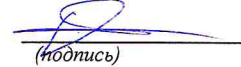


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра инфокоммуникаций и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета

  
(подпись)

И.С. Огнев

« 9 » октября 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Радиотехнические цепи и сигналы (Часть 1)»**

Направление подготовки  
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)  
«Радиотехника»

прием 2019

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
протокол № 1 от «28» сентября 2020 года

Зав.кафедрой   
(подпись) Ю.А. Брюханов  
(ФИО)

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 1 от «9» октября 2020 года

Председатель НМК   
(подпись) Т.К. Артёмова  
(ФИО)

Ярославль  
2020

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование способности решать задачи анализа и расчета характеристик линейных и нелинейных электрических цепей и способности реализовывать программы экспериментальных исследований радиотехнических цепей и сигналов.

Курс знакомит с основными моделями детерминированных сигналов, принципами построения устройств генерации и преобразования сигналов, методами анализа и расчёта характеристик цепей, реализующих преобразования детерминированных сигналов.

Задачи курса – способствовать формированию у студентов умений и навыков решать задачи анализа радиотехнических цепей и генерируемых или обрабатываемых ими сигналов, в том числе теоретическими и экспериментальными методами, навыков работы с измерительным оборудованием для измерения свойств сигналов и характеристик цепей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Данная дисциплина является обязательной для изучения и относится к обязательной части Блока 1.

Дисциплина требует знаний, умений и навыков, полученных при изучении дисциплин «Электричество и магнетизм», «Физический практикум», «Основы теории цепей (Часть 1)», а также базовых математических знаний и умений из курсов «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Теория функций комплексной переменной». Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при изучении специальных дисциплин и в НИРС.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Код Компетенции	Формулировка компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приёмы обработки и представления полученных данных	Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач Знает основные методы и средства проведения

	экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений
--	---

#### 4. Объем, форма реализации, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 акад. часов.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Отдельные элементы курса преподаются в дистанционной форме в рамках онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого по ссылке:

<https://demidonline.uni-yar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Спектральные и корреляционные и свойства детерминированных сигналов	4	8	6	3	1		19	Домашняя работа №1, защита лабораторной работы №1 Тест по Модулю 3 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
2	Особенности описания четырёхполюсников	4	8	4		1		10	Домашняя работа №2 Тест по Модулю 1 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
3	Методы и схемотехника формирования и преобразования сигналов. Генерация, преобразование и умножение частоты, модуляция и детектирование	4	10	5	14	3		19	Домашняя работа №3, защита лабораторных работ №2-5 Тесты по Модулям 2,5 и 6 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
4	Синтез пассивных двухполюсников	4	8	2		1		10	Домашняя работа №4 Тест по Модулю 4 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
								2	Итоговый тест



	<b>Всего</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>5</b>		<b>60</b>	
		4					0,3	10,7	Зачёт
	<b>Всего с зачётом</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>0,3</b>	<b>70,7</b>	

**Содержание разделов дисциплины**  
(с указанием формы проведения)

*Тема №1*

**Спектральные и корреляционные свойства детерминированных сигналов**

*Дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»:* Классификация сигналов. Детерминированные и случайные процессы. Представление сигналов в различных метрических пространствах. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Обобщенный ряд Фурье, равенство Парсеваля, неравенство Бесселя.

Спектры периодических и непериодических сигналов. Свойства спектров. Спектр прямоугольного импульса. Спектр пачки импульсов. Математические модели детерминированных сигналов. Их спектры.

Измерение спектров. Описание спектров: уровень постоянной составляющей, уровень боковых лепестков, огибающая, ширина спектра. Спектральная плотность энергии, спектральная плотность мощности. Представление спектров энергии и мощности в логарифмическом и двойном логарифмическом масштабах.

*Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ:* Основные параметры сигналов: длительность, пик-фактор, динамический диапазон, среднее, средневыпрямленное, среднеквадратическое значения. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных, сигналы другого назначения.

Теорема Котельникова. Условия восстановления аналогового сигнала по дискретизированному.

Корреляционные свойства детерминированных сигналов. АКФ, ВКФ, интервал корреляции. Ортогональность сигналов.

Разложение аналогового сигнала в различных базисах. Представление цифровых сигналов векторами пространства Хемминга. Скалярное произведение и расстояние между сигналами. Норма сигнала. Их физический смысл.

*Тема №2 (дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»)*

**Особенности описания четырёхполюсников**

Индуктивно-связанные цепи. Явление взаимной индукции, его описание. Взаимная индуктивность двух катушек. Встречное и согласное соединения катушек. Обеспечение развязывания катушек в индуктивно-связанных цепях. Расчёт цепей со связанными катушками.

Связь матричных параметров четырёхполюсников друг с другом. Характеристическое сопротивление цепи. Расчёт различных соединений четырёхполюсников.

*Тема №3*

**Методы и схемотехника формирования и преобразования сигналов. Генерация, преобразование и умножение частоты, модуляция и детектирование**

*Дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»:* Цепи с обратной связью (ОС). Положительная и отрицательная обратная



связь. ОС по току и напряжению. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на коэффициент передачи, входное и выходное сопротивление цепи.

Генераторы. Классификация генераторов. Автогенераторы. Условие баланса амплитуд и фаз. Физика работы автогенератора гармонических колебаний. Колебательная характеристика. Методы определения уровня генерируемого сигнала. Уравнение автогенератора. Нестабильность частоты в различных схемах генераторов.

Преобразование частоты. Схема и физика работы.

Умножение частоты. Схема и физика работы. К.п.д. схемы.

*Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ:* Классификация типов модуляции. Аналоговые виды модуляции. Импульсные виды модуляции. Формирование сигналов амплитудной модуляции, однополосной АМ, АМ с подавленной несущей: схемотехника, настройки, физика работы схем. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов АМ-сигналов. Коэффициент модуляции. Модуляционная характеристика. Выбор режима нелинейного элемента.

Формирование сигналов угловой модуляции: схемотехника, настройки, физика работы схем. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов сигналов угловой модуляции.

Детектирование. Детектирование АМ-сигналов. Квадратичное детектирование – схема, физика работы, коэффициент детектирования, коэффициент нелинейных искажений. Детектирование сильного сигнала – схема, физика работы, настройки схемы.

Детектирование сигналов угловой модуляции. Схемы, физика работы. Настройки схем.

Принцип когерентного и некогерентного детектирования.

Импульсные виды модуляции. Их отличие от аналоговых видов.

Радиоимпульсы и их спектры.

*Тема №4 (дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»)*

#### **Синтез пассивных двухполюсников**

Условие физической реализуемости. Импеданс (проводимость) физически реализуемого двухполюсника. Минимальный двухполюсник. Синтез трансформаторов сопротивлений. Синтез фильтров. Функции аппроксимации АЧХ фильтров.

Цепные (лестничные) дроби.

Метод Кауэра 1-я и 2-я формы.

Простейшие эквивалентные звенья радиотехнических цепей.

Метод Фостера.

#### **Лабораторный практикум (проводится очно)**

Перечень лабораторных работ по курсу:

*Лабораторная работа №1 «Исследование спектров простейших сигналов».*

*Лабораторная работа №2 «Амплитудная модуляция»*

*Лабораторная работа №3 «Амплитудное детектирование»*

*Лабораторная работа №4 «Исследование LC автогенератора»*

*Лабораторная работа №5 «Исследование RC автогенератора»*

**Итоговое тестирование по курсу** проводится дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)».

## 5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

1) **Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

2) **Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

3) **Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях.

Задействованы:

– решение задач;

– коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;

– анализ конкретных ситуаций.

4) **Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Задействованы:

– допуск к выполнению экспериментальных исследований,

– коллективная работа в ходе выполнения лабораторной работы,

– командная защита отчёта.

5) **Консультация** – занятие перед проведением зачёта, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий итогового контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

6) **Асинхронная консультация** (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

## 6. Перечень электронных ресурсов и информационных технологий, используемых образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова DemidOnline по ссылке:

<https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>

– материалы курса «Электроника и схемотехника», размещённого в LMS Moodle ЯрГУ,



- для моделирования электрических цепей – Qucs 0.0.18 (GNU GPL), LTspice XVII (freeware, Copyright by Analog Devices)
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2003. - 462 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=305228&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=305228&cat_cd=YARSU).
2. Харкевич А.А. Основы радиотехники. М: Физматлит, 2007.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=372029&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=372029&cat_cd=YARSU).

### **б) дополнительная литература:**

3. Жуков В. П. Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы": учеб. пособие для вузов. / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=375562&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=375562&cat_cd=YARSU).
4. Михайлов В.И., Членова Е.Д. Расчёт электрических LC-фильтров по рабочим параметрам. – Самара: ПСУТИ, 2010. Режим доступа:  
[http://tors.psuti.ru/metod\\_web/kursTEC\\_filtr.pdf](http://tors.psuti.ru/metod_web/kursTEC_filtr.pdf)
5. Денисенко А.Н. Сигналы. Теоретическая радиотехника. – М.: Горячая линия-телеком, 2005. – 704 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=350571&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=350571&cat_cd=YARSU).
6. Основы радиоэлектроники: задачник / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с.
7. Радиотехнические цепи и сигналы. Примеры и задачи: учеб. пособие. / под ред. И. С. Гоноровского; Гос. комитет СССР по народному образованию - М: Радио и связь, 1989. - 248 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=657542&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=657542&cat_cd=YARSU)

### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) по ссылке:  
<https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>
2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)).
4. Калькулятор цветовой маркировки резисторов <https://www.chipdip.ru/info/rescalc>
5. Ряды номиналов радиодеталей / статья в Интернет-энциклопедии «Википедия»  
[http://Wikipedia.org/Ряды\\_номиналов\\_радиодеталей](http://Wikipedia.org/Ряды_номиналов_радиодеталей)

## **8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;

- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, а также материалам онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Автор:

Доцент кафедры инфокоммуникаций и радиофизики, к.ф.-м.н.



(подпись)

Т.К. Артёмова



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Радиотехнические цепи и сигналы (Часть 1)»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,  
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Задания для самопроверки**

(эквивалентные задания по разделам и модулям онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯргУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline)

**Задания по теме №1 «Спектральные и корреляционные и свойства детерминированных сигналов» – Домашнее задание №1**

1. Решить задачи 1 – 14 из раздела №1 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯргУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке дополнительной литературы.
2. Решить задачи 1 – 8 из раздела №2 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯргУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке дополнительной литературы.
3. Решить задачи 22, 24, 28 из раздела №1 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.

**Задания по теме №2 «Особенности описания четырёхполюсников» – Домашнее задание №2**

1. Решить задачи:
  - 1.1. Составить матрицу  $A$  для  $CL$ -цепи при условии, что реактивные сопротивления равны: сопротивление катушки 20 Ом, конденсатора – 10 Ом. Выполнить двумя способами: а) записывая уравнения в  $a$ -параметрах для режима холостого хода и короткого замыкания; б) выражая коэффициенты через предварительно вычисленные сопротивления холостого хода и короткого замыкания.
  - 1.2. Определить напряжение на разомкнутых выходных выводах при напряжении на входе, имеющем амплитуду 20 В.
  - 1.3. Найти элементы матриц  $A$ ,  $Z$ ,  $Y$ ,  $H$  симметричного  $T$ -образного четырёхполюсника с одинаковыми сопротивлениями, равными 5 Ом.

- 1.4. Определить элементы матрицы  $A$  идеального трансформатора, понижающего напряжение в 2 раза.
- 1.5. Найти коэффициенты матрицы  $A$  для четырёхполюсника, представляющего собой  $\Gamma$ -образную цепь, в горизонтальном плече которого последовательно соединены конденсатор с реактивным сопротивлением 35 Ом и катушка с реактивным сопротивлением 20 Ом, а в выходном вертикальном плече – катушка с реактивным сопротивлением 60 Ом. Сопротивление взаимной индуктивности равно 10 Ом. Включение катушек согласное.
- 1.6. Измерены первичный и вторичный токи симметричного аттенюатора (представлен чёрным ящиком) при замкнутом рубильнике, подключенном параллельно нагрузке на выходе:  $I_{1к}=3,2$  мА,  $I_{2к}=1,6$  мА. Определите токи при разомкнутом рубильнике, если э.д.с. источника, подключенного к выводам 1, равна 48 В, а внутреннее сопротивление источника 5 кОм. Изобразите электрическую схему цепи.
- 1.7. Для реального трансформатора (согласно включённые обмотки с разным числом витков обладают индуктивностью и активным сопротивлением) определите коэффициент  $u_{21}$ .
- 1.8. П-образный симметричный четырёхполюсник задан двумя сопротивлениями (сопротивление горизонтальной части  $j50$  Ом, вертикальных – по  $-j10$  Ом). Определите характеристическое сопротивление и постоянную передачи. Найдите напряжение на сопротивлении согласованной нагрузки при напряжении питания 10 В.

**Задания по теме №3 «Методы и схемотехника формирования и преобразования сигналов. Генерация, преобразование и умножение частоты, модуляция и детектирование» – Домашнее задание №3**

1. Решить задачи 4 – 8 из раздела №9 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке дополнительной литературы.
2. Решить задачи 40 – 52 из раздела №1 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.
3. Решить задачи 23 – 25, 27 – 29, 31, 33, 34 из раздела №5 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.
4. Решить задачи 12, 15, 16, 24, 30, 31, 34 из раздела №6 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.
5. Решить задачи 38, 43, 45, 46, 56 из раздела №6 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.
6. Решить следующие задачи.
  - 6.1. Определить, во сколько раз уменьшается коэффициент усиления усилителя с коэффициентом передачи по напряжению 200 при охвате его последовательной отрицательной обратной связью по напряжению в виде четырёхполюсника с коэффициентом передачи  $\beta=R_1/(R_1+R_2)=0,05$ .



6.2. В схеме усилителя с цепью обратной связи, как в задаче 1, с коэффициентом усиления 10 произошло случайное короткое замыкание резистора  $R_1=0,5$  кОм. До какой величины изменится коэффициент усиления схемы, если второй резистор цепи ООС имеет сопротивление 10 кОм?

6.3. Определить входное напряжение, необходимое для получения выходного напряжения 25 В в схеме усилителя из задачи 1. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи 200. Резисторы в цепи обратной связи имеют сопротивления 0,5 ( $R_1$ ) и 10 кОм.

6.4. Определить напряжение на выходе усилителя с последовательной обратной связью (как в задаче 1) и коэффициентом усиления без обратной связи 10, если на вход усилителя одновременно с входным сигналом с напряжением 0,2 В поступает напряжение обратной связи 0,1 В, действующее в противофазе с входным.

6.5. Какой величины необходимо подать сигнал на вход усилителя, охваченного ООС с  $\beta=0,05$ , для того, чтобы получить на выходе усилителя сигнал с напряжением 2 В, если коэффициент усиления цепи без обратной связи равен 10.

6.6. Определить напряжение обратной связи, если при подключении последовательной отрицательной обратной связи с коэффициентом передачи  $\beta=0,2$  выходное напряжение усилителя стало равным 2 В.

6.7. Определить напряжение обратной связи, если при подключении цепи отрицательной последовательной обратной связи коэффициент усиления усилителя с  $K_u=10$  уменьшился в два раза, а выходное напряжение стало равным 3 В.

6.8. Определить входной ток, входное напряжение и коэффициент усиления усилителя, работающего от генератора напряжения с э.д.с. 0,6 В и внутренним сопротивлением 0,5 кОм, если выходное напряжение 10 В. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи равен 100, а его входное сопротивление 0,5 кОм.

6.9. На вход каскада усилителя, охваченного ООС, поступает сигнал с напряжением 1 В. Чему равны выходное напряжение, напряжение на входе основного блока, напряжение обратной связи и общий коэффициент усиления цепи по напряжению, если без обратной связи коэффициент усиления равен 60, а иных,  $U$ ,  $U_{oc}$  и  $K_u$  ее, если  $K=60$ , а  $\beta=0,07$ ?

7. Решить задачи 38, 43, 45, 46, 56 из раздела №6 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.

8. Решить задачи 1, 2, 4 и 19 из раздела №7 сборника задач «Задачник по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы"» / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Высшая школа, 1986, рекомендованного в списке дополнительной литературы.

**9. Задания по теме № 4 «Синтез пассивных двухполюсников» – Домашнее задание №4**

Решить следующие задачи.

9.1. Определить порядок фильтра Баттерворта, необходимый для обеспечения заданных характеристик фильтра нижних частот: граничная частота полосы пропускания 4 кГц, граничная частота полосы подавления 8 кГц, минимальное ослабление в полосе подавления 15 дБ, максимальная неравномерность АЧХ в полосе пропускания 2 дБ.

9.2. Определите корни полинома знаменателя передаточной функции для аппроксимации Баттерворта из задачи 9.1, лежащие в левой полуплоскости комплексной плоскости  $p$ .

9.3. Получите выражение для операторной передаточной функции ФНЧ Баттерворта из задачи 9.1.

- 9.4. Получите выражение для рабочего ослабления ФНЧ Баттерворта из задачи 9.1. Выполните проверку достигнутого ослабления.
- 9.5. Постройте ФНЧ-прототип с аппроксимацией Баттерворта для ФВЧ со следующими характеристиками: граничная частота полосы пропускания 20 кГц, граничная частота полосы подавления 10 кГц, минимальное ослабление в полосе подавления 20 дБ, коэффициент отражения 43,3%.
- 9.6. Определите порядок фильтра Чебышёва, необходимый для обеспечения заданных характеристик полосового фильтра: граничные частоты полосы пропускания 14,43 и 20 кГц, одна из граничных частот полосы подавления 5 кГц, минимальное ослабление в полосе подавления 28 дБ, максимальная неравномерность АЧХ в полосе пропускания 1,1 дБ. Выполнить с симметризацией АЧХ прототипа.
- 9.7. Получить выражение для входного операторного сопротивления ФНЧ из №9.1.
- 9.8. Реализовать фильтр из №9.1, разложив входное операторное сопротивление в цепную дробь по Кауэру. Изобразить схему цепи с нормированными номиналами.
- 9.9. Выполнить денормирование схемы, полученной в 9.8, для случая сопротивления генератора, равного сопротивлению нагрузки фильтра 800 Ом.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к зачёту

(зачёт выставляется по результатам выполнения домашних заданий, лабораторных работ и ответов на вопросы)

#### Вопрос 1

1. Классификация сигналов.
2. Представление сигналов в различных метрических пространствах. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Обобщенный ряд Фурье, равенство Парсеваля, неравенство Бесселя.
3. Спектры периодических и непериодических сигналов.
4. Свойства спектров.
5. Спектр прямоугольного импульса. Спектр пачки импульсов.
6. Математические модели детерминированных сигналов. Их спектры.
7. Описание спектров: уровень постоянной составляющей, уровень боковых лепестков, огибающая, ширина спектра. Спектральная плотность энергии, спектральная плотность мощности. Представление спектров энергии и мощности в логарифмическом и двойном логарифмическом масштабах.
8. Основные параметры сигналов: длительность, пик-фактор, динамический диапазон, среднее, средневыпрямленное, среднеквадратическое значения. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных, сигналы другого назначения.
9. Корреляционные свойства детерминированных сигналов. АКФ, ВКФ, интервал корреляции. Ортогональность сигналов.
10. Скалярное произведение и расстояние между сигналами. Норма сигнала. Их физический смысл.
11. Согласное и встречное соединение катушек индуктивности. Метод развязывания катушек в индуктивно-связанных цепях.
12. Связь матричных параметров четырёхполюсников друг с другом.



13. Цепи с обратной связью. Положительная и отрицательная обратная связь. ОС по току и напряжению. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на коэффициент передачи, входное и выходное сопротивление цепи.
14. Классификация генераторов. Автогенераторы. Условие баланса амплитуд и фаз. Физика работы автогенератора гармонических колебаний.
15. Колебательная характеристика. Методы определения уровня генерируемого сигнала. Уравнение автогенератора. Нестабильность частоты в различных схемах генераторов.
16. Преобразование частоты. Схема и физика работы. Умножение частоты. Схема и физика работы. К.п.д. схемы.
17. Классификация типов модуляции. Аналоговые виды модуляции. Импульсные виды модуляции.
18. Различные типы АМ. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов АМ-сигналов.
19. Формирование сигналов амплитудной модуляции: схемотехника, настройки, физика работы схем. Коэффициент модуляции. Модуляционная характеристика. Выбор режима нелинейного элемента.
20. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов сигналов угловой модуляции.
21. Формирование сигналов угловой модуляции: схемотехника, настройки, физика работы схем.
22. Детектирование. Детектирование АМ-сигналов. Квадратичное детектирование – схема, физика работы, коэффициент детектирования, коэффициент нелинейных искажений.
23. Детектирование сильного сигнала – схема, физика работы, настройки схемы.
24. Детектирование сигналов угловой модуляции. Схемы, физика работы. Настройки схем. Принцип когерентного и некогерентного детектирования.
25. Импульсные виды модуляции. Их отличие от аналоговых видов. Радиоимпульсы и их спектры.
26. Условие физической реализуемости цепи. Импеданс (проводимость) физически реализуемого двухполосника. Минимальный двухполосник. Цепные (лестничные) дроби.
27. Метод Кауэра синтеза пассивного двухполосника, 1-я и 2-я формы.
28. Простейшие эквивалентные звенья радиотехнических цепей.
29. Метод Фостера синтеза пассивного двухполосника.

## **Вопрос 2**

30. Измерения спектра. Порядок действий. Выбор аппаратуры.
31. Особенности измерения спектра с помощью цифровых приборов.
32. Измерение функций авто- и взаимной корреляции сигналов, скалярного произведения сигналов.
33. Измерение частотных характеристик цепи.
34. Измерение временных характеристик цепи.
35. Измерение амплитудной характеристики четырёхполосника.
36. Измерение модуляционной характеристики модулятора.
37. Измерение детекторной характеристики детектора.
38. Измерение колебательной характеристики генератора.
39. Измерение эквивалентных параметров четырёхполосников.
40. Определение параметров модуляции по спектру модулированного колебания.
41. Определение параметров модуляции по осциллограмме модулированного колебания.
42. Определение параметров аналитической модели сигнала по его осциллограмме.
43. Определение параметров быстродействия цепи по измеренным характеристикам.
44. Определение параметров частотной модели цепи по измеренным характеристикам.





а) 4 кГц	б) 8 кГц	в) 9,6 кГц	г) 4,8 кГц	
16. На осциллограмме амплитудно-модулированного напряжения видно, что амплитуда изменяется от 2 до 4 В по гармоническому закону. Напряжение несущей и коэффициент модуляции равны				16
а) 2 В; 0,5	б) 3 В; 3	в) 6 В; 2	г) 3 В; 0,33	
17. Девиация частоты однотонального ЧМ-сигнала с модулирующей частотой 10 кГц и несущей 100 МГц равна 100 кГц. Коэффициент модуляции и диапазон перестройки частоты равны				17
а) 1000; от 100 до 100,1 МГц	б) 10; от 99,95 до 100,05 МГц	в) 10,001; от 0 до 100 кГц	г) 10000; от 99,9 до 100,1 МГц	
18. Модуляция, при которой изменяется положение несущих импульсов на временной оси				18
а) АИМ	б) ЧИМ	в) ШИМ	г) ФИМ	
19. У радиопульса с прямоугольной (амплитуда 1 В, длительность 1 нс) огибающей и гармоническим (2 В, 100 ГГц) несущим сигналом максимальное мгновенное значение напряжения и ширина спектра равны				19
а) 1 В; 10 ГГц	б) 3 В; 2 ГГц	в) 2 В; 2 ГГц	г) 4 В; 1 МГц	
20. Спектр модулированного напряжения приведён на рисунке. Какой это тип модуляции и сколько тонов в модулирующем сигнале?				20
21. Спектр модулированного напряжения приведён на рисунке. Амплитуда несущей и коэффициент модуляции верхнего тона равны				21
а) однополосная ЧМ; 1	а) 5 В; 0,67	б) 15 В; 0,33		
б) ФМ; 1	в) 5 В; 23/35	г) 6,25 В; 0,5		
в) однополосная АМ; 2				
г) однополосная БАМ; 2				
22. Амплитудные модулятор и детектор построены на биполярных транзисторах. Какие оптимальные углы отсечки должны обеспечивать настройки этих схем?				22
а) 180°; 180°	б) 180°; 90°	в) 0°; 90°	г) 45°; 45°	
23. На вход квадратичного детектора поступают однотональный АМ-сигнал с амплитудой несущей 1 В и коэффициентом модуляции 0,6. Какого значения коэффициента нелинейных искажений следует ожидать?				23
а) 0,15	б) 0,09	в) 0,3	г) 0,18	
24. Коэффициент нелинейных искажений схемы 0,5. Какова суммарная мощность паразитных гармоник, порождаемых схемой, если номинальное значение мощности полезного сигнала 1 мВт? Считать сопротивление схемы для всех гармоник близким.				24
а) 250 мкВт	б) 500 мкВт	в) 1 мВт	г) 2 мВт	
25. Два четырёхполюсника соединены последовательно-параллельно, при этом сигнал второго противофазен сигналу первого. По какой физической величине и какого знака обратная связь таким образом организована?				25
а) по току; ПОС	б) по току; ООС	в) по напряжению; ПОС	г) по напряжению; ООС	
26. При последовательно-параллельном соединении двух четырёхполюсников на некоторой частоте значения их АЧХ и ФЧХ $A_1(f_1) = 4$ , $\varphi_1(f_1) = \pi$ , $A_2(f_1) = 0,25$ , $\varphi_2(f_1) = \pi$ . Схема организует:				26
а) усилитель с ПОС	б) усилитель с ООС	в) автогенератор	г) аттенуатор	
27. При последовательно-параллельном соединении двух четырёхполюсников на некоторой частоте значения их АЧХ и ФЧХ $A_1(f_1) = 4$ , $\varphi_1(f_1) = 0$ , $A_2(f_1) = 0,125$ ,				27





### 3 Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- прохождение онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) (является допуском к прохождению процедуры промежуточной аттестации),
- выполнение всех домашних заданий (являются формой текущей аттестации),
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации).

Зачёт по дисциплине ставится, если:

1. Пройдены онлайн курс «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 50%.
2. Домашние задания №1-5 выполнены не менее чем на -60% в сумме.
3. Задания контрольной работы верно выполнены в сумме не менее чем на 40%.
4. Лабораторные работы выполнены и успешно защищены.

ИЛИ

1. Пройдены онлайн курсы «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 50%.
2. Верны ответы не менее чем на 75% заданий теста