

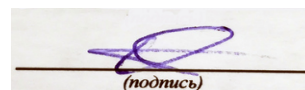
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета



И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Электротехника»**

Направление

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль

Интегральная электроника и нанoeлектроника

Форма обучения

очная

Программа одобрена

на заседании кафедры

от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК

физического факультета

протокол №5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов в области основ построения радиоэлектронной аппаратуры, используемой компьютерами и в более сложных информационных системах. Это достигается обучением студентов принципам работы, важнейшим количественным соотношениям и методам анализа радиоэлектронных устройств в системах обработки и защиты информации.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП специалитета

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной и относится к обязательной части Блока 1.

Требует знаний, полученных при изучении дисциплин "Математический анализ", "Теория вероятностей и математическая статистика", а также базовых навыков работы с комплексными числами. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются обучаемыми при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин, в том числе «Теоретические основы радиотехники».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)   | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)   | Перечень планируемых результатов обучения  |
|---|--|--|
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |  |  |
| ПК-3<br>Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ИД_ПК-3.1<br>Знает принципы работы и физические характеристики электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения. | <b>Знать:</b><br>– принципы работы простейших цепей и методы анализа линейных и нелинейных электрических цепей;  |
|   | ИД_ПК-3.2<br>Демонстрирует умение проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.  | <b>Уметь:</b><br>– получать информацию о временных, и спектральных свойствах сигналов и решать задачи анализа цепей;<br><br><b>Владеть навыками:</b><br>– использования методов анализа цепей и сигналов.  |
| ПК-2<br>Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем,   | ИД_ПК-2.1<br>Знает методы и методики проведения исследований параметров и характеристик электронных приборов и схем.                         | <b>Знать:</b><br>– порядок работы с осциллографом и вольтметром;<br>– методы экспериментального получения частотных, временных и амплитудных характеристик цепей;<br>методы экспериментального определения граничной частоты, ширины полосы частот, постоянной времени цепи, добротности и резонансной частоты (для цепей второго порядка).<br><b>Уметь:</b> |

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)   | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)  | Перечень планируемых результатов обучения   |
|---|---|---|
| устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать средства измерений;</li> <li>– выбирать метод измерений;</li> </ul> определить последовательность действий в ходе экспериментального получения характеристик или параметров электрических цепей.  |
|   | ИД_ПК-2.2.<br>Демонстрирует навыки экспериментального определения характеристик устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения параметров цепи по данным экспериментальных исследований;</li> <li>– навыками определения свойств и возможностей цепи по данным экспериментальных исследований;</li> <li>– навыками графического представления частотных зависимостей в линейном и логарифмическом масштабах, в ненормированном и нормированном видах.</li> </ul> |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 акад. часа.

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

Отдельные элементы курса реализуются в дистанционной форме в рамках онлайн курсов: 1. «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого по ссылке:

<https://demidonline.uniylar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.1x+2020/about>

2. «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого по ссылке:

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

| №<br>п/п | Темы (разделы)<br>дисциплины,<br>их содержание   | Семестр | Виды учебных занятий,<br>включая самостоятельную<br>работу студентов,<br>и их трудоемкость<br>(в академических часах) |              |              |              |                             |    | Формы текущего контроля<br>успеваемости<br><br>Форма промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам)<br><br>Формы ЭО и ДОТ<br>(при наличии) |
|----------|--|---------|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|----|---|
|          |  |         | Контактная работа   |              |              |              |                             |    |   |
|          |  |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные<br>испытания |    |   |
| 1        | Анализ и синтез<br>резистивных цепей на<br>постоянном токе и при<br>гармоническом<br>воздействии | 4       | 2   | 2            | 5            | 0,5          |                             | 10 | Домашняя работа №1<br>Защита лабораторных работ<br>№1-2<br>Контрольная работа   |
|          | в том числе с ЭО и ДОТ   |         |   |              |              | 0,5          |                             | 8  | Тесты по модулям 2-3 онлайн<br>курса «Линейные электрические<br>цепи (часть 1)»   |

|   |   |   |    |    |    |     |     |      |  |
|---|---|---|----|----|----|-----|-----|------|--|
| 2 | Линейные пассивные цепи и методы их анализа                         | 4 | 6  | 6  | 8  | 2   |     | 15   | Домашняя работа №2<br>Контрольная работа<br>Защита лабораторных работ №3-5   |
|   | в том числе с ЭО и ДОТ  |   |    |    |    | 1   |     | 12   | Тесты по модулям 4-6 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»  |
| 3 | Спектральные и корреляционные и свойства детерминированных сигналов | 4 | 4  | 4  |    | 1   |     | 9    | Домашняя работа №3<br>Контрольная работа<br>Защита лабораторной работы №6  |
|   | в том числе с ЭО и ДОТ  |   |    |    |    | 1   |     | 7    | Тест по Модулю 3 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»  |
| 4 | Нелинейные элементы цепей   | 4 | 2  | 4  |    | 0,5 |     | 8    | Домашняя работа №4<br>Контрольная работа   |
|   | в том числе с ЭО и ДОТ  |   |    |    |    | 0,5 |     | 6    | Тест для самопроверки по результатам частичного освоения дисциплины в LMS Moodle   |
| 5 | Четырёхполюсники и фильтры. Длинные линии                           | 4 | 3  | 3  | 4  | 1   |     | 10   | Домашняя работа №5<br>Защита лабораторной работы №7  |
|   | в том числе с ЭО и ДОТ  |   |    |    |    | 1   |     | 8    | Тест по Модулю 1 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»<br>Тест по Модулю 2 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»   |
|   |   | 4 |    |    |    | 2   | 0,5 | 33,5 | Экзамен  |
|   | в том числе с ЭО и ДОТ  |   |    |    |    |     |     | 27   | Тесты для самопроверки по результатам освоения дисциплины:<br>тест «Итоговый» онлайн-курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»<br>тест «Итоговый» онлайн-курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»<br>Тест для самопроверки по результатам частичного освоения дисциплины в LMS Moodle |
|   | <b>Всего за 4 семестр 144 часа</b>                                  |   | 17 | 17 | 17 | 7   | 0,5 | 85,5 |  |
|   | <b>в том числе с ЭО и ДОТ</b>                                       |   |    |    |    | 5   |     | 68   |  |
|   | <b>ИТОГО</b>  |   | 17 | 17 | 17 | 7   | 0,5 | 85,5 |  |
|   | <b>в том числе с ЭО и ДОТ</b>                                       |   |    |    |    | 5   |     | 68   |  |

## Содержание разделов дисциплины

### *Раздел 1*

#### ***Анализ и синтез резистивных цепей на постоянном токе и при гармоническом воздействии***

Классификация элементов цепей. Классификация цепей. Математические модели пассивных элементов электрических цепей. Идеализированные пассивные элементы электрических цепей. Модели источников. Идеализированные источники тока и напряжения. Зависимые и независимые источники. Структурные, принципиальные схемы и схемы замещения электрических цепей. Формулировка задач анализа и синтеза электрических цепей. Анализ свойств цепи по составу её элементов.

Анализ резистивных цепей по постоянному току. Последовательное, параллельное и смешанное соединение двухполюсных элементов. Закон Ома. Делители тока и напряжения. Анализ и синтез делителей. Основы топологии цепей. Ветвь, узел и контур электрической схемы. Правила Кирхгофа. Основная система уравнений электрического равновесия цепи.

Понятие об эквивалентных (дуальных) участках цепи. Эквивалентные преобразования цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов.

Основные теоремы теории цепей и их применение для решения задач анализа. Принцип наложения. Теорема взаимности. Теоремы об эквивалентных источниках.

Методы расчёта распределения токов и напряжений в резистивной цепи: метод уравнений Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного источника э.д.с., метод эквивалентного источника тока, метод наложения. Баланс мощности по постоянному току.

Согласование источника энергии с нагрузкой по критериям максимума передаваемой средней мощности и максимума коэффициента полезного действия. Согласованная нагрузка.

Описание гармонического сигнала. Аналитический сигнал как комплексный аналог вещественного, комплексная амплитуда, действующее значение, квадратурные компоненты гармонического сигнала. Представление гармонического сигнала на векторной диаграмме. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей при гармоническом воздействии. Анализ резистивных цепей при гармоническом воздействии. Энергетические соотношения в простейших цепях при гармоническом воздействии. Мгновенная, средняя (активная), реактивная, полная и комплексная мощности. Баланс мощностей.

### *Раздел 2*

#### ***Линейные пассивные цепи и методы их анализа***

Простейшие линейные элементы. Связь между током и напряжением для них, выражения для запасаемой или преобразуемой энергии.

Комплексное сопротивление и комплексная проводимость двухполюсников. Импедансы простейших линейных элементов. Характер импеданса. Получение информации об элементе и построение его модели по характеру импеданса.

Временные и векторные диаграммы для тока, напряжения, мощности и энергии на простейших линейных элементах.

Описание четырёхполюсников. Расчётное и экспериментальное получение информации о частотных свойствах четырёхполюсника. Входные и выходные импедансы и проводимости. Векторная диаграмма токов и напряжений в простейшей цепи. Комплексный частотный коэффициент передачи цепи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики электрических цепей. Формы представления АЧХ,

в том числе логарифмические АЧХ. Электрические фильтры. Фильтры низких частот, верхних частот, полосовые и режекторные фильтры. Идеальный фильтр. Полоса пропускания, полоса подавления. Комплексный коэффициент передачи, АЧХ и ФЧХ простейших  $RC$ - и  $RL$ - фильтров. Определение граничной частоты, полосы пропускания, типа частотно-избирательной цепи по её АЧХ.

Методы расчёта отклика линейной цепи на заданное воздействие. Единичный скачок (сигма-функция Хэвисайда) и единичный импульс (дельта-функция Дирака), их свойства. Установившиеся и переходные процессы. Непрерывность изменения энергии электрического и магнитного полей. Правила коммутации. Зависимые и независимые начальные условия. Порядок цепи. Свободные и вынужденные составляющие токов и напряжений. Классический метод анализа переходных процессов. Дифференциальные уравнения простейших цепей и методы их решения. Переходные процессы в цепях первого и второго порядков. Зависимость характера переходных процессов в цепи от типа корней характеристического уравнения. Постоянная времени цепи и время установления колебаний. Влияние потерь на характер свободного процесса. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Временные характеристики линейных цепей. Переходная и импульсная характеристики. Связь между ними. Анализ постоянной времени цепи и длительности переходных процессов по АЧХ и по осциллограммам реакции на модель скачка сигнала.

Метод интеграла Дюамеля (наложения), его две формы, особенности применения.

Операторный метод анализа переходных процессов. Понятие о комплексной частоте. Прямое и обратное преобразование Лапласа. Оригинал и изображения. Операторное сопротивление и операторная проводимость. Операторные схемы замещения элементарных двухполюсников при нулевых и ненулевых начальных условиях. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения цепи. Системная (операторная передаточная) функция линейной цепи. Операторный метод анализа линейной цепи.

Нули и полюсы системной функции. Связь между операторными и временными характеристиками цепи. Годограф (диаграмма) Найквиста. Получение информации об устойчивости состояния линейной цепи. Признаки устойчивости состояния покоя.

Метод анализа цепей в частотной области. Связь характеристик цепи друг с другом. Связь между импульсной характеристикой и комплексным коэффициентом передачи цепи.

Резонансные явления в электрических цепях. Одиночный колебательный контур. Классификация одиночных колебательных контуров по способу включения источника энергии. Определение и критерии резонанса. Резонанс токов и резонанс напряжений. Резонансная частота, характеристическое и резонансное сопротивления, добротность и обобщенная расстройка одиночного колебательного контура. Входные и передаточные частотные характеристики одиночных колебательных контуров различных типов. Избирательность и полоса пропускания. Коэффициент прямоугольности АЧХ. Контур с неполным включением. Связанные колебательные контуры. Виды связи, сопротивление связи, коэффициент и фактор связи. Сильная, слабая и критическая связь. Частотные характеристики системы двух связанных колебательных контуров, полоса пропускания и коэффициент прямоугольности.

### *Раздел 3*

#### **Спектральные и корреляционные свойства детерминированных сигналов**

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.

Основные параметры сигналов: длительность, пик-фактор, динамический диапазон, среднее, средневывпрямленное, 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. Нормы сигнала. Их физический смысл.

#### *Раздел 4*

#### ***Нелинейные элементы цепей***

Общие свойства нелинейных элементов. Примеры их характеристик.

Параметры нелинейных резистора, конденсатора, катушки по постоянной и переменной компонентам сигнала. Управление параметрами нелинейных элементов. Эквивалентная модель варикапа и диода.

Работа диода с нагрузкой. Варикап, примеры его использования. Биполярный транзистор, его возможности.

Аппроксимации ВАХ нелинейных элементов: степенная, квадратичная, кусочно-линейная. Получение информации о свойствах нелинейного элемента по результатам измерений. Расчёт отклика квадратичного нелинейного элемента на гармоническое и бигармоническое воздействия. Расчёт отклика элемента с кусочно-линейной аппроксимацией ВАХ на гармоническое воздействие.

#### *Раздел 5*

#### **Четырехполосники и фильтры. Длинные линии**

Анализ четырехполосников. Основные уравнения и системы эквивалентных параметров четырехполосников. Физический смысл, основные свойства и методы определения первичных параметров. Связь между различными системами параметров. Схемы замещения четырехполосников. Типы соединений четырёхполосников, их свойства и примеры использования. Матрица передачи каскадного соединения.

Индуктивно связанные цепи. Согласное и встречное включение катушек.

Цепи с обратной связью. Обратная связь по току или напряжению. Положительная и отрицательная обратная связь. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи свойства схемы. Условия самовозбуждения колебаний в схеме с обратной связью: баланс амплитуд и фаз.

Цепи с распределенными параметрами. Телеграфные уравнения. Бегущие волны в длинной линии. Коэффициент отражения. Стоячие и смешанные волны. КСВ и КБВ. Машинный анализ частотных характеристик на ЭВМ.

## **Лабораторный практикум**

*Лабораторная работа № 1 «Исследование линейных резистивных цепей»*

*Лабораторная работа № 2 «Исследование свободных процессов в электрических цепях»*

*Лабораторная работа № 3 «Исследование переходных процессов в линейных цепях»*

*Лабораторная работа №4 «Исследование установившегося синусоидального режима в простых цепях»*

*Лабораторная работа № 5 «Исследование резонансных явлений в простых электрических цепях»*

*Лабораторная работа №6 «Исследование спектров простейших сигналов».*

*Лабораторная работа № 7 «Исследование линейных резистивных четырехполюсников»*

**Итоговое тестирование по курсу** проводится дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)».

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные 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 экзамена, 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 окончанию модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

7) **Контрольная работа** – письменное решение задач, аналогичных отработанным ранее в ходе практических занятий и самостоятельной работы.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова DemidOnline по ссылке: <https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.1x+2020/about>
- 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 формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – Acdmc 021-10232 Microsoft Open License № программы Microsoft Office (Microsoft Office Std 2013 OfficeSTD 2013 RUS OLP NL 0005279522 Лицензионный договор №Л - 1703 от 10/12/2013; акт №1647 от 26/12/2013);
- для моделирования электрических цепей – Qucs 0.0.18 (GNU GPL), LTspice XVII (freeware, Copyright by Analog Devices)

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи в 2 ч. Часть 1.: учебник для академического бакалавриата [Электронный ресурс]/ Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 364 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/421399>
2. Артёмов Т.К., Гвоздарёв А.С. Основы радиоэлектроники: задачник. [Электронный ресурс]. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100745.pdf>

### **б) дополнительная литература**

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов / С. И. Баскаков; М-во образования РФ. - М.: Высшая школа, 2003. - 462 с.
3. Каганов В.И., Битюгов В.К. Основы радиоэлектроники и связи: учебник для вузов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 542 с.

4. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника: учебник и практикум для академического бакалавриата [Электронный ресурс]/ С. А. Миленина ; под редакцией Н. К. Миленина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 270 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/415283> .

#### в) ресурсы сети «Интернет»

1. Материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) по ссылке: <https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.1x+2020/about>
2. 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>
3. 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)).
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)

#### 9. 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.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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 курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённых 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).

Авторы:

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

*должность, ученая степень*

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

*должность, ученая степень*

Т.К. Артёмова  
*И.О. Фамилия*

*подпись*

А.С. Гвоздарев  
*И.О. Фамилия*

*подпись*

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Теоретические основы электротехники»**

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

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**

*(данные задания выполняются студентом самостоятельно  
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)  
(проверка сформированности ПК-3, индикаторы ИД\_ПКЗ\_1 и ИД\_ПКЗ\_2)*

**Задания по теме № 1 «Спектральные и корреляционные свойства сигналов электрических цепей» – Домашнее задание №1 (42 балла)**

Решить задачи 1.1 – 1.14 из раздела №1 сборника задач «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., рекомендованного в списке литературы.

**Задания по теме № 2 «Анализ и синтез резистивных цепей на постоянном токе и при гармоническом воздействии» – Домашнее задание №2 (42 балла)**

Решить задачи 4.1 – 4.12 из раздела №4 и задачи 5.2, 5.3 из раздела №5 сборника задач «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., рекомендованного в списке литературы.

**Задания по теме № 3 «Линейные пассивные цепи и методы их анализа» – Домашнее задание №3 (48 баллов)**

Решить задачи 5.1, 5.4 – 5.8 из раздела №5 и задачи 6.1 – 6.10 из раздела №6 сборника задач «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., рекомендованного в списке литературы.

**Задания по теме № 4 «Нелинейные элементы и цепи» – Домашнее задание №4 (39 баллов)**

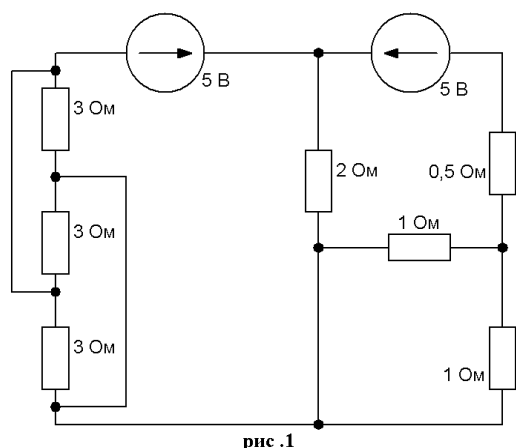
Решить задачи 7.1 – 7.13 из раздела №7 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке литературы.

**Задания по теме № 5 «Распределённые системы» – Домашнее задание №5 (18 баллов)**

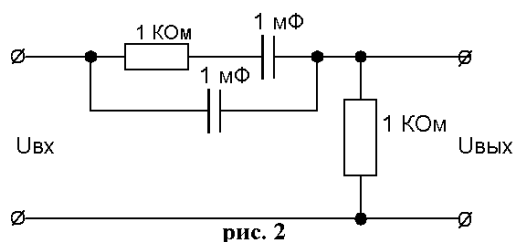
Решить задачи 8.1 – 8.6 из раздела №8 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

## Примерные задания для контрольной работы

**№1.** (12 баллов) Для представленного контура методом уравнений Кирхгофа: 1) составить систему уравнений, 2) найти все токи, 3) все напряжения, 4) проверить баланс мощности.

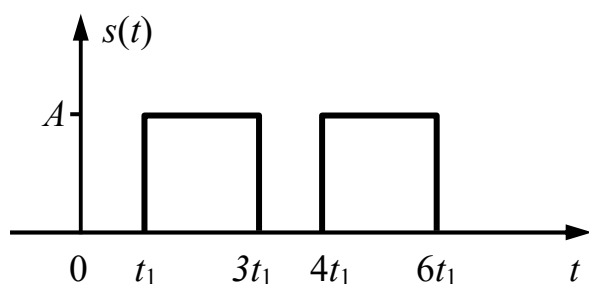


**№2.** (66 баллов) Для представленной цепочки найти: 1)  $\dot{Z}_{вх}$ , 2)  $\dot{Z}_{вых}$ , 3)  $\dot{K}_u(j\omega)$ , 4)  $A(\omega)$ , 5)  $\varphi(\omega)$ , 6)  $\max\{A(\omega)\}$ , 7)  $\omega_{cp}$ , 8) тип фильтра (обосновать), 9)  $\Delta\omega$ , 10)  $A(\omega_{cp})$ , 11)  $\varphi(\omega_{cp})$ , 12)  $\tau$ , 13)  $\tau_{н.пр}$ , 14) правила коммутации, 15) составить ДУ, 16) начальные условия (зависимые и независимые), 17) порядок цепи (по ДУ), 18) график АЧХ, 19) график ФЧХ, 20)  $H(p)$ , 21) составить ОУ, 22) проверить на устойчивость.



**№3.** (12 баллов) Дан НЭ с началом характеристики 3,1 В и крутизной характеристики 0,2 мСм. На него воздействует сигнал  $u(t) = 1 + 2\cos(2\pi 10^4 t)$  В. Найти: 1) угол отсечки, 2) количество компонент в спектре выходного тока, 3) амплитуду первой гармоники тока, 4) какая крутизна ВАХ НЭ обеспечит амплитуду первой гармоники выходного сигнала в 50 мА.

**№4.** (15 баллов) Для сигнала, изображённого на рисунке 3, найти: 1) спектр, 2) амплитудный спектр, 3) фазовый спектр, 4) постоянную составляющую, 5) нули спектра.



### Критерии оценивания задач в рамках выполнения домашних работ №1-4 и контрольной работы

По каждому заданию оценивается соответствие нижеследующим критериям, по результатам присваиваются баллы:

|   |             |
|---|-------------|
| полное соответствие                       | – 3 балла,  |
| с незначительными недостатками            | – 2 балла,  |
| с существенными недостатками              | – 1 балл,   |
| не соответствует или задание не выполнено | – 0 баллов. |

| Показатели                | Критерии  |
|---------------------------|---|
| Формулы                   | Корректные, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты   |
| Ход решения               | Имеется не только правильный ответ с правильными единицами измерения (для размерных величин), но и приводящие к ответу выкладки или критерии  |
| Объяснения                | Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.   |
| Графики (если необходимо) | Верный вид зависимости, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию.  |
| Схемы (если необходимо)   | Представлен правильный набор элементов или блоков в стандартных обозначениях, правильно соединённых друг с другом, указаны их номиналы (если это возможно по имеющимся данным), указаны места соединения или шины |

Суммируются баллы за каждое задание.

Оценка за работу проставляется по количеству набранных баллов:

менее 60% от максимально возможного количества баллов – неудовлетворительно,  
 60-75% от максимально возможного количества баллов – удовлетворительно,  
 76-85% от максимально возможного количества баллов – хорошо,  
 86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

### Лабораторные работы

(проверка сформированности ПК-2, индикаторы ИД-ПК-2\_1, ИД\_ПК-2\_2)

Лабораторные работы должны быть выполнены, по ним должен быть оформлен отчёт, и пройдена успешная защита.

### Примеры вопросов к защите лабораторных работ

*Лабораторная работа № 1 «Исследование линейных резистивных цепей»*

1. Какие функциональные роли могут выполнять линейные резистивные цепи?
2. Каково сопротивление цепи в режиме холостого хода на выходе (покажите на примере)?
3. Каково сопротивление той же цепи в режиме короткого замыкания на выходе (покажите на примере)?

*Лабораторная работа № 2 «Исследование свободных процессов в электрических цепях»*

1. Какие процессы в цепях являются свободными?
2. Чем они отличаются от вынужденных?
3. Какую информацию можно получить по свободным процессам в цепи?

*Лабораторная работа № 3 «Исследование переходных процессов в линейных цепях»*

1. Какую функциональную роль выполняет LR-цепь с малой постоянной времени?
2. Напишите, как связаны друг с другом спектры входного и выходного сигналов для цепи, выполняющей дифференцирование.
3. Дайте определение переходной характеристики.
4. Как связаны импульсная характеристики и операторная передаточная функция?

*Лабораторная работа №4 «Исследование установившегося синусоидального режима в простых цепях»*

1. Почему важно знать время и характер установления режима в цепи?
2. Если на выходе линейной цепи установился синусоидальный режим, то каков сигнал на входе?

*Лабораторная работа № 5 «Исследование резонансных явлений в простых электрических цепях»*

1. Запишите выражение для экспериментального определения добротности колебательного контура.
2. Запишите выражение для резонансной частоты колебательного контура, если выходной элемент его - конденсатор.

*Лабораторная работа № 5 «Исследование спектров простейших сигналов»*

1. В чём состоит особенность описания периодических сигналов?
2. Что такое спектр?
3. Приведите три формы записи спектрального разложения для периодических сигналов.
4. Что понимается под отрицательными частотами в спектре сигналов?
5. Какова размерность спектра периодических сигналов?
6. Чем отличается спектр непериодического сигнала от спектра периодического?
7. Перечислите свойства спектров.
8. Необходим ли анализ фазового спектра сигналов в дополнение к амплитудному?
9. Чему равно расстояние между спектральными составляющими в спектре периодического сигнала?
10. Изобразите амплитудную и фазовую спектральные диаграммы одиночного прямоугольного импульса заданной амплитуды и длительности.
11. В какой полосе частот заключена основная доля энергии прямоугольного импульса?
12. Если при обработке сигнала изменяется его спектр, какие изменения в форме это влечёт?
13. За какие элементы формы отвечают НЧ, ВЧ, СЧ в спектре сигнала?
14. Как преобразуется спектр сигнала при прохождении разделительной цепи?
15. Каков физический смысл постоянной составляющей в спектре сигнала?

*Лабораторная работа № 7 «Исследование линейных резистивных четырехполюсников»*

1. Какими параметрами описывают линейный четырёхполюсник?
2. Опишите методы получения характеристик четырёхполюсника.
3. Какие системы эквивалентных параметров рекомендуется использовать в каких ситуациях?

### Критерии оценивания отчётов по лабораторным работам и защиты работ

| Критерий                                      | Пороговый уровень   | Продвинутый уровень  | Высокий уровень  |
|---|---|--|--|
| <b>Качество модели</b>                        | Адекватная объекту исследований и заданным условиям   | Адекватная объекту исследований и заданным условиям  | Адекватная объекту исследований и заданным условиям  |
| <b>Методика</b>                               | Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью    | Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать                                   | Соблюдена полностью и осмысленно   |
| <b>Отчёт</b>                                  | Имеет 1-2 недостатка, однако в целом соответствует требованиям к отчёту по лабораторным работам и читабелен   | Имеет некоторые незначительные недостатки в оформлении или представлении результатов   | Соответствует всем требованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен  |
| <b>Результаты исследования</b>                | В целом соответствуют заданию и адекватны объекту, однако погрешность результатов не контролировалась         | Соответствуют заданию, адекватны объекту, имеется статистическая обработка результатов   | Полностью соответствуют заданию, корректно отображают объект исследования в заданных условиях, погрешность контролировалась, обработка результатов проведена                       |
| <b>Объяснения и выводы</b>                    | Объяснения отрывочны, выводы бессодержательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены | В объяснениях есть гипотезы и аргументы в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области | Объяснения проводятся с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта |
| <b>Ответы на вопросы при допуске и защите</b> | Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.             | Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики                            | Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.                                      |

После выполнения работы и оформления отчёта проводится защита полученных результатов путём собеседования по отчёту о лабораторной работе. По нему проверяются знания теоретических основ, умение соблюдать методику эксперимента, работать с оборудованием, а также защищаются результаты работы.

Защита считается успешной, если все критерии выполнены не хуже, чем на пороговом уровне.

### **Тестовые задания для самопроверки**

(тесты проводятся в онлайн-курсах «Линейные электрические цепи (Часть 1)» и «Линейные электрические цепи (Часть 2)» на платформе DemidOnline)  
(проверка сформированности ПК-3, индикаторы ИД\_ПК3\_1 и ИД\_ПК3\_2)

Курсы содержит 6 модулей, каждый из которых оканчиваются тестом. Максимальный балл за правильный ответ составляет в основном 1 балл (другое количество баллов указано рядом с номером задания, более сложные задания оцениваются большим количеством баллов). На каждый вопрос дается одна попытка ответа. Примеры выполнения заданий приведены в видеолекциях курса. На прохождение тестов по модулям (темам) время не ограничено.

Помимо этих тестов, курсы включают в себя итоговые тесты, обобщающие материал всех 6 модулей. Задания схожи с заданиями по модулям.

Примеры некоторых из тестовых заданий можно найти в примере итогового теста, размещённом ниже.

**Критерии оценивания** выполнения тестов в онлайн-курсах «Линейные электрические цепи (Часть 1)» и «Линейные электрические цепи (Часть 2)» на платформе DemidOnline:

- процент правильно выполненных заданий от 90% до 100% соответствует оценке «отлично»;
- процент правильно выполненных заданий от 76% до 89% соответствует оценке «хорошо»;
- процент правильно выполненных заданий от 50% до 75% соответствует оценке «удовлетворительно»;
- процент правильно выполненных заданий меньше 50% от максимального соответствует оценке «неудовлетворительно».

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

### **Список вопросов к экзамену**

*(экзамен выставляется по результатам выполнения домашних работ, лабораторных работ, контрольной работы и тестов в онлайн-курсах и в ЭУК в Moodle ЯрГУ или ответов на вопросы)*

#### **Вопрос 1**

*(проверка сформированности ПК-3, индикаторы ИД-ПК-3\_1, ИД\_ПК\_3.2)*

1. Классификация р/т цепей и их элементов. Схемы цепей.
2. Резистивные цепи, синтез и анализ делителей, расчёт разветвлённых цепей.
3. Основные теоремы теории цепей и их применение к расчёту резистивной цепи: правила Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного источника.
4. Сигналы в электрических цепях. Среднее, средневыпрямленное, среднеквадратическое значения, средняя мощность сигнала. Баланс мощности в резистивной цепи по постоянному току.
5. Описание гармонических сигналов. Действующее значение, комплексная амплитуда. Представление узкополосных сигналов на векторной диаграмме. Расчёт резистивных цепей при гармоническом воздействии.
6. Энергетические соотношения в простейших цепях при гармоническом воздействии.
7. Согласование источника энергии с нагрузкой. Согласованная нагрузка. Модели источников.



8. Простейшие линейные элементы. Связь между током и напряжением для них, выражения для запасаемой или преобразуемой энергии.
9. Комплексное сопротивление и комплексная проводимость двухполюсников. Импедансы простейших линейных элементов. Характер импеданса.
10. Временные и векторные диаграммы для тока, напряжения, мощности и энергии на простейших линейных элементах.
11. Описание четырёхполюсников. Входной и выходной импедансы и проводимости. Векторная диаграмма токов и напряжений в цепи (на примере).
12. Комплексный частотный коэффициент передачи цепи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики электрических цепей. Формы представления АЧХ, в том числе логарифмические АЧХ. Комплексный коэффициент передачи, АЧХ и ФЧХ простейших  $RC$ - и  $RL$ - фильтров.
13. Электрические фильтры. Фильтры низких частот, верхних частот, полосовые и режекторные фильтры. Идеальный фильтр. Полоса пропускания, полоса подавления. Формулировка задач синтеза фильтров.
14. Характеристика методов анализа линейных электрических цепей.
15. Основные важные функции в теории сигналов: дельта-функция Дирака, гармонический сигнал, постоянная функция, сигма-функция Хэвисайда, их свойства. Временные характеристики цепей – ИХ и ПХ.
16. Порядок цепи. Классический метод анализа линейной цепи. Переходные процессы в дифференцирующих, интегрирующих цепях и колебательном контуре. Постоянная времени цепи. Длительность переходных процессов. Влияние потерь на характер свободного процесса.
17. Анализ процессов в цепях методом интеграла наложения (2 формы).
18. Метод анализа процессов в частотной области. Фильтры и их классификация с примерами. Задачи синтеза фильтров.
19. Анализ цепей с помощью преобразования Лапласа. Устойчивость цепей.
20. Четырёхполюсники, их эквивалентные схемы.  $y$ ,  $z$ ,  $h$ ,  $a$ -параметры. Соединения четырёхполюсников, их описание и применение.
21. Последовательный колебательный контур. Режимы работы, явление резонанса. Анализ последовательного колебательного контура: входной импеданс, частотные характеристики, характеристическое сопротивление, добротность, полоса пропускания, резонансная частота.
22. Параллельный колебательный контур. Связанные контуры. Виды связей. Характеристики и параметры связанных контуров.
23. Системы эквивалентных параметров четырёхполюсников:  $z$ ,  $y$ ,  $h$ ,  $a$ . Физический смысл и методы определения этих параметров. Связь между различными системами параметров. Схемы замещения четырёхполюсников в этих параметрах.
24. Типы соединений четырёхполюсников, их свойства и примеры использования. Матрица передачи каскадного соединения.
25. Цепи с обратной связью. Обратная связь по току или напряжению. Положительная и отрицательная обратная связь. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на входное и выходное сопротивления схемы. Условия самовозбуждения колебаний в схеме с обратной связью: баланс амплитуд и фаз.
26. Параметры нелинейных резистора, конденсатора, катушки по постоянной и переменной компонентам сигнала. Управление параметрами нелинейных элементов. Эквивалентная модель варикапа и диода.
27. Работа диода с нагрузкой. Варикап, примеры его использования. Биполярный транзистор, его возможности.
28. Аппроксимации ВАХ нелинейных элементов: степенная, квадратичная, кусочно-линейная, примеры их использования. Отклик элемента с кусочно-линейной аппроксимацией ВАХ на гармоническое воздействие.

29. Отклик квадратичного нелинейного элемента на гармоническое и бигармоническое воздействия.
30. Распределенные системы. Направленные системы и процессы в них. Линии с ТЕМ-волной. Двухпроводная линия, коаксиальный кабель. Модель отрезка двухпроводной линии. Телеграфные уравнения.
31. Волновые уравнения. Решения волновых уравнений. Бегущие и стоячие волны в линии. Коэффициент стоячей волны, коэффициент отражения, сопротивление участка линии в разных режимах. Понятие волновода, резонатора. Применение отрезков линий.
32. Классификация сигналов.
33. Представление сигналов в различных метрических пространствах. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Обобщенный ряд Фурье, равенство Парсеваля, неравенство Бесселя.
34. Спектры периодических и непериодических сигналов.
35. Свойства спектров.
36. Спектр прямоугольного импульса. Спектр пачки импульсов.
37. Математические модели детерминированных сигналов. Их спектры.
38. 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.
39. Основные параметры сигналов: длительность, пик-фактор, динамический диапазон, среднее, среднев्यпрямленное, среднеквадратическое значения. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных, сигналы другого назначения.
40. Корреляционные свойства детерминированных сигналов. АКФ, ВКФ, интервал корреляции. Ортогональность сигналов.
41. Скалярное произведение и расстояние между сигналами. Норма сигнала. Их физический смысл.
42. Согласное и встречное соединение катушек индуктивности. Метод развязывания катушек в индуктивно-связанных цепях.
43. Связь матричных параметров четырёхполюсников друг с другом.
44. 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.
45. Классификация генераторов. Автогенераторы. Условие баланса амплитуд и фаз. Физика работы автогенератора гармонических колебаний.
46. Колебательная характеристика. Методы определения уровня генерируемого сигнала. Уравнение автогенератора. Нестабильность частоты в различных схемах генераторов.
47. Преобразование частоты. Схема и физика работы. Умножение частоты. Схема и физика работы. К.п.д. схемы.
48. Классификация типов модуляции. Аналоговые виды модуляции. Импульсные виды модуляции.
49. Различные типы АМ. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов АМ-сигналов.
50. Формирование сигналов амплитудной модуляции: схемотехника, настройки, физика работы схем. Коэффициент модуляции. Модуляционная характеристика. Выбор режима нелинейного элемента.
51. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов сигналов угловой модуляции.
52. Формирование сигналов угловой модуляции: схемотехника, настройки, физика работы схем.

53. Детектирование. Детектирование АМ-сигналов. Квадратичное детектирование – схема, физика работы, коэффициент детектирования, коэффициент нелинейных искажений.
54. Детектирование сильного сигнала – схема, физика работы, настройки схемы.
55. Детектирование сигналов угловой модуляции. Схемы, физика работы. Настройки схем. Принцип когерентного и некогерентного детектирования.
56. Импульсные виды модуляции. Их отличие от аналоговых видов. Радиоимпульсы и их спектры.
57. Условие физической реализуемости цепи. Импеданс (проводимость) физически реализуемого двухполюсника. Минимальный двухполюсник. Цепные (лестничные) дроби.
58. Метод Кауэра синтеза пассивного двухполюсника, 1-я и 2-я формы.
59. Простейшие эквивалентные звенья радиотехнических цепей.
60. Метод Фостера синтеза пассивного двухполюсника.

## Вопрос 2

(проверка сформированности ПК-2, индикаторы ИД-ПК-2\_1, ИД\_ПК-2\_2)

61. Измерения спектра. Порядок действий. Выбор аппаратуры.
62. Особенности измерения спектра с помощью цифровых приборов.
63. Измерение функций авто- и взаимной корреляции сигналов, скалярного произведения сигналов.
64. Измерение частотных характеристик цепи.
65. Измерение временных характеристик цепи.
66. Измерение амплитудной характеристики четырёхполюсника.
67. Измерение модуляционной характеристики модулятора.
68. Измерение детекторной характеристики детектора.
69. Измерение колебательной характеристики генератора.
70. Измерение эквивалентных параметров четырёхполюсников.
71. Определение параметров модуляции по спектру модулированного колебания.
72. Определение параметров модуляции по осциллограмме модулированного колебания.
73. Определение параметров аналитической модели сигнала по его осциллограмме.
74. Определение параметров быстрого действия цепи по измеренным характеристикам.
75. Определение параметров частотной модели цепи по измеренным характеристикам.

## Критерии оценивания ответов на вопросы билета

| Критерий                                   | Пороговый уровень<br>(на «удовлетворительно»)   | Продвинутый<br>уровень<br>(на «хорошо»)                                    | Высокий<br>уровень<br>(на «отлично»)  |
|--|---|--|---------------------------------------|
| <b>Соответствие<br/>ответа<br/>вопросу</b> | Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )  | Полное   | Полное                                |
| <b>Наличие<br/>примеров</b>                | Имеются отдельные примеры   | Много примеров   | Есть практически ко всем утверждениям |
| <b>Содержание<br/>ответа</b>               | Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы. | Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей | Исчерпывающий полный ответ            |

**Примеры заданий для итогового тестового контроля  
в ЭУК «Теоретические основы электротехники» в Moodle ЯрГУ**

В тесте 65 заданий (могут быть разбиты на части). Максимальный балл за правильный ответ составляет 1 балл. На каждый вопрос дается одна попытка ответа. Время на прохождение теста ограничено (в сумме не более часа на все части). Примеры заданий, демонстрирующие в первую очередь набор практических ситуаций, решение которых должно быть отработано, приведены ниже в виде сформированного теста из двух частей, который можно распечатать.

**Проверка сформированности ПК-3**

*Указание: впишите в лист ответов букву или буквы Вашего выбора*

|  |  |                                      |  |   |
|--|--|--------------------------------------|--|---|
| <b>1. Цепь на рисунке является</b>   |  |                                      |  |  |
| а) активной, линейной, с сосредоточенными параметрами  |  |                                      |  |   |
| б) пассивной, линейной, с распределёнными параметрами  |  |                                      |  |   |
| в) пассивной, линейной, с сосредоточенными параметрами   |  |                                      |  |   |
| г) активной, нелинейной, с распределёнными параметрами   |  |                                      |  |   |
| <b>2. Рассчитайте номиналы элементов делителя напряжения с входным сопротивлением 1 кОм и одним из коэффициентов деления 1/5</b>         |  |                                      |  |   |
| а) $R_1 = 400 \text{ Ом}$  |  | б) $R_1 = 5 \text{ кОм}$             |  | в) $R_1 = 4 \text{ кОм}$  |
| $R_2 = 100 \text{ Ом}$   |  | $R_2 = 125 \text{ Ом}$               |  | $R_2 = 5 \text{ кОм}$   |
|  |  |                                      |  | г) $R_1 = 800 \text{ Ом}$   |
|  |  |                                      |  | $R_2 = 200 \text{ Ом}$  |
| <b>3. Частотная зависимость и характер входного сопротивления RC-цепи</b>  |  |                                      |  |   |
| а) $\frac{1}{i\omega C}$   |  | б) $R$                               |  | в) $R + \frac{i}{\omega C}$   |
| ёмкостный  |  | активный                             |  | индуктивный   |
|  |  |                                      |  | ёмкостный   |
| <b>4. Комплексный частотный коэффициент передачи RL-цепи по напряжению</b>   |  |                                      |  |   |
| а) $\frac{1}{1 + i\omega L / R}$   |  | б) $\frac{i\omega L}{R + i\omega L}$ |  | в) $i\omega \frac{R}{L} + 1$  |
|  |  |                                      |  | г) $\frac{1}{1 + i\omega R / L}$  |
| <b>5. Рассчитайте граничную частоту фильтра, построенного на резисторе 1 кОм и конденсаторе 1 мкФ</b>                                    |  |                                      |  |   |
| а) 159 Гц  |  | б) 1000 Гц                           |  | в) 318 Гц   |
|  |  |                                      |  | г) 80 Гц  |
| <b>6. Определите длительность переходных процессов в цепи 1-го порядка, содержащей сопротивление 1 кОм и катушку индуктивности 2 мГн</b> |  |                                      |  |   |
| а) 6 мкс   |  | б) 2 мкс                             |  | в) 6 с  |
|  |  |                                      |  | г) 0,5 мс   |
| <b>7. Выберите операторную передаточную функцию устойчивой цепи</b>  |  |                                      |  |   |
| а) $\frac{p+1}{(p+2)(p+4)}$  |  | б) $\frac{p-1}{(p+3)(p-3)}$          |  | в) $\frac{2p+1}{p-3-3i}$  |
|  |  |                                      |  | г) $\frac{5p-4}{(p+2i)(p-2i)}$  |
| <b>8. Сигнал на выходе линейной цепи с импульсной характеристикой <math>h(t)</math> при воздействии <math>s_{ex}(t)</math></b>           |  |                                      |  |   |
| а) $s_{ex} + h$  |  | б) $s_{ex} \cdot h$                  |  | в) $s_{ex} - h$   |
|  |  |                                      |  | г) $s_{ex} \otimes h$   |

**Лист ответов ТОЭТ ОПК-3**

\_\_\_\_\_ ФИО, группа

| № задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ваш выбор |   |   |   |   |   |   |   |   |

## Проверка сформированности ПК-2

Указание: впишите в лист ответов букву Ваш выбора

|   |   |
|---|---|
| <b>9. Прямым измерением можно определить</b>  |   |
| а) сопротивление резистора  | в) длительность переходных процессов в цепи |
| б) сопротивление диода на переменном токе   | г) полосу пропускания цепи                  |
| <b>10. Быстрый и легко реализуемый аппаратно метод анализа линейной цепи</b>  |   |
| а) классический   | в) интеграла наложения                      |
| б) в частотной области  | г) преобразования Лапласа                   |
| <b>11. Реакцию цепи на негармоническое воздействие следует наблюдать</b>  |   |
| а) осциллографом  | в) мультиметром                             |
| б) вольтметром  | г) амплифазометром                          |
| <b>12. Для определения коэффициентов ВАХ нелинейного элемента нужно подавать сигнал .....(форма), .....(уровень)</b>  |   |
| а) гармонический, слабый  | в) бигармонический, сильный                 |
| б) постоянный, среднего уровня  | г) постоянный, сильный                      |
| <b>13. Определите тип фильтра по снятой АЧХ цепи:</b>   |   |
| а) ФНЧ                      б) ФВЧ                      в) ПФ                      г) заградительный  |   |
|   |   |
| <b>14. Определите граничную частоту цепи по экспериментальной АЧХ, приведённой на графике</b>   |   |
| а) 4 кГц; [4; +∞) кГц   |   |
| б) 6 кГц; [4; +∞) кГц   |   |
| в) 5 кГц; [5; +∞) кГц   |   |
| г) 2 кГц; [0; 2] кГц  |   |
| <b>15. Импульсную характеристику цепи можно определить</b>  |   |
| а) по снятой переходной характеристике, выполнив дифференцирование  |   |
| б) по частотному коэффициенту передачи, выполнив прямое преобразование Фурье  |   |
| в) по операторной передаточной функции, выполнив интегрирование   |   |
| г) по измеренному выходному сопротивлению, выполнив Z-преобразование  |   |
| <b>16. Эффективная методика экспериментального определения добротности цепи основана на выражении</b>   |   |
| а) $Q = \sqrt{\frac{L}{C}} / R$   | б) $Q = 1 / d$                              |
| в) $Q = \omega_{рез} / (2\Delta\omega)$   | г) $Q = U_{вых} / U_{вх}$                   |
| <b>17. Основной научный аргумент в пользу выбора методики в №. 16</b>   |   |
| а) скорость   | б) знакомство с оборудованием               |
| в) надёжность   | г) точность                                 |
| <b>18. Порядок действий (1 - сформировать коэффициент передачи, 2 - снять АЧХ, 3 - взять ОПФ, 4 - снять ФЧХ, 5 - установить единичное входное напряжение) в методике определения импульсной характеристики по экспериментально полученным частотным свойствам цепи:</b> |   |
| а) 1-2-3-4-5  | б) 5-4-3-2-1                                |
| в) 5-2-4-1-3  | г) 1-5-3-4-2                                |

### Лист ответов ТОЭТ ПК-2

ФИО, группа

| № задания | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|-----------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ваш выбор |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

### Критерии оценивания выполнения итогового теста

- процент правильно выполненных заданий от 92% до 100% соответствует оценке «отлично»;
- процент правильно выполненных заданий от 84% до 91% соответствует оценке «хорошо»;
- процент правильно выполненных заданий от 76% до 84% соответствует оценке «удовлетворительно»;
- процент правильно выполненных заданий меньше 75% от максимального соответствует оценке «неудовлетворительно».

### 3 Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- прохождение онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) (является допуском к прохождению процедуры промежуточной аттестации),
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации).

Экзамен по дисциплине (4 семестр) считается успешно сданным, если:

1. Пройдены онлайн курсы «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 50%.
2. Лабораторные работы выполнены и успешно защищены.
2. Итоговый тест в ЭУК «Теоретические основы электротехники» в Moodle ЯрГУ пройден не хуже, чем на 50%.

ИЛИ

1. Лабораторные работы выполнены и успешно защищены.
2. Даны ответы на вопросы билета не хуже, чем на пороговом уровне.

При условии достижения высоких результатов при прохождении онлайн-курса «Линейные электрические цепи (часть 1)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) – на уровне не менее 90% эти результаты могут быть засчитаны как эквивалент ответов на вопросы билета, если все лабораторные работы выполнены и успешно защищены.

Ответы на вопросы билета могут быть заменены прохождением итогового теста в системе Мудл ЯрГУ при условии, что набрано не менее 75% от максимально возможного числа баллов за тест.

Оценка за экзамен складывается из допуска до экзамена, оценки за домашние задания, оценки за ответы на вопросы на экзамене. См. ниже таблицу требований.

| На «3», пороговый уровень  | На «4», продвинутый уровень  | На «5», высокий уровень  |
|--|--|--|
| 1. Сертификаты о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK | 1. Сертификаты о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK | 1. Сертификаты о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 40%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена не хуже 2-х из 5 баллов.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Верные ответы не менее чем на 50% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 40-59% в сумме.</p> <p>4. Задания контрольной работы верно выполнены в сумме на 40-59%</p> <p>5. Лабораторные работы №1-6 правильно выполнены.</p> | <p>ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 60%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена 3-4 из 5 баллов.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Верные ответы не менее чем на 70% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 60-79% в сумме.</p> <p>4. Задания контрольной работы верно выполнены в сумме на 60-79%</p> <p>5. Лабораторные работы №2-6 правильно выполнены и частично защищены.</p> <p>Лабораторная работа №1 выполнена и защищена.</p> | <p>ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 80%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена 4-5 из 5 баллов.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Верные ответы не менее чем на 90% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 80% в сумме.</p> <p>4. Задания контрольной работы верно выполнены в сумме на 80%</p> <p>5. Все лабораторные работы №1-6 правильно выполнены и успешно защищены.</p> |
|---|---|--|

Если минимальные критерии (на «удовлетворительно») не выполнены, выставляется оценка «неудовлетворительно».

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Теоретические основы электротехники»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой занятий по дисциплине являются практические занятия. Поэтому решение задач – основной навык, который необходимо приобрести.

В курсе даются также основы терминологии в области электрических цепей. Многие регламентируются нормативными документами, поэтому важно их изучить и запомнить.

Курс также учит методам анализа электрических цепей, как аналитическим, так и экспериментальным.

Эффективно практиковаться в решении относительно простых, отрабатывающих основные понятия, задач, можно, выполняя задания в МООК «Линейные электрические цепи (Часть 1)» и «Линейные электрические цепи (Часть 2)» на платформе DemidOnline ЯрГУ. Время выполнения заданий не ограничено. Это в первую очередь ресурс для тренировки и наработки практического опыта. В случае затруднений Вы можете задать вопрос как на форуме этого курса, так и в системе Moodle ЯрГУ или на электронную почту преподавателя. Там же, в курсе, имеются видеолекции, содержащие теоретические основы методологии анализа и синтеза линейных электрических цепей, а также примеры решения всех основных типов задач.

Более сложные задачи, а также задачи на свойства нелинейных элементов собраны в домашние задания. Для успешного освоения дисциплины обязательно выполнение всех домашних заданий, они являются формой текущей аттестации.

Многие характеристики и параметры устройств и сигналов могут быть получены экспериментальным путём. С методами и аппаратурой, позволяющими проделать это, Вы знакомитесь в ходе лабораторного практикума. Для успешного освоения дисциплины выполнение и успешная защита лабораторных работ обязательны. Отчёт о выполнении работ должен содержать: цель работы, методы, ход работы, результаты измерений, обработку результатов, выводы.

Критерии оценивания каждого из элементов самостоятельной работы, лабораторных работ, тестов в зависимости от уровня освоения смотрите в тексте рабочей программы, а также в электронном курсе «Теоретические основы электротехники» в Moodle ЯрГУ.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Критерии выставления оценки за экзамен смотрите в рабочей программе.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать издания, указанные в списке основной и дополнительной литературы.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**1. Личный кабинет** ([http://lib.uniylar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniylar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

**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)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

**3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»**

([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.

**4. Электронные библиотечные системы**, на которые имеется подписка ЯрГУ, перечень см. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net\\_res\(1\).php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res(1).php)