

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.09.2022 17:45:27
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Радиоэлектронные средства
информационного обмена»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

по профилю

«Радиоэлектронные средства информационного обмена»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, к.т.н. профессор А.А. Соловьев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭС
22.05.2019, протокол № 8

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФРТ, 13.06.2019, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	РЭС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	40
Лабораторные занятия (академ. часов)	20
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	61
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	119
Всего (академ. часов)	180
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ»

Рассматриваются вопросы нестабильности частоты генераторов гармонических колебаний и ее влияние на работу радиотехнических систем различного назначения. Изучаются принципы работы и построения современных цифровых синтезаторов частоты и методы формирования радиосигналов в трактах синтезаторов. Особое внимание уделено физическим основам работы и методам построения квантовых стандартов частоты. Обсуждаются перспективные методы повышения энергетических показателей и линейности мощных радиочастотных трактов.

SUBJECT SUMMARY

«DIGITAL METHODS OF SIGNALS FORMATION»

Frequency stability of oscillators and its influence on the work of radio-technical systems are considered. The principles and methods of construction of digital synthesizers of discrete grid stable frequency and methods of formation signals in synthesizers are studied. The special attention is given for physical principles of working and methods of construction quantum standards of frequency. Perspective methods of efficiency and linearity of driver amplifiers are discussed.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью дисциплины является изучение характеристик неустойчивости частоты; знание принципов построения цифровых синтезаторов частоты, способов формирования модулированных сигналов в трактах синтезаторов; методов повышения энергетических показателей и линейности мощных радиочастотных трактов; навыков экспериментального исследования неустойчивости частоты автогенераторов и основных характеристик цифровых синтезаторов частоты
2. Задача получения знаний о построении цифровых синтезаторов частоты и способах формирования модулированных сигналов в трактах синтезаторов; использовании современной элементной базы при проектировании синтезаторов на основе знания функций, выполняемых отдельными узлами синтезаторов
3. Знание принципов построения цифровых синтезаторов частоты, способов формирования модулированных сигналов в трактах синтезаторов; методов повышения энергетических показателей и линейности мощных радиочастотных трактов
4. Освоение умений использовать современную элементную базу при проектировании синтезаторов на основе знания функций, выполняемых отдельными узлами синтезаторов.
5. Формирование навыков экспериментального исследования неустойчивости частоты автогенераторов и основных характеристик цифровых синтезаторов частоты.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Устройства генерирования колебаний и формирования сигналов телекоммуникационных систем»

2. «Цифровая обработка сигналов»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи
<i>ПК-1.1</i>	<i>Знает принципы и методы планирования и организации проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования и радиоэлектронных систем различного назначения</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Умеет применять современные отечественные и зарубежные средства измерения и контроля, проводить инструментальные измерения</i>
<i>ПК-1.3</i>	<i>Владеет современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении схемотехнических, системных и сетевых задач, правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем</i>
СПК-2	Способен выполнять расчет и проектирование устройств связи и их элементов с использованием компьютерных технологий моделирования и оптимизации
<i>СПК-2.1</i>	<i>Знает этапы разработки и основы расчета СВЧ устройств связи и способы моделирования объектов связи</i>
<i>СПК-2.2</i>	<i>Умеет использовать средства автоматизации проектирования сетей связи и их элементов</i>
<i>СПК-2.3</i>	<i>Владеет навыками создания библиотек элементов, оптимизации электрических схем, формирования 3D моделей проектируемых устройств</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			
2	Нестабильность частоты генераторов гармонических колебаний	4	5		16
3	Пассивные цифровые синтезаторы частоты	6	5		24
4	Цифровые синтезаторы частоты с ФАП	6	5		24
5	Интегральные схемы цифровых синтезаторов	6	5		24
6	Квантовые стандарты частоты	4			9
7	Нелинейные искажения в усилительных трактах и методы их уменьшения	6			12
8	Методы повышения энергетических показателей радиочастотных трактов передатчиков	4			10
9	Заключение	2		1	
	Итого, ач	40	20	1	119
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет курса и его задачи. Структура и содержание дисциплины.
2	Нестабильность частоты генераторов гармонических колебаний	Основные характеристики нестабильности частоты. Кратковременная и долговременная нестабильность частоты и методы ее оценки. Паразитное отклонение фазы и частоты. Влияние нестабильности частоты на работу радиотехнических систем различного назначения.
3	Пассивные цифровые синтезаторы частоты	Пассивные двухуровневые синтезаторы, принципы построения, оценка уровней побочных спектральных составляющих. Цифровые вычислительные синтезаторы, основные характеристики, принципы построения. Оценка уровней фазовых и амплитудных шумов. Методы формирования сигналов с дискретными видами модуляции в вычислительных синтезаторах

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Цифровые синтезаторы частоты с ФАП	Цифровые синтезаторы с ФАП, базовая схема синтезатора. Фильтрующие свойства кольца ФАП. Особенности переходных процессов в синтезаторах с ФАП при смене рабочих частот. Основные узлы цифровых синтезаторов с ФАП. Формирование сигналов с угловой модуляцией и манипуляцией в тракте синтезатора. Методы расширения функциональных возможностей синтезаторов.
5	Интегральные схемы цифровых синтезаторов	Интегральные схемы цифровых синтезаторов. Особенности построения и структурные схемы цифровых синтезаторов сетки частот с использованием интегральных схем.
6	Квантовые стандарты частоты	Источники опорных высокостабильных колебаний. Принцип действия и особенности конструкции квантовых генераторов и дискриминаторов. Квантовые стандарты частоты на основе квантовых генераторов. Квантовые стандарты частоты на основе квантовых дискриминаторов.
7	Нелинейные искажения в усилительных трактах и методы их уменьшения	Причины возникновения нелинейных искажений и методы их оценки и измерения. Особенности использования отрицательной обратной связи по высокой частоте и по огибающей в мощных радиочастотных трактах. Усилители со связью вперед. Использование предискажений для повышения линейности усилителей. Основы синтеза линеаризаторов амплитудных характеристик.
8	Методы повышения энергетических показателей радиочастотных трактов передатчиков	Использование ключевых режимов работы генераторных приборов в усилительных трактах, основные энергетические соотношения. Базовая мостовая схема ключевого генератора. Усилители с цифровым формированием огибающей. Особенности формирования однополосных сигналов в усилителях мощности при использовании ключевых режимов работы генераторных приборов.
9	Заключение	Основные тенденции и направления развития методов формирования радиосигналов

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Экспериментальное исследование нестабильности частоты автогенераторов гармонических колебаний и автогенераторов с кварцевой стабилизацией при воздействии дестабилизирующих факторов	5
2. Экспериментальное исследование основных характеристик декадного двухуровневого синтезатора и цифрового вычислительного синтезатора	5

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
3. Экспериментальное исследование основных характеристик цифрового синтезатора частоты с ФАП и методов формирования модулированных сигналов в тракте синтезатора	5
4. Экспериментальное исследование основных характеристик интегральных схем цифровых синтезаторов	5
Итого	20

4.3 Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и ин-

формационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	44
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	40
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	119

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Генераторы высоких и сверхвысоких частот [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлению "Радиотехника" / [О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.В. Митрофанов и др.], 2003. -326 с.	144
2	Соловьев, Анатолий Антонович. Цифровые методы формирования радиосигналов [Текст] : учеб. пособие / А. А. Соловьев, 2016. -131 с.	20
3	Соловьев, Анатолий Антонович. Цифровые методы формирования радиосигналов [Текст] : лаб. практикум / А. А. Соловьев, 2017. -40 с.	20
Дополнительная литература		
1	Генерирование колебаний и формирование радиосигналов [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / В.Н. Кулешов [и др.] ; под ред. В.Н. Кулешова и Н.Н. Удалова, 2008. -414 с.	35
2	Соловьев, Анатолий Антонович. Автогенераторы гармонических колебаний и синтезаторы частоты (основы теории и расчета) [Текст] : Учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника", "Бытовая радиотехника", "Радиофизика и электроника" направления подготовки дипломированных специалистов "Радиотехника" / А.А.Соловьев, 2000. -93 с.	49

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Материалы по курсовому проектированию и лабораторному практикуму http://eltech.ru/ru/fakultety/fakultet-radiotekhniki-i-telekommunikacij/sostav-fakulteta/kafedra-radioelektronnyh-sredstv/uchebno-nauchnye-laboratorii/gfrs
2	Рыжков А. В., Попов В. Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи https://www.elec.ru/files/2020/02/07/_A._V._Ruezhkov__V._N._Popov_M__Sintezatorue_cha

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10436>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Цифровые методы формирования сигналов» формой промежуточной аттестации является зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Допуск к зачету с оценкой возможен после выполнения цикла лабораторных работ, предоставления отчетов по ним и их защиты.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Примерные вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Мгновенная частота и ее статистические характеристики
2	Кратковременная и долговременная нестабильности частоты
3	Пассивные двухуровневые ССЧ с делителем с дробнопеременным коэффициентом деления.
4	Пассивный многоуровневый ССЧ с переменной тактовой частотой
5	Амплитудные и фазовые шумы в ЦВС
6	Цифровые ССЧ с ФАП и ДПКД в петле обратной связи
7	Анализ переходных процессов в ССЧ с ФАП при смене рабочих частот
8	Многокольцевые ССЧ с ФАП
9	Особенности формирования сигналов с угловой модуляцией в тракте ССЧ
10	Квантовые стандарты частоты на основе квантовых генераторов
11	Особенности использования ООС по высокой частоте для повышения линейности усилительных трактов
12	Особенности использования ООС в усилителях с изменяющейся нагрузкой
13	Усилители со связью вперед. Базовая схема, требования к коэффициентам передачи отдельных блоков
14	Методы повышения энергетических показателей усилительных трактов со связью вперед
15	Ключевые режимы работы генераторных приборов в ГВВ, схемы ключевых генераторов
16	Усилители с цифровым формированием огибающей. Функциональная схема, основные энергетические соотношения
17	Особенности построения усилителя при формировании однополосных сигналов
18	Использование метода предискажений для линеаризации комплексной амплитудной характеристики усилительного тракта
19	Особенности реализации компенсатора нелинейности

Форма билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального

образования

**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет “ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова (Ленина)»**

(СПбГЭТУ)

Кафедра радиоэлектронных средств

Дисциплина: информатика

Билет №1

1. Мгновенная частота и ее статистические характеристики.
2. Методы повышения энергетических показателей усилительных трактов со связью вперед.

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав.кафедрой РЭС, профессор_____В.Н.Малышев

24 декабря 2021 г.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Нестабильность частоты генераторов гармонических колебаний	
3		Коллоквиум
5	Пассивные цифровые синтезаторы частоты	
6		Коллоквиум
8	Цифровые синтезаторы частоты с ФАП	
9		Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Цифровые методы формирования сигналов» студент обязан выполнить 4 лабораторных работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа счита-

ется защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска.	
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, число лабораторных стендов – в соответствии с контингентом	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1	20.05.2020	Программа актуальна, изменения не требуются	20.05.2020, протокол № 3	профессор, к.т.н., профессор А.А. Соловьев	
2	20.04.2021	Программа актуальна, изменения не требуются	20.04.2021, протокол № 2	профессор, к.т.н., профессор А.А. Соловьев	
3	29.03.2022	Программа актуальна, изменения не требуются	29.03.2022, протокол ” 3	профессор, к.т.н., профессор А.А. Соловьев	