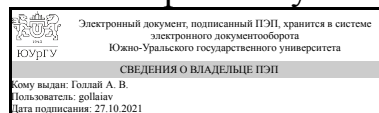


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Высшая школа электроники и
компьютерных наук



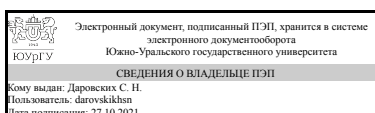
А. В. Голлай

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.14 Радиопередающие устройства РЭС
для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Инфокоммуникационные технологии

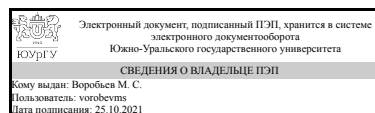
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 930

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



С. Н. Даровских

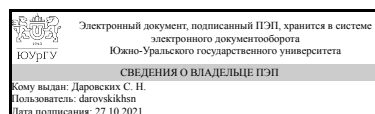
Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент (кн)



М. С. Воробьев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления
д.техн.н., доц.



С. Н. Даровских

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.14 Метрология и электрорадиоизмерения, 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
1.О.14 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
ФД.02 Перспективные технологии беспроводных локальных сетей	Знает: Существующие и перспективные стандарты и протоколы информационного обмена в области интернета вещей, Принципы организации сетей датчиков и исполнительных устройств интернета вещей Умеет: Выполнять настройку и проверку работоспособности аппаратного обеспечения интернета вещей, Проводить оценку качества работы аппаратно-программного комплекса интернета вещей Имеет практический опыт: владения навыками монтажа и сдачи в эксплуатацию базовых станций и конечных устройств интернета вещей, 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

Аудиторные занятия:	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
Самостоятельная работа (СРС)	82,25	53,75	28,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Выполнение курсовой работы	25	0	25
Подготовка к практическим занятиям	57,25	53,75	3,5
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 четырехполосником. СВЧ варакторные умножители	2

		частоты, их классификация. Анализ варакторных умножителей частоты.	
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 высокочастотных 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 умножителя 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 мощностей	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
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 с. 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
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

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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	Семестр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	15	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 3 балла. За частичное выполнение –1 или 2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа №2	1	15	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 3 балла. За частичное выполнение –1 или 2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
3	7	Текущий контроль	Контрольная работа №3	1	15	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 3 балла. За частичное выполнение –1 или 2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
4	7	Текущий контроль	Контрольная работа №4	1	15	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 3 балла. За частичное выполнение –1 или 2 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	зачет
5	7	Промежуточная аттестация	Зачетная работа	1	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
6	8	Текущий контроль	Контрольная работа №5	1	20	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 4 балла. За частичное выполнение –1 ... 3 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	экзамен
7	8	Текущий контроль	Контрольная работа №6	1	20	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 4 балла. За частичное выполнение –1 ... 3 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	экзамен
8	8	Текущий контроль	Контрольная работа №7	1	20	Работа включает 5 заданий. За полный ответ на каждое задание начисляется 4 балла. За частичное выполнение –1 ... 3 балла. Неправильный ответ – 0 баллов.	экзамен
9	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	40	Устный экзамен. Билет включает 3 вопроса. 1-й вопрос теоретический. максимальный балл 15. 2-й вопрос теоретический.	экзамен

						максимальный балл 15. 3-й вопрос –задача. максимальный балл 10. Баллы начисляются в зависимости от полноты изложения теоретических вопросов и решения задачи.	
10	8	Курсовая работа/проект	Анализ задания. Составление структурной схемы.	1	10	Составление развернутого технического задания – 3 балла. Составление структурной схемы – 3 балла Выбор активных элементов – 4 балла.	курсовые работы
11	8	Курсовая работа/проект	Расчет первого узла.	1	12	Выбор схемы первого узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
12	8	Курсовая работа/проект	Расчет второго узла.	1	12	Выбор схемы второго узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
13	8	Курсовая работа/проект	Расчет третьего узла.	1	12	Выбор схемы третьего узла – 2 балла. Расчет принципиальной схемы – 6 баллов Предварительное оформление расчетов и схем – 4 балла.	курсовые работы
14	8	Курсовая работа/проект	Оформление курсовой работы	1	10	Составление пояснительной записки – 5 баллов. Составление чертежей – 5 баллов.	курсовые работы
15	8	Курсовая работа/проект	Защита курсовой работы	1	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
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
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	В соответствии с п. 2.7 Положения

	баллов.	
--	---------	--

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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		+						+++				+			+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному 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.
3. Белов, Л. А. Радиопередающие устройства Учеб. для сред. спец. учеб. заведений радиотехн. спец. Под ред. М. В. Благовещенского, Г. М. Уткина. - М.: Радио и связь, 1982. - 407 с. ил.
4. Шахгильдян, В. В. Проектирование радиопередающих устройств Учеб. пособие для ин-тов связи спец 0703 Под ред. В. В. Шахгильдяна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1984. - 421 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. Радиопередающие устройства РЭС
2. Транзисторные автогенераторы
3. Радиочастотные усилители
4. Методические указания по выполнению курсовой работы

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

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

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. http://e.lanbook.com/book/94643
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. http://e.lanbook.com/book/5425

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
Лекции	304 (ПЛК)	Электронный проектор
Практические занятия и семинары	207 (ПЛК)	Персональные компьютеры