены ключевые слова и понятия, конспект написан лаконично с применением системы условных сокращений.

**Групповой опрос**

**Групповой опрос проводится по теме занятия.**

1. Импульсные сигналы и параметры.
2. 4-х полюсники. Характеристики.
3. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость.
4. Беспереходные полупроводниковые приборы. Термистор. Фоторезистор.
5. Беспереходные полупроводниковые приборы. Варистор. Тензорезистор.
6. Электронно-дырочный (p-n) переход. Диод.
7. Электронно-дырочный (p-n) переход. Стабистор. Стабилитрон.

8. Электронно-дырочный (р-n) переход. Варикап.
9. Полевые транзисторы с управляющим каналом. Устройство и принцип действия.
10. Полевые транзисторы КМОП (КМДП) структуры. Устройство и принцип действия.
11. Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания группового опроса студентов

Описание методики оценивания выполнения группового опроса: оценка за ответы в процессе группового опроса ставится на основании знания теоретического материала по опрашиваемой теме.

**Критерии оценки:**

- оценка "отлично" выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на все поставленные перед ним теоретические вопросы, продемонстрировал знание терминологии, определений.
- оценка "хорошо" выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности.
- оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.
- оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и определений. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Лабораторная работа**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛИТРОНА И СТАБИСТОРА**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** снятие и анализ вольт-амперных характеристик кремниевых стабилитрона и стабистора; определение их параметров по исследуемым характеристикам.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** Стабилитроны и стабисторы - это полупроводниковые диоды, на которых напряжение сохраняется с определенной точностью при изменении протекающего через них тока в заданном диапазоне. Эти приборы предназначены для стабилизации напряжения. Участки ВАХ, соответствующие электрическим режимам стабилитронов в режиме стабилизации, называют рабочими (участки аб и вг на рис.2). Рабочий участок стабистора расположен на прямой ветви ВАХ.

Рабочий участок стабилитрона расположен на обратной ветви ВАХ, т.е. прибор работает в режиме пробоя. При больших обратных смещениях резко возрастает обратный ток вследствие пробоя р-n-перехода (рис.2). Пробой возникает при достаточно сильном электрическом поле, когда неосновные носители ускоряются настолько, что ионизируют атомы полупроводника. Если мощность, выделяющаяся в р-n-переходе, поддерживается на допустимом уровне, диод сохраняет работоспособность и после пробоя. Такой пробой является основным рабочим режимом для диодов, называемых стабилитронами.

Если и р- и n- области сильно легированы, то при малых значениях приложенного напряжения существен вклад тока через р-n - переход, обусловленного туннельным эффектом. Диоды с использованием этого эффекта, или туннельные диоды, имеют вольтамперную характеристику с областью отрицательного сопротивления, в которой ток возрастает при уменьшении напряжения. Туннельный пробой при обратном смещении положен в основу действия низковольтных стабилитронов.

Основными параметрами стабилитронов являются:

- номинальное напряжение стабилизации  $U_{СТ.НОМ}$  - среднее напряжение стабилизации стабилитрона при  $298^0$  К и определенном токе стабилизации  $I_{СТ}$
- разброс стабилизации  $DU_{СТ}$  интервал напряжений, в пределах которого находится напряжение стабилизации прибора данного типа;
- температурный коэффициент напряжения стабилизации  $aU_{СТ}$  показывающий, на сколько процентов изменяется напряжение стабилизации  $U_{СТ}$  при изменении температуры окружающей среды на  $1^0$ К;
- дифференциальное сопротивление  $r_{СТ}$  определяющее стабилизирующие свойства прибора и показывающее, как напряжение стабилизации зависит от тока  $r_{СТ} = (U_{СТ \max} - U_{СТ \min}) / (I_{СТ \max} - I_{СТ \min})$  (1)
- минимально допустимый ток стабилизации  $I_{СТ \min}$  - минимальный ток через стабилитрон, при котором сохраняются его стабилизирующие свойства; при меньших значениях тока  $I_{СТ}$  резко возрастает  $r_{СТ}$  и уменьшается  $U_{СТ}$ ;
- максимально допустимый ток стабилизации  $I_{СТ \max}$  - максимальный ток при котором прибор сохраняет работоспособность длительное время. Значение температурного коэффициента напряжения стабилизации  $aU_{СТ}$  и его знак зависит от напряжения  $U_{СТ \text{НОМ}}$  Стабилитроны, напряжение стабилизации которых больше 5,5 В, имеют  $aU_{СТ} > 0$ , т.е. при увеличении температуры напряжение  $U_{СТ}$  увеличивается. При напряжении  $U_{СТ \text{НОМ}} < 5,5$  В стабилитроны имеют  $aU_{СТ} < 0$  и их напряжение стабилизации с увеличением температуры уменьшается. Стабисторы также имеют  $aU_{СТАБ} < 0$ .

В стабилизаторах напряжения, работающих в широком диапазоне температур, используют прецизионные стабилитроны с внутренней термокомпенсацией, в которых последовательно их р-п-переходу включен в прямом направлении обычный кремниевый р-п-переход с отрицательным температурным коэффициентом прямого напряжения (рис.3).

Дифференциальное сопротивление стабистора  $r_{СТАБ}$  рассчитывают по формуле:

$$r_{СТАБ} = (U_{ПР \max} - U_{ПР \min}) / (I_{ПР \max} - I_{ПР \min}) \quad (2)$$

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения лабораторных работ

Описание методики оценивания выполнения лабораторных работ: оценка за выполнение лабораторных работ ставится на основании знания теоретического материала по теме лабораторной работы, умений и навыков применения знаний на практике, работы с оборудованием, анализировать результаты лабораторной работы.

### Критерии оценки:

- оценка "отлично" выставляется студенту, если демонстрируются знания темы, цели и задач лабораторной работы, хода работы, применяемых методик исследования; демонстрируется полное знание теоретического материала по теме лабораторной работы (в процессе обсуждения, при ответе на контрольные вопросы); демонстрируются умения и навыки работы с оборудованием, применения знания на практике, анализа результатов лабораторной работы и формулирование выводов, владение навыками прикладной деятельности;
- оценка "хорошо" выставляется студенту, если демонстрируются знания темы, цели и задач лабораторной работы, хода работы, имеются пробелы в знании применяемых методик исследования; демонстрируется неполное знание фактического материала по теме лабораторной работы (в процессе обсуждения, при ответе на контрольные вопросы); демонстрируются некоторые недостатки умения работать с оборудованием, применять знания на практике, недостатки владения навыками

прикладной деятельности и способности анализировать результаты лабораторной работы, формулировать выводы, проследить причинно-следственные связи;

- оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если демонстрируются неполные знания цели и задач лабораторной работы, хода работы, применяемых методик исследования; демонстрируется неполное, несистемное знание теоретического материала по теме лабораторной работы (в процессе обсуждения, при ответе на контрольные вопросы); демонстрируются заметные недостатки в умении работать с оборудованием, применять знания на практике, недостаточно владеет навыками прикладной деятельности, способностью анализировать результаты лабораторной работы и формулировать выводы, проследить причинно-следственные связи;
- оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, если демонстрируются полное или почти полное отсутствие знания цели и задач лабораторной работы, хода работы, применяемых методик исследования; демонстрируется полное или почти полное отсутствие знания теоретического материала по теме лабораторной работы (в процессе обсуждения, при ответе на контрольные вопросы); демонстрируются значительные недостатки умения работать с оборудованием, применять знания на практике, владения навыками прикладной деятельности, способности анализировать результаты лабораторной работы и формулировать выводы, проследить причинно-следственные связи.

### Практическое задание

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОСТОВОЙ СХЕМЫ ВЫПРЯМЛЕНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - исследование однофазной мостовой схемы выпрямления со сглаживающим RC - фильтром (рис.1).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ. Мостовая схема выпрямления дает точно такой же результат, как двухполупериодная, но имеет более простой трансформатор с одной вторичной обмоткой, рассчитанной на напряжение  $U_2$ .

Схема мостового выпрямителя без фильтра и ее временные диаграммы показаны на рис.2, а-е. Пусть в первый полупериод (рис.2,а-в) напряжения  $U_2$  на выводе I вторичной обмотки трансформатора действует положительное по отношению к выводу 2 напряжение и ток  $I_{14}$  проходит по цепи : вывод I, диод VD1, резистор  $R_{11}$ , диод VD4, вывод 2. При этом на нагрузке  $R_{11}$  образуется падение напряжения  $U_{RH}$ , полярность которого указана на рис.2,а. Форма напряжения  $U_{RH}$  это следующие один за другим синусоидальные импульсы (рис.2,д). Диоды "VD2 и VD3 в течение этого полупериода тока не проводят, так как закрыты поступающим на них через открытые диоды VD1 и VD4 напряжением  $U_{2M}$ (рис.2,е). Максимальное обратное напряжение закрытых, диодов равно амплитуде напряжения  $U_{2M}$  на обмотке трансформатора, т.е. вдвое меньше, чем в двухполупериодной схеме.

В следующий полупериод, когда знаки напряжения на вторичной обмотке трансформатора изменяются на противоположные (на рис.2,а они даны в скобках), ток  $I_{23}$ (рис.2,г) будет проводить по цепи (рис.2,а) :

вывод 2, диод VD2, резистор  $R_{11}$ , диод VD3, вывод 1. Пульсации выпрямленного напряжения оценивают коэффициентом пульсаций  $k_{11}$  являющимся отношением амплитуды первой гармоники  $U_{1M}$  к среднему значению напряжения на нагрузке  $U_{RH,CP}$ :

$$k_{11} = U_{1M} / U_{RH,CP} \quad (1)$$

Сглаживающий фильтр уменьшает  $R_{11}$ . Это свойство оценивается коэффициентов сглаживания  $R_{СГЛ}$ , который является отношением коэффициентов пульсаций на входе  $R_{П.ВХ}$  и выходе  $R_{П.ВЫХ}$  фильтра :  $k_{СГЛ} = k_{П.ВХ} / k_{П.ВЫХ}$  (2)

Достоинство мостовой схемы по сравнению с двухполупериодной состоит в том, что диоды могут быть рассчитаны на вдвое меньшее обратное напряжение. Однако в цепи прямого тока в любой момент выпрямительного процесса находятся два последовательно включенных диода, что снижа-



ет экономичность схемы из-за падения напряжения на них при прохождении прямого тока. В выпрямителях выпрямленное напряжение которых значительно выше прямого падения напряжения на диодах, этот недостаток незаметен. В тех же случаях, когда выпрямленное напряжение соизмерно с прямым падением напряжения, применяют двухполупериодную схему. В мостовой схеме, как и в двухполупериодной, частота пульсаций равна удвоенной частоте сети.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Вычертить табл.1 для записи результатов измерений и координатные оси для изображения осциллограмм, а также для построения нагрузочной характеристики выпрямителя (рис.4).
2. Зарисовать электрическую схему исследуемого выпрямителя (см. рис.1) и собрать ее, пользуясь графическими обозначениями на сменной панели 67Л-01/9.

ТАБЛИЦА 1.

Элементы схемы	$R_2$ , кОм	¥		1,6		1		0,51	
	$C1 = C2$ , мкФ	20	50	20	50	20	50	20	50
$U_{C1}$ , В									
$DU_{C1}$ , мВ									
$DU_{C2}$ , мВ									
$I$ , Ма									
$U_{RH}(U_R)$ , В									
$K_{ПД} = (R_{ВЫХ} / R_{ВХ}) 100\%$									

3. Измерить электрические параметры схемы выпрямителя для приведенных в табл.1 значений  $R_2$  и  $C1=C2$ , рассчитать КПД и занести результаты вычислений и измерений в табл.1.
4. Вычислить коэффициенты пульсаций и сглаживания для максимальной нагрузки ( $R_2 = 510$  Ом) и двух номиналов конденсаторов  $C1$  и  $C2$ , пользуясь формулами (1) и (2) и данными табл.1.
5. Снять и зарисовать в координатных осях (см. рис.3,а,б) осциллограммы напряжений в схеме выпрямителя.
6. Построить в координатных осях (рис.4) нагрузочную характеристику выпрямителя пользуясь данными табл.1.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения практических заданий

Описание методики оценивания: при оценке решения практического задания наибольшее внимание должно быть уделено тому, насколько полно раскрыто содержание материала, верно ли использованы научные термины, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли причинно-следственные связи, насколько высок уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками лабораторной деятельности.

Задания №1. Ситуационная практическая задача.

Задание №2. Практическое задание на выполнение расчётов.

**Критерии оценки:**

- оценка "отлично" выставляется студенту, если четко и правильно составлены характеристики, приведен полный и развернутый ответ по всем пунктам; верно использованы научные термины; демонстрируются высокий уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владение навыками практической деятельности; второе задание решено правильно и приведено подробное решение; Уровень знаний, умений, владений – высокий;
- оценка "хорошо" выставляется студенту, если в практическом задании 1 допущены некоторые неточности в описании структуры и характеристик; ответ самостоятельный; допущены незначительные нарушения в последовательности изложения; небольшие недостатки при использовании научных терминов; практическое задание 2 решено верно, но ответ не подкреплен подробным решением. Уровень знаний, умений, владений – средний;
- оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если в практическом задании 1 допущены существенные неточности в определении характеристик, ответ не полный; уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владения навыками практической деятельности невысокий, наблюдаются пробелы и неточности; в решении задания 2 допущена ошибка в ответе и решении; уровень знаний, умений, владений – удовлетворительный;
- оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, если в задании 1 приведен неполный, исчерпывающий ответ по всем пунктам; задание 2 решено неправильно, допущены серьезные ошибки на этапе решения; уровень владения навыками практической деятельности очень низкий; уровень знаний, умений, владений – недостаточный.

**Экзаменационные билеты**

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций. Структура экзаменационного билета: в билете указывается кафедра в рамках нагрузки которой реализуется данная дисциплина, форма обучения, направление и профиль подготовки, дата утверждения; билет может включать в себя теоретический(ие) вопрос(ы) и практическое задание (кейс-задание).

Примерные вопросы к экзамену, 2 курс / 4 семестр

1. Области техники и производства, использующие устройства промышленной электроники.
2. Диапазоны токов и напряжений, характер преобразования формы и величины параметров.
3. Информационная и энергетическая электроника, их элементная база.
4. Примеры использования устройств электроники.
5. Электронные приборы, их классификация.
6. Система обозначения полупроводниковых электронных приборов.
7. Работа электронного прибора как управляемого сопротивления.
8. Общие требования к электронным приборам.
9. Маломощные выпрямители однофазного тока.
10. Стабилизаторы выпрямленного напряжения.
11. Электронные усилители, их назначение.
12. Резисторный усилитель на биполярном транзисторе.
13. Рабочая схема, назначение элементов.
14. Основные характеристики усилителя переменных сигналов.
15. Обратные связи в усилителях. Использование положительных и отрицательных обратных связей в электронных устройствах.
16. Условия перехода усилителя в режим работы генератора.
17. Генераторы, их назначение.
18. Блок-схема генератора.
19. Генератор гармонических колебаний на биполярном транзисторе, условия работы.
20. Генераторы негармонических колебаний.

21. Операционный усилитель, передаточная характеристика, параметры.
22. Логические элементы, их виды.
23. Базовые логические элементы.
24. Реализация логических элементов на базе полупроводниковых приборов.

Образец экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РФ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ» БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ Кафедра высшей математики и физики	
Дисциплина: Промышленная электроника очная форма обучения 2 курс 4 семестр	Курсовые экзамены 20__-20__ г. Направление 13.03.02 13.03.02 ЭЛЕКТРО- ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА Профиль:
<b>Экзаменационный билет № 1</b> 1. Диапазоны токов и напряжений, характер преобразования формы и величины параметров. 2. Основные характеристики усилителя переменных сигналов. 3. Решить задачу	
Дата утверждения: __.__.____	Заведующий кафедрой _____

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания ответа на экзамене

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

При оценке ответа на экзамене максимальное внимание должно уделяться тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, насколько ответ самостоятельный, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли причинно-следственные связи, насколько высокий уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные

ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

Таблица перевода баллов текущего контроля в баллы рейтинга

	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1
2		5	4	3	2	2	2	2	2	1
3			5	4	3	3	3	2	2	2
4				5	4	4	3	3	3	2
5					5	5	4	4	3	3
6						5	5	4	4	3
7							5	5	4	4
8								5	5	4
9									5	5
10										5

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении 1.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература

1. Шогенов, А.Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника / А.Х. Шогенов, Д.С. Стребков, Ю.Х. Шогенов ; под ред. Д.С. Стребкова. - Москва : Физматлит, 2017. - 416 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485494>.
2. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь .— СПб. : Лань, 2008 .— 384 с. : ил .— (Учебники для вузов. Специальная литература)

#### Дополнительная литература

1. Земляков, В.Л. Электротехника и электроника : учебник / В.Л. Земляков ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет", Факультет высоких технологий. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2008. - 304 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241108>.

## 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/>.
2. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.
3. Университетская библиотека онлайн biblioclub.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>.
4. Электронная библиотека УУНиТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bashedu.ru/>.
5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rsl.ru/>.
6. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--90ax2c.xn--p1ai/viewers/>.
7. Национальная платформа открытого образования proed.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npoed.ru/>.
8. Электронное образование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.bashkortostan.ru/>.
9. Информационно-правовой портал Гарант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>.

### Программное обеспечение

1. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия  
[https://www.google.com/intl/ru\\_ALL/chrome/privacy/eula\\_text.html](https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html)
2. Office Professional Plus - Договор №0301100003620000022 от 29.06.2020, Договор № 2159-ПО/2021 от 15.06.2021, Договор №32110448500 от 30.07.2021
3. Windows - Договор №0301100003620000022 от 29.06.2020, Договор № 2159- ПО/2021 от 15.06.2021, Договор №32110448500 от 30.07.2021

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория 108(ФМ)	Лекционная, Семинарская	Магазин МЕ-4, осциллограф, стенд, трансформатор, учебная мебель, учебно-методические пособия
Аудитория 201(ФМ)	Для хранения оборудования	Блок питания, вольтметр, микровольтметр, микроскоп стереоскопический, модуль АЦП, монитор, мультиметр, осциллограф, осциллограф цифровой, предусилитель сигнала, прибор самописец, принтер, процессор, системный блок, сосуд "Дюара", стол для весов, учебная мебель

Аудитория 224(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Ноутбук, проектор, учебная мебель, экран
Аудитория 301 Читальный зал (электронный каталог)(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютеры в сборе, учебная мебель, учебно-методические материалы
Аудитория 222(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютеры в сборе, проектор, учебная мебель, экран для проекторов