

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра радиосистем

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

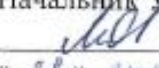
Сертификат: 11 7D 78 67 C2 66 A3 34 B2 CE 4F 9A FD E9 38 84 E5 28 4A 09
Владелец: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новгородский государственный университет
имени Ярослава Мудрого»
Действителен: с 08.07.2021 до 08.10.2022

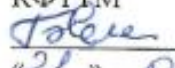
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС

С.М. Эминов
«16» 01 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника

СОГЛАСОВАНО
Начальник УОД НовГУ

А.Н.Макаревич
«28» 10 2019 г.

Заведующий выпускающей
КФТТМ

Б.И.Селезнев
«21» 01 2019 г.

Разработал
Доцент кафедры радиосистем

А. В. Сочилин
«16» 01 2019 г.

Принято на заседании кафедры
Протокол №132 от «21» 01 2019г
Заведующий кафедрой РС

И.Н.Жукова
«21» 01 2019 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины теоретические основы электротехники (ТОЭ): обеспечение студентов базовыми знаниями современной теории электрических цепей и формирование основ для успешного изучения ими учебных дисциплин профессионального цикла.

Задачи:

- а) освоение студентами общей методики построения схемных и математических моделей электрических цепей;
- б) ознакомление студентов с основными свойствами типовых электрических цепей при характерных внешних воздействиях;
- в) изучение современных методов решения задач анализа и синтеза электрических цепей;
- г) выработка практических навыков аналитического, численного и экспериментального исследования характеристик электрических цепей и основных процессов, происходящих в них.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина ТОЭ относится к обязательной части учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и направленности (профилю) Микроэлектроника и твердотельная электроника.

В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик) для направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и направленности профиля Микроэлектроника и твердотельная электроника: физика, высшая математика, практика учебная.

Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик) направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и направленности (профилю) Микроэлектроника и твердотельная электроника: компоненты электронной техники, метрология, стандартизация и технические измерения, квантовая механика и статистическая физика, физические основы электроники, физика конденсированного состояния, микроэлектроника, твердотельная электроника, физические основы наноэлектроники, схемотехника, основы проектирования электронной компонентной базы, проектирование цифровых устройств, наноэлектроника, математическое моделирование полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, практика производственная, выполнение и защита ВКР.

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины (модуля):

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК –1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.

ОПК – 2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

Таблица 1– Результаты освоения учебной дисциплины

<i>Код и наименование компетенции</i>	<i>Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)</i>		
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы	Уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	Знать основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения:

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

<i>Части учебной дисциплины</i>	<i>Всего</i>	<i>Распределение по семестрам</i>	
		<i>3 семестр</i>	
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	-
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	90	90	-
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	36	36	-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	54	54	-
5. Промежуточная аттестация: Экзамен	36	36	-

4.2 Содержание учебной дисциплины

1 Введение.

Краткий очерк истории развития электротехники. Краткий обзор пакетов схемотехнического анализа «Начала электроники», «CircuitSimulator», «MicroCAP», «ElectronicsWorkbench», «NI Multisim 12», «Tina» и др.

2 Основные понятия и определения.

Электрическая цепь. Группы электротехнических устройств. Постоянный ток. Переменный ток. Электродвижущая сила. Напряжение. Мощность. Энергия. Активные и пассивные цепи. Линейные и нелинейные цепи.

3 Линейные и нелинейные цепи постоянного тока.

Электрические схемы. Определение линейных и нелинейных электрических цепей. Схема замещения. Пассивные элементы схемы замещения. Сопротивление. Емкость. Индуктивность. Активные элементы схемы замещения. Идеальный и неидеальный источник ЭДС. Идеальный и неидеальный источник тока. Внутреннее сопротивление источников энергии. Взаимные преобразования источников энергии. Внешние характеристики источников энергии.

4 Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепей. Разветвленная схема. Неразветвленная схема. Ветвь. Узел. Виды узлов. Последовательное соединение участков цепи. Параллельное соединение участков цепи. Контур.

5 Режимы работы электрических цепей. Номинальный режим. Режим холостого хода. Режим короткого замыкания.

6 Основные законы электрических цепей. Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Закон Ома для цепи, содержащей источник ЭДС. Первый закон Кирхгофа. Второй закон Кирхгофа. Теорема взаимности.

7 Эквивалентные преобразования схем. Последовательное соединение элементов электрических цепей. Параллельное соединение элементов электрических цепей. Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду сопротивлений. Преобразование звезды сопротивлений в эквивалентный треугольник сопротивлений.

8 Анализ электрических цепей с одним источником энергии. Метод свертывания. Метод подобия или метод пропорциональных величин.

9 Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов. Метод наложения или суперпозиции. Метод эквивалентного генератора.

10 Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Основные определения. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое (интегральное) и динамическое сопротивление. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при последовательном соединении элементов. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при параллельном соединении элементов. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при смешанном соединении элементов.

11 Электрические цепи переменного тока. Амплитуда напряжения и тока. Действующее значение напряжения и тока. Период частота и фаза напряжения и тока. Изображение синусоидальных функций времени в векторной форме. Изображение синусоидальных функций времени в комплексной форме. Применение законов Ома и Кирхгофа к цепям переменного тока. Сопротивление в цепи синусоидального тока. Индуктивная катушка в цепи синусоидального тока (Реактивное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Треугольник напряжений). Емкость в цепи синусоидального тока. Последовательно соединенные реальная индуктивная катушка и конденсатор в цепи синусоидального тока. (Треугольник сопротивлений. Треугольник напряжений). Параллельно соединенные индуктивность, емкость и активное сопротивление в цепи синусоидального тока. (Реактивные проводимости. Резонансный режим в цепи, состоящей из параллельно включенных реальной индуктивной катушки и конденсатора). Мощность в

цепи синусоидального тока. (Активная, реактивная, полная мощности. Коэффициент мощности. Треугольник мощностей. Баланс мощностей). Режимы работы цепи однофазного переменного тока. Согласованный режим работы электрической цепи. Согласование нагрузки с источником.

12 Трехфазные цепи.

Основные определения. Соединение в звезду. Соединение в треугольник. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при симметричной нагрузке. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке при нулевом сопротивлении провода нейтрали. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке и отсутствии провода нейтрали. Мощность в трехфазных цепях.

13 Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях.

Возникновение периодических несинусоидальных токов. Представление периодических несинусоидальных величин рядами Фурье. Примеры разложения периодических негармонических функций в ряд Фурье. Запись рядов Фурье для колебаний: Прямоугольной формы, Треугольной формы, Пилообразной формы, Колебаний после однополупериодного выпрямителя, Колебаний после мостового выпрямителя. Виды симметричных периодических функций. Действующие и средние значения периодических несинусоидальных токов и напряжений. Мощность периодического несинусоидального тока. Основные понятия о спектре несинусоидальных колебаний. Примеры спектров периодических несинусоидальных колебаний. Спектр бигармонического колебания. Спектр амплитудно-модулированного колебания. Спектр частотно-модулированного колебания. Специальные методы спектрального анализа. (Метод трех ординат. Метод пяти ординат. Метод семи ординат. Метод А. И. Берга. Метод экспоненциальной аппроксимации. Метод аппроксимации степенным полиномом).

14 Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области.

Общая характеристика переходных процессов. Первый и второй законы коммутации. Зависимые и независимые начальные условия. Классический метод анализа переходных процессов. Характеристическое уравнение. Переходные процессы в цепях с одним реактивным элементом. Короткое замыкание в RL цепи. Подключение RL цепи к источнику постоянной ЭДС. Короткое замыкание в RC цепи. Подключение RC цепи к источнику постоянной ЭДС. Переходные процессы в цепях с двумя реактивными элементами (Переходные процессы в RLC контуре (колебательный и апериодический). Характеристическое уравнение и его корни. Характеристическое сопротивление. Добротность. Декремент затухания. Временные диаграммы).

15 Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов.

Введение в операторный метод. Преобразование Лапласа. Оригинал и изображение. Теоремы и предельные соотношения операторного анализа. Закон Ома в операторной форме. Внутренние ЭДС. Первый и второй законы Кирхгофа в операторной форме. Составление уравнений для изображений и последовательность расчета операторным методом. Изображение функций времени в виде отношения двух полиномов по степеням p . Переход от изображения к функции времени. Обратное преобразование Лапласа. Передаточная функция цепи - операторный коэффициент передачи. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением. Импульсная характеристика цепи. Частотные характеристики цепи. Основные понятия о методе интеграла Дюамеля.

16 Магнитные цепи.

Основные определения (Напряженность магнитного поля. Индукция. Парамагнетики. Диамагнетики. Ферромагнетики. Магнитный поток. Магнитное сопротивление). Свойства ферромагнитных материалов (Явление гистерезиса. Остаточная намагниченность. Коэрцитивная сила. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы). Основы расчета магнитных цепей.

17 Индуктивно связанные цепи и трансформаторы.

Основные определения. Назначение. Примеры индуктивно – связанных цепей. Взаимная индуктивность. Коэффициент взаимной индукции. Трансформаторы. Основные определения. Назначение. Конструкции. Работа трансформатора в режиме холостого хода (Основные соотношения. Векторная диаграмма. Схема замещения). Работа трансформатора под нагрузкой (Основные соотношения. Схема замещения. Векторная диаграмма). Специальные типы трансформаторов.

18 Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи.

Определение двухполюсной цепи. Пассивные двухполюсные цепи с активными и реактивными сопротивлениями. Входное сопротивление двухполюсной цепи. Активные двухполюсные цепи. Определение многополюсной цепи. Четырехполюсники. Входные и выходные параметры. Шесть форм записи уравнений четырехполюсника. Вывод уравнений в А-форме. Определение коэффициентов А- формы записи уравнений четырехполюсника. Т- и П- схемы замещения пассивного четырехполюсника. Применение различных форм записи уравнений четырехполюсника, соединения четырехполюсников, условия регулярности. Характеристические и повторные сопротивления четырехполюсников. Постоянная передачи и единицы измерения затухания. Примеры записи матрицы ABCD для различных простейших четырехполюсников. Уравнения четырехполюсника, записанные через гиперболические функции. Электрические фильтры. Основные понятия. Типы фильтров. Характеристики. Программы и примеры расчета фильтров на ЭВМ.

19 Электрические цепи с распределенными параметрами.

Общие определения. Дифференциальные уравнения цепи с распределенными параметрами. Решение уравнений линии с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами. Линия с распределенными параметрами в различных режимах. Линия с распределенными параметрами без искажений.

Линия с распределенными параметрами без потерь. Переходные процессы в линии с распределенными параметрами. Падающие волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Отраженные волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Расчет переходного процесса в линии с учетом многократных отражений волн.

20 Основные положения теории синтеза цепей.

Характеристика задач синтеза цепей. Синтез электрических фильтров.

4.3. Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость освоения разделов и тем учебной дисциплины ТОЭ

№	Наименование разделов учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)						Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная					В т.ч. СРС		
		ЛЕ К	ПЗ	ЛР	Экз.	КП /КР			
1	Введение Краткий исторический очерк развития электротехники Программные продукты по моделированию электрических цепей	1	1	1			0	2	1
2	Основные понятия и определения	1	1	1			1	3	1, 2, 3, 4
3	Линейные и нелинейные цепи постоянного тока	1	1	1			1	3	1, 2, 3
4	Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепей	2	1	1			1	2	1, 2, 3
5	Режимы работы электрических цепей	1	1	1			1	2	1, 2, 3
6	Основные законы электрических цепей	2	2	2			1	3	1, 2, 3
7	Эквивалентные преобразования схем	1	1	1			1	3	1, 2, 3
8	Анализ электрических цепей с одним источником энергии	1	1	1			1	3	1, 2, 3
9	Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии	3	2	2			1	3	1, 2, 3
10	Нелинейные электрические цепи постоянного тока	2	1	1			1	3	1, 2
11	Электрические цепи переменного тока	3	2	2			1	3	1, 2, 3, 4
12	Трехфазные цепи	2	1	1			1	2	1, 2, 3
13	Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях	2	1	1			1	2	1, 2
14	Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области	3	2	4			1	3	1, 2, 3,4
15	Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов	2	2	0			1	3	
16	Магнитные цепи	1	1	1			1	3	1, 3
17	Индуктивно связанные цепи и трансформаторы	2	1	1			1	3	1, 2
18	Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи	2	2	2			1	3	1, 3
19	Электрические цепи с распределенными параметрами	3	2	2			1	3	1, 2, 3, 4
20	Основные положения теории синтеза цепей	1	1	1			0	2	1,4
	Курсовой работа					36			
	Промежуточная аттестация				36				экзамен
	ИТОГО	36	27	27	36	36	18	54	

Формы текущего контроля:

1. Опрос по теории
2. Выполнение и защита ЛР
3. Самостоятельное решение задач
4. Курсовой расчет

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Темы лабораторных работ, выполняемые студентами по бригадам.

1. Основные элементы электрической цепи
2. Электрические схемы
3. Измерение силы постоянного тока мультиметром
4. Измерение постоянного напряжения мультиметром
5. Измерение сопротивлений мультиметром
6. Внутреннее сопротивление источника ЭДС
7. Закон Ома для неразветвленного участка цепи
8. Закон Ома для замкнутой цепи
9. Закон Ома для участка цепи с источником ЭДС
10. Первый закон Кирхгофа
11. Второй закон Кирхгофа
12. Баланс мощности в цепи
13. Последовательное соединение источников ЭДС
14. Параллельное соединение источников ЭДС
15. Потенциальная диаграмма цепи
16. Передача мощности от источника в нагрузку
17. Последовательное соединение резисторов
18. Параллельное соединение резисторов
19. Эквивалентное преобразование звезда – треугольник в резистивных цепях
20. Эквивалентное преобразование треугольник – звезда в резистивных цепях

Темы лабораторных работ, выполняемых всей группой одновременно.

1. Программные продукты по моделированию электрических цепей.
2. Характеристики нелинейных элементов
3. Режимы работы электрических цепей
4. Трехфазные цепи
5. Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях
6. Переходные процессы в электрических цепях
7. Индуктивно связанные цепи
8. Трансформаторы
9. Двухполюсные цепи
10. Четырехполюсники
11. Электрические фильтры
12. Цепи с распределенными параметрами
13. Синтез электрических цепей

Лабораторные работы проходят в форме схемотехнического моделирования процессов в цепях с применением персональных компьютеров и программных продуктов: «Начала электроники» распространяется свободно; «CircuitSimulator» распространяется свободно, сайт www.falstad.com; «NIMultisim 12» лицензируемая программа, кафедра имеет лицензию. Для выполнения лабораторных заданий выполняемых студентами по бригадам достаточно программы «Начала электроники».

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовая работа на тему: «Анализ электрических цепей».

Курсовая работа включает 8 заданий (10 расчетов электрических цепей по вариантам). В полном объеме задания представлены в ФОС.

Порядок выдачи задания и защиты:

1. Выдача задания: 1-е занятие.
2. Выполнение заданий 1 – 4: с 1-й по 9-ю неделю (выполнение заданий учитывается на рубежной аттестации).
3. Выполнение заданий 5 – 8: с 10-й по 16 неделю.
4. Сдача на проверку: 17-я неделя.
5. Защита работы: 18-я неделя.

Порядок выдачи задания и защиты:

1. Разработка и утверждение ТЗ на курсовую работу – 9 неделя
2. Выполнение расчетной части курсовой работы относительно заданной схемы четырехполюсника – 11 неделя
3. Выполнение моделирования характеристик заданной схемы четырехполюсника – 13 неделя
4. Выполнение экспериментальной части курсовой работы – 14 неделя
5. Выполнение расчетной части курсовой работы относительно схемы составного четырехполюсника – 15 неделя
6. Выполнение моделирования характеристик составного четырехполюсника – 16 неделя
8. Оформление пояснительной записки к курсовой работе – 17 неделя
9. Защита курсовой работы – 18 неделя

Для вывода выражений характеристик исследуемой электрической цепи следует воспользоваться источниками, указанными в карте учебно-методического обеспечения модуля.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1	Введение. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
2	Основные понятия и определения. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
3	Линейные и нелинейные цепи постоянного тока. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
4	Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепей. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
5	Режимы работы электрических цепей. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
6	Основные законы электрических цепей. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
7	Эквивалентные преобразования схем (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
8	Анализ электрических цепей с одним источником энергии. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
9	Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии.	3

	(Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	
10	Нелинейные электрические цепи постоянного тока. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
11.	Электрические цепи переменного тока. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	3
12	Трёхфазные цепи. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
13	Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
14	Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	3
15	Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
16	Магнитные цепи. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
17	Индуктивно связанные цепи и трансформаторы. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
18	Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	2
19	Электрические цепи с распределёнными параметрами. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	3
20	Основные положения теории синтеза цепей. (Информационная лекция с элементами схемотехнического моделирования)	1
	ИТОГО	36

При проведении лекций используется программа схемотехнического моделирования «Circuit Simulator» (распространяется свободно, сайт www.falstad.com). Программы моделей цепей содержатся в лекциях. Для углубленного изучения материала студенты могут работать с программой самостоятельно и создавать свои модели цепей.

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1	Введение.(3)	1
2	Основные понятия и определения. (1)	1
3	Линейные и нелинейные цепи постоянного тока. (1, 2, 3)	1
4	Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепи. (1, 2, 3)	1
5	Режимы работы электрических цепей. (1, 2, 3)	1
6	Основные законы электрических цепей. (1, 2, 3)	2
7	Эквивалентные преобразования схем. (1, 2, 3)	1
8	Анализ электрических цепей с одним источником энергии. (1, 2, 3)	1
9	Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии. (1, 2, 3)	2
10	Нелинейные электрические цепи постоянного тока. (1, 2, 3)	1
11	Электрические цепи переменного тока.(1,2, 3)	2
12	Трёхфазные цепи. (1,2, 3)	1
13	Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. (1, 2, 3)	1
14	Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов	2

	во временной области. (1,2, 3)	
15	Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов. (1, 3)	2
16	Магнитные цепи. (1, 2, 3)	1
17	Индуктивно связанные цепи и трансформаторы. (1, 2, 3)	1
18	Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи. (1,2, 3)	2
19	Электрические цепи с распределенными параметрами. (1,2, 3)	2
20	Основные положения теории синтеза цепей. (1,3)	1
	ИТОГО	27

Формы проведения:

1. Разбор решения типовых задач
2. Решение задач студентами самостоятельно
3. Компьютерное схемотехническое моделирование цепей

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины представлено в Приложении

Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения	
1.	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная мебель: столы, стулья, доска	
		Компьютерный класс	
		МониторViewSonicVA1932wa, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет – 9 шт	
2.	Мультимедийное оборудование	ПКIntelCeleronG530 CPU 2,4 GHz	
3.	Программное обеспечение		
	Наименование программного продукта	Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
	Microsoft Imagine (Microsoft Azure Dev Tools for Teaching) Standard <i>Только для осеннего семестра</i>	Договор №243/ю, 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	19.12.2018
	ABBYY FineReader PDF 15 Business. Версия для скачивания (годовая лицензия с академической скидкой)* <i>Только для осеннего семестра</i>	Договор №191/Ю	16.11.2020
	Zbrush Academic Volume License	Договор №209/ЕП(У)20-ВБ	30.11.2020
	Academic VMware Workstation 16 Pro for Linux and Windows, ESD	Договор №211/ЕП(У)20-ВБ, 25140763	03.11.2020
	Acronis Защита Данных для рабочей станции, Acronis Защита Данных. Расширенная для физического сервера	Договор №210/ЕП (У)20-ВБ, Ах000369127	03.11.2020
	Антиплагиат. Вуз.*	Договор №3341/12/ЕП(У)21-ВБ	29.01.2021
	Подписка Microsoft Office 365	свободно распространяемое для вузов	-
	Adobe Acrobat	свободно распространяемое	-
	Teams	свободно распространяемое	-
	Skype	свободно распространяемое	-
	Zoom	свободно распространяемое	-
	Калькулятор комплексных функций CC.EXE	свободно распространяемое	
	«Начала электроники»	свободно распространяемое	
	«С_CALC. Калькулятор комплексных функций» *	Правообладатель НовГУ	

Приложение А
(обязательное)

Фонд оценочных средств
учебной дисциплины Теоретические основы электротехники

1. Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2. Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств учебной дисциплины

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1	Контрольный опрос	Разделы 1-20	50 (20x2,5)	ОПК-1, 2
2	Выполнение и защита лабораторных работ	Разделы 1-20	75 (15x5)	ОПК-1, 2
3	Решение задач	Разделы 2-9, 11,12, 14, 15, 16, 18, 19	75 (15x5)	ОПК-1, 2
4	Курсовой расчет	Разделы 2, 11, 14, 19,20	50 (10x5)	ОПК-1, 2
Промежуточная аттестации				
	Экзамен		50	ОПК-1, 2
	ИТОГО		300	

3. Рекомендации к использованию оценочных средств

1) Контрольный опрос

Таблица А.2 – Критерии оценки контрольного опроса по дисциплине

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
даны исчерпывающие ответы на 3 вопроса	По числу учащихся	3
даны правильные ответы на 2 вопроса		
в полной мере дан ответ на 1 вопрос		
нет ответов ни на один вопрос		

Вопросы:

Введение:

- Краткий очерк истории развития электротехники.
- Программа схемотехнического анализа «Начала электроники».
- Программа схемотехнического анализа «CircuitSimulator».
- Программа схемотехнического анализа «MicroCAP».
- Программа схемотехнического анализа «ElectronicsWorkbench».
- Программа схемотехнического анализа «NIMultisim 12».
- Программа схемотехнического анализа «Tina».

Электрические цепи. Основные понятия и определения:

- Электрическая цепь.
- Группы электротехнических устройств.
- Постоянный ток. Переменный ток. Электродвижущая сила. Напряжение. Мощность. Энергия.
- Активные и пассивные цепи. Линейные и нелинейные цепи.

Линейные и нелинейные цепи постоянного тока:

- Электрические схемы.
- Определение линейных и нелинейных электрических цепей.
- Схема замещения элементов электрических цепей.
- Пассивные элементы схемы замещения. Сопротивление. Емкость. Индуктивность.
- Активные элементы схемы замещения. Идеальный и неидеальный источник ЭДС.
- Идеальный и неидеальный источник тока.
- Внутреннее сопротивление источников энергии.
- Взаимные преобразования источников энергии. Внешние характеристики источников энергии.

Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепей:

- Разветвленная схема. Неразветвленная схема.
- Ветвь. Узел. Виды узлов.
- Последовательное соединение участков цепи.
- Параллельное соединение участков цепи.
- Электрический контур.

Режимы работы электрических цепей:

- Номинальный режим.
- Режим холостого хода.
- Режим короткого замыкания.

Основные законы электрических цепей:

- Закон Ома для участка цепи.
- Закон Ома для полной цепи.
- Закон Ома для цепи, содержащей источник ЭДС.
- Первый закон Кирхгофа.
- Второй закон Кирхгофа.

Эквивалентные преобразования схем:

- Последовательное соединение элементов электрических цепей.
- Параллельное соединение элементов электрических цепей.
- Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду сопротивлений.
- Преобразование звезды сопротивлений в эквивалентный треугольник сопротивлений.

Анализ электрических цепей с одним источником энергии:

- Основные положения анализа электрических цепей с одним источником энергии. Метод свертывания.

– Метод подобия или метод пропорциональных величин.
Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии:

- Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.
- Метод контурных токов.
- Метод узловых потенциалов.
- Метод двух узлов.
- Метод наложения или суперпозиции.
- Метод эквивалентного генератора.

Нелинейные электрические цепи постоянного тока

- Основные определения.
- Вольтамперные характеристики нелинейных элементов.
- Статическое (интегральное) и динамическое сопротивление.
- Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при последовательном соединении элементов.
- Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при параллельном соединении элементов.
- Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при смешанном соединении элементов.

Электрические цепи переменного тока:

- Амплитуда напряжения и тока.
- Действующее значение напряжения и тока.
- Период частота и фаза напряжения и тока.
- Изображение синусоидальных функций времени в векторной форме.
- Изображение синусоидальных функций времени в комплексной форме.
- Применение законов Ома и Кирхгофа к цепям переменного тока.
- Сопротивление в цепи синусоидального тока.
- Индуктивная катушка в цепи синусоидального тока (Реактивное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Треугольник напряжений).
- Емкость в цепи синусоидального тока.
- Последовательно соединенные реальная индуктивная катушка и конденсатор в цепи синусоидального тока. (Треугольник сопротивлений. Треугольник напряжений).
- Параллельно соединенные индуктивность, емкость и активное сопротивление в цепи синусоидального тока. (Реактивные проводимости. Резонансный режим в цепи, состоящей из параллельно включенных реальной индуктивной катушки и конденсатора).
- Мощность в цепи синусоидального тока. (Активная, реактивная, полная мощности. Коэффициент мощности. Треугольник мощностей. Баланс мощностей).
- Режимы работы цепи однофазного переменного тока. Согласованный режим работы электрической цепи. Согласование нагрузки с источником.

Трехфазные цепи:

- Основные определения.
- Соединение в звезду.
- Соединение в треугольник.
- Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой.
- Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при симметричной нагрузке.
- Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке при нулевом сопротивлении провода нейтрали.
- Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке и отсутствии провода нейтрали.
- Мощность в трехфазных цепях.

Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях:

- Возникновение периодических несинусоидальных токов.
 - Представление периодических несинусоидальных величин рядами Фурье. Примеры разложения периодических негармонических функций в ряд Фурье.
 - Запись рядов Фурье для колебаний: Прямоугольной формы, Треугольной формы, Пилообразной формы, Колебаний после однополупериодного выпрямителя, Колебаний после мостового выпрямителя.
 - Виды симметричных периодических функций.
 - Действующие и средние значения периодических несинусоидальных токов и напряжений.
 - Мощность периодического несинусоидального тока.
 - Основные понятия о спектре несинусоидальных колебаний.
 - Примеры спектров периодических несинусоидальных колебаний. Спектр бигармонического колебания. Спектр амплитудно-модулированного колебания. Спектр частотно-модулированного колебания.
 - Специальные методы спектрального анализа. (Метод трех ординат. Метод пяти ординат. Метод семи ординат. Метод А. И. Берга. Метод экспоненциальной аппроксимации. Метод аппроксимации степенным полиномом).
- Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов:
- Общая характеристика переходных процессов.
 - Первый и второй законы коммутации. Зависимые и независимые начальные условия.
 - Классический метод анализа переходных процессов. Характеристическое уравнение.
 - Переходные процессы в цепях с одним реактивным элементом. Короткое замыкание в RL цепи.
 - Переходные процессы в цепях с одним реактивным элементом. Подключение RL цепи к источнику постоянной ЭДС.
 - Переходные процессы в цепях с одним реактивным элементом. Короткое замыкание в RC цепи.
 - Переходные процессы в цепях с одним реактивным элементом. Подключение RC цепи к источнику постоянной ЭДС.
 - Переходные процессы в цепях с двумя реактивными элементами (Переходные процессы в RLC контуре (колебательный и апериодический. Характеристическое уравнение и его корни. Характеристическое сопротивление. Добротность. Декремент затухания. Временные диаграммы).
- Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов:
- Введение в операторный метод. Преобразование Лапласа. Оригиналы и изображения.
 - Теоремы и предельные соотношения операторного анализа.
 - Закон Ома в операторной форме. Внутренние ЭДС.
 - Первый и второй законы Кирхгофа в операторной форме.
 - Составление уравнений для изображений и последовательность расчета операторным методом.
 - Изображение функций времени в виде отношения двух полиномов по степеням p . Переход от изображения к функции времени.
 - Обратное преобразование Лапласа.
 - Передаточная функция цепи - операторный коэффициент передачи.
 - Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением.
 - Импульсная характеристика цепи.
 - Частотные характеристики цепи.
 - Основные понятия о методе интеграла Дюамеля.

Магнитные цепи. Индуктивно связанные цепи и трансформаторы:

- Магнитные цепи. Основные определения (Напряженность магнитного поля. Индукция. Парамагнетики. Диамагнетики. Ферромагнетики. Магнитный поток. Магнитное сопротивление).
- Свойства ферромагнитных материалов (Явление гистерезиса. Остаточная намагниченность. Коэрцитивная сила. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы).
- Основы расчета магнитных цепей.

Индуктивно связанные цепи и трансформаторы

- Индуктивно связанные цепи. Основные определения. Назначение. Примеры индуктивно связанных цепей.
- Взаимная индуктивность. Коэффициент взаимной индукции.
- Трансформаторы. Основные определения. Назначение. Конструкции.
- Работа трансформатора в режиме холостого хода (Основные соотношения. Векторная диаграмма. Схема замещения).
- Работа трансформатора под нагрузкой (Основные соотношения. Схема замещения. Векторная диаграмма).
- Специальные типы трансформаторов.

Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи:

- Определение двухполюсной цепи.
- Пассивные двухполюсные цепи с активными и реактивными сопротивлениями.
- Входное сопротивление двухполюсной цепи.
- Активные двухполюсные цепи.
- Определение многополюсной цепи.
- Четырехполюсники.
- Входные и выходные параметры.
- Шесть форм записи уравнений четырехполюсника.
- Вывод уравнений в А-форме.
- Определение коэффициентов А- формы записи уравнений четырехполюсника. Т- и П- схемы замещения пассивного четырехполюсника.
- Применение различных форм записи уравнений четырехполюсника, соединения четырехполюсников, условия регулярности.
- Характеристические и повторные сопротивления четырехполюсников.
- Постоянная передачи и единицы измерения затухания.
- Примеры записи матрицы ABCD для различных простейших четырехполюсников. Уравнения четырехполюсника, записанные через гиперболические функции.
- Электрические фильтры. Основные понятия.
- Типы фильтров. Характеристики.
- Программы и примеры расчета фильтров на ЭВМ.

Электрические цепи с распределенными параметрами:

- Общие определения.
- Дифференциальные уравнения цепи с распределенными параметрами.
- Решение уравнений линии с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме.
- Волновые процессы в линии с распределенными параметрами.
- Линия с распределенными параметрами в различных режимах.
- Линия с распределенными параметрами без искажений.
- Линия с распределенными параметрами без потерь.
- Переходные процессы в линии с распределенными параметрами.
- Падающие волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС.

- Отраженные волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС.
 - Расчет переходного процесса в линии с учетом многократных отражений волн.
- Основные положения теории синтеза цепей:
- Характеристика задач синтеза цепей.
 - Пример синтеза фильтра

2) Выполнение и защита лабораторных работ

Таблица А.3 – Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>
выполнены все ЛР. Оформление отчетов соответствует требованиям. Даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы.	По числу учащихся
выполнены все ЛР. Оформление отчетов выполнено с замечаниями. Даны не совсем точные ответы на контрольные вопросы.	
выполнены все ЛР. Отчеты содержат неточности и ошибки. Учащийся испытывает затруднения в ответах на контрольные вопросы.	
ЛР выполнены не в полном количестве. Отчеты содержат грубые ошибки	

Контрольные вопросы к лабораторным заданиям приведены в пособии:

Электротехника, электроника и схемотехника. Электротехника: сб. заданий для лаб. работ / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2015. – 96 с.

<https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2219>

Примеры вопросов:

1 Свойствами какого идеального элемента обладает источник энергии, с очень большим внутренним сопротивлением, по сравнению с сопротивлением нагрузки?

2 Свойствами какого идеального элемента обладает источник энергии, внутреннее сопротивление которого мало, по сравнению с сопротивлением нагрузки?

3 Какой параметр, кроме сопротивления, учитывается в модели резистора в программе «Начала электроники».

4 Какой параметр, кроме емкости, учитывается в модели конденсатора в программе «Начала электроники».

5 К чему приведет превышение значений допустимой мощности рассеяния резистора и максимального рабочего напряжения конденсатора?

3) Решение задач

Таблица А.4 – Критерии оценки самостоятельного решения задач по дисциплине

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>
решено правильно от 75 до 100% задач	По числу учащихся
решено правильно от 50 до 74% задач	
решены правильно 30 – 49% задач	
решено менее 30% задач	

Основной источник задач

Сборник задач по теоретическим основам электротехники: Учеб. пособие .– 3-е изд., перераб. и доп. / Л.А. Бессонов, И.Г. Демидова, М.Е. Заруди и др.; Под ред. Л.А.Бессонова .– М.: Высш. шк., 1988. – 543 с.: ил.

1 Введение.

Изучить программы схемотехнического моделирования электрических цепей. Подготовить краткий конспект.

2 Основные понятия и определения.

Привести примеры электрической цепи. Привести пример схемы электрической цепи. Привести определение группы электротехнических устройств. Привести примеры значений постоянный тока. Привести временную зависимость переменного тока. Привести определения электродвижущей силы, напряжения, мощности, энергия. Привести определение и примеры активной и пассивной цепи. Привести определение и примеры линейной цепи.

3 Линейные и нелинейные цепи постоянного тока.

Привести определение и примеры линейной и нелинейной цепи.

Задачи 1.1 – 1. 14

4 Основные определения, относящиеся к схемам. Основы топологии цепей

1.57 – 1.63

17.1 – 17.14

5 Режимы работы электрических цепей.

Привести определения режимов работы электрических цепей. Привести примеры работы цепи в различных режимах (Указать напряжения, токи, мощности в цепи). Предложить способы защиты от аварийных режимов.

6 Основные законы электрических цепей.

1.15 – 1.21

7 Эквивалентные преобразования схем.

1.22 – 1.31

8 Анализ электрических цепей с одним источником энергии.

1.32 – 1.43

9 Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии.

1.43 – 1.52

- 10 Нелинейные электрические цепи постоянного тока.
13.1 – 13.27
- 11 Электрические цепи переменного тока.
3.1 – 3.38
- 12 Трехфазные цепи
6.1 – 6.17
- 13 Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях
7.1 – 7.21
- 14 Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области
8.1 – 8.39
- 15 Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов
8.40 – 8.60
- 16 Магнитные цепи
14.1 – 14.15
- 17 Индуктивно связанные цепи и трансформаторы
3.36 – 3.51
- 18 Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи
4.1 – 4.40
5.1 – 5.49
9.1 – 9.20
- 19 Электрические цепи с распределенными параметрами
11.1 – 11.26
12.1 – 12.20
- 20 Основные положения теории синтеза цепей
10.1 – 10.45

4) Курсовая работа (расчет)

Таблица А.5 – Критерии оценки выполнения курсового расчета по дисциплине

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
правильно выполнены все задания. Оформление отчета соответствует требованиям. Даны исчерпывающие ответы на вопросы.	По числу учащихся
правильно выполнены все задания. Оформление отчета выполнено с замечаниями. Даны не совсем точные ответы на вопросы.	
выполнены все задания. Отчет содержит неточности и ошибки. Учащийся испытывает затруднения в ответах на вопросы.	
задания выполнены не в полном количестве. Отчеты содержат грубые ошибки.	

Работа включает в себя 8 заданий. В ходе выполнения заданий необходимо провести расчет 10 различных цепей. Предлагаемые к расчету цепи охватывают основные разделы дисциплины. Количество базовых вариантов – 15. количество вариантов увеличивается путем пропорционального изменения номинальных значений элементов; например для вариантов 16 – 30 увеличить номинальные значения элементов цепи с номерами 1 в 2 раза. *Нумерация таблиц и рисунков в этом разделе относится только к этому разделу.*

Пример задания на курсовую работу

Задание 1

Для цепи, схема которой представлена на рисунке 1.1 рассчитать значение параметра эквивалентного элемента, относительно зажимов (А) и (В). Предложить методику измерения и провести проверку результата расчета в программе «Начала электроники». Значения параметров элементов приведены в таблице 1.

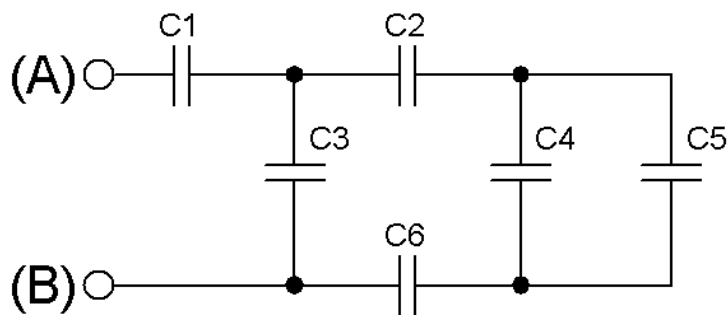


Рисунок 1.1

Таблица 1

Вариант	Рисунок	Значения параметров элементов в ветвях (Ом, Гн, мкФ)					
		1	2	3	4	5	6
1	1.1	45	20	15	60	120	200

Задание 2

Для схемы, приведенной на рисунке 2.1 требуется рассчитать значения параметров эквивалентных источников с внутренним сопротивлением R и ЭДС E по отношению к зажимам (А) и (В). Значения параметров элементов схем приведены в таблице 2.

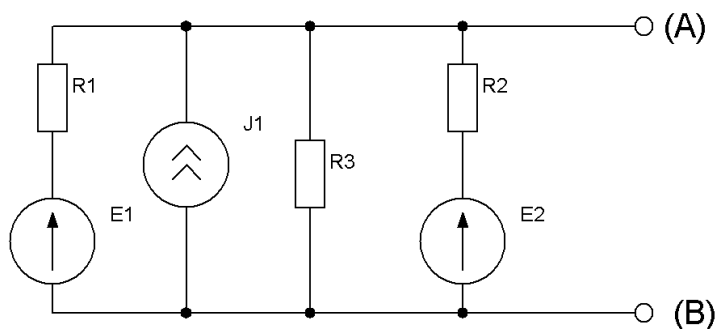


Рисунок 2.1

Таблица 2

Вариант	Рисунок	Значения параметров элементов схем							
		Сопротивления, Ом				Токи, А		ЭДС, В	
		R1	R2	R3	R4	J1	J2	E1	E2
1	2.1	1	2	5	-	2	0	14	8

Задание 3

Для обобщенной схемы цепи на рисунке 3, требуется выполнить следующее:

- По данным таблицы 3 составить расчетную схему цепи;
- Записать систему уравнений Кирхгофа, необходимых для определения токов во всех ветвях цепи и выполнить расчет;
- Выполнить расчет токов во всех ветвях цепи по методу контурных токов;
- Выделить в схеме три сопротивления, включенные по схеме треугольника, и заменить их эквивалентным соединением по схеме звезды;
- Рассчитать полученную схему методом узловых напряжений и найти токи в ветвях;
- Определить ток в R_6 по методу эквивалентного генератора;
- Рассчитать напряжение между точками (А) и (В) схемы;
- Составить уравнение и проверить выполнение условия баланса мощностей для исходной схемы.

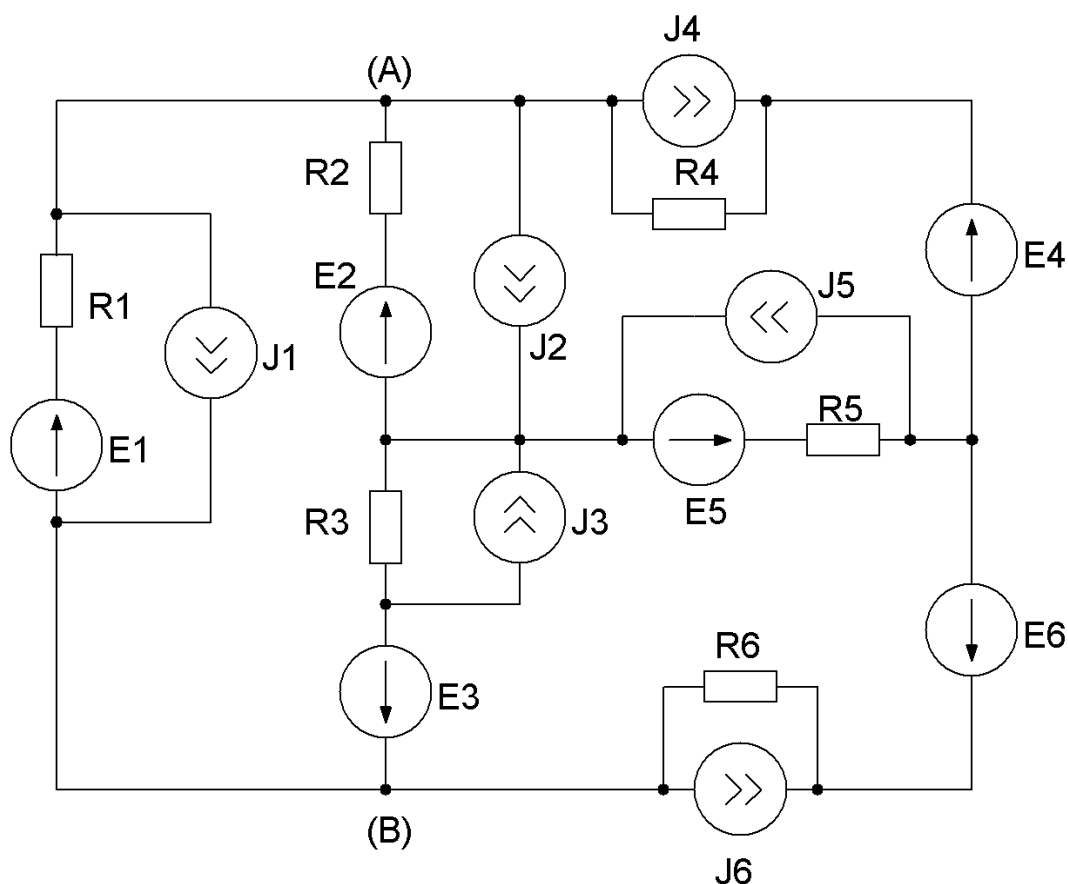


Рисунок 3

Таблица 3

Вариант	Значения параметров элементов схемы																	
	Сопротивления, Ом						Источники ЭДС, В						Источники тока, А					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J1	J2	J3	J4	J5	J6
1	7	2	10	4	3	6	0	15	0	24	0	0	3	0	0	0	0	0

Задание 4

На рисунке 4.1 приведена схема электрической цепи, состоящая из шести обобщенных ветвей, каждая из которых содержит источник тока J , источник ЭДС E и комплексного сопротивления Z , структура которого представлена на рисунке 4.2. Используя данные таблиц 4.1 и 4.2 составить расчетную схему соответствующую номеру варианта. Применяя метод контурных токов для комплексных амплитуд, выполнить следующее:

- Определить амплитуды токов во всех ветвях цепи;
- Определить напряжения на всех элементах внешнего контура;
- Составить баланс активных и реактивных мощностей;
- Построить векторную диаграмму токов в цепи;
- Построить векторную диаграмму для напряжений внешнего контура.

Параметры пассивных элементов схемы приведены в таблице 4.1. Параметры источников – в таблице 4.2.

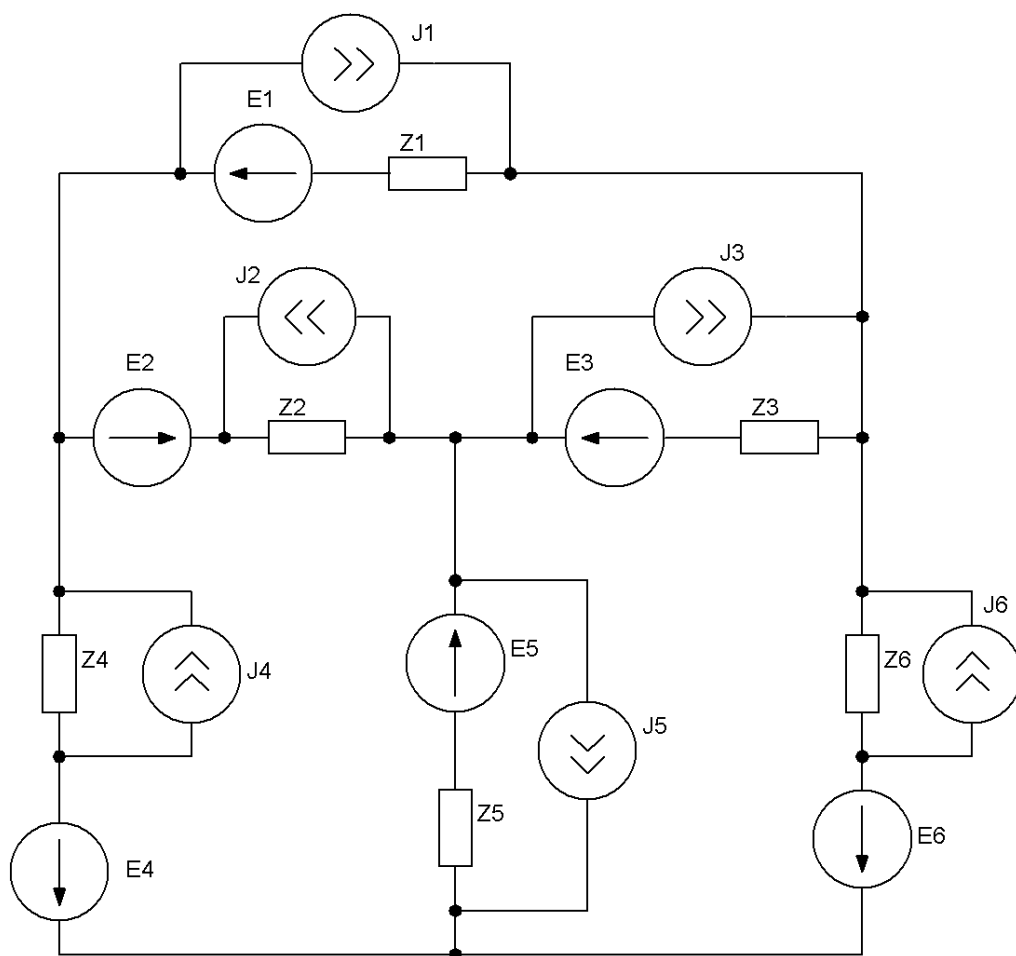


Рисунок 4.1

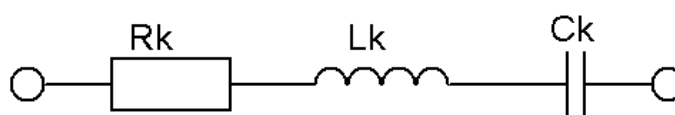


Рисунок 4.2

Таблица 4.1

Вариант	Сопротивления, Ом						Индуктивности, мГн						Емкости, мкФ					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	L1	L2	L3	L4	L5	L6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	31	1	11	1	42	1	0	0	0	105	410	0	990	505	0	0	0	0

Таблица 4.2

Вариант	Амплитуды источников, В, А; (фазовый угол, градус)												ω , рад/с
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J1	J2	J3	J4	J5	J6	
1	14.5 (0)	30 (-55)	0	0	0	0	0	0	5.5 (70)	0	0	0	100

Задание 5

На рисунке 5.1 приведена схема четырехполюсника. Необходимо получить выражение для комплексного коэффициента передачи четырехполюсника. На основе этого выражения рассчитать и построить амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики коэффициента передачи четырехполюсника. Входные зажимы: 1-1', выходные зажимы: 2-2'. По горизонтальной оси необходимо расположить значения частоты в логарифмическом масштабе. По вертикальной оси выбрать линейный масштаб. Исследование провести в диапазоне частот 100 – 20000 Гц. Числовые расчетные значения оформить таблицей. Параметры элементов приведены под схемой. Номер варианта соответствует второму индексу номера рисунка.

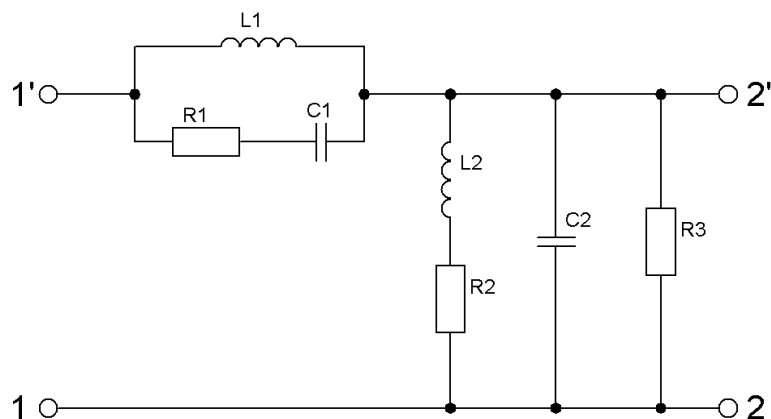


Рисунок 5.1

$L1=1\text{ мГ}$, $L2=5\text{ мГ}$, $R1=200\text{ Ом}$, $R2=1\text{ Ом}$, $R3=100\text{ Ом}$, $C1=1\text{ мкФ}$, $C2=2\text{ мкФ}$

Задание 6

Пользуясь схемой четырехполюсника из задания 5, получить выражение для входного сопротивления цепи $Z_{\text{вх}} = R_{\text{вх}} + jX_{\text{вх}}$ относительно зажимов 1 – 1'. Рассчитать значения входного сопротивления и построить графики активной, реактивной составляющей и модуля входного сопротивления в декартовой системе координат. По горизонтали отложить частоту в герцах. Построить зависимость входного сопротивления от частоты на круговой диаграмме полных сопротивлений. Исследование провести в диапазоне частот от нуля до 50 кГц. Круговая диаграмма приведена на рисунке 6.

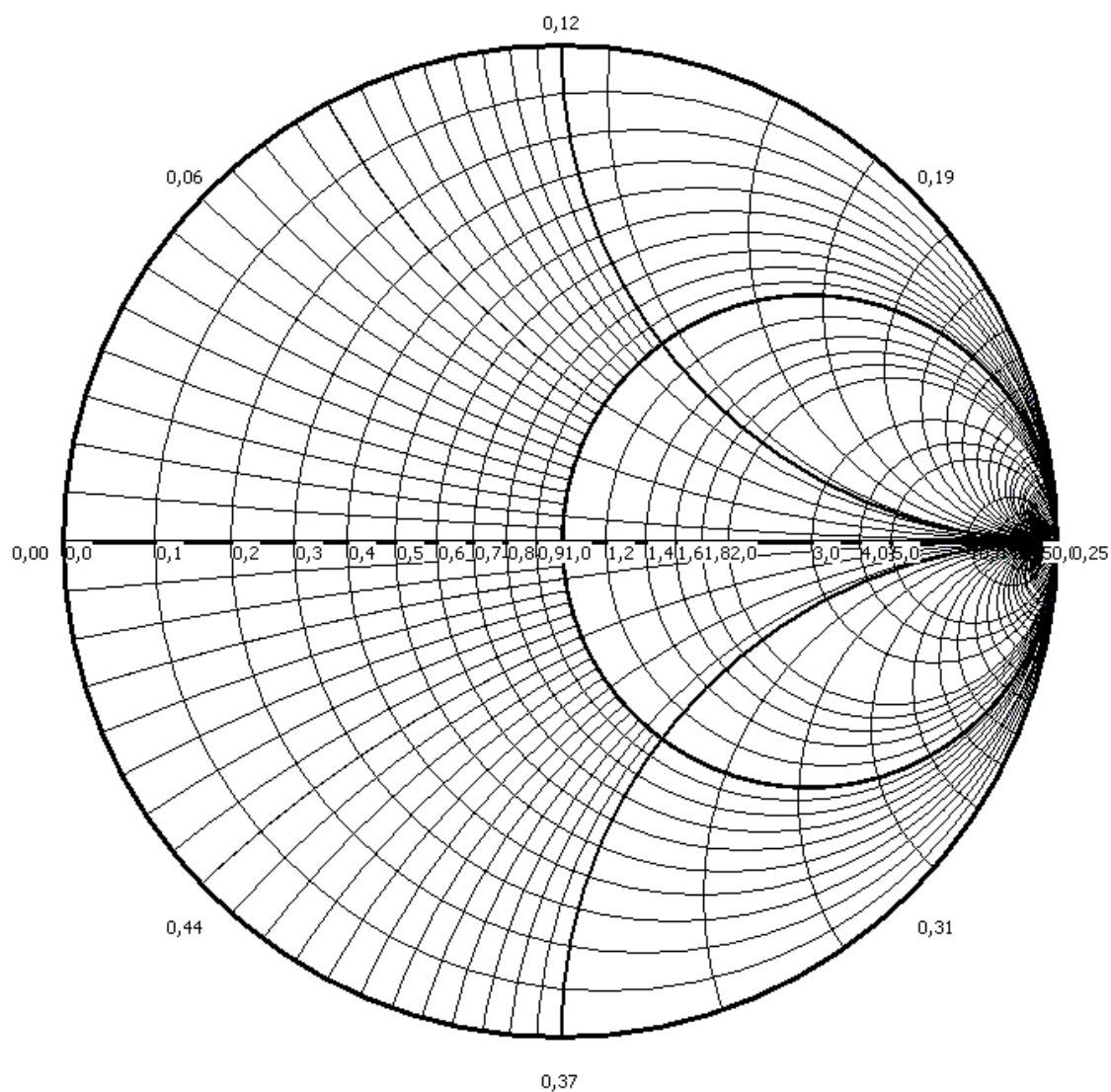


Рисунок 6.

Задание 7

Часть 1.

В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке 7.1, требуется определить временную зависимость напряжения и тока на емкости C после размыкания ключа SA1. Значения параметров элементов цепи приведены в Таблице 7.1. Результаты представить в графической форме.

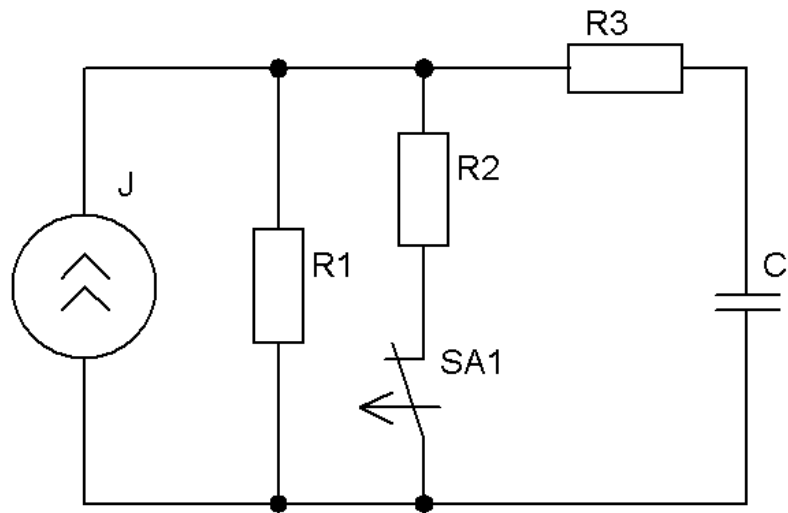


Рисунок 7.1

Таблица 7.1

Вариант	J, A	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	C, мкФ
1	1	10	20	30	10

Часть 2

Для схемы, изображенной на рисунке. 7.2, требуется определить значения переменных состояния i_L и u_C при размыкании ключа SA1. Построить графики зависимостей i_L , u_L , u_C . Параметры элементов приведены в таблице 7.2.

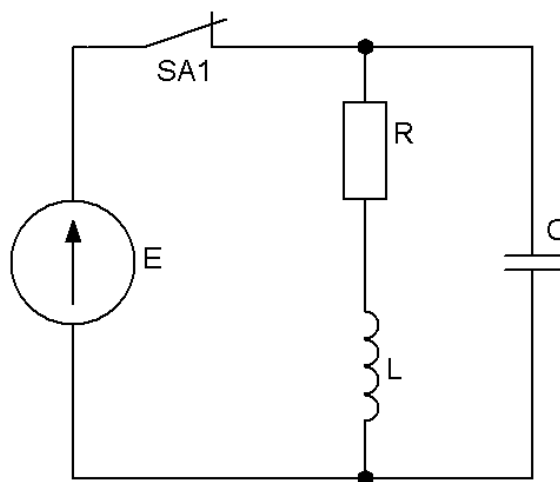


Рисунок 7.1

Таблица 7.2

Вариант	E, В	R, Ом	L, Гн	C, мкФ
1	10	10	1	1

Часть 3

Для схемы электрической цепи, которая изображена на рисунке 7.3, требуется найти токи во всех ветвях и напряжения на емкости, индуктивности и сопротивлении после замыкания ключа SA1. Построить зависимости токов и напряжений от времени. Значения параметров элементов приведены в таблице 7.3.

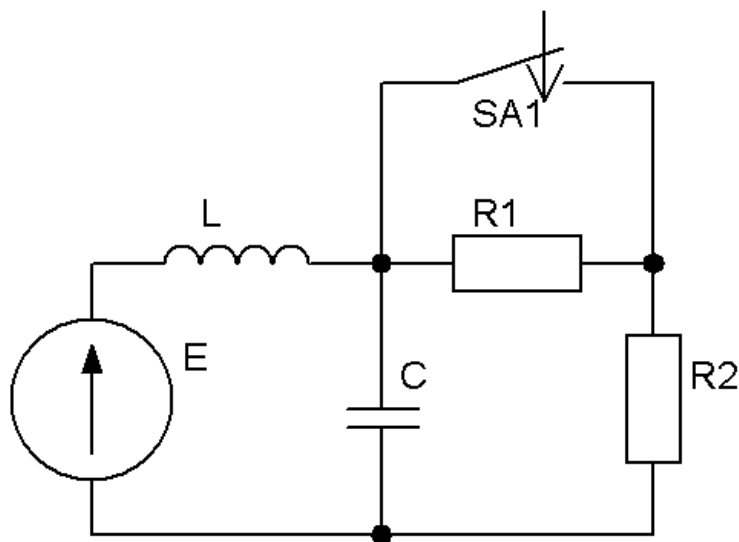


Рисунок 7.3

Таблица 7.3

Вариант	E, В	L, Гн	C, мкФ	R1, Ом	R2, Ом
1	10	0.1	10	10	20

Задание 8.

Провести исследование цепи, состоящей из генератора переменного напряжения, длинной линии и нагрузки, представленной на рисунке 8. Требуется определить:

- Полное сопротивление нагрузки,
- Входное сопротивление линии,
- КСВ в начале и в конце линии,
- Электрическую длину линии,
- Мощность, отдаваемую в линию генератором,
- Мощность в нагрузке,
- Полные потери в линии,
- Распределение волны напряжения и тока в линии,
- Ток и напряжение генератора,
- КПД.

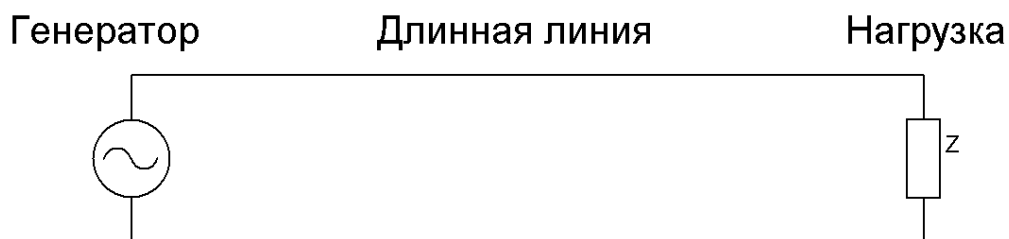


Рисунок 8.

Параметры генератора, линии и нагрузки, представлены в таблицах 8.1-8.3 и рисунках

Таблица 8.1 Параметры генератора

Вариант	Частота, МГц	Мощность, Вт	Выходное сопротивление, Ом
1	10	1	50

Таблица 8.2 Параметры длинной линии

Вариант	Волновое сопротивление, Ом	Погонные потери, дБ/м	Физическая длина, м
1	100	0.01	15

Таблица 8.3 Параметры нагрузки

Вариант	R, Ом	L, мкГн	C, пФ	Рисунок
1	50	-	100	8.1

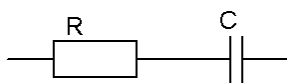


Рисунок 8.1

5) Экзамен

Таблица А.6 - Критерии экзаменационной оценки по дисциплине ТОЭ

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
даны исчерпывающие ответы на 2 вопроса. Задача решена правильно.	20	2 вопроса и 1 задача
даны правильные ответы на 2 вопроса. Решение задачи содержит неточности.		
даны не совсем точные ответы на два вопроса. Решение задачи содержит ошибки.		
– ответы на вопросы не даны. Задача не решена.		

Вопросы к экзамену

1. Краткий очерк истории развития электротехники. Краткий обзор пакетов схемотехнического анализа «Начала электроники», «Circuit Simulator», «MicroCAP», «Electronics Workbench», «NI Multisim 12», «Tina» и др.

2. Электрические цепи с распределенными параметрами. Общие определения. Дифференциальные уравнения цепи с распределенными параметрами. Решение уравнений линии с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами. Линия с распределенными параметрами в различных режимах. Линия с распределенными параметрами без искажений

3. Электрические цепи с распределенными параметрами. Линия с распределенными параметрами без потерь. Переходные процессы в линии с распределенными параметрами. Падающие волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Отраженные волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Расчет переходного процесса в линии с учетом многократных отражений волн.

4. Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи. Определение двухполюсной цепи. Пассивные двухполюсные цепи с активными и реактивными сопротивлениями. Входное сопротивление двухполюсной цепи. Активные двухполюсные цепи. Определение многополюсной цепи. Четырехполюсники. Входные и выходные параметры. Шесть форм записи уравнений четырехполюсника. Вывод уравнений в А-форме. Определение коэффициентов А-формы записи уравнений четырехполюсника. Т- и П-схемы замещения пассивного четырехполюсника.

5. Основные законы электрических цепей. Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Закон Ома для цепи, содержащей источник ЭДС. Первый закон Кирхгофа. Второй закон Кирхгофа. Теорема взаимности.

6. Эквивалентные преобразования схем. Последовательное соединение элементов электрических цепей. Параллельное соединение элементов электрических цепей. Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду сопротивлений. Преобразование звезды сопротивлений в эквивалентный треугольник сопротивлений.

7. Индуктивно связанные цепи и трансформаторы. Трансформаторы. Основные определения. Назначение. Конструкции. Работа трансформатора в режиме холостого хода. Работа трансформатора под нагрузкой. Специальные типы трансформаторов.

8. Магнитные цепи. Основные определения (Напряженность магнитного поля. Индукция. Парамагнетики. Диамагнетики. Ферромагнетики. Магнитный поток. Магнитное сопротивление). Свойства ферромагнитных материалов (Явление гистерезиса. Остаточная намагниченность. Коэрцитивная сила. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы). Основы расчета магнитных цепей.

9. Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии. Метод контурных токов.

10. Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии. Метод узловых напряжений.

11. Электрические цепи переменного тока. Амплитуда напряжения и тока. Действующее значение напряжения и тока. Период частота и фаза напряжения и тока. Изображение синусоидальных функций времени в векторной форме. Изображение синусоидальных функций времени в комплексной форме. Применение законов Ома и Кирхгофа к цепям переменного тока.

12. Электрические цепи переменного тока. Сопротивление в цепи синусоидального тока. Индуктивная катушка в цепи синусоидального тока (Реактивное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Треугольник напряжений). Емкость в цепи синусоидального тока.

13. Электрические цепи переменного тока. Последовательно соединенные реальная индуктивная катушка и конденсатор в цепи синусоидального тока. (Треугольник

сопротивлений. Треугольник напряжений). Параллельно соединенные индуктивность, емкость и активное сопротивление в цепи синусоидального тока. Реактивные проводимости.

14. Электрические цепи переменного тока. Резонансный режим в цепи, состоящей из параллельно включенных реальной индуктивной катушки и конденсатора).

15. Электрические цепи переменного тока. Мощность в цепи синусоидального тока. Активная, реактивная, полная мощности. Коэффициент мощности. Треугольник мощностей. Баланс мощностей. Режимы работы цепи однофазного переменного тока. Согласованный режим работы электрической цепи. Согласование нагрузки с источником.

16. Трехфазные цепи. Основные определения. Соединение в звезду. Соединение в треугольник. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при симметричной нагрузке.

17. Трехфазные цепи. Мощность в трехфазных цепях.

18. Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области Переходные процессы в цепях с двумя реактивными элементами (Переходные процессы в RLC контуре (колебательный и апериодический. Характеристическое уравнение и его корни. Характеристическое сопротивление. Добротность. Декремент затухания. Временные диаграммы).

19. Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов. Первый и второй законы Кирхгофа в операторной форме. Составление уравнений для изображений и последовательность расчета операторным методом. Изображение функций времени в виде отношения двух полиномов по степеням p . Переход от изображения к функции времени. Обратное преобразование Лапласа. Передаточная функция цепи - операторный коэффициент передачи. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением. Импульсная характеристика цепи. Частотные характеристики цепи. Основные понятия о методе интеграла Дюамеля.

20. Основные законы электрических цепей. Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Закон Ома для цепи, содержащей источник ЭДС. Первый закон Кирхгофа. Второй закон Кирхгофа. Теорема взаимности.

21. Основные положения теории синтеза цепей. Характеристика задач синтеза цепей. Синтез электрических фильтров.

22. Основные понятия и определения ТОЭ. Электрическая цепь. Группы электротехнических устройств. Постоянный ток. Переменный ток. Электродвижущая сила. Напряжение. Мощность. Энергия. Активные и пассивные цепи. Линейные и нелинейные цепи.

23. Линейные и нелинейные цепи постоянного тока. Электрические схемы. Определение линейных и нелинейных электрических цепей. Схема замещения. Пассивные элементы схемы замещения. Сопротивление. Емкость. Индуктивность. Активные элементы схемы замещения. Идеальный и неидеальный источник ЭДС. Идеальный и неидеальный источник тока. Внутреннее сопротивление источников энергии. Взаимные преобразования источников энергии. Внешние характеристики источников энергии.

24. Основы топологии цепей. Основные определения, относящиеся к схемам. Разветвленная схема. Неразветвленная схема. Ветвь. Узел. Виды узлов. Последовательное соединение участков цепи. Параллельное соединение участков цепи. Контур. Режимы работы электрических цепей.

25. Двухполюсные цепи. Многополюсные цепи. Применение различных форм записи уравнений четырехполюсника, соединения четырехполюсников, условия регулярности. Характеристические и повторные сопротивления четырехполюсников. Постоянная передачи и единицы измерения затухания. Примеры записи матрицы ABCD для различных простейших четырехполюсников. Уравнения четырехполюсника, записанные через гиперболические функции. Электрические фильтры. Основные понятия. Типы фильтров. Характеристики.

26. Индуктивно связанные цепи и трансформаторы. Основные определения. Назначение. Примеры индуктивно – связанных цепей. Взаимная индуктивность. Коэффициент взаимной индукции.

27. Анализ электрических цепей с одним источником энергии. Метод свертывания. Метод подобия или метод пропорциональных величин.

28. Анализ электрических цепей с несколькими источниками энергии. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.

29. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Основные определения. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое (интегральное) и динамическое сопротивление.

30. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при последовательном соединении элементов. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при параллельном соединении элементов. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при смешанном соединении элементов.

31. Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. Возникновение периодических несинусоидальных токов. Представление периодических несинусоидальных величин рядами Фурье. Примеры разложения периодических негармонических функций в ряд Фурье. Запись рядов Фурье для колебаний: Прямоугольной формы, Треугольной формы, Пилообразной формы, Колебаний после однополупериодного выпрямителя, Колебаний после мостового выпрямителя. Виды симметричных периодических функций.

32. Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. Действующие и средние значения периодических несинусоидальных токов и напряжений. Мощность периодического несинусоидального тока. Основные понятия о спектре несинусоидальных колебаний. Примеры спектров периодических несинусоидальных колебаний. Спектр бигармонического колебания. Спектр амплитудно-модулированного колебания. Спектр частотно-модулированного колебания.

33. Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. Специальные методы спектрального анализа. (Метод трех ординат. Метод пяти ординат. Метод семи ординат. Метод А. И. Берга. Метод экспоненциальной аппроксимации. Метод аппроксимации степенным полиномом).

34. Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области. Короткое замыкание в RL цепи. Подключение RL цепи к источнику постоянной ЭДС. Короткое замыкание в RC цепи. Подключение RC цепи к источнику постоянной ЭДС. Переходные процессы в цепях с двумя реактивными элементами (Переходные процессы в RLC контуре (колебательный и апериодический. Характеристическое уравнение и его корни. Характеристическое сопротивление. Добротность. Декремент затухания. Временные диаграммы).

35. Трехфазные цепи. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке при нулевом сопротивлении провода нейтрали. Расчет трехфазной цепи, при соединении звездой при несимметричной нагрузке и отсутствии провода нейтрали. Мощность в трехфазных цепях.

36. Переходные процессы в электрических цепях. Анализ переходных процессов во временной области. Общая характеристика переходных процессов. Первый и второй законы коммутации. Зависимые и независимые начальные условия. Классический метод анализа переходных процессов. Характеристическое уравнение.

37. Переходные процессы в электрических цепях. Основные понятия операторного метода анализа переходных процессов. Введение в операторный метод. Преобразование Лапласа. Оригинал и изображения. Теоремы и предельные соотношения операторного анализа. Закон Ома в операторной форме. Внутренние ЭДС.

38. Электрические цепи с распределенными параметрами. Общие определения. Дифференциальные уравнения цепи с распределенными параметрами. Решение уравнений

линии с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами. Линия с распределенными параметрами в различных режимах. Линия с распределенными параметрами без искажений.

39. Краткий очерк истории развития электротехники. Краткий обзор пакетов схемотехнического анализа «Начала электроники», «Circuit Simulator», «MicroCAP», «Electronics Workbench», «NI Multisim 12», «Tina» и др.

40. Электрические цепи с распределенными параметрами. Линия с распределенными параметрами без потерь. Переходные процессы в линии с распределенными параметрами. Падающие волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Отраженные волны в линии с распределенными параметрами при подключении ее к источнику ЭДС. Расчет переходного процесса в линии с учетом многократных отражений волн.

Экзаменационные билеты являются закрытым оценочным средством

Пример экзаменационного билета:

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Кафедра радиосистем

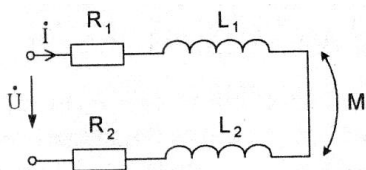
Экзаменационный билет №

Учебная дисциплина Теоретические основы электротехники

Для направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника

1. Четырехполюсники. Классификация четырехполюсников. Системы уравнений четырехполюсника. Схемы замещения. Методы определения параметров четырехполюсника на примере типовых схем четырехполюсников.
2. Переходные процессы в последовательной RLC-цепи.
3. К цепи приложено напряжение $U=220\text{В}$, $f=50\text{Гц}$. При согласном включении катушек ток в цепи $I=2.7\text{А}$ и мощность, расходуемая в ней, $P=219\text{Вт}$. При встречном включении ток в ней $I=7\text{А}$. Определить M , L_2 , $k_{св}$ и R_2 , если $L_1=0.1\text{Гн}$, $R_1=10\text{Ом}$.



Принято на заседании кафедры «_____» _____ 20__ г. Протокол № _____
Заведующий кафедрой _____ Жукова И. Н.

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Приложение Б
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения
Учебной дисциплины Теоретические основы электротехники

Таблица Б1 – Основная литература*

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник. - 10-е изд. - М. : Гардарики, 2001. - 638с.	41	
2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учеб. для студентов вузов. - 9-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1996. - 638с	9	
3. Теоретические основы электротехники : метод. указания и контрол. задания для студентов техн. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. - М.:Высшая школа, 2001. - 158с	49	
4. Семенцов В.И. Сборник задач по теории цепей: учеб. пособие для вузов / Под ред.В.П.Попова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2009. - 269,[3]с. :	5	
5. Атабеков Г. И. Основы теории цепей : учебник / Г. И. Атабеков. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2006. - 424, [1] с.	64	
6. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока методом контурных токов: метод. указания / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017. – 11 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3617	5/100	
7. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока методом непосредственного применения законов Кирхгофа: метод. указания / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017. – 10 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3618	5/100	
8. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока методом узловых потенциалов: метод. указания / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017. – 12 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3619	5/100	
9. Электротехника, электроника и схемотехника. Электротехника: сб. заданий для лаб. работ / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2015. – 96 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2219	5/100	
Электронные ресурсы		
1. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 1. Метод трех ординат / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 13 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3376		
2. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 2. Метод пяти ординат / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 23 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3377		
3. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 3. Метод семи ординат / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 22с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3378		

4. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 4. Метод А.И.Бегра / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 23с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3379		
5. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 5. Экспоненциальная аппроксимация / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 23с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3380		
6. Специальные методы спектрального анализа: метод. указания. Часть 6. Аппроксимация степенным полиномом / сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2018. – 23с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3380		
7. Теоретические основы электротехники: конспект лекций / сост. Социлин А.В.; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2017. – 230с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2563		

Талица Б2 –Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей: учебник / Г. И. Атабеков. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. – 424 с.	54	
2. Попов В.П. Основы теории цепей: Учеб.для вузов. - 5-е изд.,стер. - М. : Высшая школа, 2005. – 574 с.	17	
3. Семенцов В.И. Сборник задач по теории цепей: Учеб.пособие для вузов/ В.И. Семенцов, В.П. Попов, В.Н. Бирюков; Под ред.В.П.Попова. — 3-е изд.,перераб.и доп. — М.:Высшая школа, 2009. — 269 с.		
4. Программа «С_CALC. Калькулятор комплексных функций»: метод. указания / авт.-сост. А. В. Социлин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2015. – 13 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2136		
Электронные ресурсы		
1		
2		

Таблица Б.3– Информационное обеспечение

Наименование ресурса	Договор	Срок договора
Профессиональные базы данных		
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный

Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина https://www.prilib.ru/	в открытом доступе	-
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/	в открытом доступе	-
Национальная подписка в рамках проекта Министерства образования и науки РФ (Госзадание № 4/2017 г.) к научометрическим БД Scopus и Web of Science https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic	регистрация (территория вуза)	2022
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф	в открытом доступе	-
Информационные справочные системы		
Университетская информационная система «РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru	в открытом доступе	-
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru	в открытом доступе	-

Зав. кафедрой РС  20 24 г.
 « 21 » сентября
 Зав. каф. ФТТМ

 Б.И.Селезнев
 « 21 » сентября 2024 г.

Приложение В
(обязательное)

**Лист актуализации рабочей программы
учебной дисциплины Теоретические основы электротехники**

Рабочая программа актуализирована на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 145 заседания кафедры от «13» февраля 2020 г.

Разработчик: доцент каф.РС А.В.Сочилин

Заведующий кафедрой РС И.Н.Жукова

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.

Протокол № __ заседания кафедры от «__» __ 20__ г.

Разработчик: _____

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.

Протокол № __ заседания кафедры от «__» __ 20__ г.

Разработчик: _____

Зав. кафедрой _____

Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

Номер изменения	№ и дата протокола заседания кафедры	Содержание изменений	Зав.кафедрой	Подпись