

**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: Радионавигационные системы и комплексы**

**Уровень образования: высшее образование - специалитет**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Радиотехнические цепи и сигналы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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	Сизякова А.Ю.
Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7	

(подпись)

А.Ю.  
Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

ИД-2 Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

2. ОПК-4 способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

ИД-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

ИД-3 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Корреляционная функция и модулированные сигналы (Контрольная работа)
2. Нелинейное преобразование случайной величины (Контрольная работа)
3. Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Контрольная работа)
4. Узкополосные случайные процессы (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Спектры периодических сигналов (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

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

Форма реализации: Проверка задания

1. Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи (Расчетно-графическая работа)
2. Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация) (Расчетно-графическая работа)
3. Расчет спектров радиотехнических сигналов. (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. Нелинейные преобразования сигналов (Лабораторная работа)

4. Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь (Лабораторная работа)

5. Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Лабораторная работа)

### БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %									
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	8	8	9	10	12	13	15	16
Основы теории детерминированных сигналов										
Математические модели детерминированных сигналов.	+			+						
Спектральный анализ периодических сигналов.	+	+	+							
Спектральное представление непериодических сигналов.	+			+						
Корреляционный анализ детерминированных сигналов				+						
Модулированные сигналы				+						
Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные радиотехнические цепи										
Спектральный метод прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи					+	+	+			
Метод низкочастотных эквивалентов						+	+			
Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях										
Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент								+		+
Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.								+		+
Воздействие нескольких гармонических сигналов на нелинейный элемент.								+		
Получение амплитудно-модулированных колебаний								+		
Детектирование АМ сигналов.								+		+
Преобразование сигналов в параметрических цепях.								+		
Дискретные сигналы и цифровые фильтры										

Математическое описание дискретных сигналов								+	
Общее понятие о цифровой обработке сигналов (ЦОС). Линейные цифровые фильтры и их характеристики.								+	
Формы реализации алгоритмов цифровой фильтрации								+	
Основы синтеза ЦФ и эффекты квантования в ЦФ.								+	
Вес КМ:	10	10	10	10	10	15	10	10	15

6 семестр

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

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-1	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать: методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи статистические характеристики узкополосных случайных процессов методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи математические модели детерминированных	Корреляционная функция и модулированные сигналы (Контрольная работа) Прохождение радиосигналов через линейные цепи (Контрольная работа) Нелинейные преобразования сигналов (Контрольная работа) Дискретные сигналы и цифровые фильтры (Контрольная работа) Расчет спектров радиотехнических сигналов. (Расчетно-графическая работа) Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи (Расчетно-графическая работа) Нелинейное преобразование случайной величины (Контрольная работа) Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Контрольная работа) Узкополосные случайные процессы (Контрольная работа) Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация) (Расчетно-графическая работа)

		<p>сигналов и их характеристики</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи</p> <p>проводить расчет и анализ статистических характеристик случайных процессов</p> <p>привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных сигналов</p> <p>выбирать и правильно использовать методы решения прикладных задач квазиоптимальной фильтрации сигнала</p>	
ОПК-4	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные	Знать: методы практического определения основных статистических	<p>Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь (Лабораторная работа)</p> <p>Нелинейные преобразования сигналов (Лабораторная работа)</p> <p>Законы распределения случайных процессов (Лабораторная работа)</p>

	исследования	<p>характеристик случайных процессов</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов</p> <p>проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи</p> <p>проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи</p>	Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов (Лабораторная работа)
ОПК-4	ИД-3оПК-4 Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	<p>Уметь:</p> <p>проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов</p> <p>анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи</p>	Спектры периодических сигналов (Лабораторная работа) Прохождение случайных процессов через линейные цепи (Лабораторная работа)



## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

5 семестр

### КМ-1. Расчет спектров радиотехнических сигналов.

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

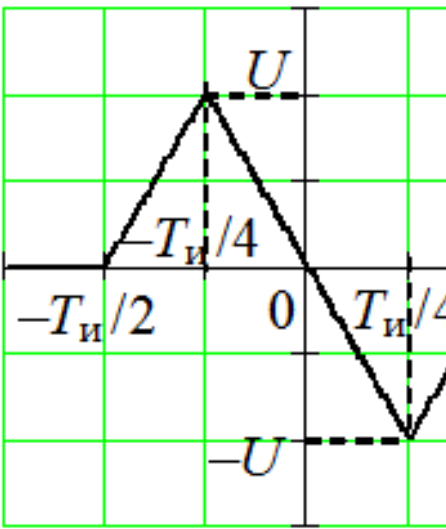
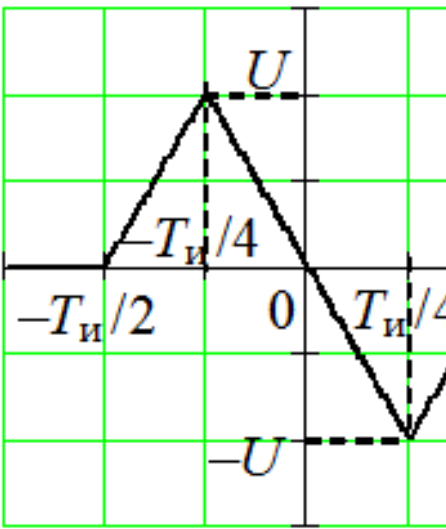
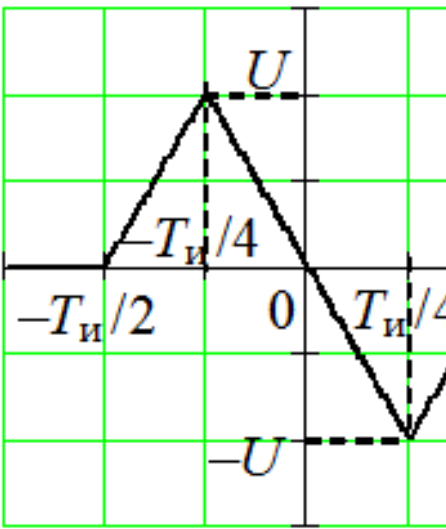
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка правильности выполнения части 1 расчетного задания

#### Краткое содержание задания:

Повести расчет и сравнить спектральные характеристики видеоимпульса, периодической последовательности видеоимпульсов и радиоимпульса заданной формы.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных сигналов</p>	<p>1. Вид импульсного видеосигнала <math>U(t)</math> и его параметры заданы в таблице индивидуальных заданий Запишите математическую модель сигнала <math>U(t)</math>. Постройте график импульса. Таблица 1 - Фрагмент таблицы индивидуальных заданий</p> <table border="1" data-bbox="467 1041 1481 1751"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>ФИ О</th> <th>Вид сигнала</th> <th>Длительность импульса , <math>T_{и}</math>, мкс</th> <th>Частота заполнения, <math>f_0</math>, кГц</th> <th>Период повторения, <math>T</math>, мс</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td></td> <td>  </td> <td>200</td> <td>200</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Получите выражение для спектральной плотности импульса <math>U(t)</math>. Постройте график модуля спектральной плотности (ось частот в Гц, кГц или МГц).</p> <p>3. Сигнал <math>u(t)</math> представляет собой периодическую последовательность видеоимпульсов <math>U(t)</math> (период повторения задан в таблице 1). Запишите выражение периодической последовательности импульсов в виде суммы гармонических колебаний с кратными частотами.</p>	№	ФИ О	Вид сигнала	Длительность импульса , $T_{и}$ , мкс	Частота заполнения, $f_0$ , кГц	Период повторения, $T$ , мс	1.			200	200	0,2
№	ФИ О	Вид сигнала	Длительность импульса , $T_{и}$ , мкс	Частота заполнения, $f_0$ , кГц	Период повторения, $T$ , мс								
1.			200	200	0,2								

	<p>Рассчитайте спектр периодической последовательности и постройте спектральную диаграмму (ось частот в Гц или кГц).</p> <p>Постройте на одном графике периодическую последовательность импульсов (по оси времени примерно 2-3 периода) и график частичной суммы, состоящей из 10-20 первых членов.</p> <p>4.Радиоимпульс определяется математической моделью <math>u(t) = U(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t)</math>.</p> <p>Получите выражение для спектральной плотности радиоимпульса.</p> <p>Постройте графики радиоимпульса и модуля его спектральной плотности (ось частот в Гц или кГц).</p>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### КМ-2. Спектры периодических сигналов

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. По результатам лабораторной работы проводится защита выполненного задания.

#### Краткое содержание задания:

Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование спектров периодических сигналов.

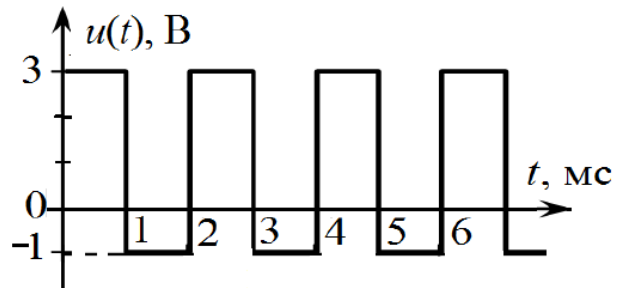
Ответить на вопросы по теме лабораторной работы

#### Контрольные вопросы/задания:

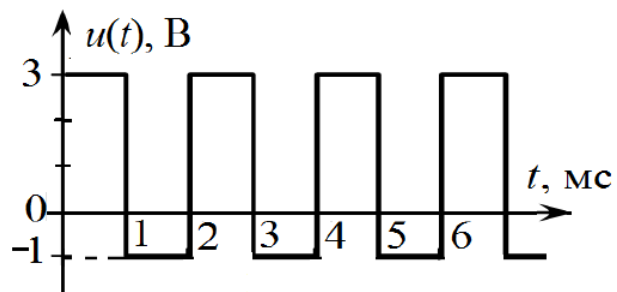
<p>Уметь: проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов</p>	<p>1.Как изменится расстояние между соседними гармониками спектра периодической последовательности импульсов при увеличении периода повторения импульсов в 2 раза (другие параметры не меняются)?</p> <p>2.Как изменится амплитуда первой гармоники периодической последовательности импульсов при уменьшении амплитуды импульсов в 2 раза (другие параметры не меняются)?</p>
--	--

3. Как изменится спектр периодической последовательности треугольных импульсов, если длительность импульса уменьшится в 2 раза (другие параметры не меняются)?

4. На рисунке изображена периодическая последовательность импульсов типа "меандр". Чему равна амплитуда второй гармоники?



5. Рассчитайте постоянную составляющую периодического сигнала, изображенного на рисунке.



#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание (домашняя подготовка, отчет и вопросы коллоквиума) выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### КМ-3. Корреляционная функция и модулированные сигналы

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

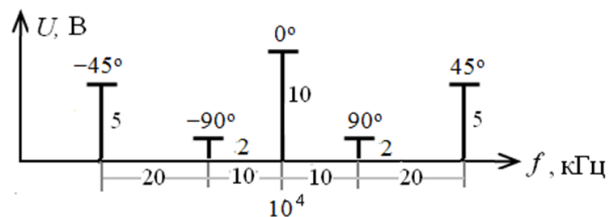
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания билета в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

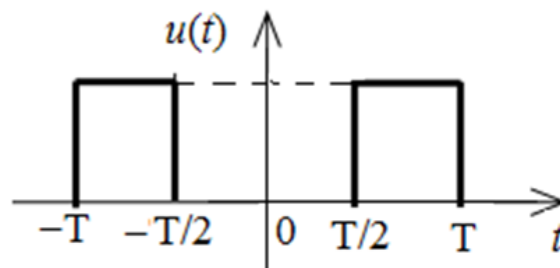
**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: математические модели детерминированных сигналов и их характеристики

1. Постройте спектральную и векторную (при  $t = 0$ ) диаграммы колебания  $u(t) = 50[1 + 0,2\cos(10t - \pi/6) + 0,4\cos(5 \cdot 10^4 t - \pi/4)] \cos(10t + \pi/2)$ , В.
2. Определите ширину спектра колебания  $u(t) = 50[1 + 0,2\cos(10t - \pi/6) + 0,4\cos(5 \cdot 10^4 t - \pi/4)] \cos(10t + \pi/2)$ , В.
3. Определите парциальные коэффициенты модуляции, составьте аналитическое выражение данного колебания и изобразите его векторную диаграмму (при  $t = 0$ ). Определите ширину спектра.



4. Задан ЧМ-сигнал:  $u(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot 10^4 t + 0,5 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot 10^4 t))$  В. Определите практическую ширину спектра.
5. Задан ЧМ-сигнал:  $u(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot 10^4 t + 0,5 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot 10^4 t))$  В. Запишите численно частоты  $f_{нес}$ ,  $f_{min}$ ,  $f_{max}$ , а также постройте спектральную диаграмму сигнала.
6. Однотональный ЧМ-сигнал имеет несущую частоту 50 МГц и частоту модуляции 7 кГц. Вычислите, в каких пределах ( $f_{min}$ ,  $f_{max}$ ) должна изменяться мгновенная частота этого колебания для того, чтобы индекс модуляции  $m$  был равен 40.
7. Радиостанция, работающая с несущей частотой  $f_0 = 50$  МГц, излучает ФМ-сигнал, промодулированный частотой 20 кГц. Индекс модуляции  $m = 14$ . Найдите пределы, в которых меняется мгновенная частота сигнала. Определите практическую ширину спектра ФМ-сигнала.
8. Найдите и постройте автокорреляционную функцию  $\Psi(\tau)$  сигнала  $u(t)$ .



9. Найдите и постройте взаимную корреляционную функцию  $\Psi_{uv}(\tau)$  прямоугольных видеоимпульсов  $u(t)$  и  $v(t)$  с амплитудами  $U_1$  и  $U_2$  и длительностью  $T$  и  $T/2$  соответственно.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-4. Прохождение амплитудно-модулированных сигналов через резонансную цепь**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. Для защиты лабораторной работы проводится коллоквиум.

**Краткое содержание задания:**

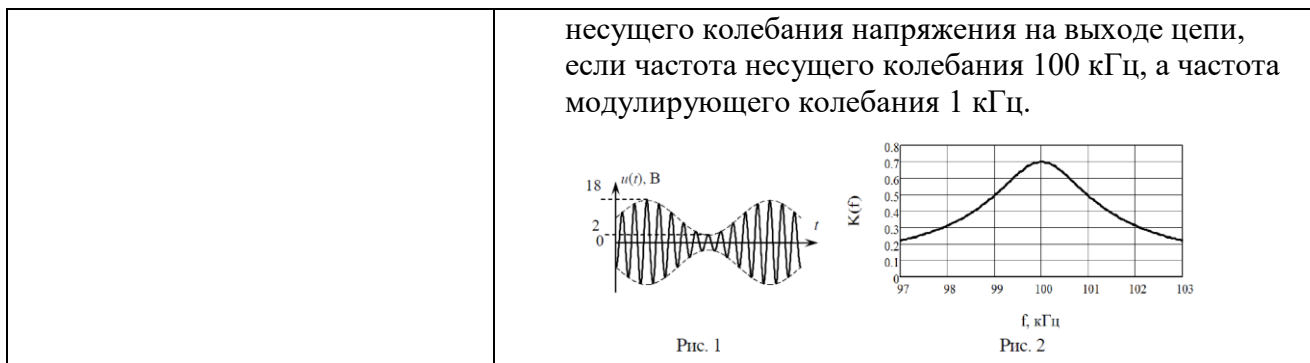
Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование прохождения амплитудно-модулированного сигнала через резонансную цепь.

Ответить на вопросы по теме лабораторной работы

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как изменится время задержки огибающей сигнала на выходе одноконтурного резонансного усилителя (<math>\omega_0 = \omega_p</math>), если частота модуляции входного однотонального АМ-сигнала уменьшится?</li> <li>2. Через параллельный колебательный контур протекает АМ ток (<math>\omega_0 = \omega_p</math>). Как изменится коэффициент модуляции напряжения, если добротность контура уменьшится?</li> <li>3. Как изменится коэффициент модуляции напряжения на выходе одноконтурного резонансного усилителя (<math>\omega_0 = \omega_p</math>) при шунтировании контура?</li> <li>4. Как изменится коэффициент модуляции тока в последовательном колебательном контуре (<math>\omega_0 = \omega_p</math>), если частота модуляции однотонального АМ напряжения, приложенного к контуру, увеличится?</li> <li>5. АМ-сигнал, график которого приведен на рисунке 1, подается на линейную цепь, АЧХ которой приведена на рисунке 2. Рассчитайте коэффициент модуляции и амплитуду</li> </ol>
---	---



**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

Оценка: 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-5. Прохождение радиосигналов через линейные цепи**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи</p>	<p>1. На одноконтурную резонансную цепь (<math>f_p = 160</math> кГц) воздействует АМ-сигнал (<math>f_{нес} = 160</math> кГц, <math>F = 1,6</math> кГц). Найдите добротность контура, при которой огибающие выходного и входного сигналов сдвинуты на <math>30^\circ</math>. Какое изменение коэффициента модуляции передаваемого сигнала получается при этой добротности?</p> <p>2. На последовательный колебательный контур (<math>f_p = 160</math> кГц, <math>Q = 100</math>) воздействует напряжение <math>u(t) = \sigma(t) \sin(\omega_0 t)</math>, В где <math>f_0 = 160</math> кГц. Найдите напряжение на конденсаторе и постройте временные диаграммы входного и выходного сигналов.</p>
---	---

	<p>3. На одноконтурную резонансную цепь (<math>f_p = 160</math> кГц, <math>K_p = 100</math>, <math>Q = 100</math>, <math>\Delta\varphi_p = -90^\circ</math>) воздействует напряжение с АМ по бигармоническому закону (<math>U_{\text{нес}} = 100</math> мВ, <math>f_{\text{нес}} = 160</math> кГц, <math>F_1 = 160</math> Гц, <math>F_2 = 1,6</math> кГц, <math>M_1 = M_2 = 0,5</math>, <math>\varphi_{\text{нес}} = \Phi_1 = \Phi_2 = 0</math>). Найдите напряжение на выходе и постройте спектральные диаграммы входного и выходного сигналов.</p> <p>4. На одноконтурный резонансный усилитель воздействует радиоимпульс с прямоугольной огибающей. Параметры усилителя: коэффициент усиления <math>K_p = 40</math>, резонансная частота <math>f_p = 650</math> кГц, полоса пропускания <math>8</math> кГц. Амплитуда импульса <math>0,2</math> В, длительность <math>100</math> мкс. Высокочастотное заполнение имеет частоту, равную резонансной частоте усилителя. Получите аналитическое выражение сигнала на выходе. Постройте осциллограммы входного и выходного сигналов.</p> <p>5. На вход однокаскадного резонансного усилителя с одиночным контуром, настроенным на частоту <math>1</math> МГц поступает радиоимпульс с прямоугольной огибающей и частотой заполнения, равной резонансной частоте контура. Амплитуда импульса <math>0,1</math> В, длительность <math>100</math> мкс. Постройте осциллограммы входного и выходного сигналов, если даны параметры контура: добротность <math>Q = 80</math>, коэффициент усиления <math>K_p = 10</math>.</p>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

#### **КМ-6. Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

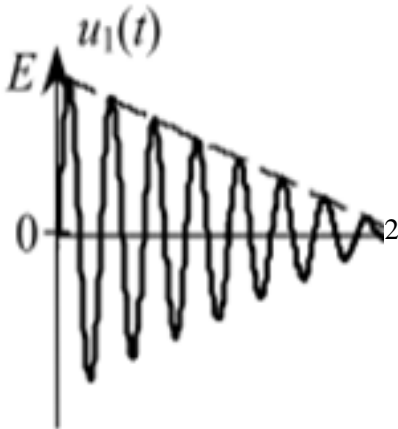
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка правильности выполнения части 2 расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Провести анализ прохождения заданного радиоимпульса через узкополосный усилитель.  
Сделать выводы.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи</p>	<p>1. На резонансный усилитель заданного типа подается импульс с высокочастотным заполнением. Несущая частота импульса совпадает с резонансной частотой усилителя. Параметры усилителя: резонансная частота, коэффициент усиления на резонансной частоте и добротность каждого контура, а также параметры импульса приведены в таблице заданий. Изобразите схему усилителя. На схеме укажите стрелками входное и выходное напряжения. Рассчитайте и постройте амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики усилителя (в одинаковом масштабе частоты). Рассчитайте ширину полосы пропускания усилителя и время группового запаздывания сигнала.</p>								
	<p>Таблица 2 - Фрагмент таблицы индивидуальных заданий</p>								
<p>№</p>	<p>Ф И О</p>	<p>Тип усилителя</p>	<p>Вид сигнала</p>	<p><math>f_p</math> , к Гц</p>	<p><math>K_p^*</math></p>	<p><math>Q</math></p>	<p><math>E</math>, мВ</p>	<p><math>T</math>, мс</p>	<p><math>b</math>, 1/мс</p>
<p>1.</p>		<p>двухкаскадный с одиночными контурами в каждом каскаде</p>			<p>40</p>	<p>40</p>	<p>30</p>	<p>40</p>	<p>—</p>
<p>2. Получите выражение для спектральной плотности импульса на входе усилителя. С помощью спектрального метода найдите спектральную плотность импульса на выходе усилителя. Постройте графики модуля найденных спектральных плотностей один под другим (масштаб частоты такой же, как для частотных характеристик усилителя). Сделайте выводы об изменении спектра сигнала при прохождении через усилитель. 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</p>									



	<p>усиления и задержанную на <math>T_{гр}</math>.          Постройте временную диаграмму радиоимпульса на выходе усилителя.          Сделайте выводы об искажении сигнала при прохождении через усилитель.          4. Приведите физическое объяснение изменения формы огибающей выходного сигнала при прохождении через усилитель.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-7. Нелинейные преобразования сигналов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи</p>	<p>1. К нелинейному элементу, характеристика которого аппроксимирована ломаной прямой (<math>U_n = -1 \text{ В}, S = 20 \text{ мА/В}</math>), приложено напряжение <math>u = U_0 + 0,8 \cdot \cos(\omega_0^0 t) \text{ В}</math>.          Определить, при каком смещении <math>U_0</math> амплитуда третьей гармоники тока максимальна.          Построить спектральные диаграммы напряжения и тока в диапазоне частот от 0 до <math>4\omega_0^0</math> (при <math>\omega_0^0 = 10 \text{ рад/с}</math>).</p> <p>2. К нелинейному элементу приложено напряжение <math>u = -3 + 1,5 \cdot \cos(\Omega t) + 0,5 \cdot \cos(\omega_0^0 t) \text{ В}</math>,          Характеристика нелинейного элемента аппроксимирована выражением <math>i = 2(u + 6) \text{ мА}, u &gt; -6 \text{ В}</math>.          Найти коэффициент модуляции первой гармоники тока и амплитуды составляющих несущей и боковых частот.          Построить спектральные диаграммы напряжения и</p>
---	--

	<p>тока при <math>\Omega = 2 \cdot 10^4</math> рад/с, <math>\omega_0^0 = 10^4</math> рад/с.</p> <p>3. Подобрать значение сопротивления нагрузки диодного детектора так, чтобы амплитуда напряжения звуковой частоты на этой нагрузке была 6 В.</p> <p>На вход детектора подано напряжение <math>u(t) = 24 (1 + 0,5 \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0^0 t)</math>.</p> <p>Характеристика диода аппроксимирована ломаной прямой (<math>U_n = 0</math>, <math>S = 2</math> мА/В).</p> <p>Построить спектральные диаграммы входного и выходного напряжений при <math>f = 100</math> кГц, <math>F = 4</math> кГц.</p> <p>4. Преобразователь частоты выполнен на транзисторе с вольтамперной характеристикой <math>i = a_0 + a_1(u - U_0) + a_2(u - U_0)^2</math> (<math>a_0 = 30</math> мА, <math>a_1 = 3</math> мА/В, <math>a_2 = 1</math> мА/В) и параллельном контуре (<math>R_p = 5</math> кОм, <math>f_p = 465</math> кГц, <math>Q = 50</math>).</p> <p>На вход преобразователя подано напряжение <math>u(t) = U_0 + U_\Gamma \cos(\omega_\Gamma t) + U_c (1 + M \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0^0 t)</math>, где <math>U_\Gamma = 1</math> В, <math>f_\Gamma = 800</math> кГц, <math>U_c = 5</math> мВ, <math>M = 0,8</math>, <math>F = 1</math> кГц, <math>f_c = 1265</math> кГц.</p> <p>Найдите напряжение на выходе преобразователя. Постройте в масштабе спектрограммы входного и выходного напряжений.</p>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### КМ-8. Дискретные сигналы и цифровые фильтры

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

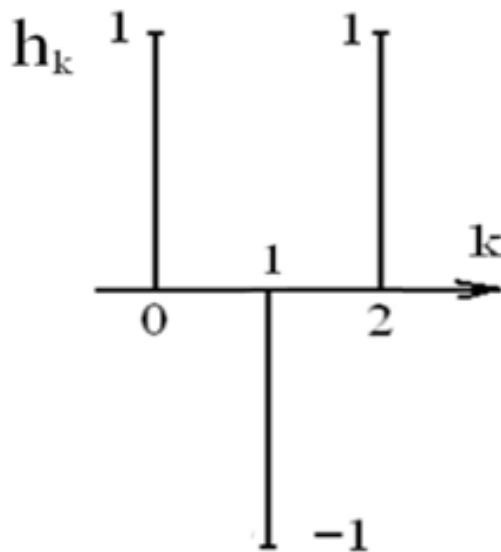
Знать: основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров

1. Передаточная функция цифрового фильтра определяется выражением

$$H(z) = \frac{0,8 + 0,3z^{-1} - 0,5z^{-2}}{1 - 0,6z^{-1} + 0,4z^{-2} + 0,3z^{-3}}$$

Изобразить схему фильтра в прямой и канонической формах реализации и записать соответствующие алгоритмы цифровой фильтрации.

2. Найти системную функцию, алгоритм и схему цифрового фильтра с импульсной характеристикой, изображенной на рисунке.



3. На вход цифрового фильтра с передаточной функцией

$$H(z) = \frac{2}{1 + 0,4z^{-1}}$$

подается сигнал в виде последовательности 3-х единичных отсчетов.

Определить сигнал на выходе фильтра. Построить графики входного и выходного сигналов.

4. Алгоритм цифровой фильтрации имеет следующий вид:

$$y_n = x_n - 2x_{n-1} + 0,5y_{n-1}.$$

Найти импульсную характеристику цифрового фильтра. Построить график импульсной характеристики.

5. Алгоритм цифровой фильтрации имеет следующий вид:

$$y_n = x_n + x_{n-1} + y_{n-1}.$$

.Найти системную функцию цифрового фильтра.  
Определить импульсную характеристику фильтра и построить её график.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-9. Нелинейные преобразования сигналов**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. Для защиты лабораторной работы проводится коллоквиум.

**Краткое содержание задания:**

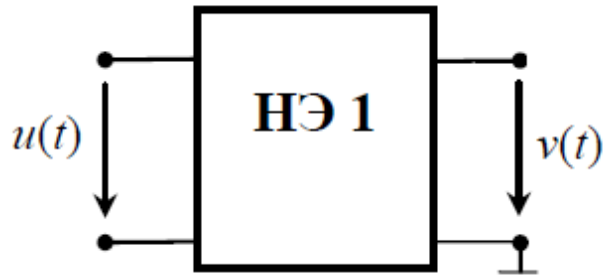
Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование спектрального состава сигнала на выходе нелинейного элемента и исследовать работу диодного детектора.

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи</p>	<p>1.Нелинейный элемент имеет характеристику, которая аппроксимируется кусочно-линейной функцией с напряжением начала характеристики 0,2 В и крутизной 0,5. На вход нелинейного элемента подается гармонический сигнал: <math>u(t) = 0,2 + 0,6\cos(2\pi 10t)</math> (В). Изобразите осциллограмму напряжения на выходе нелинейного элемента. Постройте спектральные диаграммы входного и выходного напряжений (постоянная составляющая и первые три гармоники).</p>
---	---



2. К выходу нелинейного элемента подключен колебательный контур (рис. 1) с резонансной частотой 2 кГц. На вход нелинейного элемента подается гармонический сигнал:  $u(t) = 0,2 + 0,6\cos(2\pi 10t)$  (В). Нелинейный элемент имеет характеристику, которая аппроксимируется кусочно-линейной функцией с напряжением начала характеристики 0,2 В и крутизной 0,5. Коэффициент передачи контура на резонансной частоте 0,8. Рассчитайте амплитуду напряжения на контуре.

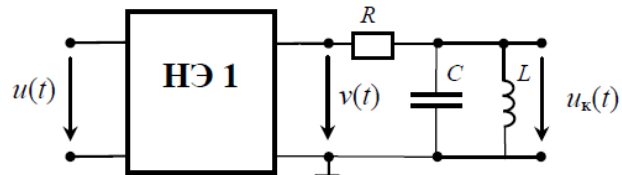


Figure 1 Рис. 1

3. Изобразите схему последовательного диодного детектора. Как рассчитать детекторную характеристику диодного детектора, если характеристика диода аппроксимирована кусочно-линейной функцией с напряжением начала, равным 0?
4. Изобразите схему последовательного диодного детектора. Что такое коэффициент детектирования? От каких параметров зависит коэффициент детектирования диодного детектора?
5. На вход диодного детектора подается АМ сигнал ( $M = 1$ ). Как следует выбирать параметры нагрузки ( $R$  и  $C$ ) для обеспечения неискаженного детектирования АМ сигнала. Изобразите осциллограммы и спектрограммы входного напряжения, тока диода и выходного напряжения при работе в этом режиме.
6. На вход диодного детектора подается АМ сигнал ( $M = 1$ ). Как следует выбирать параметры нагрузки ( $R$  и  $C$ ) для обеспечения неискаженного детектирования АМ сигнала. Изобразите характер осциллограмм входного и выходного напряжений, если емкость нагрузки выбрана неверно – чрезмерно велика.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

## **6 семестр**

### **КМ-1. Нелинейное преобразование случайной величины**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить расчет и анализ статистических характеристик случайных процессов	<p>1.Случайный процесс <math>x(t)</math> с плотностью вероятности <math>p(x) = 0,5</math> при <math>-1,5 &gt; x &gt; 0,5</math> подается на нелинейный элемент с характеристикой <math>y = x</math>. Покажите характер реализаций входного и выходного процессов (постройте графики в числах с характерными точками).</p> <p>2.Случайный процесс <math>x(t)</math> с плотностью вероятности <math>p(x) = 0,5</math> при <math>-1,5 &gt; x &gt; 0,5</math> подается на нелинейный элемент с характеристикой <math>y = x</math>. Найдите и запишите дифференциальный закон распределения (плотность вероятности) и выходного процесса.</p> <p>3.Случайный процесс <math>x(t)</math> с плотностью вероятности <math>p(x) = 0,5</math> при <math>-1,5 &gt; x &gt; 0,5</math> подается на нелинейный элемент с характеристикой <math>y = x</math>. Постройте дифференциальные законы распределения (плотности вероятности) входного и выходного процессов.</p> <p>4.Случайный процесс <math>x(t)</math> с плотностью вероятности <math>p(x) = 0,5</math> при <math>-1,5 &gt; x &gt; 0,5</math> подается на нелинейный элемент с характеристикой <math>y = x</math>. Найдите математическое ожидание процесса на выходе цепи.</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## КМ-2. Законы распределения случайных процессов

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. Для защиты лабораторной работы проводится проверочная работа.

### Краткое содержание задания:

Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование спектрального состава сигнала на выходе нелинейного элемента и исследовать работу диодного детектора.

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Как вы себе представляете применяемую в данной работе методику экспериментального определения дифференциального закона распределения случайных процессов.</li><li>2.Как вы себе представляете применяемую в данной работе методику экспериментального определения интегрального закона распределения случайных процессов.</li><li>3.Как экспериментально определить математическое ожидание случайных процессов</li><li>4.Как связаны между собой характер реализаций случайного процесса и его дифференциальный и интегральный законы распределения?</li><li>5.Как по характеру реализации эргодического нормального случайного процесса определить его среднее значение, эффективное значение?</li><li>6.Как объяснить вид дифференциальных и интегральных законов распределения случайных процессов, рассматриваемых в данной работе?</li></ol>
---	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-3. Прохождение случайных процессов через линейные цепи

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. Для защиты лабораторной работы проводится коллоквиум.

#### Краткое содержание задания:

Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование спектрального состава сигнала на выходе нелинейного элемента и исследовать работу диодного детектора.

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как, пользуясь спектральным методом, найти спектр мощности выходного процесса? его корреляционную функцию? дисперсию? эффективное значение? среднее значение?</li><li>2. Как при прохождении случайного процесса через линейную цепь изменяется его спектр мощности? корреляционная функция? дисперсия? эффективное значение? среднее значение? характер реализаций?</li><li>3. В каких случаях при анализе прохождения случайного процесса через линейную цепь шум на входе цепи можно считать белым?</li><li>4. В каком случае при прохождении случайного процесса через линейную цепь происходит его нормализация?</li><li>5. Каковы специфические особенности случайного процесса на выходе узкополосной резонансной цепи?</li></ol>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90



*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-4. Корреляционные функции и спектры мощности случайных процессов**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к лабораторной работе необходимо выполнить домашнюю подготовку. Исследования, проведенные в ходе выполнения лабораторной работы, оформляются в виде отчета с обязательными выводами по результатам исследования. Для защиты лабораторной работы проводится коллоквиум.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить домашнюю подготовку.

Провести исследование спектрального состава сигнала на выходе нелинейного элемента и исследовать работу диодного детектора.

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Имеется нормальный случайный процесс с заданной корреляционной функцией. По известной корреляционной функции определите спектр мощности случайного процесса.</li><li>2. Имеется нормальный случайный процесс с заданной корреляционной функцией. Определить дисперсию и время корреляции случайного процесса. Построить график функции корреляции с указанием характерных точек и единиц измерения.</li><li>3. Имеется нормальный случайный процесс с заданным спектром мощности. Определить дисперсию и эффективную ширину спектра случайного процесса. Построить график спектра мощности с указанием характерных точек и единиц измерения.</li><li>4. Имеется нормальный случайный процесс с заданным спектром мощности. Построить характерную реализацию такого процесса с указанием характерных точек.</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-5. Узкополосные случайные процессы**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: статистические характеристики узкополосных случайных процессов</p>	<p>1. На вход одноконтурного резонансного усилителя с коэффициентом усиления 30, резонансной частотой 3 МГц и полосой пропускания 50 кГц подается белый шум со спектральной плотностью <math>F_0^0 = 10</math> Вс. Определить вероятность того, что огибающая шума на выходе усилителя превысит 1 В. Решение показать графически.</p> <p>2. Узкополосный случайный процесс формируется при прохождении белого шума через одноконтурный резонансный усилитель с коэффициентом усиления на резонансной частоте 20, резонансной частотой 5 МГц и полосой пропускания 50 кГц. Спектр мощности шума на входе усилителя <math>F_0^0 = 10</math> Вс. Рассчитать дисперсию, определить и построить корреляционную функцию огибающей шума на выходе усилителя.</p> <p>3. Найти среднее значение и функцию корреляции напряжения <math>u(t)</math> на выходе детектора огибающей (<math>K = 1</math>), к которому подведена сумма гармонического сигнала <math>2 \cos(\omega_0^0 t)</math> и узкополосного нормального шума с прямоугольным спектром <math>F(\omega) = 10</math> Вс в полосе частот от <math>\omega_0^0 - \alpha</math> до <math>\omega_0^0 + \alpha</math>, где <math>\alpha = 10</math> рад/с.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-6. Анализ прохождения сигнала и шума через линейные фильтры (квазиоптимальная фильтрация)

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка правильности выполнения расчетного задания

#### Краткое содержание задания:

На вход резонансного усилителя заданного типа подается сигнал в виде высокочастотного импульса заданной формы и нормальный шум с заданной корреляционной функцией или спектром мощности.

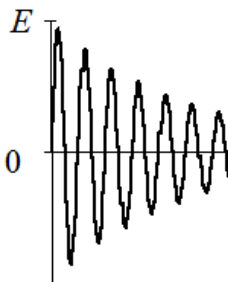
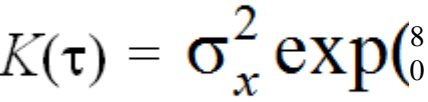
Провести расчет сигнала и характеристик шума на выходе усилителя.

Подобрать оптимальные параметры усилителя для получения на выходе максимального отношения сигнал/шум.

Сравнить полученный результат с результатом прохождения сигнала и шума через согласованный фильтр.

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выбирать и правильно использовать методы решения прикладных задач квазиоптимальной фильт	1. На вход резонансного усилителя заданного типа подается сигнал в виде высокочастотного импульса заданной формы и нормальный шум с заданной корреляционной функцией или энергетическим спектром. Вид усилителя и импульса, характер корреляционной функции или спектра мощности входного шума и его эффективное значение, параметры импульсов даны в таблице заданий. Рассчитать и построить энергетический спектр и корреляционную функцию входного шума.									
	Таблица 3 - Фрагмент таблицы индивидуальных заданий									
	№	Фамилия, имя	Вид усилит.	вид имп.	вид корреляционной функции или спектра мощности	$E$ , мВ	$T$ , мс	$f$ , МГц	$s$ , В	$b$ , 1/мкс

рации сигна ла	1	одно каска дны й одно конт урны й	$s(t) = E \cdot \exp$ 	$K(\tau) = \sigma_x^2 \exp$ 	8	6	5	0 , 1	4 2 0
<p>2. Определить закон изменения огибающей сигнала на выходе усилителя при отсутствии шума (методом низкочастотных эквивалентов).</p> <p>3. Получить выражение для дисперсии шума (в приближении белого шума) и отношения сигнал/шум в момент максимального значения амплитуды импульса на выходе усилителя.</p> <p>4. Найти добротность контура (контуров) усилителя, обеспечивающую максимальное отношение сигнал/шум в момент максимального значения амплитуды импульса на выходе усилителя. Выбрать коэффициент усиления усилителя таким образом, чтобы максимальная амплитуда напряжения сигнала на выходе усилителя составляла 3–5 В.</p> <p>5. Определить математическое ожидание, дисперсию, плотность вероятности, корреляционную функцию и спектр мощности напряжения на выходе усилителя при отсутствии сигнала для выбранного значения добротности и коэффициента усиления усилителя.</p> <p>6. Изобразить временные диаграммы (реализации) результирующего напряжения на входе и выходе усилителя.</p> <p>7. Рассчитать отношение сигнал/шум на выходе оптимального фильтра, согласованного с сигналом; сравнить оптимальное отношение сигнал/шум с отношением сигнал/шум, полученным при подобранном в п. 3 значении добротности. Построить временную диаграмму сигнала на выходе оптимального фильтра.</p>									

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### КМ-7. Прохождение случайных процессов через линейные цепи

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания в рукописной форме. Срок выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задания билета

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи</p>	<p>1. На вход идеального фильтра нижних частот подается нормальный случайный процесс <math>x(t)</math> со средним значением 1 В и корреляционной функцией: <math>R(\tau) = 10\exp(-10 \tau )</math> В. Определить <b>спектр мощности</b> случайного процесса <b>на входе</b> фильтра.</p> <p>2. На вход идеального фильтра нижних частот подается нормальный случайный процесс <math>x(t)</math> со средним значением 1 В и корреляционной функцией: <math>R(\tau) = 10\exp(-10 \tau )</math> В. Коэффициент передачи фильтра равен 1 на частотах ниже 5 кГц и нулю на более высоких частотах. Определить <b>дисперсию и плотность вероятности</b> напряжения <b>на выходе</b> фильтра. Построить график плотности вероятности на выходе фильтра, отмечая на графиках характерные точки.</p> <p>3. На вход идеального фильтра нижних частот подается нормальный случайный процесс <math>x(t)</math> со средним значением 1 В и корреляционной функцией: <math>R(\tau) = 10\exp(-10 \tau )</math> В. Коэффициент передачи фильтра равен 1 на частотах ниже 5 кГц и нулю на более высоких частотах. Определить <b>спектр мощности</b> напряжения <b>на выходе</b> фильтра. Построить <b>графики спектров мощности на входе и на выходе</b>, отмечая на графиках характерные точки.</p> <p>4. На вход идеального фильтра нижних частот подается нормальный случайный процесс <math>x(t)</math> со средним значением 1 В и корреляционной функцией: <math>R(\tau) = 10\exp(-10 \tau )</math> В. Коэффициент передачи фильтра равен 1 на частотах ниже 5 кГц и нулю на более высоких частотах. Определить <b>корреляционную функцию</b> напряжения <b>на выходе</b> фильтра. Построить <b>графики функции корреляции</b> на входе и выходе фильтра, отмечая на графиках характерные точки.</p> <p>5. На вход идеального фильтра нижних частот подается нормальный случайный процесс <math>x(t)</math> со средним значением 1 В и корреляционной функцией: <math>R(\tau) = 10\exp(-10 \tau )</math> В. Коэффициент передачи фильтра равен 1 на частотах ниже 5 кГц и нулю на более высоких частотах. Изобразить <b>характерный вид реализаций</b></p>
---	---

	случайного процесса <b>на входе и выходе</b> RC-цепи (в одинаковом масштабе по осям).
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Сигналы с угловой модуляцией: ЧМ и ФМ колебания, их параметры. Векторная диаграмма и спектр при малом и произвольном индексе модуляции. Преимущества ЧМ и ФМ колебаний по сравнению с АМ колебаниями.
2. Как связаны друг с другом импульсная характеристика и системная функция цифрового фильтра?
3. На вход диодного детектора подается напряжение  $u = 5 (1 + 0,8 \cos(10t)) \cos(10t)$ , В. Крутизна характеристики диода 20 мА/В, сопротивление нагрузки 100 кОм. Определите коэффициент передачи детектора и амплитуду напряжения звуковой частоты на выходе детектора.

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде устного ответа на задание билета с использованием подготовленного конспекта ответа. Время на подготовку конспекта ответа – 60 минут. В режиме дистанционного обучения экзамен проводится в письменной форме по билетам в виде рукописного ответа на задания билета. Время на подготовку ответа – 90 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

### Вопросы, задания

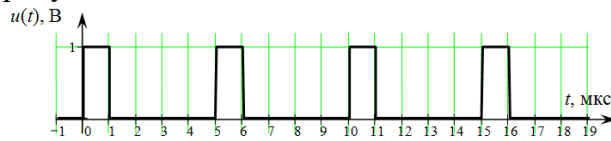
1. Спектральный анализ периодических сигналов. Комплексная форма ряда Фурье. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов. Зависимость параметров спектра от параметров сигнала.
2. Спектральный анализ непериодических сигналов. Спектральная плотность. Связь спектра периодической последовательности со спектральной плотностью одного импульса. Спектральные плотности основных сигналов: постоянного сигнала, d-функции, прямоугольного импульса. Спектральная плотность гармонического сигнала. Спектральная плотность произвольного периодического сигнала.
3. Свойства спектральной плотности: теорема о запаздывании, теорема о смещении спектра, спектральная плотность производной и интеграла, теорема подобия, спектральная плотность произведения и свертки двух функций. Спектральная плотность радиоимпульса.
4. Энергия импульса. Энергетический спектр, его свойства.
5. Автокорреляционная функция, ее свойства. Взаимно корреляционная функция. Связь автокорреляционной функции с энергетическим спектром.
6. АМ колебания, их параметры. Спектр, векторная диаграмма.

7. ЧМ и ФМ колебания, их параметры. Векторная диаграмма и спектр при малом и произвольном индексе модуляции. Преимущества ЧМ и ФМ колебаний по сравнению с АМ колебаниями.
8. Спектральный метод анализа прохождения сигналов через линейные цепи. Анализ прохождения АМ колебаний через избирательные цепи. Условия неискаженной передачи АМ колебаний.
9. Аналитический сигнал. Узкополосный сигнал. Аналитическое представление узкополосного сигнала; физическая и комплексная огибающая сигнала, ее связь с аналитическим сигналом. Спектр комплексной огибающей узкополосного сигнала.
10. Метод низкочастотных эквивалентов. Вывод основных соотношений.
11. Анализ подключения гармонического сигнала к колебательному контуру при различных значениях частоты сигнала.
12. Анализ воздействия ВЧ импульсов с прямоугольной огибающей на одноконтурные избирательные цепи.
13. Анализ воздействия ВЧ импульсов с огибающей произвольной формы на избирательные цепи.
14. Анализ воздействия скачка фазы гармонического колебания на резонансную цепь.
15. Анализ воздействия большого гармонического сигнала на нелинейный элемент при линейно-ломаной аппроксимации вольтамперной характеристики. Вычисление амплитуд гармоник. Функции Берга.
16. Анализ воздействия большого гармонического сигнала на нелинейный элемент при аппроксимации его характеристики степенным рядом. Вычисление амплитуд гармоник.
17. Резонансный усилитель больших колебаний. Схема. Принцип действия. Колебательная характеристика. Влияние перенапряженного режима. Умножение частоты.
18. Воздействие нескольких больших гармонических сигналов на нелинейный элемент. Основные закономерности в образовании комбинационных частот.
19. Амплитудная модуляция смещением. Схема. Принцип действия. Модуляционная характеристика. Условия получения неискаженной модуляции.
20. Коллекторный детектор. Схема, принцип действия. Выбор параметров нагрузки. Особенности детектирования слабых и сильных сигналов. Расчет детекторной характеристики.
21. Преобразование частоты, принцип действия. Соображения о выборе промежуточной частоты и частоты гетеродина. Паразитные каналы приема. Выбор режима работы для уменьшения паразитных каналов приема.
22. Синхронный детектор. Принцип действия.
23. Обобщенный ряд Фурье. Теорема В.А. Котельникова. Дискретизация сигналов с ограниченным спектром. Спектры дискретных сигналов.
24. Восстановление непрерывных сигналов из дискретных. Ошибки дискретизации и восстановления сигналов.
25. Z-преобразование, его свойства. Обратное z-преобразование. Z-преобразование дискретной свертки.
26. Дискретное преобразование Фурье, его свойства. ДПФ циклической свертки.
27. Общее понятие о цифровой обработке сигналов (ЦОС). Дискретные и цифровые сигналы, дискретные и цифровые устройства. Обобщенная структурная схема ЦОС. Преимущества и недостатки ЦОС.
28. Универсальный алгоритм линейных цифровых фильтров (ЦФ). Импульсная характеристика ЦФ. Передаточная (системная) функция ЦФ. Частотная характеристика линейного ЦФ, сравнение с частотной характеристикой аналогового фильтра.
29. Рекурсивные и нерекурсивные ЦФ, их сравнение. Цифровой фильтр 1-го порядка, аналогичный RC-цепи.
30. Формы реализации ЦФ: прямая и каноническая; последовательная и параллельная.



## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чему равна частота первой гармоники периодического сигнала, изображенного на рисунке?

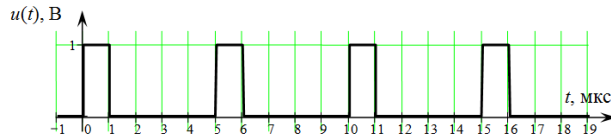


Ответы:

Укажите правильное значение в [кГц]

Верный ответ: 200 кГц

2. Чему равна постоянная составляющая сигнала, изображенного на рисунке?



Ответы:

Укажите правильное значение в [В]

Верный ответ: 0,2 В

3. Модулирующая частота ЧМ-сигнала равна 2 кГц, индекс модуляции  $m = 10$ . Чему равна девиация частоты?

Ответы:

Указать числовое значение в кГц

Верный ответ: 20 кГц

4. Могут ли возникать новые спектральные составляющие при прохождении сигнала через линейную цепь?

Ответы:

Да/Нет

Верный ответ: Нет

5. АМ-сигнал с коэффициентом модуляции 100% подается на вход одноконтурного резонансного усилителя. Ширина спектра сигнала в точности совпадает с шириной частотной характеристики усилителя на уровне 0,707. Чему равен коэффициент модуляции сигнала на выходе усилителя?

Ответы:

Указать числовое значение с точностью до трех значащих цифр

Верный ответ: 0,707

6. На нелинейный элемент с вольтамперной характеристикой  $i = a_0^0 + a_1^1 u + a_2^2 u^2$  подаются два гармонических сигнала с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Может ли появиться в токе составляющая с частотой  $2\omega_1 + \omega_2$ ?

Ответы:

да/нет

Верный ответ: нет

7. Супергетеродинный приемник предназначен для приема сигнала радиостанции с частотой 620 кГц. Промежуточная частота равна 465 кГц. Определите частоту гетеродина.

Ответы:

Указать числовое значение в [кГц]

Верный ответ: 155

8. Выбрать интервал дискретизации прямоугольного импульса длительностью 40 мс. В качестве наивысшей частоты спектра  $f_{\text{в}}$  принять такое значение, когда спектральная плотность импульса обращается в нуль в четвертый раз.

Ответы:

Указать числовое значение в [мс]

Верный ответ: 5

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

### Вопросы, задания

1. Что такое колебательная характеристика? Изобразите характерный вид семейства колебательных характеристик. Как по колебательным характеристикам выбрать режим работы усилителя для неискаженного усиления АМ сигнала?
2. Что такое колебательная характеристика? Для чего она вводится? Изобразите характерный вид семейства колебательных характеристик.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. На вход резонансного усилителя подается последовательность высокочастотных импульсов с прямоугольной огибающей. Частота заполнения импульсов совпадает с резонансной частотой усилителя. Увеличатся или уменьшатся искажения формы сигнала на выходе усилителя, если увеличить добротность контура усилителя?

Ответы:

увеличатся/уменьшатся

Верный ответ: увеличатся

2. На нелинейный элемент с вольтамперной характеристикой  $i = a_0^0 + a_1^1u + a_2^2u$  подается гармонический сигнал с частотой 2 кГц. Какие частоты будет содержать спектр тока, протекающего через нелинейный элемент?

Ответы:

Перечислить частоты всех составляющих (в кГц)

Верный ответ: 0, 2, 4.

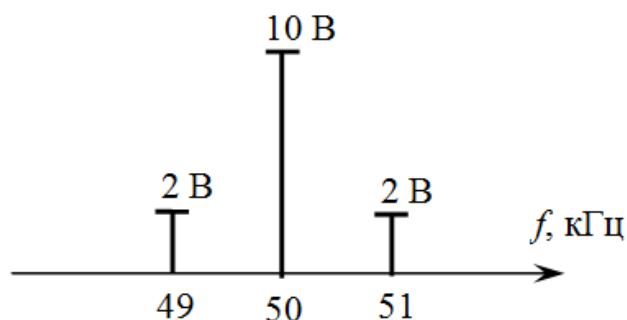
**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-4</sub> Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### Вопросы, задания

1. Диодный детектор. Схема, принцип действия. Выбор параметров нагрузки. Коэффициент передачи. Входное сопротивление. Анализ искажений, возникающих при неправильном выборе режима работы.
2. При каких условиях обеспечивается неискаженное усиление АМ сигналов в нелинейных резонансных усилителях? Покажите выбор условий неискаженного усиления АМ сигналов с помощью колебательной характеристики.
3. Изобразите схему диодного детектора. Качественно нарисуйте спектральные диаграммы входного напряжения, тока диода и выходного напряжения при подаче на вход одностонального АМ-сигнала. Из каких соображений выбираются параметры нагрузки детектора?
4. Что такое перенапряженный режим в резонансном усилителе? При каких условиях он возникает?
5. Как изменится спектр периодического сигнала, если период повторения импульсов увеличится вдвое (длительность и амплитуда импульсов не изменяются)?
6. Как изменится спектр прямоугольного импульса с высокочастотным заполнением, если частоту заполнения увеличить вдвое?
7. Как изменится спектр прямоугольного импульса с высокочастотным заполнением, если длительность импульса увеличить вдвое?
8. Как изменится спектр периодического сигнала, если длительность каждого импульса уменьшится вдвое (период повторения и амплитуда не меняются)?

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Спектр амплитудно-модулированного сигнала представлен на рисунке.



Определите:

- частоту несущего колебания (в кГц)
- частоту модулирующего колебания (в кГц)
- коэффициент модуляции
- максимальное значение амплитуды сигнала (в В)
- минимальное значение амплитуды сигнала (в В)

Ответы:

Для каждой позиции вопроса нужно указать числовое значение ответа.

Верный ответ: а) 50 б) 1 в) 0,4 г) 14 д) 6

## II. Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня ответа нет

## III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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.

**6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

## Пример билета

1. Корреляционная функция случайного процесса. Взаимная корреляционная функция. Свойства корреляционной функции стационарного случайного процесса. Интервал корреляции.
2. Как вы себе представляете методику экспериментального определения функции распределения эргодического случайного процесса?
3. Нормальный случайный процесс с нулевым средним значением и дисперсией 4 В подается на электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных диода и резистора. Сопротивление диода в прямом направлении равно 100 Ом, в обратном направлении – бесконечности. Сопротивление резистора равно 300 Ом. Найти плотность вероятности напряжения на резисторе.  
Построить плотности вероятности напряжений на входе цепи и на резисторе.

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде устного ответа на задание билета с использованием подготовленного конспекта ответа. Время на подготовку конспекта ответа – 60 минут. В режиме дистанционного обучения экзамен проводится в письменной форме по билетам в виде рукописного ответа на задания билета. Время на подготовку ответа – 90 минут.

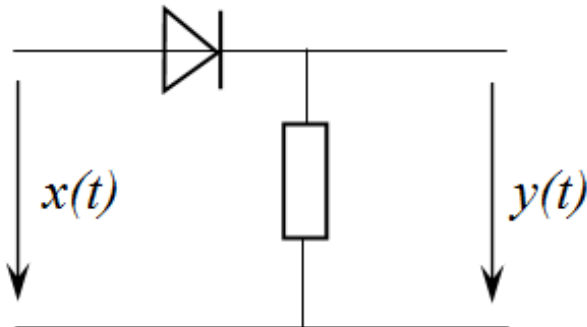
### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

### **Вопросы, задания**

1. Случайные процессы. Многомерная плотность вероятности случайного процесса. Стационарность случайного процесса. Математическое ожидание и дисперсия.
2. Корреляционная функция случайного процесса и её свойства. Интервал корреляции. Взаимная корреляционная функция.
3. Спектральная плотность мощности (энергетический спектр). Свойства энергетического спектра. Теорема Винера-Хинчина.
4. Основные источники шумов в радиотехнических устройствах и их характеристики. Тепловой шум. Дробовой шум. Общая характеристика источников шума в транзисторах.
5. Анализ воздействия случайных процессов на линейные цепи. Спектральный и корреляционный методы анализа.
6. Воздействие белого шума на линейную цепь. Шумовая полоса линейной цепи. Статистические характеристики шума на выходе линейной цепи.
7. Анализ воздействия белого шума и коррелированного шума на RC цепь. Собственный шум RC-цепи.
8. Анализ воздействия случайных процессов на линейные избирательные цепи. Характер корреляционной функции шума на выходе избирательной цепи.
9. Анализ воздействия белого шума на резонансный усилитель. Энергетический спектр и корреляционная функция шума на выходе одноконтурного резонансного усилителя.
10. Узкополосные случайные процессы. Понятие об огибающей, фазе, синфазной и квадратурной компонентах. Вывод выражения для плотности вероятности огибающей и фазы.

11. Узкополосные случайные процессы. Понятие об огибающей, фазе, синфазной и квадратурной компонентах. Корреляционная функция огибающей узкополосного случайного процесса.
12. Статистические характеристики огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного нормального шума.
13. Воздействие нормального узкополосного случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.
14. Расчет плотности вероятности при нелинейных безынерционных преобразованиях случайных процессов.
15. Оптимальная линейная фильтрация. Частотная и импульсная характеристики согласованного фильтра. Сигнал на выходе согласованного фильтра. Понятие о квазиоптимальных фильтрах.
16. Оптимальная линейная фильтрация. Фильтр, минимизирующий среднеквадратическую ошибку сигнала.
17. На последовательную RC-цепь подается нормальный случайный процесс  $x(t)$  с нулевым средним значением. Значения энергетического спектра процесса  $x(t)$  равны  $10 \text{ В}\cdot\text{с}$  на частотах ниже  $500 \text{ кГц}$  и нулю на частотах выше  $500 \text{ кГц}$ . Параметры цепи:  $R = 1 \text{ кОм}$ ,  $C = 500 \text{ пФ}$ . Найти дисперсию и плотность вероятности напряжения на конденсаторе.
18. На последовательную RC-цепь подается нормальный случайный процесс  $x(t)$  с корреляционной функцией  $R(\tau) = 2 \exp(-10|\tau|) \text{ В}$ . Параметры цепи:  $R = 10 \text{ кОм}$ ,  $C = 100 \text{ нФ}$ . Найти дисперсию и корреляционную функцию напряжения на конденсаторе. Построить графики корреляционных функций и примерный вид осциллограмм на входе и выходе цепи с указанием характерных точек.
19. На вход схемы, изображенной на рисунке, подается случайный процесс, равномерно распределенный на отрезке  $[-1; 3]$ . Сопротивление диода в прямом направлении равно нулю, в обратном направлении – бесконечно велико. Найти математическое ожидание и плотность вероятности  $p(y)$  напряжения на выходе схемы. Построить график зависимости  $p(y)$ .



20. На вход одноконтурного резонансного усилителя подается белый шум с энергетическим спектром  $F_0^0 = 10 \text{ В}\cdot\text{с}$ . Параметры усилителя: резонансная частота  $1 \text{ МГц}$ , шумовая полоса цепи  $20 \text{ кГц}$ , коэффициент усиления на резонансной частоте  $-20$ . Определить эффективное напряжение, энергетический спектр и корреляционную функцию шума на выходе усилителя.
21. На вход одноконтурного резонансного усилителя подается белый шум с энергетическим спектром  $F_0^0 = 10 \text{ В}\cdot\text{с}$ . Параметры усилителя: резонансная частота  $1 \text{ МГц}$ , шумовая полоса  $20 \text{ кГц}$ , коэффициент усиления на резонансной частоте  $-20$ . С выхода усилителя шум поступает на линейный детектор огибающей с коэффициентом передачи  $k_d = 1$ . Определить плотность вероятности и корреляционную функцию шума на выходе детектора.
22. Найти и построить корреляционную функцию случайного процесса  $x(t) = 4 \cos(10 t + \varphi)$ , если известно, что  $\varphi$  – случайная величина, распределенная

равномерно на интервале  $[-\pi; \pi]$ . Чему равно математическое ожидание и дисперсия этого случайного процесса?

23. На вход интегрирующей  $RC$  – цепи подается сумма гармонического сигнала  $2\cos(10t)$  и белого шума  $x(t)$  со спектральной плотностью  $F_0^0 = 10$  В.с. Определить параметры  $RC$  – цепи, при которых отношение амплитуды сигнала к среднеквадратичному значению шума на выходе цепи принимает максимальное значение  $q_{max}$ . Найти это значение.

24. Источником шума является резистор  $R = 10$  кОм, зашунтированный конденсатором  $C = 1$  нФ при комнатной температуре. Определить эффективное напряжение, корреляционную функцию и плотность вероятности шума на конденсаторе.

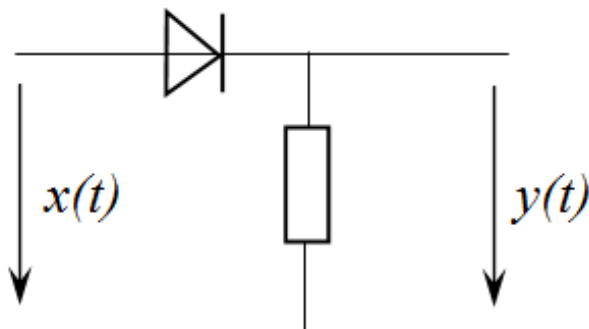
25. Определить математическое ожидание и корреляционную функцию огибающей узкополосного случайного процесса на выходе одноконтурного резонансного усилителя с параметрами:  $f_p = 2$  МГц,  $Q = 100$ ,  $K_p = 40$ . На вход усилителя поступает белый шум со спектральной плотностью  $F_0^0 = 10$  В.с.

26. Каковы специфические особенности корреляционной функции случайного процесса на выходе узкополосной резонансной цепи? Нарисуйте график этой корреляционной функции. Как изменится график, если резонансная частота цепи увеличится в 2 раза (коэффициент передачи на резонансной частоте и полоса пропускания не меняются)?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Случайный процесс с равномерным законом распределения на интервале  $[-4; 4]$  подается на односторонний ограничитель, схема которого изображена на рисунке. Сопротивление диода в прямом направлении следует считать равным нулю, в обратном направлении – бесконечности.

Определить математическое ожидание случайного процесса на выходе ограничителя.



Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 1

2. На последовательную  $RL$ -цепь подается стационарный шум со средним значением 1 В. Определите среднее значение напряжения на сопротивлении.

Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 1

3. Определить эффективное напряжение собственного шума  $RC$ -цепи при комнатной температуре. Источником шума является тепловой шум резистора. Параметры цепи:  $R = 1$  кОм,  $C = 100$  пФ.

Ответы:

Результат представить в [мкВ] и округлить до целого значения

Верный ответ: 20 мкВ

4. На последовательную  $RC$ -цепь подается стационарный шум с дисперсией 4 В и равномерным спектром мощности в полосе частот от 0 до 5 МГц. Параметры цепи:  $R = 10$  кОм,  $C = 10$  нФ. Определите дисперсию шума на конденсаторе.

Ответы:

Результат представить в [В]

Верный ответ: 0,02

5. Белый шум проходит через резонансный усилитель с одиночным колебательным контуром в нагрузке. Как изменится дисперсия шума на выходе усилителя, если добротность колебательного контура уменьшится в 2 раза? Введите соответствующую цифру.

- 1 – не изменится
- 2 – уменьшится в 2 раза
- 3 – увеличится в 2 раза

Ответы:

Указать цифру с правильным вариантом

Верный ответ: 3

6. На вход интегрирующей  $RC$ -цепи (ФНЧ) подается сумма гармонического сигнала с частотой 100 кГц, амплитудой 2 В и белого шума  $x(t)$ . Определите частоту среза фильтра, при которой отношение  $q$  амплитуды сигнала к среднеквадратическому значению шума на выходе цепи принимает максимальное значение.

Ответы:

Запишите ответ в [кГц].

Верный ответ: 100

7. Электрическая цепь содержит три источника нормального шума, включенные последовательно. Эффективное напряжение первого источника шума равно 6 В, второго – 2 В, третьего – 3 В. Определите эффективное напряжение суммарного шума, действующего в цепи.

Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 7

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

### Вопросы, задания

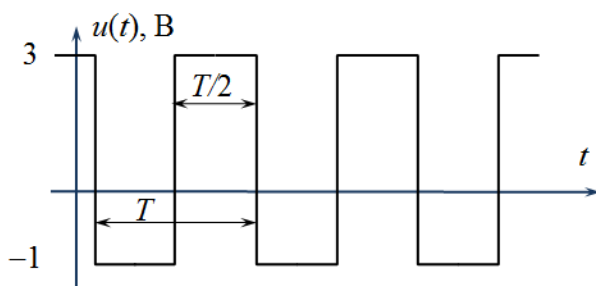
1. Эргодическое свойство случайных процессов. Методы экспериментального определения статистических характеристик эргодических процессов.
2. Опишите методику экспериментального определения плотности вероятности эргодического случайного процесса?
3. Опишите методику экспериментального определения корреляционной функции эргодического случайного процесса?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Стационарный случайный процесс  $u(t)$  представляет собой периодическую последовательность прямоугольных импульсов со скважностью 2 (меандр) со случайной равновероятной фазой. Реализация случайного процесса приведена на рисунке.

Определите:

1. 1) математическое ожидание
2. 2) дисперсию
3. 3) вероятность того, что случайный процесс превышает значение 2 В.



Ответы:

Для каждой позиции вопроса нужно указать числовое значение ответа.

Верный ответ: 1) 1 2) 4 3) 0,25

2. На вход RC-цепи подается шум, энергетический спектр которого равен  $10 \text{ В} \cdot \text{с}$  в полосе частот от 0 до 10 кГц и нулю за пределами этой полосы частот. Параметры цепи:  $R = 10 \text{ кОм}$ ,  $C = 100 \text{ пФ}$ . Можно ли входной шум считать белым?

Ответы:

да/нет

Верный ответ: нет

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-4</sub> Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### Вопросы, задания

1. Какова связь между корреляционной функцией, энергетическим спектром и дисперсией случайного процесса? Какой физический смысл имеет дисперсия?
2. Как изменится дисперсия шума на выходе одноконтурного резонансного усилителя, если увеличить добротность контура усилителя при неизменном коэффициенте усиления? На вход усилителя подается белый шум.
3. В каком случае при прохождении случайного процесса через линейную цепь происходит его нормализация? Чем это можно объяснить?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для уменьшения уровня шума используется интегрирующая RC-цепь. Как изменится действующее значение шума на выходе, если шумовая полоса увеличится в 4 раза? Предполагается, что входным сигналом является белый шум. Введите соответствующую цифру.

- 1 – не изменится
- 2 – уменьшится в 4 раза
- 3 – увеличится в 4 раза
- 4 – уменьшится в 2 раза
- 5 – увеличится в 2 раза

Ответы:

Указать цифру с правильным вариантом

Верный ответ: 5

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70



*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня ответов нет

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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 выносятся оценка за 6 семестр.