

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.38
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3; 9 семестр - 4; всего - 7
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	8 семестр - 32 часа; 9 семестр - 16 часов; всего - 48 часа
Практические занятия	8 семестр - 16 часов; 9 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Лабораторные работы	8 семестр - 16 часов; 9 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 43,7 часа; 9 семестр - 93,5 часа; всего - 137,2 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	9 семестр - 0,5 часа; всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Наумова Ю.Д.
	Идентификатор	Rab7aae59-NaumovaYuD-33a8e99

Ю.Д. Наумова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

Р.С. Куликов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных принципов построения, характеристик и методов расчета и проектирования устройств приема и обработки сигналов.

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов построения, характеристик и методов расчета устройств приема и обработки радиосигналов в целом и их основных функциональных блоков;
- изучение методов анализа, расчета и проектирования с целью обеспечения требуемых характеристик в условиях приема сигнала в смеси с шумом и в условиях действия помех;
- усвоение основных схемотехнических решений, применяемых при практической реализации устройств приема и обработки радиосигналов;
- изучение методов цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах (РПУ);
- изучение основных алгоритмов оптимального построения устройств приема и преобразования сигналов и методов их технической реализации.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ИД-3 _{ОПК-1} Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем	знать: - основные принципы построения, структурные схемы и характеристики устройств приема и обработки радиосигналов, а так же методы борьбы с паразитными каналами приема; - математическое описание теплового шума активной проводимости, а так же характеристики РПУ, описывающие собственные шумы устройства и методы расчета чувствительности РПУ. уметь: - проводить расчет основных характеристик демодуляторов различных типов, осуществлять выбор элементной базы для реализации различных типов демодуляторов.
ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	ИД-2 _{ОПК-4} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	знать: - Виды современного контрольно-измерительного оборудования. Методику измерения параметров элементов радиоприемного тракта. уметь: - использовать современное контрольно-измерительное оборудование; - проводить экспериментальное измерение основных характеристик элементов радиоприемного тракта: фильтров, усилителей, смесителей.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	ИД-З _{ОПК-4} Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	знать: - основные характеристики различных типов демодуляторов (АД, ЧД, ФД), схемы построения аналоговых демодуляторов; - виды схем реализации преобразователей частоты, принципы работы преобразователей частоты. уметь: - сопоставлять параметры сигнала и требуемые характеристики блоков устройств приема и обработки радиосигналов; - проводить расчет характеристик шума в различных точках приемного тракта, анализировать помехозащищенность РПУ; - Проводить расчет входных каскадов радиоприемных устройств в различных режимах работы. Анализировать устойчивость усилительных каскадов, оценивая полученные экспериментальным путем характеристики и сопоставляя их с требуемыми, проводить выбор рабочего режима каскада, основываясь на результатах анализа устойчивости.
ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИД-З _{ОПК-5} Формулирует задачи, направленные на проведение исследований, проектирование и использование в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора	знать: - принципы выбора схемотехнического решения и подбора элементной базы для расчета фильтров и усилительных устройств, входящих в состав преселекторов РПУ; - критерии оценки помехозащищенности радиоприемного устройства. уметь: - проводить расчет шумовых характеристик радиоприемного устройства; - уметь выбирать параметры усилителя промежуточной частоты, позволяющие провести усиление входного сигнала без искажений; - проводить расчет КИХ фильтра Гильберта требуемого порядка.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-6 Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ	ИД-2 _{ОПК-6} Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем	знать: - методику использования комплексной огибающей для математического представления узкополосного сигнала, методы получения НЧ квадратурных составляющих, методы реализации квадратурной демодуляции; - математическое описание смеси полезного сигнала и аддитивного белого шума, статистические характеристики шума, соотношения для расчета отношения сигнал-шум в различных точках приемного тракта.
ОПК-8 Способен использовать современные программные и инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач	ИД-1 _{ОПК-8} Использует современные программные средства моделирования для решения различных задач профессиональной деятельности	знать: - методы проведения анализа во временной и частотной области в программе схемотехнического моделирования MicroCap. уметь: - проводить моделирование и исследование схем квадратурных демодуляторов в пакете схемотехнического моделирования MicroCap; - Проводить моделирование различных типов сигналов во временной и спектральной областях с использованием программы схемотехнического моделирования MicroCap. Проводить моделирование блоков радиоприемного устройства и анализ их характеристик во временной и частотной областях с использованием программы схемотехнического моделирования MicroCap.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные типы радиотехнических сигналов и их характеристики
- знать методы анализа радиотехнических цепей; основные характеристики радиотехнических цепей: импульсная характеристика, передаточная функция и их параметры

- знать элементную базу аналоговых и цифровых электронных устройств, а также схемотехнические принципы построения таких устройств
- знать Основы математической статистики: основные понятия математической статистики, основные законы распределения и их параметры, автокорреляционная функция стационарного случайного процесса, связь спектральной плотности и автокорреляционной функции стационарного случайного процесса
- знать Основы математического анализа: дифференцирование, интегрирование, интегральные преобразования Фурье и Лапласа, свертка функций и ее свойства, комплексные числа
- знать схемотехника базовых элементов радиоприемного тракта (фильтры различных порядков, усилители)
- уметь анализировать радиотехнические сигналы во временной и частотной областях
- уметь анализировать работу электронных устройств, моделируемых в пакете прикладных программ MicroCap

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов	18.2	8	4	4	2	-	-	-	-	-	8.2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов лекций, практических и лабораторных работ по разделу "Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка материалов лекции и практического занятия с целью выполнения и последующей защиты лабораторной работы <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Для освоения материала практических занятий необходимо предварительно выучить основные понятия, их определения, а также формулы расчета величин в рамках изучения темы "Структура, принцип
1.1	Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов	18.2		4	4	2	-	-	-	-	-	8.2	-	

													действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов"	
2	Чувствительность радиоприемных устройств	14.2		6	-	4	-	-	-	-	-	4.2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Чувствительность радиоприемных устройств" и подготовка к контрольной работе
2.1	Чувствительность радиоприемных устройств	14.2		6	-	4	-	-	-	-	-	4.2	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Чувствительность радиоприемных устройств" материалу в виде набора задач без деления на варианты. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Контроль правильности выполнения домашнего задания проводится путем самопроверки в результате коллективного обсуждения в аудитории <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Чувствительность радиоприемных устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3	Преселекторы радиоприемных устройств	21.3		6	3	2	-	-	-	-	-	10.3	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка материалов лекции с целью выполнения и последующей защиты лабораторной работы
3.1	Входные цепи	8		2	1	1	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов лекций, практических и лабораторных работ по разделу "Преселекторы радиоприемных устройств" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования
3.2	Усилители радиочастоты	13.3		4	2	1	-	-	-	-	-	6.3	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в

													соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Для освоения материала практических занятий необходимо предварительно выучить основные понятия, их определения, а также формулы расчета величин в рамках изучения темы "Преселекторы радиоприемных устройств"
4	Преобразователи частоты	18		4	4	2	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Преобразователи частоты" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования
4.1	Преобразователи частоты	18		4	4	2	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучить материал лекций по теме "Преобразователи частоты" с целью подготовки к выполнению и последующей защите лабораторной работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п. 5
5	Усилители промежуточной частоты	12		4	-	2	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Усилители промежуточной частоты" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования
5.1	Усилители промежуточной частоты	12		4	-	2	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Усилители промежуточной частоты", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
6	Демодуляторы сигналов	24		8	5	4	-	-	-	-	7	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу

6.1	Демодуляторы сигналов	24		8	5	4	-	-	-	-	-	7	-	"Демодуляторы сигналов", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов лекций и лабораторных работ по разделу "Демодуляторы сигналов" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Необходимо выучить основные понятия и определения, а также принцип работы устройств в рамках изучения темы "Демодуляторы сигналов". Проработать материалы лекции с целью выполнения и последующей защиты лабораторной работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 24-31
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0		32	16	16	-	-	-	-	0.3	43.7	-	
	Итого за семестр	108.0		32	16	16	-			-		0.3	43.7	
7	Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт	28	9	8	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной
7.1	Прохождение смеси сигнала и шума через БВЧ РПУ	14		4	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
7.2	Демодуляция смеси	14		4	2	2	-	-	-	-	-	6	-	

	сигнала и шума												проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов лекций и лабораторных работ по разделу "Прохождение смеси сигнала и шума через БВЧ РПУ" с целью подготовки к контрольной работе в форме тестирования <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, материалов практического занятия с целью выполнения лабораторной работы <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Прохождение смеси сигнала и шума через БВЧ РПУ", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях	
8	Цифровая обработка сигналов в РПУ	34		4	4	4	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Цифровая обработка сигналов в РПУ", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
8.1	Цифровая обработка сигналов в РПУ	34		4	4	4	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Цифровая обработка сигналов в РПУ", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях, выполнение и подготовка к защите лаб. работы

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], с. 40-48
9	Основы применения современной измерительной аппаратуры для исследования основных характеристик устройств приема и обработки сигналов	46		4	8	8	-	-	-	-	-	26	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы основ работы с современным контрольно-измерительным оборудованием <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашним заданием является оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с указанными требованиями. Предварительная проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Окончательной проверкой домашнего задания является защита студентом лабораторной работы в формате собеседования
9.1	Основы применения современной измерительной аппаратуры	13		4	2	1	-	-	-	-	-	6	-	
9.2	Методы измерения основных параметров фильтров	10		-	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
9.3	Методы измерения основных параметров усилителей	10		-	2	2	-	-	-	-	-	6	-	
9.4	Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя	13		-	2	3	-	-	-	-	-	8	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		16	16	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		16	16	16	2		-		0.5	93.5		
	ИТОГО	252.0		-	48	32	32	2		-	0.8	137.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов

1.1. Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов

Общие сведения об устройствах приема и обработки сигналов (радиоприемных устройствах (РПУ)). Типовые структурные схемы РПУ. Назначение и основные свойства блоков РПУ; состав и основные характеристики приемника прямого усиления и с преобразованием частоты (супергетеродинного, инфрадинного, гомодинного); паразитные каналы приема. Основные электрические показатели качества РПУ (динамический диапазон, чувствительность, селективность, помехоустойчивость)..

2. Чувствительность радиоприемных устройств

2.1. Чувствительность радиоприемных устройств

Статистические характеристики собственного шума РПУ. Номинальная мощность двухполосника, коэффициент передачи номинальной мощности и коэффициент передачи проходной мощности четырехполосника, эквивалентная шумовая полоса пропускания четырехполосника. Тепловой шум активной проводимости, формула Найквиста, номинальная мощность теплового шума. Коэффициент шума и шумовая температура активного четырехполосника (блока РПУ). Коэффициент шума и шумовая температура пассивного четырехполосника. Коэффициент шума и шумовая температура каскадно-соединенных четырехполосников. Эквивалентная шумовая температура антенны. Расчет шумовой чувствительности РПУ..

3. Преселекторы радиоприемных устройств

3.1. Входные цепи

Назначение, состав и основные характеристики входных цепей (ВЦ) и устройств. Эквивалентная схема и основные характеристики ВЦ: коэффициенты включения, эквивалентные проводимости, коэффициент передачи и полоса пропускания ВЦ, коэффициент расширения полосы. Характеристики ВЦ при согласовании с антенной; влияние рассогласования с антенной..

3.2. Усилители радиочастоты

Общие сведения о малощумящих усилителях радиочастоты (УРЧ) и их характеристики. Примеры типовых схем транзисторных УРЧ. Обобщенная эквивалентная схема каскада УРЧ и его характеристики: резонансный коэффициент усиления, полоса пропускания, коэффициент расширения полосы. Устойчивость работы УРЧ: причины неустойчивой работы, коэффициент устойчивости, коэффициент устойчивого усиления. Основные режимы работы УРЧ, их характеристики..

4. Преобразователи частоты

4.1. Преобразователи частоты

Общие сведения о преобразователях частоты (ПЧ): принцип действия, структурная схема. Характеристики ПЧ: крутизна преобразования, коэффициент передачи, входная проводимость. Краткая теория ПЧ: эквивалентные Y-параметры в режиме преобразования частоты. ПЧ на биполярных и полевых транзисторах и в интегральном исполнении. Диодные ПЧ. Балансные и кольцевые ПЧ. Амплитудно-частотная характеристика ПЧ..

5. Усилители промежуточной частоты

5.1. Усилители промежуточной частоты

Назначение и классификация усилителей промежуточной частоты (УПЧ), основные характеристики. УПЧ с распределенной и сосредоточенной избирательностью. Общая характеристика свойств УПЧ с распределенной избирательностью. УПЧ с сосредоточенной избирательностью: структурная схема, варианты реализации фильтра сосредоточенной избирательности (LC-фильтры, пьезоэлектрические фильтры, активные фильтры). Искажения АМ и ЧМ сигналов в УПЧ, требования к форме АЧХ и ФЧХ УПЧ..

6. Демодуляторы сигналов

6.1. Демодуляторы сигналов

Назначение и основные характеристики диодного амплитудного демодулятора (АД): схема, процессы в переходном и установившемся режимах, характеристики. Нелинейные искажения в АД, методы их уменьшения. Синхронный АД. Назначение и основные характеристики фазового демодулятора (ФД). ФД коммутационного типа на логических элементах. Диодный балансный ФД векторомерного типа. Назначение, принцип действия, основные характеристики частотного демодулятора (ЧД). Балансный ЧД с преобразованием частотных отклонений в амплитудные. ЧД с преобразованием частотных отклонений в фазовые. ЧД с квадратурными каналами..

7. Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт

7.1. Прохождение смеси сигнала и шума через БВЧ РПУ

Энергетический спектр и автокорреляционная функция квазигармонического шума на выходе блока высокой частоты (БВЧ). Статистические характеристики огибающей узкополосного шума на выходе БВЧ: плотность вероятности (распределение Релея), математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, автокорреляционная функция. Статистические характеристики огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного шума: плотность вероятности (распределение Райса), математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, автокорреляционная функция..

7.2. Демодуляция смеси сигнала и шума

Анализ воздействия сигнала и шума на линейный амплитудный детектор. Энергетический спектр шума на выходе АД (качественно). Отношение сигнал-шум на выходе линейного АД.. Статистические характеристики мгновенной частоты суммы гармонического сигнала и узкополосного шума. Автокорреляционная функция и энергетический спектр мгновенной частоты (случай большого отношения сигнал-шум). Анализ воздействия сигнала и шума на частотный детектор. Расчёт отношения сигнал-шум на выходе приёмника ЧМ сигналов (в надпороговой области). Пороговый эффект при приёме ЧМ сигналов. Влияние формы АЧХ БНЧ на отношение сигнал-шум на выходе приёмника. Методы повышения качества приёма ЧМ сигналов..

8. Цифровая обработка сигналов в РПУ

8.1. Цифровая обработка сигналов в РПУ

Аналитический сигнал и комплексная огибающая узкополосных сигналов. Формирование цифровой комплексной огибающей с помощью квадратурного смесителя и на основе преобразования Гильберта. Цифровой фильтр Гильберта.. Алгоритм работы цифрового

амплитудного демодулятора. Алгоритм работы цифрового фазового демодулятора. Алгоритм работы цифрового частотного демодулятора..

9. Основы применения современной измерительной аппаратуры для исследования основных характеристик устройств приема и обработки сигналов

9.1. Основы применения современной измерительной аппаратуры

Работа с современным контрольно-измерительным оборудованием. Цифровые анализаторы спектра радиочастот, построенные по принципу супергетеродинного приемника..

9.2. Методы измерения основных параметров фильтров

Принципы практического измерения АЧХ и модуля коэффициента отражения фильтров.

9.3. Методы измерения основных параметров усилителей

Принципы практического измерения коэффициента усиления, развязки, коэффициентов отражения, коэффициента шума, точки децибельной компрессии, точки пересечения интермодуляционных искажений 3-го порядка.

9.4. Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя

Принципы практического измерения коэффициентов передачи при преобразовании частоты вниз, измерение коэффициентов передачи при преобразовании частоты вверх, измерение фазовой и амплитудной характеристик смесителя в режиме детектора.

3.3. Темы практических занятий

1. Демодуляция АМ сигналов с использованием НЧ квадратурных составляющих;
2. Расчет чувствительности РПУ;
3. Демодуляторы сигналов;
4. Расчет преобразователей частоты;
5. Влияние помех по паразитным каналам приема супергетеродинного радиоприемника и частотная селективность РПУ;
6. Характеристики квазигармонического процесса на выходе БВЧ;
7. Расчет отношения сигнал/шум на выходе демодулятора;
8. Расчет преселектора РПУ;
9. Усилители промежуточной частоты;
10. Использование цифрового фильтра Гильберта для формирования аналитического сигнала.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ;
2. Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя;
3. Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт;
4. Моделирование демодуляторов различных типов;
5. Моделирование преобразователя частоты;
6. Моделирование преселектора;
7. Основы работы с современным контрольно-измерительным оборудованием;
8. Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта;

9. Методы измерения основных параметров фильтров.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цифровая обработка сигналов в РПУ"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы применения современной измерительной аппаратуры для исследования основных характеристик устройств приема и обработки сигналов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Чувствительность радиоприемных устройств"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Преселекторы радиоприемных устройств"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Преобразователи частоты"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Усилители промежуточной частоты"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Демодуляторы сигналов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Знать:											
математическое описание теплового шума активной проводимости, а так же характеристики РПУ, описывающие собственные шумы устройства и методы расчета чувствительности РПУ	ИД-3 _{ОПК-1}		+								Контрольная работа/Расчет шумовых характеристик и чувствительности радиоприемного устройства
основные принципы построения, структурные схемы и характеристики устройств приема и обработки радиосигналов, а так же методы борьбы с паразитными каналами приема	ИД-3 _{ОПК-1}	+									Тестирование/Общие сведения об устройствах приема и обработки сигналов
Виды современного современного контрольно-измерительного оборудования. Методику измерения параметров элементов радиоприемного тракта	ИД-2 _{ОПК-4}									+	Лабораторная работа/Методы измерения основных параметров усилителей Лабораторная работа/Методы измерения основных параметров фильтров Лабораторная работа/Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя Лабораторная работа/Основы работы с современным контрольно-измерительным оборудованием
виды схем реализации преобразователей частоты, принципы работы преобразователей частоты	ИД-3 _{ОПК-4}				+						Тестирование/Преобразователи частоты и Усилители промежуточной частоты
основные характеристики различных типов демодуляторов (АД, ЧД, ФД), схемы построения аналоговых демодуляторов	ИД-3 _{ОПК-4}						+				Тестирование/Демодуляторы сигналов Лабораторная работа/Моделирование демодуляторов различных типов

критерии оценки помехозащищенности радиоприемного устройства	ИД-3опк-5							+			Лабораторная работа/Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт
принципы выбора схемотехнического решения и подбора элементной базы для расчета фильтров и усилительных устройств, входящих в состав преселекторов РПУ	ИД-3опк-5			+							Тестирование/Преселекторы радиоприемных устройств
математическое описание смеси полезного сигнала и аддитивного белого шума, статистические характеристики шума, соотношения для расчета отношения сигнал-шум в различных точках приемного тракта	ИД-2опк-6							+			Лабораторная работа/Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт Контрольная работа/Расчет характеристик РПУ при действии на входе смеси сигнала и шума
методику использования комплексной огибающей для математического представления узкополосного сигнала, методы получения НЧ квадратурных составляющих, методы реализации квадратурной демодуляции	ИД-2опк-6								+		Лабораторная работа/Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта
методы проведения анализа во временной и частотной области в программе схемотехнического моделирования MicroCap	ИД-1опк-8	+									Лабораторная работа/Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ
Уметь:											
проводить расчет основных характеристик демодуляторов различных типов, осуществлять выбор элементной базы для реализации различных типов демодуляторов	ИД-3опк-1							+			Тестирование/Демодуляторы сигналов Лабораторная работа/Моделирование демодуляторов различных типов
проводить экспериментальное измерение основных характеристик элементов радиоприемного тракта: фильтров, усилителей, смесителей	ИД-2опк-4									+	Лабораторная работа/Методы измерения основных параметров усилителей Лабораторная работа/Методы измерения основных параметров фильтров Лабораторная работа/Методы исследования характеристик двойного балансного

											смесителя
использовать современное контрольно-измерительное оборудование	ИД-2 _{ОПК-4}									+	Лабораторная работа/Основы работы с современным контрольно-измерительным оборудованием
Проводить расчет входных каскадов радиоприемных устройств в различных режимах работы. Анализировать устойчивость усилительных каскадов, оценивая полученные экспериментальным путем характеристики и сопоставляя их с требуемыми, проводить выбор рабочего режима каскада, основываясь на результатах анализа устойчивости	ИД-3 _{ОПК-4}			+							Лабораторная работа/Моделирование преселектора Тестирование/Преселекторы радиоприемных устройств
проводить расчет характеристик шума в различных точках приемного тракта, анализировать помехозащищенность РПУ	ИД-3 _{ОПК-4}							+			Лабораторная работа/Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт
сопоставлять параметры сигнала и требуемые характеристики блоков устройств приема и обработки радиосигналов	ИД-3 _{ОПК-4}	+									Тестирование/Общие сведения об устройствах приема и обработки сигналов Лабораторная работа/Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ
проводить расчет КИХ фильтра Гильберта требуемого порядка	ИД-3 _{ОПК-5}								+		Лабораторная работа/Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта
уметь выбирать параметры усилителя промежуточной частоты, позволяющие провести усиление входного сигнала без искажений	ИД-3 _{ОПК-5}					+					Тестирование/Преобразователи частоты и Усилители промежуточной частоты
проводить расчет шумовых характеристик радиоприемного устройства	ИД-3 _{ОПК-5}		+								Контрольная работа/Расчет шумовых характеристик и чувствительности

											радиоприемного устройства
Проводить моделирование различных типов сигналов во временной и спектральной областях с использованием программы схемотехнического моделирования MicroCap. Проводить моделирование блоков радиоприемного устройства и анализ их характеристик во временной и частотной областях с использованием программы схемотехнического моделирования MicroCap	ИД-1ОПК-8	+									Лабораторная работа/Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ
проводить моделирование и исследование схем квадратурных демодуляторов в пакете схемотехнического моделирования MicroCap	ИД-1ОПК-8								+		Лабораторная работа/Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Демодуляторы сигналов (Тестирование)
2. Общие сведения об устройствах приема и обработки сигналов (Тестирование)
3. Преобразователи частоты и Усилители промежуточной частоты (Тестирование)
4. Преселекторы радиоприемных устройств (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет шумовых характеристик и чувствительности радиоприемного устройства (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Моделирование демодуляторов различных типов (Лабораторная работа)
2. Моделирование преселектора (Лабораторная работа)
3. Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ (Лабораторная работа)

9 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет характеристик РПУ при действии на входе смеси сигнала и шума (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Методы измерения основных параметров усилителей (Лабораторная работа)
2. Методы измерения основных параметров фильтров (Лабораторная работа)
3. Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя (Лабораторная работа)
4. Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта (Лабораторная работа)
5. Основы работы с современным контрольно-измерительным оборудованием (Лабораторная работа)
6. Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и составляющей промежуточной аттестации

Экзамен (Семестр №9)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и составляющей промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Лишак, М. Ю. Аналоговые демодуляторы радиосигналов: основы теории моделирования : учебное пособие по курсу "Основы приема и обработки сигналов" по направлению "Радиотехника" / М. Ю. Лишак, Ю. Д. Наумова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 48 с. – ISBN 978-5-7046-1717-4.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8465>;
2. А. С. Шостак- "Прием и обработка сигналов: курс лекций" 2, Издательство: "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники", Томск, 2012 - (87 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208720>;
3. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко. – 3-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 768 с. – (Учебная литература для вузов). – ISBN 978-5-9775-0915-2..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Micro-Cap;
5. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-704/11, Учебная лаборатория РПУ каф. "Форс"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование специализированное, телевизор, учебно-

		наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-704/11, Учебная лаборатория РПУ каф. "Форс"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование специализированное, телевизор, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-704/11, Учебная лаборатория РПУ каф. "Форс"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование специализированное, телевизор, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-703/1, Кабинет сотрудников	стеллаж, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-704/14, Помещение каф. "ФОРС"	оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства приема и обработки сигналов

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Типовые радиосигналы и их спектры. Преобразование сигналов в супергетеродинном РПУ (Лабораторная работа)
- КМ-2 Общие сведения об устройствах приема и обработки сигналов (Тестирование)
- КМ-3 Расчет шумовых характеристик и чувствительности радиоприемного устройства (Контрольная работа)
- КМ-4 Моделирование преселектора (Лабораторная работа)
- КМ-5 Преселекторы радиоприемных устройств (Тестирование)
- КМ-6 Преобразователи частоты и Усилители промежуточной частоты (Тестирование)
- КМ-7 Моделирование демодуляторов различных типов (Лабораторная работа)
- КМ-8 Демодуляторы сигналов (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	4	6	8	8	10	12	15
1	Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов									
1.1	Структура, принцип действия и основные характеристики устройств приема и обработки сигналов		+	+						
2	Чувствительность радиоприемных устройств									
2.1	Чувствительность радиоприемных устройств				+					
3	Преселекторы радиоприемных устройств									
3.1	Входные цепи					+	+			
3.2	Усилители радиочастоты					+	+			
4	Преобразователи частоты									
4.1	Преобразователи частоты							+		
5	Усилители промежуточной частоты									

5.1	Усилители промежуточной частоты						+		
6	Демодуляторы сигналов								
6.1	Демодуляторы сигналов							+	+
Вес КМ, %:		10	10	15	10	15	15	10	15

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-9	Расчет характеристик РПУ при действии на входе смеси сигнала и шума (Контрольная работа)
КМ-10	Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт (Лабораторная работа)
КМ-11	Моделирование схемы формирования НЧ квадратурных составляющих и демодулятора АМ сигналов. Формирование квадратурного сигнала с помощью фильтра Гильберта (Лабораторная работа)
КМ-12	Основы работы с современным контрольно-измерительным оборудованием (Лабораторная работа)
КМ-13	Методы измерения основных параметров фильтров (Лабораторная работа)
КМ-14	Методы измерения основных параметров усилителей (Лабораторная работа)
КМ-15	Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
		Неделя КМ:	6	6	11	12	13	14	15
1	Прохождение смеси сигнала и шума через радиоприемный тракт								
1.1	Прохождение смеси сигнала и шума через БВЧ РПУ		+	+					
1.2	Демодуляция смеси сигнала и шума		+	+					
2	Цифровая обработка сигналов в РПУ								
2.1	Цифровая обработка сигналов в РПУ				+				
3	Основы применения современной измерительной аппаратуры для исследования основных характеристик устройств приема и обработки сигналов								
3.1	Основы применения современной измерительной аппаратуры					+	+	+	+

3.2	Методы измерения основных параметров фильтров				+	+	+	+
3.3	Методы измерения основных параметров усилителей				+	+	+	+
3.4	Методы исследования характеристик двойного балансного смесителя				+	+	+	+
Вес КМ, %:		10	10	40	10	10	10	10