МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР и МД
_____Сенченко П.В.
«11» _____12_____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНОМОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические системы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР и МД
Дата подписания: 11.12.2024
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 82432

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Цель изучения данной дисциплины – сформировать компетенции, необходимые для понимания принципов работы современных источников гармонических сигналов СВЧ, выбора методов измерений их параметров.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение физических основ синтеза частот.
2. Изучение способов измерений основных параметров источников гармонических сигналов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (hard skills – HS).
Индекс дисциплины: Б1.О.02.02.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 82432

ОПК-3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.1. Знает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности	Знает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплине "Устройства генерирования и формирования сложномодулированных сигналов" и профессиональной сфере деятельности.
	ОПК-3.2. Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций для эффективного поиска информации из своей предметной области	Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций для эффективного поиска информации в области генерирования и формирования сигналов.
	ОПК-3.3. Владеет методами научно-технического творчества, способами генерации новых идей и подходов для решения профессиональных задач	Владеет методами научно-технического творчества, способами генерации новых идей и подходов для решения профессиональных задач, связанных с устройствами генерирования и формирования сигналов.
ОПК-4. Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.1. Знает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации объектов профессиональной деятельности с использованием систем автоматизированного проектирования	Знает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации устройств генерирования и формирования сигналов с использованием систем автоматизированного проектирования
	ОПК-4.2. Умеет выбирать пакеты прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности	Умеет выбирать пакеты прикладных программ для решения задач, связанных с проектирование устройств генерирования и формирования сигналов
	ОПК-4.3. Владеет современными программными средствами моделирования, проектирования и конструирования объектов профессиональной деятельности	Владеет современными программными средствами моделирования, проектирования и конструирования устройств генерирования и формирования сигналов
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 82432

ПК-3. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знает методики проектирования объектов профессиональной деятельности	Знает методики проектирования устройств генерирования и формирования сигналов.
	ПК-3.2. Умеет эффективно применять современные средства разработки при проектировании объектов профессиональной деятельности.	Умеет эффективно применять современные средства разработки при проектировании устройств генерирования и формирования сигналов.
	ПК-3.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности	Владеет современными технологиями проектирования устройств генерирования и формирования сигналов.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		1 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Подготовка к зачету с оценкой	48	48
Подготовка к тестированию	24	24
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр					
1 Синтез частот на СВЧ	4	-	12	16	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
2 Компоненты синтезаторов частот	4	2	12	18	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	4	2	12	18	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
4 Моделирование системы ФАПЧ	2	4	12	18	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3

Согласована на портале № 82432

5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	2	6	12	20	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	2	4	12	18	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 Синтез частот на СВЧ	Понятие синтеза частоты, описание основных свойств синтеза частоты в сравнении с традиционным генерированием СВЧ. Понятие синтезатора частот, как системы, преобразующей сигнал одной стабильной частоты в сигнал другой частоты из конечного множества, определяемой цифровой командой. Перечисление и описание основных характеристик синтезаторов частот: диапазон частот и шаг перестройки, время перестройки, спектральная чистота (качество спектра) выходного сигнала (шумы, гармоники, субгармоники, негармонические составляющие, стабильность частоты. Методы синтеза частоты (прямой аналоговый, прямой цифровой, косвенный) с особенностями. Основные противоречия базовых методов синтеза, способы их разрешения – комбинированный синтез частоты, цифровая техника и программируемая логика в синтезе частот.	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 82432

2 Компоненты синтезаторов частот	Понятие автогенератора, как системы с ПОС. Условия возникновения и установления колебаний. Формирование спектральной линии колебания и соотношения амплитудных и фазовых шумов. Корректность формулы Лисона, коэффициент шума, вносимый усилителем шум. Анализ формулы Лисона и очевидные методы снижения фазовых шумов. Резонаторы СВЧ: типы (кварц, ПАВ, КР, ДР, LC, лейкосапфир, линия задержки, ЖИГ) и конструкция, принцип работы, особенности. Экстремальный метод снижения фазовых шумов через АПЧ с дискриминатором с высокодобротным резонатором. Примеры основных типов генераторов.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Умножители (диодные, варакторные, транзисторные, ДНЗ, логические элементы), делители частоты (регенеративные, цифровые), смесители (балансные, кольцевые, гармонические), фазовые детекторы (кольцевой смеситель, логический элемент, частотно-фазовый детектор). Основные схемы, описание принципа работы.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 82432

3 Система ФАПЧ в синтезе частот	Структурная схема системы ФАПЧ и принцип работы. Уравнения передаточных характеристик. Преобразования шумов элементов системы. Типичный фильтр сигнала ошибки ФАПЧ и астатизм. Влияние астатизма на качество удержания фазы и примеры. Ограничения на полосу захвата аналоговой ФАПЧ и применение частотно-фазового детектора. Цифровая ФАПЧ – токовый выход ЧФД, бесконечная полоса захвата, высокий вносимый шум, гибкость управления частотой и экономичность. Противоречие между шумом и шагом перестройки частот – дробное деление, сигма-дельта модуляция, эффекты нелинейности. Индикация захвата частоты.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Шум частотно-фазового детектора – простое объяснение возникновения и поведения. Две составляющие шума ЧФД и их поведение в зависимости от вариации опорной частоты. Оптимум фазового шума и определение полосы пропускания. ЧФД – основной источник шума и реальные уровни шума компонентов. Снижение шума ЧФД, как одна из основных задач в сверхширокополосных синтезаторах с ФАПЧ. Преобразование и умножение частоты в обратной связи. Текущий уровень.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	4	
4 Моделирование системы ФАПЧ	Основные пакеты моделирования систем цифровой ФАПЧ. Задание основных параметров и конфигурации системы для моделирования. Как просто рассчитать пассивный фильтр сигнала ошибки. Моделирование спектра фазовых шумов и процессов перестройки частоты. Моделирование нестандартных систем.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	2	
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	Интегральные микросхемы ФАПЧ и прямого цифрового синтеза с ключевыми особенностями и характеристиками. Отечественные и импортные решения. Иллюстрации некоторых конструкций синтезаторов частот. Необычные подходы к синтезу частоты.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 82432

6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	Измерение частоты (частотомер, анализатор спектра), мощности (измерители мощности), спектра (анализатор спектра). Измерение переходных процессов перестройки частоты, мощности и фазы – аналоговая демодуляция в анализаторе спектра, осциллограф. Измерение спектров амплитудных и фазовых шумов сигнала: прямое измерение спектра анализатором, синхронное детектирование (демодуляция), двухканальные системы. Кросскорреляционный метод измерения шумов – идея, реализация, особенности цифровой обработки и отображения, вопросы доверия к результатам измерения.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
2 Компоненты синтезаторов частот	Передача битов противоположными сигналами.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	2	
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	Переход к фазовой манипуляции. Когерентность	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	2	
4 Моделирование системы ФАПЧ	Неоднозначность ФАПЧ. Частичная когерентность.	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	4	
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	Дифференциальный кодер и декодер	6	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	6	
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	Расчет вероятности битовой ошибки	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в

Согласована на портале № 82432

таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
1 семестр				
1 Синтез частот на СВЧ	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
2 Компоненты синтезаторов частот	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
4 Моделирование системы ФАПЧ	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	Подготовка к зачету с оценкой	8	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ОПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование
ОПК-4	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование
ПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование

Согласована на портале № 82432

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
1 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	60	60
Тестирование	10	10	20	40
Итого максимум за период	10	10	80	100
Нарастающим итогом	10	20	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов [и др.]. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 176 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/303020.

7.2. Дополнительная литература

1. Холопов, И. С. Сложные сигналы в радиотехнических системах : учебное пособие / И. С. Холопов, Е. С. Штрунова. — Рязань : РГРТУ, 2022. — 64 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/310577.

Согласована на портале № 82432

2. Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 268 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/515389.

3. Проектирование радиопередающих устройств для систем подвижной радиосвязи / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 116 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/314705.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7867.

2. Вероятность битовой ошибки при дифференциальном декодировании: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / А. В. Новиков - 2019. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9007.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория микроволновых устройств и антенн: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 225/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 16 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

Согласована на портале № 82432

Монитор 27" 20 шт.
Монитор MSI 27" Pro MP271 12 шт.
Системный блок 1 8 шт.
Системный блок 2 8 шт.
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
Программное обеспечение:
- Comsol 6.1.0.282;
- GNU Radio;
- PTC Mathcad 14;
- Qucs;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной

Согласована на портале № 82432

компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Синтез частот на СВЧ	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Компоненты синтезаторов частот	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Моделирование системы ФАПЧ	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков

Согласована на портале № 82432

4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Выберите верное определение утверждение:
   а) чаще в интенсивность амплитудного шума ниже, чем фазового, за счет естественного стабилизирующего механизма ограничения амплитуды колебаний автогенератора
   б) чаще интенсивности амплитудного и фазового шума одинаковы за счет естественной природы теплового шума, несущего в себе амплитудные и фазовые флуктуации в равной степени
   в) чаще интенсивность амплитудного шума выше, но его влияние на системы пренебрежимо за счет традиционного использования частотного или фазового детектирования и обработки сигналов
   г) чаще в интенсивность амплитудного шума выше, чем фазового, за счет естественного стабилизирующего механизма ограничения амплитуды колебаний автогенератора
2. Как влияет снижение степени связи с резонатором в автогенераторе?
   а) со снижением связи с резонатором его добротность растет и уровень фазовых шумов снижается
   б) со снижением связи с резонатором частотная граница белого частотного шума

Согласована на портале № 82432

снижается, но уровень белого фазового шума растет за счет снижения мощности на входе активного элемента
в) не влияет
г) со снижением связи с резонатором его добротность снижается и уровень фазовых шумов растет

3. С помощью каких устройств можно реализовать шаг перестройки частоты в целочисленной ФАПЧ меньше частоты сравнения?
а) прямой цифровой синтезатор
б) сигма-дельта модулятор делителя частоты в обратной связи
в) смеситель
г) ГУН
4. Перестраиваемые генераторы, управляемые напряжением (ГУН), выполняют по схеме:
а) Ёмкостной трёхточки с контуром между коллектором и базой.
б)Индуктивной трёхточки с контуром между эмиттером и коллектором.
в)Ёмкостной трёхточки с контуром между эмиттером и коллектором
г)Индуктивной трёхточки с контуром между коллектором и базой.
5. Радиопередающее устройство – комплекс радиотехнических средств, предназначенный для преобразования энергии:
а)источника питания в энергию ВЧ колебаний используя внешнее возбуждение на входе.
б)источника питания в энергию ВЧ- колебаний без внешнего воздействия.
в)внешнего возбуждения в энергию ВЧ-колебаний.
г) источников питания в энергию ВЧ-колебаний и управления этими колебаниями с целью передачи информации
6. В каком режиме работает генератор с внешним возбуждением, если колебательный контур в цепи транзистора настроен на $n \geq 2$ гармонику импульсов коллекторного тока.
а)усилитель мощности
б)автогенератор
в)синтезатор частоты
г)умножитель частоты
7. Какие функции объединяются общим понятием формирование сигнала?
а)генерация, усиление и модуляция
б)генерация и усиление
в)усиление и модуляция
г) модуляции
8. Генераторы подразделяются на два основных типа?
а)автогенератор и генератор с внешним возбуждением
б)генератор с внешним возбуждением и одновибратор
в) автогенератор и мультивибратор
г) генераторы ВЧ и СВЧ колебаний
9. К чему приводит расстройка колебательной цепи ГВВ?
а)выход на критический режим
б)выход на оптимальный угол отсечки
в)к снижению мощности рассеяния
г)к росту мощности рассеяния
10. Назначение колебательной системы ГВВ?
а)задать критический режим
б)задать критический режим и обеспечить требуемую фильтрацию
в)обеспечить требуемую фильтрацию
г)обеспечить усиление сигнала

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Для чего применяется преобразование частоты в обратной связи ФАПЧ? Какие параметры улучшаются, а какие ухудшаются при его введении?
2. Уровень фазового шума сигнала автогенератора составляет минус 155 дБн/Гц на отстройке 100 кГц от несущей, граница фликкер-шума 10 кГц. Вычислить уровень фазового шума на отстройке 100 Гц от несущей.

Согласована на портале № 82432

3. Уровень широкополосного вносимого ЧФД фазового шума составляет минус 233 дБн/Гц на частоте сравнения 1 Гц, уровень вносимого фликкер-шума ЧФД на отстройке 1 Гц при частоте сравнения 100 МГц составляет минус 100 дБн/Гц. Вычислить уровень вносимого ЧФД фазового шума на отстройках 100 Гц, 1 кГц и 10 кГц от несущей 1 ГГц, если частота сравнения 1 МГц.
4. Вычислить оптимальную полосу пропускания кольца ФАПЧ, если фазовый шум ГУН на отстройке 100 кГц от несущей 3 ГГц равен минус 105 дБн/Гц, граница фликкер-шума равна 30 кГц, а вносимый ЧФД фазовый шум равен минус 150 дБн/Гц на частоте сравнения 10 МГц, рабочая частота сравнения системы 25 МГц.
5. Что такое IBS (integer boundary spur), когда он появляется и как зависит от выходной частоты и уровней сигналов в синтезаторе? Какой типичный уровень он имеет?
6. Частотно-фазовый детектор имеет один из самых высоких уровней собственных шумов, но вытеснил практически все другие типы фазовых детекторов. Почему? Есть ли системные способы снижения его влияния на картину шумов?
7. Собственные шумы гетеродинов двухканального кросскорреляционного измерителя фазовых шумов имеют равномерную спектральную плотность мощности с уровнем минус 160 дБн/ц. Какая чувствительность измерения будет на отстройке 10 кГц от несущей при начальной установленной отстройке 1 Гц и однократном усреднении взаимного спектра (одной кросскорреляции)?
8. За счет чего достигается существенное снижение фазового шума сигнала при введении системы АПЧ с высокодобротным резонатором?
9. Для чего применяется преобразование Гильберта в анализаторе спектра? Есть ли аппаратные альтернативы и применяются ли они?
10. В чем причины применения двухмодульного делителя СВЧ? Есть ли ограничения по его применимости в плане доступных частот, коэффициентов деления и какие?
11. Почему в двухканальном измерителе шумов возникает мнимая часть взаимного спектра и как ее использовать?
12. Как улучшить спектр фазовых шумов полностью интегрированной системы ФАПЧ без доступа к цепям обратной связи? Какие ограничения и особенности при этом появляются?
13. Введение преобразования частоты в обратной связи цифровой ФАПЧ сохраняет бесконечную полосу захвата? Почему?
14. Самые распространенные типы среза кварцевых резонаторов. Особенности.
15. В чем состоят ограничения и особенности прямого измерения спектра для характеризации уровня шумов сигнала?
16. дБн/Гц и дБрад/Гц – это одно и то же? Почему?
17. В чем удобство логарифмической шкалы отстроек и как это можно дополнительно использовать при обработке результатов измерений спектров шумов в одно- и двухканальной системе?

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании

Согласована на портале № 82432

изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров.

Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами

Согласована на портале № 82432

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 82432

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 10 от « 7 » 12 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d
Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	Ю.В. Шульгина	Согласовано, ea49db22-c3de-481e-88a5-479145e4aa44

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РСС	А.А. Трубачев	Разработано, 489cea5c-57ea-4da2-8c9a-b5b34721ece3

Согласована на портале № 82432