

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

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 2023 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	36	36	часов
Общая трудоемкость	72	72	часов
(включая промежуточную аттестацию)	2	2	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	1

## 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.02.03.

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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		

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.
<b>Профессиональные компетенции</b>		
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 2 зачетных единиц, 72 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
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Подготовка к зачету с оценкой	24	24
Подготовка к тестированию	12	12
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	72	72
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	2	2

## 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
<b>1 семестр</b>					
1 Синтез частот на СВЧ	4	-	6	10	ОПК-3, ПК-3
2 Компоненты синтезаторов частот	4	2	6	12	ОПК-3, ПК-3
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	4	2	6	12	ОПК-3, ПК-3
4 Моделирование системы ФАПЧ	2	4	6	12	ОПК-3, ПК-3
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	2	6	6	14	ОПК-3, ПК-3
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	2	4	6	12	ОПК-3, ПК-3
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

### 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
<b>1 семестр</b>			

1 Синтез частот на СВЧ	<p>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.</p>	4	ОПК-3, ПК-3
	Итого	4	
2 Компоненты синтезаторов частот	<p>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 высокочастотным резонатором. Примеры основных типов генераторов.</p>	2	ОПК-3, ПК-3
	<p>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.</p>	2	ОПК-3, ПК-3
	Итого	4	

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, 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, 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, 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, ПК-3
	Итого	2	

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, 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
<b>1 семестр</b>			
2 Компоненты синтезаторов частот	Программируемый делитель частоты.	2	ОПК-3, ПК-3
	Итого	2	
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	Спектр шумов и помех простейшего синтезатора с цифровой ФАПЧ.	2	ОПК-3, ПК-3
	Итого	2	
4 Моделирование системы ФАПЧ	Моделирование спектра фазовых шумов синтезатора с ФАПЧ и измерения реального устройства.	4	ОПК-3, ПК-3
	Итого	4	
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	Расчет характеристик одночастотного синтезатора с преобразованием частоты и синтезатора частоты с автосмещением частоты в обратной связи.	6	ОПК-3, ПК-3
	Итого	6	
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	Измерение характеристик сверхширокополосного синтезатора частот.	4	ОПК-3, 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 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
<b>1 семестр</b>				
1 Синтез частот на СВЧ	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
2 Компоненты синтезаторов частот	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
4 Моделирование системы ФАПЧ	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
5 Типовые технические решения синтеза частоты с ФАПЧ	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-3, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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
ПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование

## 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
<b>1 семестр</b>				
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	E (посредственно)
	60 – 64	
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>.

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

1. 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

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр ВЗ-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150С (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов РСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810С (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- Mozilla Firefox;
- PTC Mathcad 13, 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 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 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, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Компоненты синтезаторов частот	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Система ФАПЧ в синтезе частот	ОПК-3, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Моделирование системы ФАПЧ	ОПК-3, 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, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Методы измерения характеристик синтезаторов частот	ОПК-3, 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
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 <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- Выберите верное определение утверждение:
  - чаще в интенсивность амплитудного шума ниже, чем фазового, за счет естественного стабилизирующего механизма ограничения амплитуды колебаний автогенератора
  - чаще интенсивности амплитудного и фазового шума одинаковы за счет естественной природы теплового шума, несущего в себе амплитудные и фазовые флуктуации в равной степени
  - чаще интенсивность амплитудного шума выше, но его влияние на системы пренебрежимо за счет традиционного использования частотного или фазового детектирования и обработки сигналов

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 снижается, но уровень белого фазового шума растет за счет снижения мощности на входе активного элемента
  - в) не влияет
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.
- 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.
  - 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.
  - 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?
  - 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?
  - 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)?
  - За счет чего достигается существенное снижение фазового шума сигнала при введении системы АПЧ с высокодобротным резонатором?
  - Для чего применяется преобразование Гильберта в анализаторе спектра? Есть ли аппаратные альтернативы и применяются ли они?
  - В чем причины применения двухмодульного делителя СВЧ? Есть ли ограничения по его применимости в плане доступных частот, коэффициентов деления и какие?
  - Почему в двухканальном измерителе шумов возникает мнимая часть взаимного спектра и как ее использовать?
  - Как улучшить спектр фазовых шумов полностью интегрированной системы ФАПЧ без доступа к цепям обратной связи? Какие ограничения и особенности при этом появляются?
  - Введение преобразования частоты в обратной связи цифровой ФАПЧ сохраняет бесконечную полосу захвата? Почему?
  - Самые распространенные типы среза кварцевых резонаторов. Особенности.
  - В чем состоят ограничения и особенности прямого измерения спектра для характеристики уровня шумов сигнала?
  - дБн/Гц и дБрад/Гц – это одно и то же? Почему?
  - 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 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
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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 2 от «20» 10 2022 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. РСС	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
------------------	---------------	--