

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

Направление подготовки/специальность: 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Биотехнические и медицинские аппараты и системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЦЕПИ И СИГНАЛЫ В МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.28
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 6; 6 семестр - 4; всего - 10
Часов (всего) по учебному плану:	360 часов
Лекции	5 семестр - 48 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 76 часа
Практические занятия	5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
Лабораторные работы	5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 12 часов; всего - 28 часа
Консультации	5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	5 семестр - 117,5 часов; 6 семестр - 73,5 часа; всего - 191,0 час
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

(подпись)

Г.В. Жихарева

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение современной теории сигналов и методов анализа прохождения сигналов через линейные и нелинейные электрические цепи как основы для успешного изучения последующих предметов схемотехнического и технико-кибернетического циклов

Задачи дисциплины

- изучение методов математического описания детерминированных сигналов и их характеристик, а также методов анализа прохождения детерминированных сигналов через линейные и нелинейные электрические цепи в сочетании с пониманием физических процессов и явлений;

- изучение методов математического описания случайных сигналов и их характеристик, а также методов анализа прохождения случайных сигналов через линейные и нелинейные электрические цепи в сочетании с пониманием физических процессов и явлений;

- освоение методов расчета характеристик сигналов и электрических цепей, а также применения методов анализа прохождения сигналов через линейные и нелинейные цепи;

- освоение методов экспериментального исследования характеристик сигналов, а также характеристик и режимов работы электрических цепей.

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 применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет знания естественных наук и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- математические модели детерминированных сигналов и их характеристики;- методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи;- основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров;- методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи;- статистические характеристики узкополосных случайных процессов;- методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- выбирать и правильно использовать методы решения прикладных задач квазиоптимальной фильтрации сигнала;- привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных сигналов;- проводить расчет и анализ статистических характеристик

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		случайных процессов; - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи.
ОПК-3 способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики биотехнических систем и технологий	ИД-2 _{ОПК-3} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи.
ОПК-3 способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики биотехнических систем и технологий	ИД-3 _{ОПК-3} Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Биотехнические и медицинские аппараты и системы (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ 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	Основы теории детерминированных сигналов	52	5	14	4	8	-	-	-	-	-	26	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы теории детерминированных сигналов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Основы теории детерминированных сигналов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1.По заданным в таблице индивидуальных заданий виду импульсного видеосигнала $U(t)$ и его параметрам: 1.1. Запишите математическую модель сигнала $U(t)$. Постройте график импульса. 1.2. Получите выражение для спектральной плотности $S(f)$ импульса $U(t)$. 1.3. Постройте график модуля спектральной плотности (ось частот в Гц, кГц или МГц). 2.Сигнал $u(t)$ представляет собой периодическую последовательность видеоимпульсов $U(t)$ (период повторения</p>
1.1	Математические модели детерминированных сигналов.	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Спектральный анализ периодических сигналов.	16		2	4	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Спектральное представление непериодических сигналов.	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.4	Корреляционный анализ детерминированных сигналов	9		4	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
1.5	Модулированные сигналы	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

														разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 27-70
2	Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи	46	8	4	8	-	-	-	-	-	26	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе "Прохождение сигналов через резонансную цепь" необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи" материалу.	
2.1	Спектральный метод прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи	24	4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	Для выполнения заданий по лабораторной работе "Прохождение сигналов через резонансную цепь" необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи" материалу.	
2.2	Метод низкочастотных эквивалентов	22	4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи и подготовка к контрольной работе "Прохождение радиосигналов через	

													частоты такой же, как для частотных характеристик усилителя). 3. С помощью метода низкочастотного эквивалента исследуйте прохождение заданного радиоимпульса через резонансный усилитель. Постройте на одном графике 3 огибающие: огибающую сигнала на выходе, огибающую сигнала на входе, умноженную на коэффициент усиления, и огибающую сигнала на входе, умноженную на коэффициент усиления и задержанную на $T_{гр}$. Постройте временную диаграмму радиоимпульса на выходе усилителя. 4. Приведите физическое объяснение изменения формы огибающей выходного сигнала при прохождении через усилитель. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
3	Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях	52	14	8	8	-	-	-	-	-	22	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях"
3.1	Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент	11	2	4	1	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.2	Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях"
3.3	Воздействие нескольких гармонических сигналов на нелинейный элемент.	5	2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторным работам "Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент" и "Амплитудное детектирование сигналов"
3.4	Получение амплитудно-модулированных	5	2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

														на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Характеристики случайных процессов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Характеристики случайных процессов" и подготовка к контрольной работе "Нелинейное преобразование случайной величины" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Характеристики случайных процессов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 84-100
6	Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация	48	10	4	12	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу	
6.1	методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи	26	6	4	6	-	-	-	-	-	10	-		
6.2	Выделение полезного сигнала с помощью линейного частотного фильтра	22	4	-	6	-	-	-	-	-	12	-		

													<p>вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация" материалу.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 101-137</p>
7	Узкополосные случайные процессы.	16	6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов" и подготовка к контрольной работе "Узкополосные случайные процессы"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу</p>
7.1	Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов	10	4	-	4	-	-	-	-	-	2	-	
7.2	Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	

													"Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов"
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	12	28	-	2	-	-	0.5	40	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	12	28		2		-	0.5		73.5	
	ИТОГО	360.0	-	76	28	60	4		-	1.0		191.0	

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. Основы теории детерминированных сигналов

1.1. Математические модели детерминированных сигналов.

Природа биомедицинских сигналов, примеры. Математические модели биомедицинских сигналов. Цели анализа биомедицинских сигналов. Классификация сигналов. Принцип динамического представления сигналов. Элементарные сигналы. Геометрические методы в теории сигналов. Линейное пространство сигналов. Понятие координатного базиса. Норма, энергия и метрика сигналов в нормированном линейном пространстве. Скалярное произведение сигналов. Ортогональные сигналы и обобщенные ряды Фурье.

1.2. Спектральный анализ периодических сигналов.

Спектральный анализ периодических сигналов. Ряд Фурье в базисе тригонометрических функций. Комплексная форма ряда Фурье. Расчет амплитуд гармоник. Спектральная диаграмма. Распределение мощности периодического сигнала по спектру.

1.3. Спектральное представление непериодических сигналов.

Спектральная плотность и ее свойства. Спектральная плотность неинтегрируемых сигналов. Обобщенная формула Релея. Энергетический спектр, его свойства. Взаимный энергетический спектр.

1.4. Корреляционный анализ детерминированных сигналов

Автокорреляционная функция (АКФ), ее связь с энергетическим спектром. Взаимно корреляционная функция (ВКФ) и её свойства. Сигналы Баркера. Понятие о корреляционной обработке сигналов.

1.5. Модулированные сигналы

Виды модуляции сигналов. Сигналы с амплитудной модуляцией (АМ) и их характеристики. Сигналы с угловой модуляцией. Фазовая модуляция (ФМ) и частотная модуляция (ЧМ). Девиация частоты и индекс угловой модуляции. Спектры сигналов с угловой модуляцией. Практическая ширина спектра. Понятие о сложномодулированных сигналах. Фазоманипулированные сигналы и импульсы с линейной частотной модуляцией, их характеристики. Узкополосные сигналы. Понятие узкополосного сигнала. Физическая огибающая и комплексная огибающая. Аналитический сигнал. Спектр аналитического сигнала и комплексной огибающей.

2. Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи

2.1. Спектральный метод прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи

Суть спектрального метода. Анализ прохождения амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов через избирательные цепи. Условия неискаженного прохождения модулированных сигналов. Взаимосвязь различных методов анализа прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи, их сравнительная характеристика.

2.2. Метод низкочастотных эквивалентов

Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи методом низкочастотных эквивалентов. Анализ подключения гармонического сигнала к избирательной цепи. Анализ

воздействия ВЧ импульсов на избирательные цепи.. Анализ воздействия скачка фазы гармонического колебания на резонансную цепь..

3. Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях

3.1. Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент

Понятие нелинейной безынерционной системы. Спектральный состав тока при воздействии гармонического напряжения на нелинейный безынерционный двухполюсник..

3.2. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.

Принцип работы нелинейного резонансного усилителя. Колебательная характеристика.. Выбор режима работы резонансного усилителя.. Умножение частоты. Выбор режима работы..

3.3. Воздействие нескольких гармонических сигналов на нелинейный элемент.

Спектральный состав тока при воздействии нескольких гармонических сигналов на нелинейный безынерционный двухполюсник. Теория комбинационных частот..

3.4. Получение амплитудно-модулированных колебаний

Получение амплитудно-модулированных колебаний, модуляция смещением.. Модуляционная характеристика.. Расчет коэффициента модуляции..

3.5. Детектирование АМ сигналов.

Принцип детектирования АМ сигналов.. Коллекторный детектор АМ сигналов. Коэффициент детектирования. Детекторная характеристика.. Диодный детектор АМ сигналов. Коэффициент детектирования. Детекторная характеристика. Входное сопротивление диодного детектора.. Искажения, возникающие при неправильном выборе параметров нагрузки диодного детектора..

3.6. Преобразование сигналов в параметрических цепях.

Преобразование частоты. Супергетеродинный приемник.. Преобразование сигнала в линейной параметрической цепи. Преобразование частоты. Коэффициент преобразования.. Синхронное детектирование..

4. Дискретные сигналы и цифровые фильтры

4.1. Математическое описание дискретных сигналов

Математическая модель дискретного сигнала.. Спектральная плотность дискретного сигнала.. Обобщенный ряд Фурье. Теорема В.А.Котельникова. Дискретизация сигналов с ограниченным спектром.. Дискретизация в спектральной области. Число степеней свободы сигнала.. Восстановление сигнала из дискретной последовательности. Ошибки дискретизации и восстановления сигналов.. Дискретное преобразование Фурье, его свойства.. Прямое и обратное Z-преобразование..

4.2. Общее понятие о цифровой обработке сигналов (ЦОС). Линейные цифровые фильтры и их характеристики.

Дискретные и цифровые сигналы.. Обобщенная структурная схема ЦОС.. Преимущества и недостатки ЦОС.. Универсальный алгоритм и структурная схема линейных цифровых фильтров (ЦФ).. Импульсная характеристика ЦФ. Сигнал на выходе ЦФ.. Системная (передаточная) функция ЦФ.. Примеры линейных ЦФ: простейший цифровой

дифференциатор; ЦФ, аналогичный RC-цепи; ЦФ, аналогичный колебательному контуру.. Устойчивость ЦФ.. Частотная характеристика линейного ЦФ..

4.3. Формы реализации алгоритмов цифровой фильтрации

Прямая форма реализации алгоритмов цифровой фильтрации.. Каноническая форма реализации алгоритмов цифровой фильтрации.. Последовательная и параллельная формы реализации алгоритмов цифровой фильтрации..

4.4. Основы синтеза ЦФ и эффекты квантования в ЦФ.

Метод инвариантной импульсной характеристики.. Метод билинейного z-преобразования.. Шум квантования, его характеристики. Эффекты квантования при цифровой обработке сигналов..

5. Характеристики случайных процессов

5.1. Случайные процессы и их характеристики

Методы описания случайных процессов. Многомерная плотность вероятности. Моментные функции случайного процесса.. Стационарные и эргодические случайные процессы.. Методы определения плотности вероятности при нелинейных преобразованиях случайных процессов.. Методы экспериментального определения статистических характеристик эргодических случайных процессов..

5.2. Корреляционная и взаимно корреляционная функции

Корреляционная (автокорреляционная) функция случайного процесса, её свойства и физический смысл.. Время (интервал) корреляции стационарного случайного процесса.. Взаимная корреляционная функция случайных процессов..

5.3. Спектральная плотность мощности (СПМ) случайного процесса

Спектральная плотность мощности (СПМ) случайных сигналов и её свойства. Теорема Винера-Хинчина.. Эффективная ширина спектра.. Понятие белого шума и шума с ограниченным спектром..

5.4. Источники шума в медицинских приборах.

Тепловой шум резисторов. Формула Найквиста.. Дробовой шум электронных приборов. Формула Шоттки.. Физиологические помехи..

6. Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация

6.1. методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи

Спектральный метод анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи.. Корреляционный метод анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи.. Воздействие белого шума на линейную цепь. Эквивалентная шумовая полоса цепи.. Собственный шум RC-цепи.. Воздействие коррелированного шума на линейную цепь.. Плотность вероятности СП на входе линейной цепи..

6.2. Выделение полезного сигнала с помощью линейного частотного фильтра

Понятие отношения сигнал/шум. Понятие о квазиоптимальных фильтрах.. Оптимальная линейная фильтрация. Критерии оптимальности.. Согласованные фильтры для выделения

сигналов известной формы.. Фильтры, минимизирующие среднеквадратическую ошибку воспроизведения случайных сигналов..

7. Узкополосные случайные процессы.

7.1. Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов

Статистические характеристики узкополосных случайных процессов: СПМ и корреляционная функция узкополосного случайного процесса.. Понятие огибающей и фазы узкополосных случайных процессов.. Синфазная и квадратурная компоненты узкополосного процесса, их статистические характеристики.. Статистические характеристики огибающей и фазы узкополосного процесса.. Статистические характеристики огибающей и фазы суммы гармонического сигнала и узкополосного нормального шума.

7.2. Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.

Вычисление корреляционной функции при полиномиальном преобразовании случайных процессов.. Статистические характеристики сигнала на выходе квадратичного детектора..

3.3. Темы практических занятий

1. Функциональное преобразование случайных величин;
2. Корреляционная функция и СПМ случайных процессов;
3. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация;
4. Воздействия случайных сигналов на избирательные цепи;
5. Дискретизация непрерывных сигналов. Дискретное преобразование Фурье и z-преобразование;
6. Воздействие белого шума на линейные цепи;
7. Воздействие коррелированного шума на линейные цепи;
8. Преобразование частоты и синхронное детектирование;
9. Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты;
10. Теория комбинационных частот. Амплитудная модуляция;
11. Расчет характеристик огибающей узкополосного случайного процесса;
12. Определение амплитуд гармоник при нелинейных преобразованиях сигналов;
13. Прохождение радиоимпульсов через избирательные цепи;
14. Прохождение модулированных сигналов через избирательные цепи;
15. Модулированные сигналы;
16. Корреляционная теория сигналов;
17. Спектральные плотности непериодических сигналов;
18. Спектры периодических сигналов;
19. Детектирование АМ сигналов.;
20. Расчет характеристик огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного случайного процесса;
21. Статистические характеристики случайных процессов;
22. Характеристики цифровых фильтров.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Прохождение сигналов через резонансную цепь;
2. Спектры периодических сигналов;
3. Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент;
4. Амплитудное детектирование сигналов диодным детектором;
5. Законы распределения случайных процессов;

6. Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов;
7. Прохождение случайных процессов через линейные цепи.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории детерминированных сигналов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дискретные сигналы и цифровые фильтры"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Характеристики случайных процессов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы теории детерминированных сигналов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Дискретные сигналы и цифровые фильтры"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Характеристики случайных процессов"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов"

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		
Знать:										
методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи	ИД-2 _{ОПК-1}		+							Контрольная работа/Прохождение модулированных сигналов через линейные цепи
статистические характеристики узкополосных случайных процессов	ИД-2 _{ОПК-1}							+		Контрольная работа/Узкополосные случайные процессы
методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи	ИД-2 _{ОПК-1}					+	+			Контрольная работа/Прохождение случайных процессов через линейные цепи
основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров	ИД-2 _{ОПК-1}				+					Контрольная работа/Дискретные сигналы и цифровые фильтры
методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи	ИД-2 _{ОПК-1}			+						Контрольная работа/Нелинейные преобразования сигналов
математические модели детерминированных сигналов и их характеристики	ИД-2 _{ОПК-1}	+								Контрольная работа/Корреляционная функция и модулированные сигналы
методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов	ИД-2 _{ОПК-3}					+				Лабораторная работа/Законы распределения случайных процессов
Уметь:										
выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи	ИД-2 _{ОПК-1}		+							Расчетно-графическая работа/Анализ прохождения узкополосных сигналов через избирательные цепи
проводить расчет и анализ статистических характеристик случайных процессов	ИД-2 _{ОПК-1}					+				Контрольная работа/Нелинейное преобразование случайной величины
привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных	ИД-2 _{ОПК-1}	+								Расчетно-графическая работа/Расчет спектров сигналов.

сигналов									
выбирать и правильно использовать методы решения прикладных задач квазиоптимальной фильтрации сигнала	ИД-2опк-1					+	+		Расчетно-графическая работа/Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация)
проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи	ИД-2опк-3		+						Лабораторная работа/Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь
проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи	ИД-2опк-3			+					Лабораторная работа/Нелинейные преобразования сигналов
проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов	ИД-2опк-3					+			Лабораторная работа/Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов
проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов	ИД-3опк-3	+							Лабораторная работа/Спектры периодических сигналов
анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи	ИД-3опк-3						+		Лабораторная работа/Прохождение случайных процессов через линейные цепи

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Корреляционная функция и модулированные сигналы (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Дискретные сигналы и цифровые фильтры (Контрольная работа)
2. Нелинейные преобразования сигналов (Контрольная работа)
3. Прохождение модулированных сигналов через линейные цепи (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Анализ прохождения узкополосных сигналов через избирательные цепи (Расчетно-графическая работа)
2. Расчет спектров сигналов. (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Нелинейные преобразования сигналов (Лабораторная работа)
2. Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь (Лабораторная работа)
3. Спектры периодических сигналов (Лабораторная работа)

6 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Нелинейное преобразование случайной величины (Контрольная работа)
2. Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Контрольная работа)
3. Узкополосные случайные процессы (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация) (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Законы распределения случайных процессов (Лабораторная работа)
2. Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов (Лабораторная работа)
3. Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка за 5 семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

Экзамен (Семестр №6)

Оценка за 6 семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход : учебное пособие для вузов по направлению 200400(653900) "Биомедицинская техника" по специальностям 200401 (190500) "Биотехнические и медицинские аппараты и системы", 200402 (190600) "Инженерное дело в медико-биологической практике" и направлению 200300 (553400) "Биомедицинская инженерия" : пер. с англ. / Р. М. Рангайян . – М. : Физматлит, 2010 . – 440 с. - ISBN 978-5-9221-0730-3 .;
2. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков . – 3-е изд. испр. и доп. – М. : Высшая школа, 2000 . – 462 с. - ISBN 5-06-003843-2 : 53.10 .;
3. Карташев, В. Г. Основы теории сигналов : Учебное пособие по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы", по направлению "Радиотехника" / В. Г. Карташев, Г. В. Жихарева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 80 с. - ISBN 5-7046-0878-7 .;
4. Разумов, Л. А. Линейные преобразования дискретных сигналов : учебное пособие по курсу "Основы теории и обработки дискретных сигналов" по направлениям "Биотехнические системы и технологии", "Радиотехника" / Л. А. Разумов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-1652-8 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8166;
5. Карташев, В. Г. Радиотехнические цепи и сигналы. Сборник задач : учебное пособие по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы" по направлению "Радиотехника" / В. Г. Карташев, Е. В. Шалимова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 76 с. - ISBN 978-5-9902974-5-6 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5696;
6. Карташев, В. Г. Основы теории случайных процессов : учебное пособие по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы" по направлению "Радиотехника" / В. Г. Карташев, Е. В. Шалимова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 88 с. - ISBN 5-7046-1197-4 .;
7. Карташев, В. Г. Статистическая радиотехника : задачник по курсам "Радиотехнические цепи и сигналы" и "Автоматизация обработки биомедицинской информации" по направлениям "Радиотехника" и "Биотехнические системы и технологии" / В. Г. Карташев, Е. В. Шалимова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2117-1 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10842;
8. Пейч, Л. И. Радиотехнические цепи и сигналы : методические указания к лабораторным работам № 1, 3, 4, 6, 7-10 по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы" по направлению "Радиотехника" / Л. И. Пейч, Б. П. Поллак ; Ред. В. Г. Карташев ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 64 с.
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1469;

9. Н. А. Каратаева- "Радиотехнические цепи и сигналы" 1, Издательство: "ТУСУР", Томск, 2012 - (261 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480452>;

10. Н. А. Каратаева- "Радиотехнические цепи и сигналы" 2, Издательство: "ТУСУР", Томск, 2012 - (257 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480454>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. MathCad;
5. Matlab;
6. Майнд Видеоконференции;
7. Micro-Cap;
8. LabView.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-400д/10а, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, шкаф для одежды, доска меловая, кондиционер
	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-702, Учебная лаборатория Основ теории цепей и радиотехнических цепей и сигналов	стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер

Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-314, Учебная аудитория "А"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
	А-402, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-817, Преподавательская	стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска пробковая, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер
	Е-822, Архив	стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Цепи и сигналы в медицинской электронике

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет спектров сигналов. (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 Спектры периодических сигналов (Лабораторная работа)
- КМ-3 Корреляционная функция и модулированные сигналы (Контрольная работа)
- КМ-4 Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь (Лабораторная работа)
- КМ-5 Прохождение модулированных сигналов через линейные цепи (Контрольная работа)
- КМ-6 Анализ прохождения узкополосных сигналов через избирательные цепи (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Нелинейные преобразования сигналов (Лабораторная работа)
- КМ-8 Дискретные сигналы и цифровые фильтры (Контрольная работа)
- КМ-9 Нелинейные преобразования сигналов (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
		Неделя КМ:	4	8	8	9	10	12	13	15	16
1	Основы теории детерминированных сигналов										
1.1	Математические модели детерминированных сигналов.		+		+						
1.2	Спектральный анализ периодических сигналов.		+	+	+						
1.3	Спектральное представление непериодических сигналов.		+		+						
1.4	Корреляционный анализ детерминированных сигналов				+						
1.5	Модулированные сигналы				+						
2	Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные электрические цепи										
2.1	Спектральный метод прохождения детерминированных					+	+	+			

	сигналов через линейные цепи									
2.2	Метод низкочастотных эквивалентов					+	+			
3	Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях									
3.1	Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент							+		+
3.2	Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.							+		+
3.3	Воздействие нескольких гармонических сигналов на нелинейный элемент.									+
3.4	Получение амплитудно-модулированных колебаний									+
3.5	Детектирование АМ сигналов.							+		+
3.6	Преобразование сигналов в параметрических цепях.									+
4	Дискретные сигналы и цифровые фильтры									
4.1	Математическое описание дискретных сигналов								+	
4.2	Общее понятие о цифровой обработке сигналов (ЦОС). Линейные цифровые фильтры и их характеристики.									+
4.3	Формы реализации алгоритмов цифровой фильтрации									+
4.4	Основы синтеза ЦФ и эффекты квантования в ЦФ.									+
Вес КМ, %:		10	10	10	10	10	15	10	10	15

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Нелинейное преобразование случайной величины (Контрольная работа)
- КМ-2 Законы распределения случайных процессов (Лабораторная работа)
- КМ-3 Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Лабораторная работа)
- КМ-4 Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов (Лабораторная работа)

- КМ-5 Узкополосные случайные процессы (Контрольная работа)
 КМ-6 Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация) (Расчетно-графическая работа)
 КМ-7 Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	5	8	9	12	13	13
1	Характеристики случайных процессов								
1.1	Случайные процессы и их характеристики		+	+				+	
1.2	Корреляционная и взаимно корреляционная функции					+		+	
1.3	Спектральная плотность мощности (СПМ) случайного процесса					+		+	
1.4	Источники шума в медицинских приборах.								+
2	Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи. Оптимальная и квазиоптимальная линейная фильтрация								
2.1	методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи				+			+	+
2.2	Выделение полезного сигнала с помощью линейного частотного фильтра							+	
3	Узкополосные случайные процессы.								
3.1	Характеристики огибающей и фазы узкополосных случайных процессов						+		
3.2	Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.						+		
Вес КМ, %:			15	10	15	10	15	25	10