

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.10.2023 14:24:49
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



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

«ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОНИКЕ»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

«Физическая электроника»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Алтынников А.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭТ
07.06.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭЛ, 16.06.2022, протокол № 03/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	ФЭТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	17
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОНИКЕ»

Физическую основу работы устройств и систем СВЧ электроники составляют волновые процессы, изучению которых и посвящена настоящая дисциплина. В рамках данной дисциплины рассматриваются вопросы, имеющие непосредственное отношение к проблемам СВЧ электроники, связанные с генерированием, усилением, модуляцией, демодуляцией, преобразованием и обработкой сигналов, анализом процессов, протекающих в радиоэлектронных цепях различного назначения.

SUBJECT SUMMARY

«WAVE PROCESSES IN ELECTRONICS»

Wave processes in a variety of environments are the physical basis of operation of devices and systems of microwave electronics. This discipline devoted to the study of these processes. Within the framework of this discipline, issues directly related to the problems of microwave electronics (generation, amplification, modulation, demodulation, transformation and processing of signals, analysis of processes occurring in electronic circuits of various purposes) are considered.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью данной дисциплины является формирование у учащегося знаний, умений и навыков в области физики волновых процессов и их применения в СВЧ устройствах.
2. Задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций связанных с пониманием физики распространения волн в различных средах, явлениями, возникающими в результате взаимодействия волн друг с другом и со средой, принципов построения волноводных устройств различного назначения.
3. В результате освоения дисциплины у учащегося сформируются знания об основных физических закономерностях, лежащих в основе волновых процессов и их взаимодействиях.
4. В результате освоения дисциплины будут сформированы умения по использованию дисперсионных соотношений для волновых процессов и прикладного математического аппарата по спектральному анализу в применении к задачам СВЧ электроники.
5. В результате освоения дисциплины учащиеся приобретут навыки использования волновых процессов в устройствах СВЧ электроники.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Теоретические основы электротехники»
4. «Квантовая механика и статистическая физика»

5. «Методы математической физики»

6. «Теория вероятностей и математическая статистика»

7. «Вакуумная и плазменная электроника»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Введение в системы и приборы телекоммуникаций»

2. «Физические основы функциональной электроники»

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-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
<i>ПК-3.1</i>	<i>Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов</i>
<i>ПК-3.2</i>	<i>Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов</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	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				1
2	Теоретические основы волновых процессов. Распространение электромагнитных волн.	5	11	6	1	13
3	Основы спектральной теории сигналов. Сигналы при модуляции.	6	14	7		14
4	Цепи непрерывного и дискретного типа. Антенные устройства.	4	9	4		10
5	Заключение	1				1
	Итого, ач	17	34	17	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Структура, содержание и задачи дисциплины. Волновые процессы как физическая основа для создания устройств электроники СВЧ.
2	Теоретические основы волновых процессов. Распространение электромагнитных волн.	Колебательные процессы в распределенных системах. Дисперсия волн. Фазовая и групповая скорость волн. Волны в линиях передачи. Особенности дисперсии волн в различных волноведущих структурах. Понятие о пространственных и частотных гармониках. Перенос мощности. Поляризация волн. Основы теории информации.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Основы спектральной теории сигналов. Сигналы при модуляции.	Спектральный анализ периодических сигналов. Единичный импульс и интеграл Фурье. Дискретизация сигнала и интерполяция функций. Сигналы с ограниченным спектром и теорема Котельникова. Спектр ограниченных во времени сигналов. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Теорема о свертке. Метод полосовой дискретизации. Эффект растекания спектра. Быстрое преобразование Фурье. Оконные функции в спектральном анализе. Назначение и виды модуляции. Амплитудная, частотная и фазовая модуляции. Спектр модулированного сигнала. Цифровая модуляция (манипуляция).
4	Цепи непрерывного и дискретного типа. Антенные устройства.	Прохождение сигналов через линейные цепи. Фильтры и согласующие цепи. Нелинейные СВЧ элементы. Генерирование высокочастотных колебаний. Антенны планарного типа. Линзовые антенны. Антенные решетки. Метаповерхности.
5	Заключение	Основные направления развития приборов и устройств СВЧ электроники.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Спектральный анализ аналогового сигнала.	3
2. Широкополосное и узкополосное согласование нагрузки и СВЧ-генератора.	4
3. Проектирование микрополоскового квадратурного моста.	4
4. Проектирование перестраиваемого полосно-пропускающего фильтра на основе полупроводниковых варакторов.	3
5. Проектирование и исследование основных характеристик антенн планарного типа.	3
Итого	17

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Волны в микрополосковой линии передачи.	2
2. Расчет дисперсионных свойств электромагнитных волн в периодических закрытых волноводах	3
3. Расчет дисперсионных свойств электромагнитных волн в открытых диэлектрических волноводах	3
4. Преобразование Фурье. Спектральный анализ аналоговых сигналов.	7

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
5. Спектральный анализ аналоговых сигналов, ограниченных во времени.	6
6. Алгоритм синтеза фильтров. Согласующие цепи.	5
7. Расчет диаграммы направленности антенной решетки.	8
Итого	34

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 информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденно-

го 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.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	1
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	1
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	2
Выполнение расчетно-графических работ	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
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	39

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	Распространение электромагнитных волн в неограниченном пространстве : электронный конспект лекций / С. П. Зубко, А. В. Дроздовский, В. В. Витько [и др.], 2022. -1 эл. опт. диск (CD-ROM). -Текст : электронный.	неогр.
2	Григорьев, Андрей Дмитриевич. Электродинамика и микроволновая техника : учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы и устройства" направления подгот. "Электроника и микроэлектроника" / А.Д. Григорьев, 2007. -703, [4] с.	110
3	Барыбин, Анатолий Андреевич. Волновые процессы в электронике : текст лекций / А.А. Барыбин, П.А. Колодин, 1997. -47 с.	77
4	Харкевич, Александр Александрович. Спектры и анализ / А.А. Харкевич, 2009. -236 с.	40
5	Телекоммуникационные системы и сети : Учеб. пособие для вузов: В 3 т. / Под ред. В.П.Шувалова. Т. 1 : Современные технологии : учебное пособие / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов, 2003. -647 с.	24
Дополнительная литература		
1	Исследование характеристик антенных устройств : лаб. практикум / В.С. Алексеев, С.В. Грачев, К.П. Наумов, И.Н. Семенихин, М.И. Сугак, 2001. -64 с.	144
2	Антенны и распространение радиоволн : лаборатор. практикум / [В. С. Алексеев [и др.], 2018. -107, [1] с.	79
3	Спектральный анализ детерминированных сигналов : Метод. указ. к лаб. работам по дисциплине "Системы управления техническими средствами корабля" / СПбГЭТУ, 1997. -56 с.	9
4	Спектральный анализ случайных сигналов : метод. указания к лабораторным работам по дисциплине "Системы управления техническими средствами корабля" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 1999. -28 с.	9

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Microwaves101 https://www.microwaves101.com

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=15142>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Волновые процессы в электронике» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

Экзамен

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

Учащийся допускается к экзамену в случае достаточного количества посещенных занятий (не менее 80% лекционных занятий и не менее 80% практических занятий), выполнения и защиты всех лабораторных работ. Экзамен проводится в конце курса. Список экзаменационных вопросов (экзаменационных билетов) выдается минимум за две недели до проведения экзамена. Во время экзамена учащийся вытягивает билет и в течение 20 минут готовится к ответу на вопросы из него. Далее по каждому вопросу из экзаменационного билета учащийся излагает преподавателю материал, освоенный им в рамках курса «Волновые процессы в электронике», и отвечает на дополнительные вопросы преподавателя по экзаменационному билету. После этого преподаватель оценивает целостность и корректность ответа учащегося и выставляет оценку за экзамен.

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

Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Дисперсия волн в микрополосковой линии передачи.
2	Дисперсия волн в закрытом регулярном волноводе.
3	Дисперсия электромагнитной волны. Фазовая и групповая скорость.
4	Дисперсия волн в периодических волноведущих структурах.
5	Дисперсия волн в открытом диэлектрическом волноводе.
6	Пространственные и частотные гармоники.
7	Спектр аналогового сигнала, заданного на бесконечном промежутке по времени.
8	Спектр дискретизированного сигнала. Критерий Котельникова-Найквиста.
9	Спектр ограниченных по времени сигналов.
10	Дискретное преобразование Фурье. Свойства Дискретного преобразования Фурье.
11	Метод полосовой дискретизации. Эффект растекания спектра сигнала.
12	Оконные функции в спектральном анализе.
13	Быстрое преобразование Фурье.
14	Виды модуляций аналоговых сигналов.
15	Цифровая модуляция (манипуляция).
16	Типы СВЧ фильтров. Задача согласования.

17	Нелинейные СВЧ элементы. Искажение сигналов в СВЧ цепях с нелинейными элементами.
18	Планарные антенны резонансного типа.
19	Широкополосные антенны планарного типа.
20	Диаграмма направленности антенны. Коэффициент усиления и коэффициент направленного действия антенны.
21	Антенные решетки. Фактор антенной решетки.
22	Фазированные антенные решетки.
23	Линза Ротмана. Линза Люнеберга.
24	Метаповерхности.

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Волновые процессы в электронике ФЭЛ**

1. Дисперсия волн в открытом диэлектрическом волноводе.
2. Планарные антенны резонансного типа.
3. Задача.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.А. Семенов

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
1	Введение	
2	Теоретические основы волновых процессов. Распространение электромагнитных волн. Заключение	
3		
4		
5		
6		Отчет по лаб. работе
7	Введение	
8	Основы спектральной теории сигналов. Сигналы при модуляции. Заключение	
9		
10		
11		
12		Отчет по лаб. работе
13	Введение	
14	Цепи непрерывного и дискретного типа. Антенные устройства. Заключение	
15		
16		Отчет по лаб. работе

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 «**Волновые процессы в электронике**» студент обязан выполнить все лабораторные работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После выполнения лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиумов, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется **в бригадах до 4 человек**.

Оформление отчета студентами осуществляется *в количестве одного отчета на бригаду* в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. 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 считается 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.

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.

на практических (семинарских) занятиях

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

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно

привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических 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, доска, экран, проектор, ноутбук или компьютер	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя. Помещение 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; 3) Программное обеспечение для выполнения лабораторных работ
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ноутбук или компьютер.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Matlab R2020a и выше 4) AWR Microwave Office
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 3) Matlab R2020a и выше 4) AWR Microwave Office

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