

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**РАДИОЧАСТОТНАЯ И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	3	108	12	24	0		36	0	Э
Итого	3	108	12	24	0	0	36	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина обеспечивает общеинженерную и схемотехническую подготовку. Результатом освоения учебной дисциплины являются: краткое ознакомление с основами радиотехники, особенностями распространения радиоволн, распределением радиочастот, устройством антенн, системами беспроводной связи, методами формирования, аналоговой и цифровой обработки радиосигналов, принципами построения радиопередающих, радиоприемных устройств, современной микроэлектронной элементной базой. Освоение дисциплины дает возможность определить место и перспективы использования радиочастотных и СВЧ приборов и микросхем в перспективных областях науки и инновационной техники.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Радио и СВЧ электроника» являются: краткое ознакомление с основами радиотехники, особенностями распространения радиоволн, распределением радиочастот, устройством антенн, методами формирования, радиосигналов, их аналоговой и цифровой обработки, принципами построения передающих и приемных устройств радиочастотного и СВЧ диапазонов, современной элементной базой таких устройств. Освоение дисциплины позволяет дополнить базовые знания в области электроники и нанoeлектроники компетенциями в одной из важных областей применения нанoeлектронных приборов и интегральных микросхем, дает возможность определить место и перспективы их использования в радио и СВЧ электронике, других областях современной инновационной техники.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение дисциплины обеспечивает начальную подготовку в области проектирования интегральных микросхем и устройств радиочастотного и СВЧ диапазона. Изучение дисциплины базируется на следующих курсах:

- Общая физика (электричество и магнетизм);
- Общая физика (волны и оптика);
- Теоретические основы электротехники;
- Физика полупроводниковых приборов;
- Электроника (аналоговая и цифровая).

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
проектно-конструкторский			
Расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	ПК-5 [1] - Способен выполнять расчет и проектирование отдельных узлов или элементов электронных приборов, схем и устройств определенного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-5[1] - Знание теоретических основ конструирования приборов электроники и нанoeлектроники; У-ПК-5[1] - Умение применять средства автоматизации проектирования отдельных узлов и элементов ; В-ПК-5[1] - Владение методами конструирования и проектирования узлов и элементов схем аналоговой и цифровой электроники
производственно-технологический			
Проведение технологических	Материалы, компоненты,	ПК-8 [1] - Способен выполнять постановку	З-ПК-8[1] - Знание технологий

<p>процессов производства материалов и изделий электронной техники</p>	<p>электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>	<p>и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству материалов и изделий электронной техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>сверхбольших интегральных схем, планарных и иных технологий электроники и нанoeлектроники; У-ПК-8[1] - Умение выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству СБИС, интегральных СВЧ-систем и других изделий электронной техники.; В-ПК-8[1] - Владение технологическими операциями по производству материалов и изделий электронной техники</p>
<p>Организация метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники</p>	<p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства,</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен выполнять определенный тип измерительных или контрольных операций при исследовании параметров полупроводниковых приборов и устройств или в технологическом процессе по производству</p>	<p>З-ПК-9[1] - Знание параметров полупроводниковых приборов аналоговой, цифровой, радиочастотной и СВЧ-электроники.; У-ПК-9[1] - Умение выполнять исследования параметров полупроводниковых</p>

	<p>диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>	<p>материалов и изделий электронной техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.003</p>	<p>приборов и устройств в микро- и нанoeлектронике; В-ПК-9[1] - Владение методами измерений в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники</p>
--	---	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование коммуникативных навыков в области разработки и	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро-

	<p>производства полупроводниковых изделий (ВЗ6)</p>	<p>и наноэлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ;</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и</p>
--	---	--

		самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистам для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в нанoeлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.
--	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	6/12/0		25	КИ-8	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Второй раздел	9-15	6/12/0		25	КИ-15	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9,

							У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		12/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	12	24	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	6	12	0
1	<b>Введение.</b> Предметная область. Цель, содержание и структура курса, его место среди других изучаемых дисциплин. Базовые и смежные дисциплины, литература. Обзор направлений радиотехники. Изобретение радио. История развития радиотехники и радиоэлектроники.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Радиоволны.</b> Электромагнитное поле. Ближняя и дальняя зоны. Диапазоны используемых частот, распространение радиоволн.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Антенны.</b> Типы антенн и их основные параметры. Согласование импедансов. Факторы, влияющие на дальность радиосвязи. Формула Фриза для дальности связи в свободном пространстве.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Радиопередающие устройства.</b> Структура канала радиосвязи. Амплитудная, частотная, фазовая модуляция, формирование сигналов с одной боковой полосой. Цифровая квадратурная модуляция. Преобразование частоты.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Радиоприемные устройства.</b> Структурные схемы. Приемник прямого усиления,	Всего аудиторных часов		
		2	3	0

	прямого преобразования, супергетеродин. Цифровые приемники с квадратурными каналами.	Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	6	12	0
9	<b>Обзор элементной базы радио и СВЧ устройств.</b> Электронные узлы радиопередатчиков: генераторы, схемы фазовой автоподстройки частоты, синтезаторы частоты, модуляторы, смесители, усилители мощности. Электронные узлы радиоприемников: фильтры, малошумящие усилители, смесители, управляемые и логарифмические усилители, детекторы.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Радиочастотные и СВЧ усилители и генераторы.</b> Малошумящие усилители на биполярных и полевых транзисторах. Понятие коэффициента шума. Усилители мощности. Генераторы радиочастот и СВЧ генераторы на транзисторах. Умножители и делители частоты.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Радиочастотные и СВЧ смесители.</b> Способы перемножения аналоговых сигналов. Метод переменной крутизны. Ячейка аналогового перемножителя с нормировкой тока (схема Гилберта) на биполярных транзисторах. Смесители на диодах и полевых транзисторах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Аналоговые фильтры.</b> Основные типы фильтров. Фильтры Баттерворта, Бесселя, Чебышева, Кауэра. Реализации Саллена-Ки и с многопетлевой обратной связью. Преобразователи импеданса и фильтры на их основе.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Радиочастотные ЦАП и АЦП.</b> Реализация радиочастотных ЦАП на матрицах двоично-взвешенных источников тока. Типовые структуры радиочастотных АЦП. Особенности АЦП, работающих в режиме субдискретизации.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Обзор достижений и перспектив развития радиотехники.</b> Развитие элементной базы радиоэлектронных устройств. Новые направления в технологии радиочастотных и СВЧ микросхем.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	<b>Занятие 1</b> Решение задач по анализу простых линейных цепей и сигналов. Прохождение сигналов сложного спектрального состава через линейные фильтры.
3 - 4	<b>Занятие 2</b> Решение задач на согласование импедансов. Вычисление отраженной мощности при рассогласовании цепей.
5 - 6	<b>Занятие 3</b> Применение формулы Фриза для вычисления дальности радиосвязи.
7 - 8	<b>Занятие 4</b> Анализ методов модуляции. Сравнение энергетической эффективности амплитудной модуляции и модуляции с ОБП.
9 - 10	<b>Занятие 5.</b> Анализ подавления зеркального канала в супергетеродинных радиоприемниках с одним преобразованием частоты и простым частотным селектором на входе.
11 - 12	<b>Занятие 6.</b> Анализ различных схем на базе аналоговых перемножителей сигналов: модуляторов, смесителей, детекторов, регенеративных преобразователей частоты.
13 - 14	<b>Занятие 7.</b> Расчет параметров фильтров Баттерворта и Чебышева.
15 - 16	<b>Занятие 8.</b> Анализ параметров радиочастотных ЦАП и АЦП.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В основе преподавания дисциплины лежат в традиционные образовательные технологии в виде лекций и практических занятий.

Для самостоятельной работы студентов предлагаются интерактивные средства анализа, визуализации и моделирования элементов радио и СВЧ устройств.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.3 X80 Искусство схемотехники : , Хоровиц П., Хилл У., Москва: Бином, 2015

2. ЭИ М 54 Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот Т. 1 Стационарные процессы, , : , 2009
3. ЭИ М 54 Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот Т. 2 Нестационарные и хаотические процессы, , : , 2009
4. 621.39 М23 Основы радиоэлектроники : , Манаев Е.И., Москва: Либроком, 2013
5. 621.37 Г65 Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов, Гоноровский И.С., Москва: Дрофа, 2006

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.39 Р15 Радиоприемные устройства : учебник для вузов, , Москва: Горячая линия - Телеком, 2007
2. 537 Н64 Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для вузов, Никольский В.В., Никольская Т.И., Москва: Либроком, 2012

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Средством текущего контроля освоения 1-го раздела курса «Радиочастотная и СВЧ электроника» является контрольная работа 1 в форме теста. Результаты ее выполнения являются основой при выставлении оценки рубежного контроля по итогам (КИ-8) изучения 1-го раздела курса «Радиочастотная и СВЧ электроника».

При выставлении окончательной итоговой оценки за раздел (контроль по итогам обучения в течение первой половины семестра) учитывается активность и результативность работы студента в этот период обучения. В соответствии с этим выбираются баллы из указанных в таблице диапазонов значений.

Средством текущего контроля освоения 2-го раздела курса «Радиочастотная и СВЧ электроника» является контрольная работа 2.

Средством промежуточного контроля освоения курса «Радиочастотная и СВЧ электроника» является зачет, который проводится в форме ответа на теоретический вопрос, содержащийся в билете. Максимальная оценка за зачет – 50 баллов.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, полученных студентом при выполнении заданий в рамках текущего/рубежного и промежуточного контроля, и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### Календарный план курса

1 неделя. Предмет радиоэлектроники и СВЧ электроники. Цель, задачи, основные разделы и литература по курсу. Основные понятия радиотехники, понятие радиоканала. Диапазоны радиоволн. Классификация радиотехнических систем и устройств. Понятие радиотехнических цепей, сигналов и преобразований. Шестиуровневая модель радиотехники. Роль и место радиоэлектроники.

2-3 неделя. Классификация радиотехнических устройств. Радиоприемные и радиопередающие устройства. Классификация, структурные схемы и основные характеристики передатчиков и приемников. Приемники прямого усиления. Супергетеродинные приемники. Современные монолитные приемопередатчики для радиотехнических систем.

4-6 неделя. Электромагнитные волны в волноводных структурах. Уравнения Максвелла для гармонических процессов. Метод комплексных амплитуд. Комплексная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла потерь. Плоские однородные электромагнитные волны (ПЭМВ), коэффициент распространения. Уравнение Гельмгольца. Закон сохранения энергии. Плотность потока мощности ЭМ поля. ПЭМВ в направляющих структурах и их классификация. Идеальный плоский волновод. Критическая частота. Типы волн: E-, H-, T- и гибридные волны.

7-9 неделя. Радиотехнические сигналы и преобразования. Классификация радиотехнических сигналов. Формы представления радиотехнических сигналов. Представление с помощью ряда Фурье. Преобразование Фурье и понятие спектральной плотности. Классификация радиотехнических преобразований. Основные виды аналоговой и цифровой модуляции. Энергетическая эффективность амплитудной и угловой видов модуляции.

10-12 неделя. Применение теории линейных цепей для анализа линий передачи. Основные параметры линии передачи (ЛП). Волновое сопротивление, коэффициент распространения, фазовая скорость. Представление ЛП в виде четырехполюсника. Волны тока и напряжения, отраженные волны, КСВН, коэффициент отражения. Матричные методы анализа цепей. Матрица рассеяния и преобразованная матрица рассеяния. Направленные графы.

13-16 неделя. Пассивные элементы и устройства СВЧ электроники. Линии передачи СВЧ. Коаксиальная и двухпроводная ЛП. Прямоугольный волновод. Микрополосковая линия (МПЛ). Связанные МПЛ. Пассивные элементы СВЧ. Индуктивности, емкости, резисторы. Резонаторы. Устройства возбуждения ЛП, переходы. Пассивные устройства СВЧ.

Направленные ответвители и мосты, делители и сумматоры мощности, устройства управления фазой и амплитудой сигнала, вентили, аттенюаторы, фильтры.

Автор(ы):

Бочаров Юрий Иванович, к.т.н., доцент