МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Теория частотного синтеза»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «13» апреля 2022 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория частотного синтеза» являются изучение базовых принципов и технологий построения систем частотного синтеза различного назначения, основных характеристик радиосигналов, особенностей построения аналоговых, импульсных, цифровых и комбинированных систем синтеза, используемых при построении радиотехнических систем.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория частотного синтеза» является дисциплиной по выбору и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Разностные уравнения» и дисциплин: «Электроника», «Цифровые следящие системы», «Цифровая электроника», «Статистическая радиофизика», «Радиоэлектроника». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, востребованы при изучении специальных дисциплин: «Радиотехнические системы», «Системы передачи на основе сигналов высокой размерности», «Радиотелекоммуникации», «Защищённые системы связи», а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиофизики, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач	**Знать:** – базовые принципы построения, функционирования систем частотного синтеза. **Уметь:** – формулировать основные технические требования к системам частотного синтеза. **Владеть навыками:** – поиска необходимой актуальной информации построения, применения систем частотного синтеза с учётом современной элементной базы.
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиофизики	**Знать:** – принципы расчёта характеристик синтезаторов частот. **Уметь:** – прогнозировать значения основных характеристик систем частотного синтеза; – анализировать основные процессы, связанные с синтезом. **Владеть навыками:** – компьютерного моделирования систем и процессов с использованием пакетов прикладных программ; – разработки систем частотного синтеза с использованием современных САПР.

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **2** зачёт. ед., **72** акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* *Формы ЭО и ДОТ (при наличии)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение. Общие сведения о системах частотного синтеза (СЧ). Характеристики и классификация синтезаторов.			3					устный опрос
2	Особенности построения цифровых вычислительных СЧ.	8			10			2	лабораторная работа №1; устный опрос
3	Особенности построения СЧ с импульсно-фазовой автоподстройкой частоты.	8		3	10				лабораторная работа №2; устный опрос
4	Шумовые характеристики СЧ с импульсно-фазовой автоподстройкой.	8		3				3	устный опрос, проверка индивид. домаш. заданий
5	Синтезаторы частот с импульсно-фазовой автоподстройкой серии ADF4000.	8				1		3	устный опрос
6	Принципы построения синтезаторов частот с ИФАПЧ с ДДПКД.	8		3					устный опрос
7	Синтез сигналов с угловой модуляцией	8			10			2	лабораторная работа №2; устный опрос
8	Применение синтезаторов частот в радиотехнических и телекоммуникационных системах.	8						3	устный опрос
9	Системы автоматического проектирования синтезаторов частот	8		3		1		10	устный опрос, проверка индивид. домаш. заданий
							0,3	1,7	Зачёт
	ИТОГО			**15**	**30**	**2**	**0,3**	**24,7**	

Содержание разделов дисциплины

1. Общие сведения о системах частотного синтеза

Основные понятия и термины частотного синтеза. Области применения синтезаторов частоты и сигналов. Классификация синтезаторов. Прямые аналоговые и вычислительные, косвенные, комбинированные синтезаторы. Технические характеристики синтезаторов частот.

2. Особенности построения цифровых вычислительных СЧ

Принципы построения. Достижимые параметры и области применения. Синтезаторы частот с рандомизацией кода фазы. Способы преобразования сигнала прямого синтезатора в дециметровый и сантиметровый диапазоны.

3. Особенности построения СЧ с импульсно-фазовой автоподстройкой частоты

Функциональная схема типового синтезатора на основе ИФАПЧ с ДПКД. Элементы синтезаторов и их характеристики. Моделирование и расчет динамических и спектральных характеристик. Пути улучшения характеристик. Достижимые параметры и характеристики. Синтезаторы частот на основе ИФАПЧ с преобразованием частоты внутри кольца. Синтезаторы частот с ДДПКД.

4. Шумовые характеристики СЧ с импульсно-фазовой автоподстройкой

4.1. Шумовые характеристики СЧ на основе СФС. Шумы активных элементов. Фазовые шумы автогенераторов. Фазовые шумы усилителей, умножителей частоты, фазовых дискриминаторов, смесителей, делителей частоты. Шумовые модели однокольцевых СЧ. Шумовые модели многокольцевых СЧ. Оценка предельно достижимых уровней фазовых шумов.

4.2. Компоненты синтезаторов частоты и их шумовые характеристики. Генераторы, управляемые напряжением. Частотно-фазовые детекторы. Делители частоты с фиксированным и переменным коэффициентом деления. Петлевые фильтры.

5. Синтезаторы частот с импульсно-фазовой автоподстройкой серии ADF4000

5.1. Построения синтезаторов частот на основе детекторов с широтно-импульсной модуляцией. Частотно-фазовые детекторы с тремя состояниями (ЧФД-3). Математическое описание детектора ЧФД-3. Переходные и частотные характеристики синтезаторов.

5.2. Функциональные и структурные схемы одиночных и сдвоенных синтезаторов на основе серии ADF4000. Расчет основных характеристик и параметров. Минимизация флуктуаций фазы выходного сигнала.

6. Принципы построения синтезаторов частот с ИФАПЧ с ДДПКД

6.1. Синтезаторы частот с ДДПКД. Преимущества и недостатки. Помехи дробности. Математические модели помех дробности. Способы компенсации помех дробности. Сдвоенный синтезатор частот на основе микросхемы ADF4252. Расчет основных характеристик и параметров.

6.2. Синтезатор частот со схемой управления дробным коэффициентом деления на основе $\Delta\sum$-модулятора. Основы применения $\Delta\sum$-модулятора в схемах компенсации помех дробности синтезаторов с ДДПКД. Варианты построения $\Delta\sum$-модуляторов. Реализация синтезатора на основе микросхемы ADF4252. Расчет основных характеристик и параметров.

7. Синтез сигналов с угловой модуляцией

7.1. Основы синтеза сигналов с угловой модуляцией на основе ИФАПЧ-синтезаторов. Одноточечная и двухточечная модуляция. Модуляция в синтезаторах со схемой управления дробным коэффициентом деления на основе $\Delta\sum$-модулятора. Расчет основных характеристик и параметров. Преимущества и недостатки.

7.2. Угловая модуляция в вычислительных синтезаторах. Синтез сигналов AM, FM, PSK, FSK с применением микросхемы прямого синтеза AD9854. Расчет основных характеристик и параметров. Преимущества и недостатки.

8. Применение синтезаторов частот в радиотехнических и телекоммуникационных системах

8.1. Синтезаторы частот дециметрового и сантиметрового диапазонов волн. Особенности построения и варианты структурных схем. Примеры. Достижимые параметры и характеристики. Оптимизация структуры синтезаторов.
8.2. Синтезаторы частот для мобильных систем связи. Особенности построения синтезаторов для мобильных систем 3-го поколения. Примеры. Достижимые параметры и характеристики. Оптимизация структуры синтезаторов.

9. Системы автоматического проектирования синтезаторов частот

Основные принципы автоматического проектирования СЧ. Выбор структурной схемы синтезаторов заданного частотного диапазона. Расчет и оптимизация динамических и спектральных характеристик. Разработка СЧ на основе ИФАПЧ с применением программы ADISim PLL 3.0 фирмы Analog Devices.

Лабораторные работы

Лабораторная работа №1 «Исследование пассивного цифрового синтезатора частоты»
Лабораторная работа №2 «Исследование цифрового синтезатора частоты с ФАПЧ»

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине (или ее разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Теория частотного синтеза» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены материалы по расчёту основных характеристик систем частотного синтеза;

- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, при формировании методических материалов по дисциплине:

- программа Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader.

для разработки моделей систем частотного синтеза и выполнения лабораторных работ:

- программа GNU Octave;
- программа ADSimPLL версии 3.0 (или выше).

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Казаков Л.Н. Расчёт однокольцевого ИФАПЧ синтезатора частот с применением программы ADISimPLL 3.0: Мет. указание. Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2009. 52с.
2. Шахтарин Б.И. Анализ систем синхронизации методом усреднения. М.: Радио и связь, 1999. 496 с.
3. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов: Учеб. пособие. М.: Академия, 2005. 222 с.

б) дополнительная литература:

1. Шапиро Д.Н., Паин А.А. Основы теории синтеза частот. М.: Радио и связь, 1981. 264 с.
2. Манасевич В. Синтезаторы частот. Теория и проектирование: Пер. с англ. / Под ред. А.С. Галина. М.: Связь, 1979. 384 с.
3. Рыжков А.В., Попов В.Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи. М.: Радио и связь, 1991. 264 с.
4. Левин В.А., Малиновский В.Н., Романов С.К. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки. М.: Радио и связь, 1989. 232 с.
5. Системы фазовой синхронизации с элементами дискретизации / Под ред. В.В.Шахгильдяна. М.: Радио и связь, 1989. 320 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. http://www.analog.com/en/index.html.
2. http://www.ti.com.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для проведения лабораторных занятий.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент кафедры
Радиотехнических систем, к.т.н. Д.Ю. Вишняков
должность, ученая степень *И.О. Фамилия*

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Теория частотного синтеза»
(наименование дисциплины)

Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации

Тест 1. Вариант 1

Исходные данные
1. Диапазон частот: 100 – 150 МГц.
2. Шаг сетки: 100 кГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Контрольные точки для спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций сигнала опорного генератора

Уровень СПМ фазовых флуктуаций сигнала опорного генератора (дБн/Гц)							
Отстройка	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
Значение	-125	-140	-150	-155	-155	-155	-155

5. Контрольные точки для спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций сигнала перестраиваемого генератора

Уровень СПМ фазовых флуктуаций сигнала перестраиваемого генератора (дБн/Гц)							
Отстройка	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
Значение	-40	-70	-90	-115	-135	-140	-140

Задание
Оценить значение спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций выходного сигнала с частотой 100 МГц при отстройке 100 Гц.

Тест 1. Вариант 2

Исходные данные
1. Диапазон частот: 800 – 1150 МГц.
2. Шаг сетки: 1 МГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Контрольные точки для спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций сигнала опорного генератора

Уровень СПМ фазовых флуктуаций сигнала опорного генератора (дБн/Гц)							
Отстройка	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
Значение	-125	-140	-150	-155	-155	-155	-155

5. Контрольные точки для спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций сигнала перестраиваемого генератора

Уровень СПМ фазовых флуктуаций сигнала перестраиваемого генератора (дБн/Гц)							
Отстройка	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
Значение	-40	-70	-90	-115	-135	-140	-140

Задание
Оценить значение спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций выходного сигнала с частотой 1150 МГц при отстройке 10 МГц.

Тест 2. Вариант 1

Исходные данные
1. Диапазон частот: 200 – 500 МГц.
2. Шаг сетки: 25 кГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 160 МГц/В.
5. Кольцо 2-го порядка с астатизмом 2-го порядка.

Задание
Оценить изменение полосы единичного усиления кольца ИФАПЧ во всём диапазоне синтезируемых частот.

Тест 2. Вариант 2

Исходные данные
1. Диапазон частот: 850 – 1200 МГц.
2. Шаг сетки: 1 МГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 440 МГц/В.
5. Кольцо 2-го порядка с астатизмом 2-го порядка.

Задание
Оценить изменение полосы единичного усиления кольца ИФАПЧ во всём диапазоне синтезируемых частот.

Тест 2. Вариант 3

Исходные данные
1. Диапазон частот: 1350 – 1400 МГц.
2. Шаг сетки: 25 МГц.
3. Частота опорного генератора: 50 МГц.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 160…440 МГц/В.
5. Кольцо 2-го порядка с астатизмом 2-го порядка.

Задание
Оценить изменение полосы единичного усиления кольца ИФАПЧ во всём диапазоне синтезируемых частот.

Тест 2. Вариант 4

Исходные данные
1. Диапазон частот: 200 – 250 МГц.
2. Шаг сетки: 25 кГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 350…160 МГц/В.
5. Кольцо 2-го порядка с астатизмом 2-го порядка.

Задание

Оценить изменение полосы единичного усиления кольца ИФАПЧ во всём диапазоне синтезируемых частот.

Тест 3. Вариант 1

Исходные данные
1. Выходной ток частотно-фазового дискриминатора: 1 мА.
2. Паразитный ток частотно-фазового дискриминатора: 1 нА.
3. Максимальной напряжение частотно-фазового дискриминатора: 5 В.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 160 МГц/В.
5. Кольцо 2-го порядка с астатизмом 2-го порядка.
6. Частота дискретизации частотно-фазового детектора в 10 раз больше, чем полоса единичного усиления кольца ИФАПЧ.

Задание
Оценить уровень паразитных дискретных составляющих в спектре сигнала.

Тест 3. Вариант 2

Исходные данные
1. Выходной ток частотно-фазового дискриминатора: 0.25 мА.
2. Паразитный ток частотно-фазового дискриминатора: 10 нА.
3. Максимальной напряжение частотно-фазового дискриминатора: 5 В.
4. Крутизна перестраиваемого генератора: 350 МГц/В.
5. Кольцо 3-го порядка с астатизмом 2-го порядка.
6. Постоянная фильтра ФНЧ петлевого фильтра в 2 раза больше, чем полоса единичного усиления кольца ИФАПЧ.
7. Частота дискретизации частотно-фазового детектора в 10 раз больше, чем полоса единичного усиления кольца ИФАПЧ.

Задание
Оценить уровень паразитных дискретных составляющих в спектре сигнала.

Задания к лабораторным работам

1. Определить коэффициенты передачи разомкнутого и замкнутого колец ИФАПЧ.

Вариант 1
Исходные данные
1. Диапазон частот: 100 – 150 МГц.
2. Шаг сетки: 10 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 1 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 2
Исходные данные
1. Диапазон частот: 200 – 250 МГц.
2. Шаг сетки: 25 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 2 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 3
Исходные данные
1. Диапазон частот: 300 – 400 МГц.
2. Шаг сетки: 50 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.

4. Тип фильтра: 4 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 4
Исходные данные
1. Диапазон частот: 500 – 800 МГц.
2. Шаг сетки: 100 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 5 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 5
Исходные данные
1. Диапазон частот: 750 – 1100 МГц.
2. Шаг сетки: 200 кГц.
3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Тип фильтра: 6 (см. программу ADIsimPLL).

2. Построить переходной процесс в программе имитационного моделирования Simulink (Matlab). Вычислить коэффициент перерегулирования. Сравнить результаты моделирования с результатами полученными в программе ADIsimPLL.

Вариант 1
Исходные данные
1. Диапазон частот: 100 – 150 МГц.
2. Шаг сетки: 10 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 1 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 2
Исходные данные
1. Диапазон частот: 200 – 250 МГц.
2. Шаг сетки: 25 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 2 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 3
Исходные данные
1. Диапазон частот: 300 – 400 МГц.
2. Шаг сетки: 50 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 4 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 4
Исходные данные
1. Диапазон частот: 500 – 800 МГц.
2. Шаг сетки: 100 кГц.
3. Частота опорного генератора: 1 МГц.
4. Тип фильтра: 5 (см. программу ADIsimPLL).

Вариант 5
Исходные данные
1. Диапазон частот: 750 – 1100 МГц.
2. Шаг сетки: 200 кГц.

3. Частота опорного генератора: 10 МГц.
4. Тип фильтра: 6 (см. программу ADIsimPLL).

Критерии оценивания самостоятельных работ

Показатели	Критерии
Понимание условия задачи	– Краткая запись условия. – Использование физической символики. – Запись единиц измерения и перевод их в СИ – Хорошее оформление работы, четкие рисунки и чертежи. – Нахождение и запись необходимых табличных и дополнительных данных.
План решения задачи	– Обоснование выбора физических формул для решения. – Рациональный способ решения – Запись формул
Осуществление решения	– Вывод расчетных(ой) формул(ы), решение задачи в общем виде – Математические операции с единицами измерения физических величин, вычисления
Правильность решения задачи	– Краткое объяснение решения. – Анализ полученных результатов

Шкала оценивания:
0 баллов – полное отсутствие критерия;
1 балл – частичное выполнение критерия;
2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждую задачу.

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:
менее 60% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,
60-75% от максимально возможного количества баллов – удовлетворительно,
76-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,
86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

Лабораторные работы

В качестве контроля выступают отчёт по лабораторной работе и его защита. Критерии оценивания объединены вместе с критериями оценивания самостоятельной работы в процессе подготовки к выполнению работы, обработки результатов, составления отчёта и формулировки выводов.

Критерии оценивания заданий для самостоятельной работы, отчётов по лабораторным работам и защиты работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Методика	Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью	Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать	Соблюдена полностью и осмысленно
Отчёт	Имеет 1-2 недостатка,	Имеет некоторые не-	Соответствует всем тре-

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
	однако в целом соответствует требованиям к отчёту по лабораторным работам и читабелен	значительные недостатки в оформлении или представлении результатов	бованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен
Результаты исследования	В целом соответствуют заданию, но есть ошибки и недоделки	Соответствуют заданию, корректны	Полностью соответствуют заданию, корректны
Объяснения и выводы	Объяснения отрывочны, выводы бессодержательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены	В объяснениях есть гипотезы и аргументы в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области	Объяснения проводятся с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации
Зачёт выставляется по итогам текущей аттестации

1. Общие сведения о системах частотного синтеза. Области применения. Классификация синтезаторов. Прямые аналоговые, вычислительные, косвенные, комбинированные синтезаторы.

2. Технические характеристики синтезаторов. Диапазон частот, шаг сетки, скорость переключения, долговременная и кратковременная стабильность, амплитудные и фазовые флуктуации, уровень побочных спектральных составляющих.

3. Модель выходного сигнала генератора. Оценка спектральных плотностей частотных и фазовых флуктуаций. Модель спектральной плотности фазовых и частотных шумов в виде степенной функции.

4. Расчет нестабильности фазы и частоты по спектральной плотности шума с произвольным распределением.

6. Прямые аналоговые синтезаторы. Принципы построения. Структурная оптимизация прямых синтезаторов. Достижимые параметры и характеристики. Области применения.

7. Принципы построения прямых вычислительных синтезаторов. Основные элементы синтезаторов и их характеристики. Пути улучшения спектральных характеристик.

9. Вычислительные синтезаторы с рондомизацией кода фазы. Достижимые параметры и характеристики.

10. Синтезаторы частот на основе дискретных колец фазовой синхронизации. Расчет динамических и спектральных характеристик. Достижимые параметры и характеристики. Области применения.

11. Синтезаторы частот на основе дискретной СФС с преобразованием частоты внутри кольца. Расчёт динамических и спектральных характеристик. Достижимые параметры и характеристики.

12. Пути повышения быстродействия синтезаторов на основе СФС. Синтезатор на основе кольца с делителем с дробно-переменным коэффициентом деления.

13. Синтезаторы частот на основе колец СФС с применением предварительного высокочастотного программируемого делителя.

14. Фазовые шумы автогенераторов. Модель Лисона. Фазовые шумы усилителей, умножителей частоты, фазовых дискриминаторов, делителей частоты.

15. Шумовые характеристики СЧ на основе однокольцевых СФС. Оценка предельно достижимых быстродействия и уровней частотных и фазовых шумов.

16. Шумовые характеристики СЧ на основе однокольцевых СФС с преобразованием частоты внутри кольца. Оценка предельно достижимых быстродействия и уровней частотных и фазовых шумов.

17. Шумовые характеристики СЧ на основе двухкольцевых СФС. Оценка предельно достижимых быстродействия и уровней частотных и фазовых шумов.

18. Синтезаторы частотно и фазо-модулированных колебаний. Модуляция в косвенных синтезаторах. Одноточечная и двухточечная модуляция. Преимущества и недостатки.

19. Синтезаторы частотно и фазо-модулированных колебаний. Модуляция в вычислительных синтезаторах. Преимущества и недостатки.

21. Методика выбора структурной схемы синтезатора согласно заданных параметров синтезируемой сетки частот. Расчёт и оптимизация динамических и спектральных характеристик.

22. Методика измерения скорости перестройки частоты синтезатора, спектральных характеристик синтезируемого сигнала, величины паразитного отклонения частоты и фазы в заданной полосе частот.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	**Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)**	**Продвинутый уровень (на «хорошо»)**	**Высокий уровень (на «отлично»)**
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающий полный ответ

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Теория частотного синтеза»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Теория частотного синтеза» являются практические занятия. На занятиях освещается основные положения тематического блока, даются рекомендации по самостоятельному изучению данной темы. Для успешного изучения дисциплины студентам очень важно проводить большой объем самостоятельной работы.

Практические занятия направлены на развитие обучающимися умения применять знания при расчетах, анализе систем частотного синтеза. На практических занятиях выдаются домашние задания, обязательные к выполнению, и повышенной сложности, требующие привлечения учебной литературы.

Лабораторные работы проводятся с использованием программного продукта «AD-SimPLL версии 4.0». Задания к лабораторным работам построены таким образом, что позволяют применить на практике полученные знания и умения, а так же требуют решения оптимизационных задач, направленных на улучшение спектральных и динамических свойств систем частотного синтеза. Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе самостоятельно студентами. Консультации преподавателя получают по необходимости. Отчет по лабораторным работам составляется по общим правилам. Для защиты лабораторной студенты сдают отчет на проверку, отвечают на вопросы преподавателя.

Лабораторные работы помогают систематизировать полученные знания, научиться пользоваться специализированным программным продуктом, получить навыки проектирования систем частотного синтеза. Посещение лабораторных работ необходимо для полного освоения дисциплины.

Проверка и контроль формирования знаний, умений, навыков осуществляется по результатам устного опроса и выполнения лабораторных работ. В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачёт. Зачёт может быть выставлен по результатам успешного выполнения лабораторных работ. В противном случае зачёт принимается по билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса по изученным темам.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Существует достаточное количество учебников по дисциплине «Теория частотного синтеза». Рекомендуется использовать для самостоятельного изучения следующую литературу:

1. Романов С.К., Тихомиров Н.М., Леньшин А.В. Системы импульсно-фазовой автоподстройки в устройствах синтеза и стабилизации частот. - М.: Радио и связь, 2010. - 328 с.
2. Левин В.А. Стабилизация дискретного множества частот. - М.: Энергия, 1970. - 328 с.

При проведении лабораторных работ и подготовки отчетов рекомендуется использовать следующие материалы:

1. Тихомиров Н.М., Романов С.К., Леньшин А.В. Формирование ЧМ сигналов в синтезаторах с автоподстройкой. - М.: Радио и связь, 2004.- 210 с.
2. Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении. Пер. с англ.; Под ред. Ю.Н. Бакаева, М.В. Капранова. - М.: Советское радио, 1978. - 600 с.
3. Бесекерский В.А. Динамический синтез систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 1970. - 538 с.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать интернет-ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Электронно-библиотечная система «Проспект» (http://ebs.prospekt.org) - доступна в сети университета, обеспечивает доступ к электронным коллекциям учебной литературы по широкому спектру тематик.

3. Электронно-библиотечная система «Лань» (http://e.lanbook.com/) – доступна в сети университета после регистрации из сети университета, содержит коллекции издательства «Лань».

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения online доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.