

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ИЗМЕРЕНИЯ НА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ»
для подготовки аспирантов по направлению
11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи»

Санкт-Петербург
2017

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№№ учебных планов:	4911010, 4911020, 4911040, 4911060,	4911013,
	4911130, 4911140,	5911013
	5911010, 5911020, 5911040, 5911060,	
	5911070, 5911130, 5911140,	
	6911010, 6911020, 6911030, 6911040,	
	6911060, 6911070, 6911130, 6911140,	
	7911040, 7911070, 7911130, 7911140	
Обеспечивающий факультет:	ФРТ	ФРТ
Обеспечивающая кафедра:	ТОР	ТОР
 Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5	5
Курс	1	1
Семестр	1	1

Виды занятий

Лекции (академ. часов)	36	2
Практические занятия (академ. часов)	0	0
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	36	2
Самостоятельная работа (академ. часов)	144	178
Всего (академ. часов)	180	180

Вид промежуточной аттестации

Дифференцированный зачет	1	1
--------------------------	---	---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР 05.07.2017, протокол № 6.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией ФРТ 07.09.2017, протокол № 1.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ИЗМЕРЕНИЯ НА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ»

Дисциплина знакомит аспирантов с принципами построения современных радиоизмерительных средств диапазона СВЧ: приборов, измерительных систем, измерительно-вычислительных комплексов. Среди разделов дисциплины: особенности измерений на высоких и сверхвысоких частотах, измерение параметров микроволновых устройств методом разделения волн. автоматизация измерений на СВЧ, измерение параметров СВЧ устройств на фиксированных частотах, измерительные генераторы СВЧ, измерение параметров СВЧ радиосигналов (частоты, анализ спектра, мощность непрерывных и импульсных сигналов).

Наряду с лекциями предусмотрены практические занятия в лаборатории СВЧ измерений, ставящие целью привить студентам практические навыки проведения наиболее часто встречающихся видов измерений в технике СВЧ.

SUBJECT SUMMARY

«MICROWAVE MEASUREMENTS»

The course introduces Ph.D. students to the principles of constructing modern instrumentation for microwave measurements: instruments, measuring systems, computerized measurement complexes. Among the topics are the features of measurements at high and ultrahigh frequencies, measurement of the parameters of microwave devices by the wave separation method. Automation of microwave measurements, measurement of microwave parameters at fixed frequencies, microwave generators, measurement of microwave signals' parameters (frequency, spectrum analysis, power of continuous and pulsed signals).

Along with lectures, practical exercises are provided in the laboratory of microwave measurements, with aim to instill in students practical skills of conducting the most common types of microwave measurements.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение принципов работы и назначения измерительных приборов СВЧ, используемых в современных радиотехнических системах; приобретение знаний об особенностях измерений в микроволновой технике;
2. Формирование умения пользоваться основными радиоизмерительными приборами СВЧ, методиками измерения параметров радиосигналов и радиоустройств, а также производить обработку результатов измерений;
3. Освоение навыков обработки результатов измерений параметров сигналов и устройств СВЧ, планирования экспериментов, управления средствами измерений СВЧ с использованием компьютерной техники.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

Настоящая программа составлена на основе «Программы кандидатских экзаменов по истории и философии науки, иностранному языку и специальным дисциплинам», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 (зарегистрирован Минюстом России 19 октября 2007 г., регистрационный № 10363).

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Измерения на сверхвысоких частотах» относится к вариативной части ООП.

Дисциплина преподается на основе знаний, полученных при освоении программы магистратуры или специалитета, и обеспечивает изучение следующих дисциплин:

1. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (для направленности программы 05.12.04);

2. «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» (для направленности программы 05.12.07);

3. «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» (для направленности программы 05.12.13);

4. «Радиолокация и радионавигация» (для направленности программы 05.12.14);

а также обеспечивает подготовку выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение. (2 академ. часа)

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации.

Тема 1. Особенности измерений на высоких и сверхвысоких частотах. (28 академ. часов)

Общие методы измерения параметров рассеяния СВЧ устройств. Особенности экспериментального исследования активных СВЧ устройств. Классификация средств измерения в диапазоне СВЧ. Понятие об измерительном тракте СВЧ. Основные типы измерительных трактов. Стандартные элементы измерительных трактов – разъемы, согласователи, нагрузки. Эталоны СВЧ нагрузок, их аттестация. Измерительный тракт при исследовании свойств СВЧ двухполюсников (нагрузок). Измерительный тракт для многополюсных микроволновых устройств. Измерительные преобразователи сигналов и узлы, используемые в измерительных трактах

Тема 2. Измерение параметров СВЧ устройств методом разделения волн. (30 академ. часов)

Метод разделения волн. Направленные ответвители и мосты, применяемые в измерениях методом разделения волн.. Погрешности за счет неидеальностей измерительного тракта и его калибровка. Структурные схемы скалярных анализаторов цепей СВЧ – панорамных приборов для измерения КСВ и ослабления. Векторные анализаторы цепей –панорамные приборы для измерения комплексных коэффициентов матрицы рассеяния. Автоматизированные вычислительные анализаторы и их использование в микроволновой технике.

Тема 3. Автоматизация измерений на СВЧ. (30 академ. часов)

Метод калибруемого многополюсника и компьютерные измерительные СВЧ устройства. Реализация метода – 4-х зондовый датчик, широкополосная схема многополюсника, методы их калибровки. Метод калибруемого многополюсника для измерения комплексных коэффициентов передачи. Импульсные методы измерения параметров СВЧ устройств во временной области. Импульсные рефлектометры, их применение для измерения характеристик широкополосных СВЧ приборов.

Тема 4. Измерение параметров СВЧ устройств на фиксированных частотах. (30 академ. часов)

Измерительная линия как образцовый прибор для измерения параметров СВЧ нагрузок. Поляризационные измерители полных сопротивлений нагрузок. Мостовые схемы измерений полных сопротивлений на СВЧ. Методы измерения ослабления. Измерительные аттенюаторы. Измерение фазовых характеристик коэффициентов передачи на СВЧ. Особенности измерений параметров неизменных устройств СВЧ.

Тема 5. Измерительные генераторы СВЧ. (30 академ. часов)

Особенности измерительных генераторов СВЧ как источников эталонных сигналов. Основные типы генераторов СВЧ с механической перестройкой, их метрологические параметры. Принципы построения измерительных генераторов с электронной перестройкой (ГКЧ), их использование в панорамных анализаторах цепей. СВЧ синтезаторы и генераторы с цифровым управлением.

Тема 6. Измерение параметров СВЧ радиосигналов. (28 академ. часов)

Измерение мощности СВЧ сигналов. Методы измерения поглощаемой и проходящей мощности СВЧ. Электронно-счетные методы измерения частоты

на СВЧ. Резонансные методы измерения частоты на СВЧ. Анализ спектров сигналов в СВЧ диапазоне. Особенности анализаторов спектра СВЧ диапазона.

Заключение. (2 академ. часа)

Основные тенденции развития радиоизмерительной техники.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
Перечень основной и дополнительной учебной литературы,
необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Данилин А. А. Измерения в технике СВЧ: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радиотехника, 2008.	1	80
2	Данилин А.А., Лавренко Н.С. Приборы и техника радиоизмерений. Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013.	1	34 ЭБС ГЭТУ
3	Дворяшин Б. В. Метрология и радиоизмерения / Учеб. пособие для студентов ВУЗов — М.: Издательский центр «Академия», 2005.	1	101
Дополнительная литература			
1	Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинальное проектирование СВЧ устройств. — М.: Радио и связь, 1987.	1	13
2	Сазонов Д.М. и др. Устройства СВЧ. Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1995. ⁸¹	1	78
3	Измерения в электронике. Справочник. / Под ред. В.А. Кузнецова. — М.: Энергоатомиздат, 1987.	1	14
4	Максимов В.М. Устройства СВЧ: основы теории и элементы тракта. — М.: Сайнс Пресс, 2002.	1	145
5	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Измерения на СВЧ» /сост.: А. А. Данилин, В. Н. Малышев, М. Л. Тылевич — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1990.	1	9

Зав. отделом учебной литературы *Киселев* Т. В. Киселева
12.07.17

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

№	Электронный адрес
1	http://kepstr.eltech.ru/tor/mt/

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, включая перечень экзаменационных вопросов (Приложение 1), а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся на первом занятии.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.т.н., доцент



Данилин А. А.

Рецензент

д.т.н., проф.



Головков А. А.

Зав. каф. ТОР

д.т.н., проф.



Ушаков В. Н.

Декан ФРТ

д.т.н., проф.



Малышев В. Н.

Согласовано

Председатель УМК ФРТ

к.т.н., доцент



Кузнецов И. Р.

Начальник МО

д.т.н., проф.



Грязнов А.Ю.

Заведующий ОДА

к.ф.-м.н.



Кучерова О.В.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата	Изменение	Дата заседания УМК, № прот-ла	Автор	Нач. МО
1					