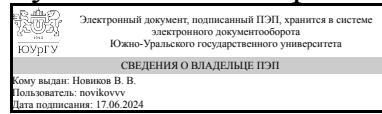


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



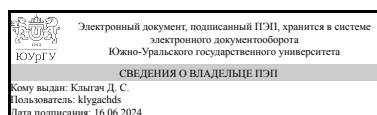
В. В. Новиков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.16 Радиопередающие устройства РЭС  
для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Радиоэлектроника и системы связи

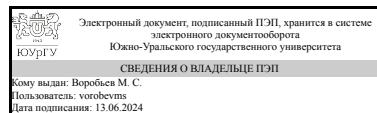
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 930

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



Д. С. Клыгач

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



М. С. Воробьев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является изучение и усвоение принципов работы, методов анализа и проектирования основных типов устройств, предназначенных для генерирования и формирования электрических колебаний радиочастотного диапазона, а также знакомство с параметрами и характеристиками радиопередающих устройств, с основными техническими и конструктивными требованиями к ним, связью этих требований с назначением и параметрами радиотехнических систем связи. Задачами дисциплины являются: • познакомить обучающихся с основными техническими решениями при создании устройств формирования радиосигналов при разнообразных дополнительных требованиях к параметрам окружающей среды и к уровню погрешностей технической реализации; • дать информацию об элементной базе электроники, на основе которых создаются современные радиопередающие устройства; • научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при последующей разработке радиопередающих устройств.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина «Радиопередающие устройства РЭС» включает в себя следующие основные разделы: генераторы с внешним возбуждением; транзисторные усилители мощности; суммирование мощности генераторов; умножители частоты; автогенераторы; модуляция и цифровые методы манипуляции, синтезаторы частот.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способностью осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов радио оборудования, сетевых устройств программного обеспечения инфокоммуникаций	Знает: методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документация по системам качества работы устройств РЭС. Умеет: анализировать состояние и устанавливать соответствие параметров работы радиопередающих устройств РЭС действующим отраслевым нормативам. Имеет практический опыт: управления, навыками построения моделей

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.15 Метрология и электрорадиоизмерения, 1.Ф.06 Практикум по виду профессиональной деятельности, ФД.02 Перспективные технологии беспроводных локальных сетей	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
ФД.02 Перспективные технологии беспроводных локальных сетей	Знает: Принципы организации сетей датчиков и исполнительных устройств интернета вещей Умеет: Проводить оценку качества работы аппаратно-программного комплекса интернета вещей Имеет практический опыт: Владения современным программным обеспечением, используемым в интернете вещей
1.О.15 Метрология и электрорадиоизмерения	Знает: требования стандартизации, метрологического обеспечения при разработке и эксплуатации электронных средств; технические средства измерений, их метрологические характеристики, правила поверок; принципы и методы измерений; принципы построения и особенности средств измерений основных электрических величин; принципы построения цифровых средств измерений и контроля. Структуру и принципы работы измерительных устройств. Методы получения экспериментальных данных. Умеет: подбирать средства измерений по условиям предстоящих измерительных задач; выполнять измерения различных электрических и радиотехнических величин, оформлять протокол эксперимента в установленной форме; вести обработку экспериментальных данных с целью повышения точности конечного результата Имеет практический опыт: Владения методами работы с измерительными приборами; приемами определения погрешностей в типовых ситуациях измерений
1.Ф.06 Практикум по виду профессиональной деятельности	Знает: Принципы организации сетей датчиков и исполнительных устройств интернета вещей Умеет: Проводить оценку качества работы аппаратно-программного комплекса интернета вещей Имеет практический опыт: Владения современным программным обеспечением, используемым в интернете вещей

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 97,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8

Общая трудоёмкость дисциплины	180	108	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	84	48	36
Лекции (Л)	44	32	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	16	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	82,25	53,75	28,5
Подготовка к практическим занятиям	57,25	53,75	3,5
Выполнение курсовой работы	25	0	25
Консультации и промежуточная аттестация	13,75	6,25	7,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен, КР

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы теории и расчета режима генератора с внешним возбуждением (ГВВ)	8	4	4	0
2	Основы теории и расчета транзисторных ГВВ.	8	4	4	0
3	Цепи согласования (ЦС) активного элемента (АЭ) с нагрузкой.	8	4	4	0
4	Умножители частоты (УЧ).	4	2	2	0
5	Основы теории автогенераторов (АГ).	8	4	4	0
6	Стабилизация частоты АГ.	6	4	2	0
7	Сложение мощностей АЭ ГВВ.	8	4	4	0
8	Амплитудная модуляция. Схемы передатчиков с АМ.	4	2	2	0
9	Балансная и однополосная модуляция. Схемы передатчиков с ОМ	4	2	2	0
10	Угловая модуляция (УМ). Схемы передатчиков с УМ	8	4	4	0
11	Дискретная (цифровая) модуляция.	12	6	6	0
12	Синтезаторы частот.	6	4	2	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Структурная схема ГВВ. Баланс мощностей. Режимы работы активных элементов. Нагрузочные характеристики ГВВ. Особенности работы ГВВ на комплексную нагрузку. Основы инженерного расчета и автоматизации проектирования ГВВ.	4
2	2	Эквивалентные схемы биполярного и полевого транзисторов. Зависимость токов и энергетических показателей транзисторного ГВВ от частоты. Основы инженерного расчета транзисторного ГВВ с учетом инерционных явлений.	4
3	3	Требования к ЦС. Условия согласования АЭ с нагрузкой на заданной частоте. ЦС с распределенными параметрами. ЦС активного элемента с нагрузкой в заданной полосе частот.	4
4	4	Назначение и классификация УЧ. Умножитель с нелинейным безынерционным четырехполюсником. СВЧ варакторные умножители частоты, их классификация. Анализ варакторных умножителей частоты.	2

5	5	Требования, предъявляемые к АГ. Уравнение АГ, условие стационарного режима. Обобщенная трехточечная схема АГ. Одноконтурные АГ с автоматическим смещением. АГ с фазированием. Схема Клаппа. Эквивалентная схема кварцевого резонатора. Схемы кварцевых АГ и особенности их расчета.	4
6	6	Мгновенная и средняя частота. Кратковременная и долго-временная нестабильность частоты. Влияние нестабильности частоты на работу радиотехнических устройств и систем. Параметрические методы стабилизации частоты. Стабилизация частоты с помощью высокодобротных резонаторов. Стабилизация частоты методом синхронизации. Системы ЧАПЧ и ФАПЧ.	4
7	7	Параллельное и двухтактное включение АЭ в ГВВ. Узкополосные схемы сложения произвольного числа генераторов. Квадратурное сложение мощности.	4
8	8	Модуляция смещением, анодная и коллекторная модуляция. Статистические модуляционные характеристики. Комбинированные виды модуляции, схемы их осуществления.	2
9	9	Балансная модуляция. Получение БМ в балансном модуляторе. КБМ. Виды излучений при однополосной модуляции (ОМ). Преимущества ОМ по энергетическим показателям и по полосе занимаемых частот. Способы формирования ОМ колебаний: фильтровой, фазоразностный, цифровой с трансформатором Гильберта.	2
10	10	Основные методы и схемы осуществления УМ. Прямые и косвенные методы. Основы инженерного расчета частотных модуляторов на варикапах. Методы повышения линейности частотных модуляторов. Стабилизация средней частоты частотных модуляторов. Фазовая модуляция. Структурные схемы передатчиков с УМ различного назначения. Особенности передатчиков с УМ для систем связи с подвижными объектами. Особенности передатчиков с УМ для систем спутниковой подвижной связи. Особенности построения усилительного тракта передатчиков с УМ.	4
11	11	Сигналы с дискретной (цифровой) угловой модуляцией. Разновидности сигналов двухуровневой и многоуровневой частотной, фазовой и амплитудно-фазовой (АФМ) манипуляцией. Основные способы их получения. Частотные и фазовые манипуляторы. Структурные схемы возбуждателей. Особенности формирования сигналов дискретной ЧМ, ФМ, ОФМ, КАФМ. Универсальные квадратурные модуляторы. Особенности формирования сигналов с аналоговой и цифровой УМ, АФМ в квадратурном модуляторе.	6
12	12	Основные характеристики синтезаторов частот. Методы синтеза дискретной сетки частот. Пассивные синтезаторы. Активные синтезаторы. Импульсные синтезаторы с кольцом ФАПЧ. Многоуровневые цифровые синтезаторы частот. Комбинированные синтезаторы.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Расчет ГВВ в линейном режиме.	2
2	1	Расчет ГВВ в нелинейном режиме.	2
3	2	Расчет транзисторного усилителя мощности на средних частотах	2
4	2	Расчет транзисторного усилителя мощности на высоких частотах	2
5	3	Расчет Г-образной цепи согласования.	2
6	3	Расчет П-образной выходной цепи согласования ТУМ.	2

7	4	Расчет множителя частоты.	2
8	5	Расчет транзисторного АГ на НЧ.	2
9	5	Расчет транзисторного АГ на ВЧ	2
10	6	Расчет транзисторного АГ с кварцевой стабилизацией	2
11	7	Расчет синфазного устройства сложения мощности	2
12	7	Расчет квадратурного устройства сложения мощност	2
13	8	Расчет транзисторного каскада в режиме модуляции смещением и коллекторная модуляция.	2
14	9	Расчет кольцевого балансного модулятора	2
15	10	Расчет частотного модулятора на варикапе	2
16	10	Расчет фазового модулятора на варикапе	2
17	11	Методы формирования модулирующих импульсов	2
18	11	Методы формирования цифровой модуляции: BPSK, QPSK, PSK, QAM	2
19	11	Частотная манипуляция FSK,MSK, GMSK	2
20	12	Импульсные фазовые синтезаторы.	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям	1) М.С. Воробьев. Радиопередающие устройства РЭС: Учебное пособие. - Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2014, - 118 с. 2) М.С. Воробьев. Транзисторные автогенераторы: Учебное пособие. - Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2007, - 75с.4. 3) М.С. Воробьев. Радиочастотные усилители мощности: учебное пособие / М.С. Воробьев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 47	7	53,75
Выполнение курсовой работы	Радиопередающие устройства РЭС: методические указания к выполнению курсовой работы / составитель М.С. Воробьев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 17 с.	8	25
Подготовка к практическим занятиям	1) М.С. Воробьев. Радиопередающие устройства РЭС: Учебное пособие. - Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2014, - 118 2) М.С. Воробьев. Методы модуляции в системах цифровой связи. Учебное пособие / М.С. Воробьев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 35 с	8	3,5

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1.2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа №2	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1.2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
3	7	Текущий контроль	Контрольная работа №3	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1.2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
4	7	Текущий контроль	Контрольная работа №4	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1.2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
5	7	Бонус	Бонусы за активную работу на занятиях	-	12	До 5 баллов регулярность посещения занятий, До 7 баллов за дополнительные задания и работу на практических занятиях.	зачет
6	7	Промежуточная аттестация	Зачетная работа	-	40	Тестовая работа включает 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 5 баллов. За частичное выполнение –1-4 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
7	8	Текущий контроль	Контрольная работа №5	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1,2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов	экзамен
8	8	Текущий контроль	Контрольная работа №6	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1,2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов	экзамен
9	8	Текущий контроль	Контрольная работа №7	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1,2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов	экзамен
10	8	Текущий контроль	Контрольная работа №8	1	12	Тестовая работа из 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 1,2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	экзамен

11	8	Бонус	Дополнительные задания и бонусы	-	12	До 5 баллов регулярность посещения занятий, До 7 баллов за дополнительные задания и работу на практических занятиях.	экзамен
12	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	40	Устный экзамен. Билет включает 3 вопроса. 1-й вопрос теоретический. максимальный балл 15. 2-й вопрос теоретический. максимальный балл 15. 3-й вопрос –задача. максимальный балл 10. Баллы начисляются в зависимости от полноты изложения теоретических вопросов и решения задачи.	экзамен
14	8	Курсовая работа/проект	Анализ задания. Составление структурной схемы.	-	10	Составление развернутого технического задания – 3 балла. Составление структурной схемы – 3 балла Выбор активных элементов – 4 балла.	курсовые работы
15	8	Курсовая работа/проект	Расчет первого узла.	-	12	Выбор схемы первого узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
16	8	Курсовая работа/проект	Расчет второго узла.	-	12	Выбор схемы второго узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
17	8	Курсовая работа/проект	Расчет третьего узла.	-	12	Выбор схемы третьего узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
18	8	Курсовая работа/проект	Оформление курсовой работы	-	10	Составление пояснительной записки – 5 баллов. Составление чертежей – 5 баллов.	курсовые работы
19	8	Курсовая работа/проект	Защита курсовой работы	-	40	Баллы начисляются в зависимости от полноты реализации ТЗ, степени знания решаемых вопросов, структуру и качества доклада, ответы на вопросы по теме работы.	курсовые работы

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
курсовые работы	1) Анализ задания. Составление структурной схемы -10 баллов. 2) Расчет первого узла - 12 баллов. 3) Расчет второго узла - 12 баллов. 4) Расчет третьего узла - 12 баллов. 5) Оформление курсовой работы - 10 баллов. 6) Защита 40 баллов.	В соответствии с п. 2.7 Положения



экзамен	Устный экзамен. Билет включает 3 вопроса. 1-й вопрос теоретический. максимальный балл 15. 2-й вопрос теоретический. максимальный балл 15. 3-й вопрос –задача. максимальный балл 10. Баллы начисляются в зависимости от полноты изложения теоретических вопросов и решения задачи.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
зачет	Тестовая работа включает 10 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 5 баллов. За частичное выполнение –1-4 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№о КМ																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
ПК-2	Знает: методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документация по системам качества работы устройств РЭС.	+			+			++					+	+	+	+			+
ПК-2	Умеет: анализировать состояние и устанавливать соответствие параметров работы радиопередающих устройств РЭС действующим отраслевым нормативам.		+			++		+		+			+	+		+		+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: управления, навыками построения моделей			+						+			+	+			+		+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Радиопередающие устройства Учеб. для вузов по специальности 2011 "Радиосвязь, радиовещание, телевидение" В. В. Шахгильдян, В. Б. Козырев, А. А. Ляховкин и др.; Под ред. В. В. Шахгильдяна. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2003. - 559,[1] с. ил.
2. Проектирование радиопередатчиков Учеб. пособие для вузов по специальности 201100 "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" В. В. Шахгильдян, М. С. Шумилин, В. Б. Козырев и др.; Под ред. В. В. Шахгильдяна. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2000. - 653 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Белов, Л. А. Формирование стабильных частот и сигналов Учеб. пособие для вузов по специальностям "Радиофизика и электроника" и др. Л. А. Белов. - М.: Академия, 2005. - 221, [1] с. ил.
2. Петров, Б. Е. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1989. - 232 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания по выполнению курсовой работы
2. Радиочастотные усилители
3. Радиопередающие устройства РЭС
4. Транзисторные автогенераторы

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания по выполнению курсовой работы
2. Радиочастотные усилители
3. Радиопередающие устройства РЭС
4. Транзисторные автогенераторы

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ворона, В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета: Учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2011. — 418 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/94643">http://e.lanbook.com/book/94643</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Першин, В.Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2013. <a href="http://e.lanbook.com/book/5425">http://e.lanbook.com/book/5425</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows server(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	914 (36)	Персональные компьютеры
Лекции	914 (36)	Электронный проектор