

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

Кафедра цифровых технологий и машинного обучения

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Основы теории цепей (часть 2)»**

Направление подготовки  
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)  
«Радиотехника»

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

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью преподавания дисциплины является базовая подготовка в области теории различных электрических цепей для решения проблем передачи, обработки и распределения электрических сигналов в системах связи. Дисциплина «Основы теории цепей (часть 2)» должна обеспечивать формирование общетехнического фундамента подготовки будущих специалистов в области анализа/синтеза аналоговых и цифровых цепей, а также, создавать необходимую базу для успешного овладения последующими специальными дисциплинами учебного плана. Она должна способствовать развитию творческих способностей студентов, умению формулировать и решать задачи изучаемой специальности, умению творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. Эти цели достигаются на основе фундаментализации, интенсификации и индивидуализации процесса обучения путём внедрения и эффективного использования в учебном процессе достижений инфокоммуникационных технологий. В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ различных электрических цепей инфокоммуникационных устройств.

Главной задачей изучения дисциплины является обеспечение целостного представления студентов о проявлении электромагнитного поля в электрических цепях, составляющих основу различных инфокоммуникационных систем и устройств.

Другими задачами изучения дисциплины являются: усвоение современных методов анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а также, методов моделирования и исследования различных режимов электрических цепей с помощью специализированного программного обеспечения.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Основы теории цепей (часть 2)» относится к обязательной части.

Дисциплина «Основы теории цепей. Ч.2» является одной из первых дисциплин, в которой студенты изучают основы построения, преобразования и расчета электрических цепей инфокоммуникационных систем и устройств. Она находится на стыке дисциплин, обеспечивающих базовую и специальную подготовку студентов. Изучая эту дисциплину, студенты впервые знакомятся с принципами функционирования, методами анализа и синтеза рассматриваемых электрических цепей. Приобретенные студентами знания и навыки необходимы как для грамотной эксплуатации инфокоммуникационной аппаратуры, так и для разработки устройств, связанных с передачей и обработкой сигналов.

Требует знаний, полученных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Теория функций комплексной переменной», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Основы теории цепей. Ч.1». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются обучаемыми в дальнейшем при изучении дисциплин «Радиотехнические цепи и сигналы», «Основы цифровой обработки сигналов», «Радиоавтоматика» и других, а также в научно-исследовательской работе.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые 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 (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	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	ИД-ОПК-1.1 Осуществляет постановку задачи, выбирает способ ее решения	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы и средства теоретического и экспериментального исследования электрических цепей;</li> <li>– основы теории нелинейных электрических цепей;</li> <li>– основные методы анализа электрических цепей в режиме гармонических колебаний;</li> <li>– частотные характеристики электрических цепей;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей;</li> <li>– рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей;</li> </ul> <p><b>владеет навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– чтения и изображения электрических цепей.</li> </ul>
	ИД-ОПК-1.2 Применяет математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических задач.	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа электрических цепей при негармонических воздействиях;</li> <li>– основы теории четырехполюсников и цепей с распределенными параметрами;</li> <li>– основные методы исследования устойчивости электрических цепей с обратной связью;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать и анализировать параметры электрических цепей на персональных ЭВМ;</li> <li>– проводить анализ и синтез электрических фильтров с помощью персональных ЭВМ;</li> </ul> <p><b>владеет навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей;</li> </ul>

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
		проектирования и расчета простейших аналоговых и дискретных электрических цепей.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

№ 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
			Контактная работа					Самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Индуктивно-связанные цепи	4	6	3	6			9	Отчет по лабораторной работе Коллоквиум
2	Синтез электрических цепей	4	6	3	6	1		9	Отчет по лабораторной работе
3	Нелинейные цепи	4	6	3	6	1		9	Отчет по лабораторной работе, коллоквиум
4	Цепи с обратной связью	4	6	3	6	1		9	Отчет по лабораторной работе
5	Анализ цепей с распределенными параметрами	4	6	3	6	1		9	Отчет по лабораторной работе, контрольная работа,
6	Методы автоматизированного анализа цепей	4	4	2	4	1		9	Отчет по лабораторной работе Контрольная работа
	Промежуточная аттестация					2	0,5	33,5	Экзамен
	ИТОГО		34	17	34	7	0,5	87,5	

#### Содержание тем дисциплины

##### Тема №1

Индуктивно-связанные цепи. Понятие о взаимной индуктивности. Компонентные уравнения связанных индуктивностей. Согласное и встречное включения. Понятие об одноименных зажимах. Применение метода комплексных амплитуд для анализа индуктивно-связанных цепей. Схема замещения связанных индуктивностей. Последовательное и параллельное включение связанных индуктивностей. Линейный

трансформатор. Понятие об идеальном трансформаторе. Понятие о трехфазной электрической цепи. Виды соединений. Симметричный и несимметричный режимы работы.

#### *Тема №2*

Формулировка задачи синтеза линейных электрических цепей. Синтез в частотной и временной областях. Понятие о физической реализуемости. Аппроксимация частотных характеристик. Аналитические свойства функций входного сопротивления и проводимости линейного пассивного двухполюсника. Условия физической реализуемости. Связь между вещественной и мнимой частями входного сопротивления двухполюсника. Теорема Фостера. Свойства передаточных функций четырехполюсников. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые четырехполюсники. Постановка задачи синтеза линейных фильтров. Условия физической реализуемости. Коррекция частотных характеристик.

#### *Тема №3*

Классификация нелинейных цепей. Нелинейные резистивные элементы. Вольтамперные характеристики нелинейных резистивных элементов. Нелинейные резистивные цепи. Особенности электрических процессов в нелинейных цепях. Методы формирования уравнений электрического равновесия нелинейных резистивных цепей. Графические методы анализа нелинейных резистивных цепей. Определение рабочих точек нелинейных резистивных элементов. Определение реакции безынерционного нелинейного резистивного элемента на произвольное внешнее воздействие. Нелинейное резистивное сопротивление при гармоническом воздействии. Образование гармоник. Понятие о режимах большого и малого сигналов. Аппроксимации ВАХ нелинейного элемента. Линеаризация ВАХ в окрестности рабочей точки. Нелинейные искажения. Применение нелинейных резистивных цепей. Стабилизация напряжения. Выпрямление переменного тока. Ограничение колебаний. Нелинейные индуктивность и ёмкость. Их параметры по постоянному и переменному току. Варикапы и их применение в перестраиваемых избирательных цепях. Спектр тока нелинейного резистивного элемента с квадратичной ВАХ при гармоническом и бигармоническом воздействиях. Спектр тока нелинейного резистивного элемента с кусочно-линейной аппроксимацией ВАХ при гармоническом воздействии. Угол отсечки и управление им.

#### *Тема №4*

Цепи с обратной связью. Понятие и классификация обратной связи. Положительная, отрицательная, глубокая отрицательная обратная связь. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на входное и выходное сопротивления цепи. Применение отрицательной обратной связи. Автоколебательная цепь. Условия баланса амплитуд и фаз. Колебательная характеристика. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения автоколебаний.

#### *Тема №5*

Цепи с распределёнными параметрами. Линии передачи (длинные линии) и их классификация. Ток и напряжение в линии. Эквивалентная схема отрезка линии малой длины. Дифференциальные уравнения линии передачи для мгновенных значений токов и напряжений (телеграфные и волновые уравнения). Решение волновых уравнений. Прямая и обратная волны тока и напряжения. Волновое сопротивление линии. Однородная линия передачи при гармоническом воздействии. Длина волны в линии, фазовая скорость. Характеристические ёмкость, индуктивность, сопротивление длинной линии. Явления в нагруженной линии передачи. Падающая и отражённая волны. Коэффициент отражения и его зависимость от сопротивления нагрузки. Распределение амплитуд напряжения и тока в линии без потерь при различных видах нагрузки. Режимы бегущих, стоячих и смешанных

волн. Понятие коэффициента стоячей (КСВ) и коэффициента бегущей волны (КБВ). Линия передачи как четырехполюсник. Матрица передачи и входное сопротивление отрезка линии передачи без потерь. Трансформация сопротивлений. Применение полуволновых и четвертьволновых отрезков двухпроводной линии.

#### *Тема №6*

Постановка задачи автоматизированного анализа цепей. Основные этапы анализа цепи с помощью ЭВМ. Математические модели электрических цепей и их элементов. Топологические матрицы. Матрица инцидентий. Матрица главных контуров. Матричная запись уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Компонентные уравнения двухполюсных элементов и компонентное уравнение цепи в матричной форме. Методы формирования уравнений электрического равновесия, ориентированные на применение ЭВМ. Метод переменных состояния. Современные пакеты прикладных программ моделирования и расчета электрических цепей на ЭВМ.

#### ***Перечень лабораторных работ:***

1. Индуктивно-связанные цепи
2. Синтез электрических цепей
3. Нелинейные цепи
4. Цепи с обратной связью
5. Анализ цепей с распределенными параметрами
6. Методы автоматизированного анализа цепей

#### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** - 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.

**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.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных знаний.

**Лабораторное занятие** – это проведение студентами по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, инструментов и других технических приспособлений, то есть это изучение каких-либо явлений с помощью специального оборудования. Лабораторные занятия, являясь одной из форм учебных занятий, дают возможность наглядно сформировать представление об изучаемых явлениях и процессах, помогают овладеть техникой эксперимента, а также решать практические задачи путем постановки опыта.

Лабораторные занятия проводятся в специально-оборудованных классах с использованием специализированного программного обеспечения.

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

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader;

## **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. Хрящев В. В., Приоров А.Л., Волохов В.А. Основы теории цепей : сборник задач; Яросл. гос. ун-т. - Ярославль, ЯрГУ, 2008. - 119 с  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=362374&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=362374&cat_cd=YARSU)
2. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей: Учебник для направления подготовки бакалавров и магистров "Телекоммуникация" - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2000.-589с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=290371&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=290371&cat_cd=YARSU)

### **б) дополнительная литература**

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1986.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=681021&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=681021&cat_cd=YARSU)
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов по специальности "радиотехника" - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2003.- 462с  
[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)
3. Попов В.П. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 2000.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=293092&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=293092&cat_cd=YARSU)

## **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;
- 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.

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся (для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Автор(ы) :

Доцент кафедры  
цифровых технологий и  
машинного обучения, к.т.н., доцент

Хрящев В.В.

Профессор кафедры  
цифровых технологий и  
машинного обучения, д.т.н. , доцент

Приоров А.Л.



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Основы теории цепей (часть 2)»**

**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**

**Вопросы для коллоквиума**

1. Математические модели пассивных элементов электрических цепей.
2. Идеализированные источники тока и напряжения. Зависимые и независимые источники.
3. Структурные, принципиальные схемы и схемы замещения электрических цепей.
4. Формулировка задач анализа и синтеза электрических цепей.
5. Последовательное, параллельное и смешанное соединение двухполюсных элементов.
6. Закон Ома.
7. Основы топологии цепей. Ветвь, узел и контур электрической схемы. Правила Кирхгофа.
8. Основные теоремы теории цепей и их применение для решения задач анализа. Принцип наложения. Теорема взаимности. Теоремы об эквивалентных источниках.
9. Методы анализа резистивной цепи: метод уравнений Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного источника э.д.с., метод эквивалентного источника тока.
10. Описание гармонического сигнала. Аналитический сигнал как комплексный анализ вещественного, комплексная амплитуда, действующее значение, квадратурные компоненты гармонического сигнала.
11. Представление гармонического сигнала на векторной диаграмме.
12. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей при гармоническом воздействии.
13. Мгновенная, средняя (активная), реактивная, полная и комплексная мощности. Баланс мощностей.
14. Согласование источника энергии с нагрузкой по критериям максимума передаваемой средней мощности и максимума коэффициента полезного действия. Согласованная нагрузка.
15. Комплексное сопротивление и комплексная проводимость двухполюсников.
16. Временные и векторные диаграммы для тока, напряжения, мощности и энергии.
17. Комплексный коэффициент передачи (комплексная частотная характеристика – КЧХ) элементарных реактивных двухполюсников. Описание четырёх- и многополюсников.
18. Понятие об амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристиках электрических цепей. Формы представления АЧХ, в том числе логарифмические АЧХ.
19. 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.

### Критерии оценивания ответов на вопросы коллоквиума

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (не относящееся к вопросу не подлежит проверке)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	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

### Задания контрольной работы

1. Найти ток  $i$  и напряжения на элементах цепи (рис. 1). ВАХ нелинейных резистивных элементов  $R_1$  и  $R_2$  приведены на рис. 2 (кривые 1 и 2),  $E = 24$  В.
2. Два нелинейных резистивных элемента  $R_1$  и  $R_2$ , ВАХ которых заданы кривыми 1 и 2 (рис. 2), включены параллельно источнику постоянного тока  $J = 100$  мА (рис. 3). Найти токи  $i_1$  и  $i_2$ , через элементы и напряжение и на них.

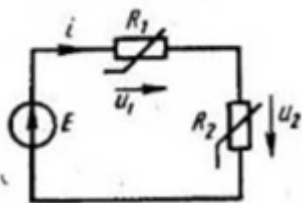


Рис. 1

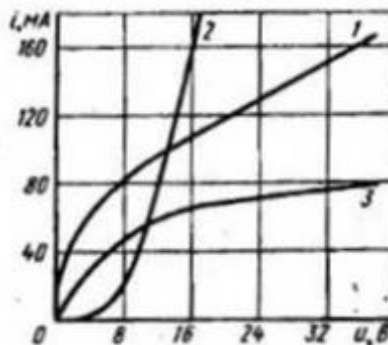


Рис. 2

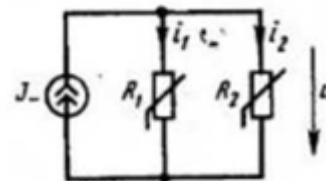


Рис. 3

3. Составить дифференциальное уравнение цепи (рис. 4) относительно тока  $i_L$ .
4. Составить дифференциальное уравнение цепи (рис. 5) относительно напряжения  $U$ .
5. Составить дифференциальное уравнение цепи (рис. 6) относительно тока  $i_L$ .

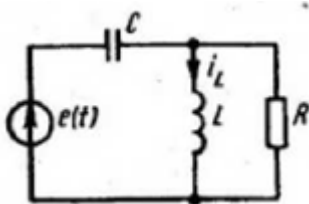


Рис. 4

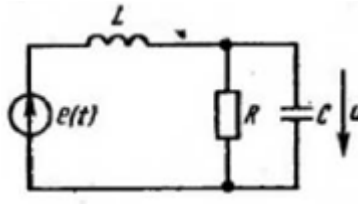


Рис. 5

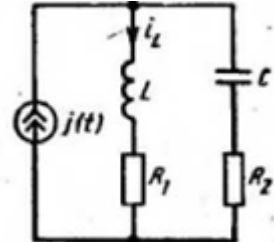


Рис. 6

6. Составить неопределенную матрицу проводимостей многополюсника, изображенного на рис. 7.
7. На рис. 8 приведена схема многополюсника с индуктивно связанными элементами. Найти неопределенную матрицу  $Y$ -параметров этого многополюсника.

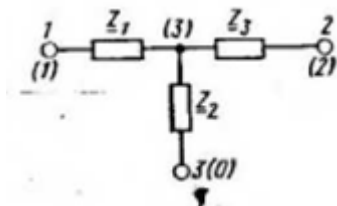


Рис. 7

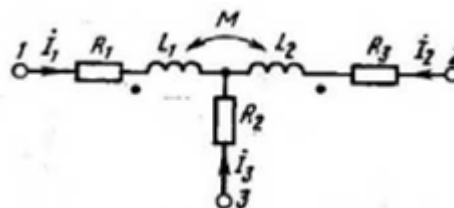


Рис. 8

8. Построить качественно зависимости от частоты реактивной составляющей входного сопротивления  $x(\omega)$  и входной проводимости  $b(\omega)$  реактивных двухполюсников (рис. 9, а – з).

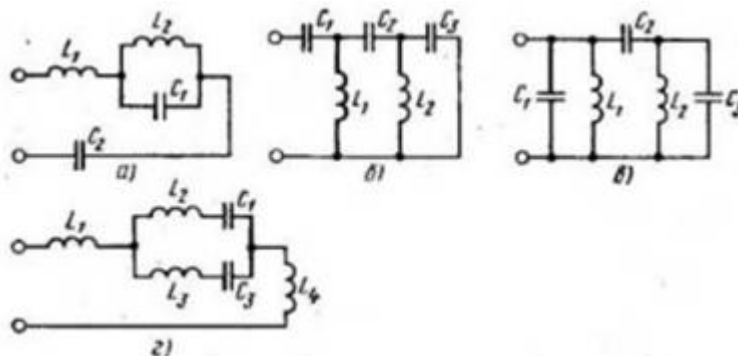


Рис. 9

9. Длинная линия без потерь нагружена на емкость  $C_n = 20$  пФ, Волновое сопротивление  $Z_n = 100$  Ом; длина волны  $\lambda = 3$  м; фазовая скорость линии  $v_{\phi} = 3 \times 10^8$  м/с. На каком расстоянии  $a$  от конца линии находится ближайший узел напряжения?

### Критерии оценивания контрольной работы

Показатели	Критерии
Ответ	Верный, с правильными единицами измерения (для размерных величин).
Формулы	Корректные, применимые в условиях данной задачи, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты.
Решение	Имеются приводящие к ответу выкладки.
Графики	Построенная зависимость имеет верный вид, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию.
Схемы	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.
Объяснения (ответы на смысловые вопросы)	Даны развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Шкала оценивания:

0 баллов – полное отсутствие критерия;

1 балл – частичное выполнение критерия;

2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждое задание.

Оценка 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.

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

### **Список вопросов для экзамена**

*В экзаменационные билет включается два теоретических вопроса.*

*На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.*

1. Индуктивно-связанные цепи. Понятие о взаимной индуктивности. Компонентные уравнения связанных индуктивностей. Согласное и встречное включения. Понятие об одноименных зажимах.
2. Применение метода комплексных амплитуд для анализа индуктивно-связанных цепей. Схема замещения связанных индуктивностей. Последовательное и параллельное включение связанных индуктивностей.
3. Линейный трансформатор. Понятие об идеальном трансформаторе.
4. Понятие о трехфазной электрической цепи. Виды соединений. Симметричный и несимметричный режимы работы.
5. Формулировка задачи синтеза линейных электрических цепей. Синтез в частотной и временной областях. Понятие о физической реализуемости. Аппроксимация частотных характеристик.
6. Аналитические свойства функций входного сопротивления и проводимости линейного пассивного двухполюсника. Условия физической реализуемости. Связь между вещественной и мнимой частями входного сопротивления двухполюсника.
7. Теорема Фостера. Свойства передаточных функций четырехполюсников. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые четырехполюсники.
8. Постановка задачи синтеза линейных фильтров. Условия физической реализуемости. Коррекция частотных характеристик.
9. Классификация нелинейных цепей. Нелинейные резистивные элементы. Вольтамперные характеристики нелинейных резистивных элементов. Нелинейные резистивные цепи.
10. Особенности электрических процессов в нелинейных цепях. Методы формирования уравнений электрического равновесия нелинейных резистивных цепей.
11. Графические методы анализа нелинейных резистивных цепей. Определение рабочих точек нелинейных резистивных элементов.
12. Определение реакции безынерционного нелинейного резистивного элемента на произвольное внешнее воздействие. Нелинейное резистивное сопротивление при гармоническом воздействии. Образование гармоник. Понятие о режимах большого и малого сигналов.
13. Аппроксимации ВАХ нелинейного элемента. Линеаризация ВАХ в окрестности рабочей точки. Нелинейные искажения.

14. Применение нелинейных резистивных цепей. Стабилизация напряжения. Выпрямление переменного тока. Ограничение колебаний.
15. Нелинейные индуктивность и ёмкость. Их параметры по постоянному и переменному току. Варикапы и их применение в перестраиваемых избирательных цепях.
16. Спектр тока нелинейного резистивного элемента с квадратичной ВАХ при гармоническом и бигармоническом воздействиях.
17. Спектр тока нелинейного резистивного элемента с кусочно-линейной аппроксимацией ВАХ при гармоническом воздействии. Угол отсечки и управление им.
18. Цепи с обратной связью. Понятие и классификация обратной связи. Положительная, отрицательная, глубокая отрицательная обратная связь. Коэффициент передачи цепи с обратной связью.
19. Влияние обратной связи на входное и выходное сопротивления цепи. Применение отрицательной обратной связи.
20. Автоколебательная цепь. Условия баланса амплитуд и фаз. Колебательная характеристика. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения автоколебаний.
21. Цепи с распределёнными параметрами. Линии передачи (длинные линии) и их классификация. Ток и напряжение в линии. Эквивалентная схема отрезка линии малой длины.
22. Дифференциальные уравнения линии передачи для мгновенных значений токов и напряжений (телеграфные и волновые уравнения). Решение волновых уравнений. Прямая и обратная волны тока и напряжения. Волновое сопротивление линии.
23. Однородная линия передачи при гармоническом воздействии. Длина волны в линии, фазовая скорость. Характеристические ёмкость, индуктивность, сопротивление длинной линии.
24. Явления в нагруженной линии передачи. Падающая и отражённая волны. Коэффициент отражения и его зависимость от сопротивления нагрузки. Распределение амплитуд напряжения и тока в линии без потерь при различных видах нагрузки.
25. Режимы бегущих, стоячих и смешанных волн. Понятие коэффициента стоячей (КСВ) и коэффициента бегущей волны (КБВ). Линия передачи как четырехполюсник.
26. Матрица передачи и входное сопротивление отрезка линии передачи без потерь. Трансформация сопротивлений. Применение полуволновых и четвертьволновых отрезков двухпроводной линии.
27. Постановка задачи автоматизированного анализа цепей. Основные этапы анализа цепи с помощью ЭВМ. Математические модели электрических цепей и их элементов.
28. Топологические матрицы. Матрица инцидентий. Матрица главных контуров. Матричная запись уравнений, составленных по законам Кирхгофа.
29. Компонентные уравнения двухполюсных элементов и компонентное уравнение цепи в матричной форме.
30. Методы формирования уравнений электрического равновесия, ориентированные на применение ЭВМ. Метод переменных состояния.
31. Современные пакеты прикладных программ моделирования и расчета электрических цепей на ЭВМ.

### Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
<b>Соответствие ответа вопросу</b>	Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )	Полное	Полное
<b>Наличие примеров</b>	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
<b>Содержание 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

### 3 Описание процедуры выставления оценки

Оценка за экзамен формируется из результатов текущей аттестации и оценивания ответов на вопросы экзаменационного билета. Результирующая оценка вычисляется в виде взвешенной суммы оценок. Вес оценок текущей аттестации и ответа на экзаменационный билет имеет следующие значения:

- оценка коллоквиумов – 0,15;
- оценка выполнения контрольной работы – 0,15;
- оценка выполнения лабораторных работ – 0,15;
- оценка ответа на экзаменационный билет – 0,55.

## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Основы теории цепей (часть 2)»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Одной из основных форм усвоения учебного материала по дисциплине «**Основы теории цепей (часть 2)**» является самостоятельная работа студента. В рамках самостоятельной работы происходит закрепление изученного материала и отработка навыков анализа и синтеза цепей.

Освоить вопросы дисциплины «**Основы теории цепей (часть 2)**» самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных практических и лабораторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных самостоятельных занятий в течение семестра сдать зачет практически невозможно.

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

**1. Для самостоятельной работы** рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 8 данной рабочей программы.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**1. Личный кабинет** ([http://lib.uniyl.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyl.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.uniyl.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyl.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/пароллю.

**3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»** ([http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyl.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.