МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет»

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

«СОГЛАСОВАНО»

Декан ФВТ
_____ А.Н. Пылькин

«___»_____2018 г.

Руководитель ОПОП
_____ В.П. Корячко

«___»_____2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
_____ К.В. Бухенский

«___»_____2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.3.Б.03 «Электротехника и электроника»

Направление подготовки

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

ОПОП академического бакалавриата

«Конструирование и технология радиоэлектронных средств»

Квалификация (степень) выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Рязань, 2018 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата

Рабочая программа дисциплины «Электротехника и электроника» является составной частью основной профессиональной образовательной программы бакалавриата «Конструирование и технология радиоэлектронных средств»,разработанной в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.11.2015 г. № 1333.

Целью освоения дисциплины «Электротехника и электроника» является формирование у будущих специалистов твердых теоретических знаний и практических навыков в части изучения базовых понятий электротехники и электроники, основных методов анализа и расчета электрических цепей постоянного и переменного тока, применения электроизмерительных приборов, проектирования и построения современных электронных схем усилительных устройств аналоговой и цифровой электроники при решении типовых задач, связанных с проектно-конструкторской, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностями.

Задачи дисциплины:

1) Получение системы знаний об элементной и приборной базе электротехники и электроники, их основных законах и закономерностях, методах анализа и расчета аналоговых и цифровых электронных схем.

2) Приобретение умений и навыков использования основных законов электротехники и электроники при решении типовых задач, связанных с проектно-конструкторской, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностями.

3) Приобретение практических навыков в области компьютерного моделирования электронных схем с использованием пакетов прикладных программ автоматизированного проектирования и исследования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	Знать: основные физические процессы и закономерности их протекания в электрических цепях. Уметь: использовать знания о физических процессах и закономерностях, протекающих в электрических цепях. Владеть: физико-математическим аппаратом и компьютерными методами выявления сущностей основных физических процессов и закономерностей в электрических цепях.
ОПК-3	Способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей.	Знать: методы анализа и расчета характеристик и параметров электрических цепей. Уметь: использовать законы электротехники и электроники, методы анализа и расчета для нахождения параметров и характеристик электрических цепей. Владеть: навыками анализа и расчета параметров и характеристик электрических цепей.

ПК-1	Способность моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.	Знать: методы математического и компьютерного моделирования электронных схем, а также пакеты автоматизированного проектирования и исследования. Уметь: применять методы математического и компьютерного моделирования для анализа и расчета электронных схем. Владеть: навыками компьютерного моделирования электронных схем с использованием пакетов прикладных программ автоматизированного проектирования и исследования.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Электротехника и электроника» является обязательной, относится к базовой части блока №1 (профессиональные дисциплины) основной профессиональной образовательной программы академического бакалавриата по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Пререквизиты дисциплины. Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: «Физика» и «Математика» (программа бакалавриата). Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные законы физики в части электричества, магнетизма, колебаний и волн;

– основные понятия о тригонометрических функциях и операциях с ними, о системах линейных алгебраических уравнений и методах их решения, о дифференциальных уравнениях и методах их решения, о векторной алгебре, о функциях комплексных переменных, рядах Фурье.

уметь:

– анализировать задачи на предмет их соответствия известным физическим и математическим задачам;

– выявлять физические и математические задачи и способы их решения;

– проводить анализ информации из нескольких библиографических источников;

– работать со специальной технической литературой, включая методические указания;

– организовывать работу по самостоятельной подготовке к лекционным, практическим и лабораторным занятиям.

владеть:

– навыками работы с основными физическими законами электричества, магнетизма, колебаний и волн;

– современными методами решения систем линейных алгебраических уравнений и дифференциальных уравнений;

– методами и приемами анализа тригонометрических функциях, систем линейных алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений, комплексных чисел.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Электротехника и электроника» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Схемо- и системотехника ЭС» и «Цифровая схемотехника» (программа бакалавриата).

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков бакалавра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Схемо- и системотехника ЭС» и «Цифровая схемотехника» (программа бакалавриата).

2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 7 зачетных единиц (ЗЕ), 252 часа.

Вид учебной работы	Очная форма		
	Всего часов	**3 семестр**	**4 семестр**
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	252	117	135
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	112	48	64
Лекции	56	24	32
Лабораторные работы	32	16	16
Практические занятия	24	8	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	140	69	71
Курсовая работа	12	0	12
Экзамен и консультации	80	40	40
Консультации в семестре	14	7	7
Самостоятельные занятия	46	22	12
Вид промежуточной аттестации обучающихся		РГР, экзамен	КР, экзамен

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения. (3 семестр).

Электрические цепи и их элементы. Общие сведения об электрических цепях, и их классификация. Источники электропитания и основные элементы электрических цепей. Математические модели, схемы замещения и вольтамперные характеристики элементов. Электрические измерения и приборы.

Тема 2. Линейные электрические цепи постоянного тока (3 семестр).

Основные законы и методы расчета линейных электрических цепей. Энергетические соотношения, режимы работы, баланс мощностей.

Тема 3. Нелинейные цепи постоянного тока (3 семестр).

Основные законы и методы расчета линейных электрических цепей. Энергетические соотношения, режимы работы, баланс мощностей.

Тема 4. Линейные электрические цепи синусоидального тока (3 семестр).

Основы анализа и расчета электрических цепей переменного тока. Способы представления гармонически изменяющихся функций (временные диаграммы, векторные величины и комплексные числа). Действующее значение синусоидальной величины. Элементы в цепи синусоидального тока. Основные законы и методы расчета электрических цепей синусоидального тока. Векторные диаграммы при различных характерах нагрузки. Символический метод расчета. Резонансные явления в электрических цепях синусоидального тока.

Тема 5. Электрические цепи с магнитно-связанными элементами (3 семестр).

Свойства и характеристики магнитного поля. Магнитные свойства материалов. Магнитные цепи. Магнитное поле катушки с током. Электромагнитная индукция. Назначение, принцип действия однофазных и трехфазных трансформаторов. Холостой ход, короткое замыкание. Мощность, коэффициент полезного действия. Принцип работы электрического генератора и двигателя.

Тема 6. Трехфазные электрические цепи (3 семестр).

Получение трехфазной системы токов. Соединение обмоток генератора «звездой» и «треугольником». Мощность в цепи трехфазного тока.

Тема 7. Переходные процессы в линейных электрических цепях (3 семестр).

Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия и задачи расчета переходных процессов Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов в простейших электрических цепях с индуктивным и емкостным накопителями энергии.

Тема 8. Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры (3 семестр).

Системы уравнений и характеристики линейных четырехполюсников. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Интегрирующие и дифференцирующие цепи. Электрические фильтры: структурная схема, назначение, типы, частотные характеристики.

Тема 9. Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход) (4 семестр).

Основные физические процессы в *p-n*-переходе. Свойства *p-n*-перехода при наличии внешнего напряжения. Понятие экстракции и инжекции в *p-n*-переходе. Вольтамперная

характеристика (ВАХ) *p-n*-перехода. Прямое и обратное включение *p-n*-перехода. Полупроводниковые приборы на основе *p-n*-перехода.

Тема 10. Диоды (4 семестр).

Характеристики и параметры диода. Дифференциальное сопротивление диода (сопротивление диода по переменному току). Сопротивление диода по постоянному току. Объемное сопротивление диода. Собственная емкость диода. Эквивалентные схемы диодов. Переходная характеристика диода. Температурные свойства диода. Рабочий режим диода. Классификация диодов. Выпрямительные диоды. Однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления. Мостовая схема выпрямителя. Основные параметры выпрямительных диодов. Стабилитроны. Работа стабилитрона в схеме стабилизации напряжения. Диоды Шоттки. Основные свойства диода Шоттки.

Тема 11. Биполярные транзисторы (4 семестр).

Условное обозначение биполярных транзисторов. Основные технологии изготовления биполярных транзисторов. Принцип действия биполярных транзисторов. Дифференциальный и интегральный коэффициенты передачи тока эмиттера. Дифференциальный и интегральный коэффициенты передачи тока базы. Режимы работы биполярных транзисторов. Схемы включения биполярных транзисторов. Схема включения транзистора с общей базой (ОБ). Схема включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ). Схема включения транзистора с общим коллектором (ОК).

Тема 12. Статические характеристики биполярных транзисторов (4 семестр).

ВАХ для схемы включения транзистора с ОБ. Входная (эмиттерная) характеристика транзистора с ОБ. Выходная (коллекторная) характеристика транзистора с ОБ. ВАХ для схемы включения транзистора с ОЭ. Входная (базовая) характеристика транзистора с ОЭ. Выходная (коллекторная) характеристика транзистора с ОЭ.

Тема 13. Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов (4 семестр).

Усилительные свойства транзистора в схеме с ОБ. Эквивалентная схема транзистора с ОБ. Усилительные свойства транзистора в схеме с ОЭ. Эквивалентная схема транзистора с ОЭ. Усилительные свойства транзистора в схеме с ОК. Эквивалентная схема транзистора с ОК. Расчет транзисторного усилительного каскада по постоянному току. Динамический режим работы транзистора. *h*-параметры биполярных транзисторов. *h*-параметры транзистора в схеме с ОБ. *h*-параметры транзистора в схеме с ОЭ.

Тема 14. Математические модели компонентов электронных схем (4 семестр).

Математические модели диодов. Статическая модель диода. Динамическая модель диода. Нелинейная модель биполярного транзистора (модель Эберса-Молла). Модель И.П. Норенкова. Инжекционная модель Эберса-Молла. Передаточный вариант модели Эберса-Молла. Нелинейная гибридная П-модель Эберса-Молла. Практическая модель биполярного транзистора. Описание топологии принципиальных электрических схем. Процедура составления матрицы А (матрице соединений). Процедура составления матрицы М (контур – ветвь). Составление математической модели схемы (ММС). Методы составления ММС. Метод переменных состояний. Метод узловых потенциалов. Алгоритм составления ММС для схем с правильной структурой. Алгоритм составления ММС для схем с неправильной структурой. Анализ ММС численными методами.

Тема 15. Полевые (униполярные) транзисторы (4 семестр).

Полевые транзисторы с управляющим *p-n*-переходом (ПТУП). Принцип работы ПТУП. Вольтамперная характеристика ПТУП. Выходная (стоковая) характеристика ПТУП. Проходная (стоко-затворная) характеристика ПТУП. Входная характеристика ПТУП. Эквивалентная схема

ПТУП. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МОП и МДП транзисторы). Конструкция МОП транзистора с встроенным *p*-каналом. Конструкция МОП транзистора с встроенным *n*-каналом. Принцип работы МОП транзистора с встроенным каналом. ВАХ МОП транзистора с встроенным *n*-каналом. ВАХ МОП транзистора с встроенным *p*-каналом. Полевые транзисторы с индуцированным каналом. Конструкция МОП транзистора с индуцированным каналом. Принцип работы МОП транзистора с индуцированным каналом. ВАХ МОП транзистора с индуцированным *n*-каналом. ВАХ МОП транзистора с индуцированным *p*-каналом.

3.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	практ	лабор	
	3 семестр	**117**	**48**	**24**	**8**	**16**	**69**
1	Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения	4	2	2	-	-	2
2	Линейные электрические цепи постоянного тока	14	10	4	2	4	4
3	Нелинейные цепи постоянного тока	4	2	2	-	-	2
4	Линейные электрические цепи синусоидального тока	14	10	4	2	4	4
5	Электрические цепи с магнитно-связанными элементами	6	4	4	-	-	2
6	Трехфазные электрические цепи	4	2	2	-	-	2
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях	16	12	4	4	4	4
8	Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры	8	6	2	-	4	2
9	Расчетно-графическая работа	РГР	-	-	-	-	-
10	Консультации в семестре	7	-	-	-	-	7
11	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	4 семестр	**135**	**64**	**32**	**16**	**16**	**71**
12	Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход)	5	4	4	-	-	1
13	Диоды	12	10	6	-	4	2
14	Биполярные транзисторы	18	16	4	4	8	2
15	Статические характеристики биполярных транзисторов	7	6	2	4	-	1
16	Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов	16	14	6	4	4	2
17	Математические модели компонентов электронных схем	12	10	6	4	-	2
18	Полевые (униполярные) транзисторы	6	4	4	-	-	2

19	Курсовая работа	12	-	-	-	-	12
20	Консультации в семестре	7	-	-	-	-	7
21	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	Всего:	**252**	**112**	**56**	**24**	**32**	**140**

Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
	3 семестр			**117**
1	Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
2	Линейные электрические цепи постоянного тока	Лабораторная работа	Исследование линейных электрических цепей постоянного тока.	4
		Практическая работа	Расчет сложной цепи постоянного тока.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
3	Нелинейные цепи постоянного тока	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
4	Линейные электрические цепи синусоидального тока	Лабораторная работа	Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока.	4
		Практическая работа	Расчет цепи синусоидального тока.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
5	Электрические цепи с магнитно-связанными элементами	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
6	Трехфазные электрические цепи	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях	Лабораторная работа	Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях.	4
		Практическая работа	Расчет переходного процесса в электрических цепях первого порядка. Расчет переходного процесса в электрических цепях второго порядка.	2 2

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
8	Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры	Лабораторная работа	Исследование линейных четырехполюсников и электрических фильтров.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчетов.	2
9	Расчетно-графическая работа	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций, подготовка и сдача РГР.	-
10	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	7
11	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену.	40
	4 семестр			**135**
12	Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход)	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	1
13	Диоды	Лабораторная работа	Классификация и основные параметры диодов. ВАХ диода. Практические диодные схемы. Односторонний ограничитель напряжения. Двухсторонний ограничитель напряжения. Однополупериодный выпрямитель напряжения. Двухполупериодный выпрямитель напряжения. Диодный мост. Схема стабилизации переменного напряжения.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчетов.	
14	Биполярные транзисторы	Лабораторная работа	Проектирование и расчет усилительных каскадов (УК) с ОЭ. Классификация УК. Практические схемы УК с ОЭ. Проектирование и расчет УК с ОБ. Практические схемы УК с ОБ.	4 4
		Практическая работа	Проектирование и расчет УК с ОК. Особенности УК с ОК. Практические схемы УК с ОК.	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	2
15	Статические характеристики биполярных транзисторов	Практическая работа	Построение статической линии нагрузки для схемы с ОБ. Построение статической линии нагрузки для схемы с ОЭ.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ПР. Подготовка к сдаче ПР, оформление отчетов.	1
16	Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов	Лабораторная работа	Расчет УК с ОЭ по постоянному току. Построение статической линии нагрузки.	4
		Практическая работа	Расчет УК с ОЭ по переменному току. Построение динамической линии нагрузки.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	2
17	Математические модели компонентов электронных схем	Практическая работа	Составление ММС методом переменных состояний. Составление ММС методом узловых потенциалов.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ПР. Подготовка к сдаче ПР, оформление отчетов.	2
18	Полевые (униполярные) транзисторы	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
19	Курсовая работа	Самостоятельная работа обучающегося	Проектирование и расчет усилительного каскада с распределенной нагрузкой. Изучение конспекта лекций. Подготовка пояснительной записки и защита курсовой работы	12
20	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	7
21	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену.	40

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1) Теоретические основы электротехники: учеб.пособие/ В.С. Гуров, Е.В. Мамонтов, С.А. Круглов, Т.А. Глебова, Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2011. 140 с.
2) Электротехника. Часть 1: учеб.пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
3) Электротехника. Часть 2: учеб.пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
4) Теоретические основы электротехники. Часть 1: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2015. 92 с.
5) Теоретические основы электротехники. Часть 2: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2016. 60 с.
6) Исследование и расчет диодных схем [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин. Рязань, 2013. 12 с. — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1548
7) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общей базой [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов., М.А. Иванчикова. Рязань, 2017. 12 с. — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1558
8) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общим эмиттером: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов. Рязань, 2016. 20 с.
9) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общим коллектором: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов, М.А. Иванчикова. Рязань, 2017. 12 с.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Электротехника и электроника»).

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

Основная учебная литература:

1) Перепелкин Д.А. Схемотехника усилительных устройств: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и перераб. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 238 с.
2) Булычев А.Л. и др. Электронные приборы. – М.: Лайт ЛТд, 2000.
3) Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000.
4) Миловзоров О.В., Панков И.Г. Электроника: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2004. – 288 с.
5) Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.
6) Остапенко Г.С. Усилительные устройства. – М. Радио и связь, 1989. – 399 с.
7) Лам Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Расчет и реализация / под ред. И.Н. Теплюка. – М.: Мир, 1982. – 592 с.
8) Ногин В.Н. Аналоговые электронные устройства. – М. Радио и связь, 1992. – 300 с.
9) Теоретические основы электротехники: учеб. пособие/ В.С. Гуров, Е.В. Мамонтов, С.А. Круглов, Т.А. Глебова, Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2011. 140 с.

10) Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учеб.для вузов. М.:Гардарики, 2002. 638с.
11) Электротехника. Часть 1: учеб. пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
12) Электротехника. Часть 2: учеб. пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
13) Теоретические основы электротехники. Часть 1: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2015. 92 с.
14) Теоретические основы электротехники. Часть 2: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2016. 60 с.
15) Сильвашко С.А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Сильвашко. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2009. — 209 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30117.html
16) Физические основы электроники и электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Ларионов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 434 с. — 978-5-7267-0802-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72782.html
17) Блохин А.В. Электротехника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Блохин. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 184 с. — 978-5-7996-1090-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66230.html
18) Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. — 331 с. — 978-5-7264-1086-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/35441.html
19) Ермуратский П.В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] / П.В. Ермуратский, Г.П. Лычкина, Ю.Б. Минкин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 416 с. — 978-5-4488-0135-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63963.html
20) Федоров С.В. Электроника [Электронный ресурс]: учебник / С.В. Федоров, А.В. Бондарев. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 218 с. — 978-5-7410-1368-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54177.html
21) Иванов, И.И. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебник / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 736 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93764.
22) Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Атабеков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 592 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/90.
23) Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Атабеков, С.Д. Купалян, А.Б. Тимофеев, С.С. Хухриков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 432 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/644.
24) Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Белов, Ю.С. Волков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 432 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3553.

Дополнительная учебная литература:

25) Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 464 с.
26) Аронов В.Л., Баюков А.В., Зайцев А.А. Полупроводниковые приборы: транзисторы. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1983. 904 с.
27) Брежнева К.М., Гантман Е.И., Давыдова Т.И. и др. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: справочник. М.: Радио и связь, 1981. 656 с.
28) Гаврилов Л.П. Нелинейные цепи в программах схемотехнического проектирования. М.: СОЛОН-Р, 2002. 368 с.
29) Зайцев А.А., Миркин А.И., Мокряков В.В. и др. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: справочник. М.: Радио и связь, 1989. 640 с.
30) Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 368 с.
31) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 1: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 462с.
32) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 2: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 376с.
33) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 3: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 575с.
34) Лихачев В.Л. Электротехника. Том 1 [Электронный ресурс] : справочник / В.Л. Лихачев. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 553 с. — 5-93455-120-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/8635.html
35) Лихачев В.Л. Электротехника. Том 2 [Электронный ресурс] : справочник / В.Л. Лихачев. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 448 с. — 5-93455-136-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65115.html
36) Бычков, Ю.А. Справочник по основам теоретической электротехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Бычков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 368 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3187.
37) Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 470 с. — 978-5-7264-1602-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65651.html
38) Лаппи Ф.Э. Минимальный курс электротехники и электроники. Часть 1. Основные элементы электротехники и электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ф.Э. Лаппи. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 112 с. — 978-5-7782-2426-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45112.html
39) Потапов, Л.А. Теоретические основы электротехники: краткий курс [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Потапов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 376 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/76282.

7. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

1) Владимир Алехин. Электротехника и электроника: учебные ресурсы для студентов и преподавателей [Электронный ресурс]. – URL: http://toe-mirea.ru/index.html

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области анализа и мо-

делирования электронных схем.

Методические указания при проведении практических работ описаны в методических указаниях к лабораторным работам. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объём самостоятельно проделанной работы.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю в ходе подготовки к практическому занятию.

Перед выполнением практического занятия необходимо внимательно ознакомиться с заданием. Желательно заранее выполнить подготовку проекта в пакете прикладных программ Micro-Cap, чтобы на практическом занятии осталось время для сдачи работы.

Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Таким образом, вы сможете сэкономить свое время и время преподавателя.

Кроме чтения учебной литературы из обязательного списка рекомендуется активно использовать информационные ресурсы сети Интернет по изучаемой теме. Ответы на многие вопросы, связанные с построением, проектированием и моделированием аналоговых и цифровых электронных схем, можно получить в соответствующих информационных ресурсах и справочных материалах в сети Интернет.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
2) Среда моделирования Micro-Cap 9 (лицензия);
3) Пакет прикладных программ MathCAD (лицензия).

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения практических занятий необходим класс персональных компьютеров с инсталлированными операционными системами Microsoft Windows XP (или выше) или Linux и установленным лицензионным программным обеспечением Micro-Cap 9 и MathCAD;

3) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (квалификация выпускника — бакалавр, форма обучения — очная).

Программу составили:
к.т.н., доц. кафедры САПР ВС Перепелкин Д.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседаниях
кафедры САПР ВС (протокол № 8 от 20.06.2018 г.)

Зав. кафедрой САПР ВС
д.т.н., проф. Корячко В.П.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет»

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

«СОГЛАСОВАНО»	«УТВЕРЖДАЮ»
Декан ФВТ _____ А.Н. Пылькин	Проректор по учебной работе _____ К.В. Бухенский
«___»_____2018 г.	«___»_____2018 г.

Руководитель ОПОП
_____ В.П. Корячко

«___»_____2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.3.Б.03 «Электротехника и электроника»

Направление подготовки

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

ОПОП академического бакалавриата

«Конструирование и технология электронно-вычислительных средств»

Квалификация (степень) выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Рязань, 2018 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата

Рабочая программа дисциплины «Электротехника и электроника» является составной частью основной профессиональной образовательной программы бакалавриата «Конструирование и технология электронно-вычислительных средств», разработанной в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.11.2015 г. № 1333.

Целью освоения дисциплины «Электротехника и электроника» является формирование у будущих специалистов твердых теоретических знаний и практических навыков в части изучения базовых понятий электротехники и электроники, основных методов анализа и расчета электрических цепей постоянного и переменного тока, применения электроизмерительных приборов, проектирования и построения современных электронных схем усилительных устройств аналоговой и цифровой электроники при решении типовых задач, связанных с проектно-конструкторской, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностями.

Задачи дисциплины:

1) Получение системы знаний об элементной и приборной базе электротехники и электроники, их основных законах и закономерностях, методах анализа и расчета аналоговых и цифровых электронных схем.

2) Приобретение умений и навыков использования основных законов электротехники и электроники при решении типовых задач, связанных с проектно-конструкторской, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностями.

3) Приобретение практических навыков в области компьютерного моделирования электронных схем с использованием пакетов прикладных программ автоматизированного проектирования и исследования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	Знать: основные физические процессы и закономерности их протекания в электрических цепях. Уметь: использовать знания о физических процессах и закономерностях, протекающих в электрических цепях. Владеть: физико-математическим аппаратом и компьютерными методами выявления сущностей основных физических процессов и закономерностей в электрических цепях.
ОПК-3	Способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей.	Знать: методы анализа и расчета характеристик и параметров электрических цепей. Уметь: использовать законы электротехники и электроники, методы анализа и расчета для нахождения параметров и характеристик электрических цепей. Владеть: навыками анализа и расчета параметров и характеристик электрических цепей.

ПК-1	Способность моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.	Знать: методы математического и компьютерного моделирования электронных схем, а также пакеты автоматизированного проектирования и исследования. Уметь: применять методы математического и компьютерного моделирования для анализа и расчета электронных схем. Владеть: навыками компьютерного моделирования электронных схем с использованием пакетов прикладных программ автоматизированного проектирования и исследования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Электротехника и электроника» является обязательной, относится к базовой части блока №1 (профессиональные дисциплины) основной профессиональной образовательной программы академического бакалавриата по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Пререквизиты дисциплины. Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: «Физика» и «Математика» (программа бакалавриата). Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные законы физики в части электричества, магнетизма, колебаний и волн;

– основные понятия о тригонометрических функциях и операциях с ними, о системах линейных алгебраических уравнений и методах их решения, о дифференциальных уравнениях и методах их решения, о векторной алгебре, о функциях комплексных переменных, рядах Фурье.

уметь:

– анализировать задачи на предмет их соответствия известным физическим и математическим задачам;

– выявлять физические и математические задачи и способы их решения;

– проводить анализ информации из нескольких библиографических источников;

– работать со специальной технической литературой, включая методические указания;

– организовывать работу по самостоятельной подготовке к лекционным, практическим и лабораторным занятиям.

владеть:

– навыками работы с основными физическими законами электричества, магнетизма, колебаний и волн;

– современными методами решения систем линейных алгебраических уравнений и дифференциальных уравнений;

– методами и приемами анализа тригонометрических функциях, систем линейных алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений, комплексных чисел.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Электротехника и электроника» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Схемо- и системотехника ЭС» и «Цифровая схемотехника» (программа бакалавриата).

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков бакалавра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Схемо- и системотехника ЭС» и «Цифровая схемотехника» (программа бакалавриата).

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 7 зачетных единиц (ЗЕ), 252 часа.

Вид учебной работы	**Очная форма**		
	Всего часов	**3 семестр**	**4 семестр**
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	252	117	135
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	112	48	64
Лекции	56	24	32
Лабораторные работы	32	16	16
Практические занятия	24	8	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	140	69	71
Курсовая работа	12	0	12
Экзамен и консультации	80	40	40
Консультации в семестре	14	7	7
Самостоятельные занятия	46	22	12
Вид промежуточной аттестации обучающихся		РГР, экзамен	КР, экзамен

4. Содержание дисциплины

1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения. (3 семестр).

Электрические цепи и их элементы. Общие сведения об электрических цепях, и их классификация. Источники электропитания и основные элементы электрических цепей. Математические модели, схемы замещения и вольтамперные характеристики элементов. Электрические измерения и приборы.

Тема 2. Линейные электрические цепи постоянного тока (3 семестр).

Основные законы и методы расчета линейных электрических цепей. Энергетические соотношения, режимы работы, баланс мощностей.

Тема 3. Нелинейные цепи постоянного тока (3 семестр).

Основные законы и методы расчета линейных электрических цепей. Энергетические соотношения, режимы работы, баланс мощностей.

Тема 4. Линейные электрические цепи синусоидального тока (3 семестр).

Основы анализа и расчета электрических цепей переменного тока. Способы представления гармонически изменяющихся функций (временные диаграммы, векторные величины и комплексные числа). Действующее значение синусоидальной величины. Элементы в цепи синусоидального тока. Основные законы и методы расчета электрических цепей синусоидального тока. Векторные диаграммы при различных характерах нагрузки. Символический метод расчета. Резонансные явления в электрических цепях синусоидального тока.

Тема 5. Электрические цепи с магнитно-связанными элементами (3 семестр).

Свойства и характеристики магнитного поля. Магнитные свойства материалов. Магнитные цепи. Магнитное поле катушки с током. Электромагнитная индукция. Назначение, принцип действия однофазных и трехфазных трансформаторов. Холостой ход, короткое замыкание. Мощность, коэффициент полезного действия. Принцип работы электрического генератора и двигателя.

Тема 6. Трехфазные электрические цепи (3 семестр).

Получение трехфазной системы токов. Соединение обмоток генератора «звездой» и «треугольником». Мощность в цепи трехфазного тока.

Тема 7. Переходные процессы в линейных электрических цепях (3 семестр).

Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия и задачи расчета переходных процессов Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов в простейших электрических цепях с индуктивным и емкостным накопителями энергии.

Тема 8. Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры (3 семестр).

Системы уравнений и характеристики линейных четырехполюсников. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Интегрирующие и дифференцирующие цепи. Электрические фильтры: структурная схема, назначение, типы, частотные характеристики.

Тема 9. Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход) (4 семестр).

Основные физические процессы в *p-n*-переходе. Свойства *p-n*-перехода при наличии внешнего напряжения. Понятие экстракции и инжекции в *p-n*-переходе. Вольтамперная

характеристика (ВАХ) *p-n*-перехода. Прямое и обратное включение *p-n*-перехода. Полупроводниковые приборы на основе *p-n*-перехода.

Тема 10. Диоды (4 семестр).

Характеристики и параметры диода. Дифференциальное сопротивление диода (сопротивление диода по переменному току). Сопротивление диода по постоянному току. Объемное сопротивление диода. Собственная емкость диода. Эквивалентные схемы диодов. Переходная характеристика диода. Температурные свойства диода. Рабочий режим диода. Классификация диодов. Выпрямительные диоды. Однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления. Мостовая схема выпрямителя. Основные параметры выпрямительных диодов. Стабилитроны. Работа стабилитрона в схеме стабилизации напряжения. Диоды Шоттки. Основные свойства диода Шоттки.

Тема 11. Биполярные транзисторы (4 семестр).

Условное обозначение биполярных транзисторов. Основные технологии изготовления биполярных транзисторов. Принцип действия биполярных транзисторов. Дифференциальный и интегральный коэффициенты передачи тока эмиттера. Дифференциальный и интегральный коэффициенты передачи тока базы. Режимы работы биполярных транзисторов. Схемы включения биполярных транзисторов. Схема включения транзистора с общей базой (ОБ). Схема включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ). Схема включения транзистора с общим коллектором (ОК).

Тема 12. Статические характеристики биполярных транзисторов (4 семестр).

ВАХ для схемы включения транзистора с ОБ. Входная (эмиттерная) характеристика транзистора с ОБ. Выходная (коллекторная) характеристика транзистора с ОБ. ВАХ для схемы включения транзистора с ОЭ. Входная (базовая) характеристика транзистора с ОЭ. Выходная (коллекторная) характеристика транзистора с ОЭ.

Тема 13. Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов (4 семестр).

Усилительные свойства транзистора в схеме с ОБ. Эквивалентная схема транзистора с ОБ. Усилительные свойства транзистора в схеме с ОЭ. Эквивалентная схема транзистора с ОЭ. Усилительные свойства транзистора в схеме с ОК. Эквивалентная схема транзистора с ОК. Расчет транзисторного усилительного каскада по постоянному току. Динамический режим работы транзистора. *h*-параметры биполярных транзисторов. *h*-параметры транзистора в схеме с ОБ. *h*-параметры транзистора в схеме с ОЭ.

Тема 14. Математические модели компонентов электронных схем (4 семестр).

Математические модели диодов. Статическая модель диода. Динамическая модель диода. Нелинейная модель биполярного транзистора (модель Эберса-Молла). Модель И.П. Норенкова. Инжекционная модель Эберса-Молла. Передаточный вариант модели Эберса-Молла. Нелинейная гибридная П-модель Эберса-Молла. Практическая модель биполярного транзистора. Описание топологии принципиальных электрических схем. Процедура составления матрицы А (матрице соединений). Процедура составления матрицы М (контур – ветвь). Составление математической модели схемы (ММС). Методы составления ММС. Метод переменных состояний. Метод узловых потенциалов. Алгоритм составления ММС для схем с правильной структурой. Алгоритм составления ММС для схем с неправильной структурой. Анализ ММС численными методами.

Тема 15. Полевые (униполярные) транзисторы (4 семестр).

Полевые транзисторы с управляющим *p-n*-переходом (ПТУП). Принцип работы ПТУП. Вольтамперная характеристика ПТУП. Выходная (стоковая) характеристика ПТУП. Проходная (стоко-затворная) характеристика ПТУП. Входная характеристика ПТУП. Эквивалентная схема

ПТУП. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МОП и МДП транзисторы). Конструкция МОП транзистора с встроенным *p*-каналом. Конструкция МОП транзистора с встроенным *n*-каналом. Принцип работы МОП транзистора с встроенным каналом. ВАХ МОП транзистора с встроенным *n*-каналом. ВАХ МОП транзистора с встроенным *p*-каналом. Полевые транзисторы с индуцированным каналом. Конструкция МОП транзистора с индуцированным каналом. Принцип работы МОП транзистора с индуцированным каналом. ВАХ МОП транзистора с индуцированным *n*-каналом. ВАХ МОП транзистора с индуцированным *p*-каналом.

4.2 Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	практ	лабор	
	3 семестр	**117**	**48**	**24**	**8**	**16**	**69**
1	Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения	4	2	2	-	-	2
2	Линейные электрические цепи постоянного тока	14	10	4	2	4	4
3	Нелинейные цепи постоянного тока	4	2	2	-	-	2
4	Линейные электрические цепи синусоидального тока	14	10	4	2	4	4
5	Электрические цепи с магнитно-связанными элементами	6	4	4	-	-	2
6	Трехфазные электрические цепи	4	2	2	-	-	2
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях	16	12	4	4	4	4
8	Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры	8	6	2	-	4	2
9	Расчетно-графическая работа	РГР	-	-	-	-	-
10	Консультации в семестре	7	-	-	-	-	7
11	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	4 семестр	**135**	**64**	**32**	**16**	**16**	**71**
12	Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход)	5	4	4	-	-	1
13	Диоды	12	10	6	-	4	2
14	Биполярные транзисторы	18	16	4	4	8	2
15	Статические характеристики биполярных транзисторов	7	6	2	4	-	1
16	Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов	16	14	6	4	4	2
17	Математические модели компонентов электронных схем	12	10	6	4	-	2
18	Полевые (униполярные) транзисторы	6	4	4	-	-	2

19	Курсовая работа	12	-	-	-	-	12
20	Консультации в семестре	7	-	-	-	-	7
21	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	Всего:	**252**	**112**	**56**	**24**	**32**	**140**

Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
	3 семестр			**117**
1	Законы и элементы электрических цепей. Электрические измерения	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
2	Линейные электрические цепи постоянного тока	Лабораторная работа	Исследование линейных электрических цепей постоянного тока.	4
		Практическая работа	Расчет сложной цепи постоянного тока.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
3	Нелинейные цепи постоянного тока	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
4	Линейные электрические цепи синусоидального тока	Лабораторная работа	Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока.	4
		Практическая работа	Расчет цепи синусоидального тока.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
5	Электрические цепи с магнитно-связанными элементами	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
6	Трехфазные электрические цепи	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях	Лабораторная работа	Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях.	4
		Практическая работа	Расчет переходного процесса в электрических цепях первого порядка. Расчет переходного процесса в электрических цепях второго порядка.	2 2

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	4
8	Линейные четырехполюсники. Электрические фильтры	Лабораторная работа	Исследование линейных четырехполюсников и электрических фильтров.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчетов.	2
9	Расчетно-графическая работа	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций, подготовка и сдача РГР.	-
10	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	7
11	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену.	40
	4 семестр			**135**
12	Электронно-дырочный переход (*p-n*-переход)	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	1
13	Диоды	Лабораторная работа	Классификация и основные параметры диодов. ВАХ диода. Практические диодные схемы. Односторонний ограничитель напряжения. Двухсторонний ограничитель напряжения. Однополупериодный выпрямитель напряжения. Двухполупериодный выпрямитель напряжения. Диодный мост. Схема стабилизации переменного напряжения.	2
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчетов.	
14	Биполярные транзисторы	Лабораторная работа	Проектирование и расчет усилительных каскадов (УК) с ОЭ. Классификация УК. Практические схемы УК с ОЭ. Проектирование и расчет УК с ОБ. Практические схемы УК с ОБ.	4 4
		Практическая работа	Проектирование и расчет УК с ОК. Особенности УК с ОК. Практические схемы УК с ОК.	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	2
15	Статические характеристики биполярных транзисторов	Практическая работа	Построение статической линии нагрузки для схемы с ОБ. Построение статической линии нагрузки для схемы с ОЭ.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ПР. Подготовка к сдаче ПР, оформление отчетов.	1
16	Усилительные свойства биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов	Лабораторная работа	Расчет УК с ОЭ по постоянному току. Построение статической линии нагрузки.	4
		Практическая работа	Расчет УК с ОЭ по переменному току. Построение динамической линии нагрузки.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ЛР и ПР. Подготовка к сдаче ЛР и ПР, оформление отчетов.	2
17	Математические модели компонентов электронных схем	Практическая работа	Составление ММС методом переменных состояний. Составление ММС методом узловых потенциалов.	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций Подготовка к ПР. Подготовка к сдаче ПР, оформление отчетов.	2
18	Полевые (униполярные) транзисторы	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
19	Курсовая работа	Самостоятельная работа обучающегося	Проектирование и расчет усилительного каскада с распределенной нагрузкой. Изучение конспекта лекций. Подготовка пояснительной записки и защита курсовой работы	12
20	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	7
21	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену.	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

10) Теоретические основы электротехники: учеб.пособие/ В.С. Гуров, Е.В. Мамонтов, С.А. Круглов, Т.А. Глебова, Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2011. 140 с.

11) Электротехника. Часть 1: учеб.пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.

12) Электротехника. Часть 2: учеб.пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.

13) Теоретические основы электротехники. Часть 1: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2015. 92 с.

14) Теоретические основы электротехники. Часть 2: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2016. 60 с.

15) Исследование и расчет диодных схем [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин. Рязань, 2013. 12 с. — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1548

16) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общей базой [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов., М.А. Иванчикова. Рязань, 2017. 12 с. — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1558

17) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общим эмиттером: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов. Рязань, 2016. 20 с.

18) Проектирование и расчет усилительных каскадов с общим коллектором: методические указания к лабораторным и практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Д.А. Перепелкин, Ю.М. Тобратов, М.А. Иванчикова. Рязань, 2017. 12 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Электротехника и электроника»).

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

Основная учебная литература:

40) Перепелкин Д.А. Схемотехника усилительных устройств: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и перераб. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 238 с.
41) Булычев А.Л. и др. Электронные приборы. – М.: Лайт ЛТд, 2000.
42) Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000.
43) Миловзоров О.В., Панков И.Г. Электроника: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2004. – 288 с.
44) Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.
45) Остапенко Г.С. Усилительные устройства. – М. Радио и связь, 1989. – 399 с.
46) Лам Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Расчет и реализация / под ред. И.Н. Теплюка. – М.: Мир, 1982. – 592 с.
47) Ногин В.Н. Аналоговые электронные устройства. – М. Радио и связь, 1992. – 300 с.
48) Теоретические основы электротехники: учеб. пособие/ В.С. Гуров, Е.В. Мамонтов, С.А. Круглов, Т.А. Глебова, Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2011. 140 с.

49) Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учеб.для вузов. М.:Гардарики, 2002. 638с.
50) Электротехника. Часть 1: учеб. пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
51) Электротехника. Часть 2: учеб. пособие/ А.А. Дягилев, С.А. Круглов, А.А. Сережин; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань: РГРТУ, 2014. 80 с.
52) Теоретические основы электротехники. Часть 1: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2015. 92 с.
53) Теоретические основы электротехники. Часть 2: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Борисовский, А.А. Дягилев, С.А. Круглов, Е.В. Мамонтов, А.А.Сережин. Рязань, 2016. 60 с.
54) Сильвашко С.А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Сильвашко. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2009. — 209 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30117.html
55) Физические основы электроники и электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Ларионов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 434 с. — 978-5-7267-0802-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72782.html
56) Блохин А.В. Электротехника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Блохин. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 184 с. — 978-5-7996-1090-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66230.html
57) Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. — 331 с. — 978-5-7264-1086-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/35441.html
58) Ермуратский П.В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] / П.В. Ермуратский, Г.П. Лычкина, Ю.Б. Минкин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 416 с. — 978-5-4488-0135-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63963.html
59) Федоров С.В. Электроника [Электронный ресурс]: учебник / С.В. Федоров, А.В. Бондарев. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 218 с. — 978-5-7410-1368-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54177.html
60) Иванов, И.И. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебник / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 736 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93764.
61) Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Атабеков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 592 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/90.
62) Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Атабеков, С.Д. Купалян, А.Б. Тимофеев, С.С. Хухриков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 432 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/644.
63) Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Белов, Ю.С. Волков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 432 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3553.

Дополнительная учебная литература:

64) Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 464 с.
65) Аронов В.Л., Баюков А.В., Зайцев А.А. Полупроводниковые приборы: транзисторы. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1983. 904 с.
66) Брежнева К.М., Гантман Е.И., Давыдова Т.И. и др. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: справочник. М.: Радио и связь, 1981. 656 с.
67) Гаврилов Л.П. Нелинейные цепи в программах схемотехнического проектирования. М.: СОЛОН-Р, 2002. 368 с.
68) Зайцев А.А., Миркин А.И., Мокряков В.В. и др. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: справочник. М.: Радио и связь, 1989. 640 с.
69) Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 368 с.
70) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 1: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 462с.
71) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 2: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 376с.
72) Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Том 3: Учеб.для вузов. СПб.: Питер, 2003. 575с.
73) Лихачев В.Л. Электротехника. Том 1 [Электронный ресурс] : справочник / В.Л. Лихачев. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 553 с. — 5-93455-120-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/8635.html
74) Лихачев В.Л. Электротехника. Том 2 [Электронный ресурс] : справочник / В.Л. Лихачев. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 448 с. — 5-93455-136-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65115.html
75) Бычков, Ю.А. Справочник по основам теоретической электротехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Бычков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 368 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3187.
76) Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 470 с. — 978-5-7264-1602-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65651.html
77) Лаппи Ф.Э. Минимальный курс электротехники и электроники. Часть 1. Основные элементы электротехники и электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ф.Э. Лаппи. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 112 с. — 978-5-7782-2426-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45112.html
78) Потапов, Л.А. Теоретические основы электротехники: краткий курс [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Потапов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 376 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/76282.

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

2) Владимир Алехин. Электротехника и электроника: учебные ресурсы для студентов и преподавателей [Электронный ресурс]. – URL: http://toe-mirea.ru/index.html

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области анализа и мо-

делирования электронных схем.

Методические указания при проведении практических работ описаны в методических указаниях к лабораторным работам. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объём самостоятельно проделанной работы.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю в ходе подготовки к практическому занятию.

Перед выполнением практического занятия необходимо внимательно ознакомиться с заданием. Желательно заранее выполнить подготовку проекта в пакете прикладных программ Micro-Cap, чтобы на практическом занятии осталось время для сдачи работы.

Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Таким образом, вы сможете сэкономить свое время и время преподавателя.

Кроме чтения учебной литературы из обязательного списка рекомендуется активно использовать информационные ресурсы сети Интернет по изучаемой теме. Ответы на многие вопросы, связанные с построением, проектированием и моделированием аналоговых и цифровых электронных схем, можно получить в соответствующих информационных ресурсах и справочных материалах в сети Интернет.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень лицензионного программного обеспечения:

4) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
5) Среда моделирования Micro-Cap 9 (лицензия);
6) Пакет прикладных программ MathCAD (лицензия).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения практических занятий необходим класс персональных компьютеров с инсталлированными операционными системами Microsoft Windows XP (или выше) или Linux и установленным лицензионным программным обеспечением Micro-Cap 9 и MathCAD;

3) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (квалификация выпускника — бакалавр, форма обучения — очная).

Программу составили:
к.т.н., доц. кафедры САПР ВС Перепелкин Д.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседаниях
кафедры САПР ВС (протокол № 8 от 20.06.2018 г.)

Зав. кафедрой САПР ВС
д.т.н., проф. Корячко В.П.