

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы  
при изучении дисциплины (модуля)**

<b>Дисциплина</b>	<b>Б1.Б.14 Основы теории цепей (ЗО)</b> <small>код и наименование дисциплины</small>
<b>Специальность</b>	<b>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</b> <small>код и наименование специальности</small>
<b>Специализация</b>	<b>Радиоэлектронные системы передачи информации</b> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
<b>Разработчик</b>	<b>Доцент Холодов Г.Г.</b> <small>уч. степень, уч. звание, должность, ФИО</small>

Мурманск  
2019

Составитель – Холодов Геннадий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

**Целью дисциплины (модуля) «Основы теории цепей»** является подготовка инженеров в соответствии с Профстандартом 06.005 Инженер-радиоэлектронщик, квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

## 2. Задачи дисциплины:

1. дать необходимые знания для обеспечения базовой подготовки, необходимой для успешного изучения специальных дисциплин;
2. изучение дисциплины должно заложить систему понятий в области радиотехники.

## 3. Содержание дисциплины

1. Элементы электрических цепей, топологические элементы цепей, принцип наложения (суперпозиции) токов и напряжений в цепях.
2. Закон Кирхгофа: первый, второй, основные методы расчета цепей, методы анализа цепей с помощью ЭВМ
3. Эквивалентные преобразования схем, цепи с источниками гармонических токов и напряжений, расчет цепей с гармоническими колебаниями в функциях комплексного переменного (символический метод).
4. Энергетические характеристики цепей, частотные характеристики цепей: КЧХ, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, частотные характеристики простейших цепей, последовательный колебательный контур, параллельный колебательный контур.
5. Цепи с магнитными связями, трансформаторы, связанные колебательные контуры, четырехполюсники, электрические фильтры, цепи при периодических, негармонических воздействиях.
6. Переходные процессы в линейных электрических цепях, классический метод расчета переходного процесса, расчет цепи при воздействии любой формы, качественный анализ переходного процесса.
7. Операторный метод расчета переходного процесса, основы спектрального анализа цепей при непериодических воздействиях, цепи с распределенными параметрами, нелинейные электрические цепи.

## Перечень примерных тем контрольных работ:

1. Расчет и исследование линейных электрических цепей при воздействии гармоническим сигналом (символический метод расчета цепей)..

## 4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

### Результаты обучения

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) <sup>1</sup>
	ОПК-7 способность владеть методами решения задач анализа и расчета ха-	Компетенция реализуется полностью	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> : Владеет методами анализа и расчета радиотехнических цепей ИД-2 <sub>ОПК-72</sub> : Умеет правильно сформулировать задачу для анализа и расчета радиотехниче-

<sup>1</sup> Для ФГОС ВО 3++

	рактических радиотехнических цепей.		ских цепей ИД-3 <sub>ОПК-7</sub> : Владеет основными методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей
--	-------------------------------------	--	---

**Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы**

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы			
		Заочная			
		Л	ПР	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6
3.	<b>Введение.</b> Предмет, задачи и значение дисциплины. Краткие исторические сведения. Основные понятия, определения, единицы измерения, Закон Джоуля – Ленца. Электрические сигналы. Электрические цепи. Идеализированные элементы электрических цепей.				1
1.	<b>Элементы электрических цепей.</b> Пассивные элементы электрических цепей, активное сопротивление, индуктивность, емкость. Их свойства и характеристики. Особенности функционирования резисторов, катушек индуктивности, конденсаторов на высоких частотах. Схемы замещения. Добротность катушки индуктивности и конденсатора. Активные элементы электрических цепей. Модели источников электрической энергии. Источники тока и напряжения реальные и идеальные. Условия эквивалентности источников. Расчет моделей источников энергии. Зависимость выходных параметров источников электрической энергии от величины нагрузки.				1
2.	<b>Топологические элементы цепей.</b> Электрическая схема, ветвь, узел, контур. Типы схем, планарные, не планарные. Эквивалентная схема замещения. Граф электрической цепи, вершина, ребро, дерево, цикл, хорда. Соотношения числа ребер и числа вершин в графе. Графическое определение числа независимых контуров в электрической схеме				1
3.	<b>Принцип наложения (суперпозиции) токов и напряжений в цепях.</b>				2
4.	<b>Закон Кирхгофа:</b> первый, второй. Определение числа независимых уравнений, составленным по законам Кирхгофа графическим методом. Обобщенная формула закона Ома для участка цепи как частный случай второго закона Кирхгофа. Потенциальная диаграмма контура цепи.				4
5.	<b>Методы анализа цепей с помощью ЭВМ.</b> Постановка задачи и основные этапы анализа цепей с помощью ЭВМ. Математические модели цепей и их элементов, ориентированные на применение ЭВМ. Особенности представления данных для расчета с помощью ЭВМ. Матрицы инцидентий, сечений, контуров. Использование универсальных пакетов прикладных программ для расчетов параметров и характеристик цепей.				1
6.	<b>Эквивалентные преобразования схем.</b> Преобразование проводимости ветвей треугольника в трех - лучевую звезду. Пре-				1

	образование сопротивлений ветвей трех – лучевой звезды в треугольник . Понятие дуальности. Дуальность сигналов, свойств, законов, элементов, схем. Построение дуальных цепей.				
7.	<b>Цепи с источниками гармонических токов и напряжений.</b> Основные понятия, определения, единицы измерения: мгновенное значение тока, амплитуда, частота, фаза, начальная фаза, начальное значение тока. Гармоническое колебание как проекция вращающегося вектора. Векторное изображение гармонических колебаний. Угол сдвига фаз гармонических колебаний. Количественные оценки гармонических функций: амплитудное, среднее, действующее значение, - их физический смысл и практическое значение.				5
8.	<b>Расчет цепей с гармоническими колебаниями в функциях комплексного переменного (символический метод).</b> Символическое изображение синусоидального тока в функции комплексного переменного: алгебраическая, тригонометрическая, показательная формы записи. Геометрическая интерпретация комплексного числа. Общая схема расчета цепей символическим методом. Переход от комплексного изображения к оригиналу тока в цепи. Законы Ома и Кирхгофа в функциях комплексного переменного. Треугольники напряжений, сопротивлений, проводимостей, токов, мощностей для цепей в условиях гармонического воздействия. Особенности методов расчета цепей в функциях комплексного переменного.			2	4
9.	<b>Энергетические характеристики цепей.</b> Мощности в цепях с гармоническими колебаниями: мгновенная, средняя активная, реактивная, полная (кажущаяся), их определения, единицы измерения , характерные особенности и свойства, физический смысл. Коэффициент мощности. Изображение полной мощности цепи в функции комплексного переменного. Теореме Теллегена в широком и узком смысле. Особенности определения баланса мощностей в цепях постоянного и переменного токов. Баланс мощностей в функции комплексного переменного. Передача мощности в нагрузку в цепях постоянного и переменного тока. Практическое применение режима максимальной отдаваемой мощности в нагрузку..			2	4
10.	<b>Частотные характеристики цепей: КЧХ, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ.</b> Способы графического представления частотных характеристик цепи. Логарифмический масштаб построения частотных характеристик. Логарифмические единицы измерения амплитудно–частотного интервала: децибел, непер, октава, декада. Частотные характеристики идеализированных пассивных элементов.	1			4
11.	<b>Частотные характеристики простейших цепей.</b> Делители напряжения. Частотные характеристики RL цепи (фильтр верхних частот). Дуальная RC цепь. Особенности, свойства и область применения простейших фильтров верхних частот. Блокировка постоянной составляющей входного тока. Частотные характеристики RC цепи (фильтр нижних частот). Дуальная RL цепь. Особенности, свойства и область применения простейших фильтров нижних частот.				4
12.	<b>Последовательный колебательный контур.</b> Основные по-				4

	<p>нятия, определения и характеристики. Резонанс напряжений. Векторная диаграмма сигналов в контуре. Частотные характеристики (резонансные кривые) последовательного резонансного контура. Частотные характеристики комплексной передаточной функции колебательного контура высокой добротности. Преобразование мощности при резонансе в цепи.</p>				
13.	<p><b>Параллельный колебательный контур.</b> Основные понятия, определения и характеристики идеализированного параллельного колебательного контура. Резонанс токов. Векторная диаграмма сигналов в контуре. Частотные характеристики (резонансные кривые) параллельного колебательного контура. Резонанс токов в общем случае. Особенности резонанса в простом колебательном контуре. Резонанс в сложных параллельных колебательных контурах высокой добротности</p>			3	4
14.	<p><b>Цепи с магнитными связями.</b> Основные понятия, определения, единицы измерения. ЭДС взаимной индукции. Условные обозначения индуктивных связей в схемах. Последовательное соединения магнитно связанных катушек индуктивности. Опытное определение взаимной индуктивности катушек. Параллельное соединения магнитно связанных катушек индуктивности. Эквивалентная замена индуктивных связей электрическими. Эквивалентные Г-образные схемы замещения индуктивно связанных контуров. Вносимое сопротивление. Перенос мощности в магнитно связанных цепях.</p>	1			4
15.	<p><b>Трансформаторы.</b> Т-образные схемы замещения воздушного трансформатора с потерями. Совершенный трансформатор. Идеальный трансформатор. Согласования по сопротивлениям. Схема замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником под нагрузкой. Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником.</p>	1			4
16.	<p><b>Связанные колебательные контуры.</b> Виды связи, сопротивления связи коэффициент связи контуров. Обобщенная схема замещения связанных колебательных контуров. Схемы замещения первичного и вторичного контуров. Резонанс в связанных колебательных контурах. Настройка связанных контуров. Амплитудно и фазочастотные характеристики связанных колебательных контуров. Полоса пропускания, избирательность системы связанных контуров.</p>	1			4
17.	<p><b>Четырехполюсники.</b> Определения. Классификация. Уравнения передачи в Y- и Z-параметрах. Обобщенная матрица в A-параметрах. Связь обобщенных параметров с параметрами ХХ и КЗ. Характеристические параметры: характеристическое сопротивление, характеристические параметры передачи. Связь характеристических параметров четырехполюсника с обобщенными. Входное сопротивление при произвольной нагрузке. Соединения четырехполюсников. Согласованное каскадное соединение четырехполюсников. Согласующий (идеальный) трансформатор как четырехполюсник. Обратные связи в четырехполюсниках. Активные четырехполюсники.</p>	1			4
18.	<p><b>Электрические фильтры.</b> Определения. Классификации: по расположению частотных областей, по типам схем звеньев, по видам частотных характеристик. Области применения и тен-</p>	1			

	денции разработок фильтров. RC фильтры: ФВЧ, ФНЧ. Полосовые и режекторные фильтры, общая характеристика. RLC фильтры: общая характеристика, широкополосный, узкополосный режекторный. Фильтры типа k: общая характеристика, ФВЧ, ФНЧ, полосовые и режекторные фильтры. Условия пропускания фильтра. Определение частот среза фильтра. Характеристическое сопротивление фильтра. Фильтры типа m: общая характеристика, ФВЧ, ФНЧ, полосовые и режекторные фильтры. Цепочечные фильтры: общая характеристика, согласование последовательно - производного полувзена и полувзена прототипа, согласование параллельно – производного полувзена и полувзена прототипа. Полиномиальные фильтры: общая характеристика, фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя. Активные фильтры: свойства операционных усилителей, ИНУН, звенья ФВЧ и ФНЧ на ИНУН, принципы построения других типов активных фильтров на ИНУН.				
19.	<b>Цепи при периодических, негармонических воздействиях.</b> негармонического периодического сигнала в виде тригонометрического ряда Фурье. Спектральное представление негармонического периодического сигнала. Представление негармонического периодического сигнала в виде ряда Фурье в комплексной форме и его геометрическая интерпретация (для k-ой гармоники). Разложение в ряд Фурье при различных аналитических выражениях частей кривой сигнала. Особенности разложения в ряд Фурье симметричных кривых сигнала. Числовые характеристики негармонического периодического сигнала: действующее, среднее, среднее по модулю значения. Определение значений сигналов с помощью измерительных приборов. Характеристики формы кривых: коэффициент формы, амплитуды, искажения, гармоник. Влияние характера элементов цепи на форму и спектр периодических негармонических сигналов.				2
20.	<b>Расчет цепей при периодических негармонических воздействиях.</b> Общие положения. Порядок расчета. Мощность периодического негармонического тока. Биения колебаний. Принцип амплитудной модуляции.				10
21.	<b>Переходные процессы в линейных электрических цепях.</b> Физическая сущность переходного процесса. Начальные условия. Закон коммутации. Математическая модель переходного процесса				2
22.	<b>Классический метод расчета переходного процесса.</b> Переходной ток. Общая схема расчета переходного процесса классическим методом. Расчет переходного процесса в цепи с одним реактивным элементом. Подключение RC-цепи к источнику постоянной ЭДС. Постоянная времени RC-цепи. Разряд емкости на сопротивление. Использование RC-цепи в качестве элементов задержки времени. Интегрирующие цепи. Дифференцирующие цепи. Подключение катушки индуктивности к источнику постоянной ЭДС. Форсировка переходных процессов. Отключение катушки индуктивности от источника постоянной ЭДС. Подключение RC-цепи к источнику синусоидальной ЭДС. Подключение катушки индуктивности к источнику синусоидальной ЭДС. Переходные процессы в цепях	1		3	10

	второго порядка				
23.	<b>Расчет цепи при воздействии любой формы.</b> Общая схема расчета цепи при включении на напряжение любой формы. Единичная функция и единичный скачок. Переходная характеристика цепи. Расчет цепи при воздействии любой формы с помощью формул Дюамеля. Импульсная характеристика цепи. Расчет цепи при воздействии любой формы с помощью формул наложения.				
24.	<b>Качественный анализ переходного процесса.</b> Общие принципы качественного анализа переходного процесса в цепи. Аналитическое описание кривых переходного процесса. Построение качественных кривых переходного процесса в цепи.				11
25.	<b>Операторный метод расчета переходного процесса.</b> Преобразование по Лапласу. Операторная схема замещения. Операторные изображения элементов схемы и сигналов в цепи. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Теоремы операторного метода расчета цепи: теорема запаздывания оригинала, теорема смещения изображения, произведение изображений, теорема разложения (Хевисайда). Общая схема расчета цепи операторным методом. Расчет цепи с помощью передаточной функции. Расчет реакции цепи на воздействие любой формы. Расчет переходных характеристик цепи.				10
26.	<b>Основы спектрального анализа цепей при непериодических воздействиях.</b> Спектральная плотность непериодического сигнала. Спектры непериодических сигналов как предельный случай спектров периодических сигналов. Общая схема расчета цепей спектральным методом. Расчет тока двухполосника при непериодическом воздействии. Расчет переходного процесса в четырехполоснике. Условия неискаженной передачи сигнала через четырехполосник.	1			11
27.	<b>Цепи с распределенными параметрами.</b> Понятия о цепях с распределенными параметрами. Длинные цепи. Погонные параметры длинных цепей. Классификация. Уравнения состояния цепей с распределенными параметрами. Однородная линия при гармоническом воздействии. Падающая и отраженная волны. Длина волны в линии, фазовая скорость. Линия без потерь. Режимы бегущих, стоячих и смешанных волн. Колебательные системы на отрезках длинных линий. Согласование линии с нагрузкой.				3
28.	<b>Нелинейные электрические цепи.</b> Определения, классификации, основные свойства, характеристики и параметры нелинейных элементов. Аппроксимация и линеаризация характеристик нелинейных элементов. Нелинейные цепи постоянного тока. Графический и графоаналитический методы расчета цепей. Нелинейные цепи при гармоническом воздействии. Феррорезонанс. Применение нелинейных резистивных цепей. Стабилизация напряжения. Выпрямление переменного тока. Ограничение колебаний.				2
	<b>Итого за 3 курс :</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>117</b>
	<b>Итого за дисциплину:</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>117</b>

## Примерный перечень лабораторных работ

№ п\п	Темы лабораторных работ	Количество часов
		Заочная
1	2	3
	3 курс	
1	Исследование работы последовательной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки	3
2	Исследование работы параллельной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки	3
3	Исследование резонансных явлений в связанных колебательных контурах.	4
	<b>Итого за 3 курс:</b>	<b>10</b>

## 5. Методические рекомендации

### 5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.
- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.
- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

### 5.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и практических навыков. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, практически осваивая конкретные решения, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение практических работ направлено на:
  - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
  - формирование умений применять полученные знания для практической деятельности;
  - развитие теоретических, аналитических, проектировочных, знаний и умений;
  - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Практические занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в учебных помещениях и лабораториях, при необходимости, с использованием к сети интернет.
- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

### **5.3 Методические указания к выполнению лабораторных работ**

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.

- Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;

- развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;

- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.

- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).

- Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

- Результаты выполнения лабораторной работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

### **5.4 Проведение занятий в интерактивной форме**

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.

- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.

- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

### **5.5 Методические рекомендации к самостоятельной работе**

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.

- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.
- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:
  - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;
  - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
  - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

### **5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий**

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.
- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

### **5.6 Методические рекомендации к выполнению РГР.**

- При написании РГР обучающийся должен показать умение работать с литературой, анализировать информационные источники, делать обоснованные выводы.
  - Работа над выбранной темой требует от обучающегося знаний методологии выполнения исследования, творческого подхода, логики, аргументации изложения, отражения личного отношения к исследуемой проблеме, прилежания, профессионализма.
- Порядок выполнения РГР состоит из следующих этапов:
- подбор темы и литературы для ее выполнения;
  - разработка рабочего плана;
  - изучение специальных источников информации;
  - формирование основных теоретических положений, практических выводов и рекомендаций;
  - оформление РГР в соответствии с общими требованиями к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов
  - защита РГР.
- Важным этапом выполнения РГР является изучение литературных источников. Эта работа начинается с момента выбора темы РГР. В своей работе обучающийся должен показать умение использовать не только специальную техническую литературу, но и экономическую, нормативно-правовые акты, стандарты и ГОСТы.
  - Список литературы должен быть оформлен в строгом соответствии с правилами библиографии. В тексте РГР обязательно должны быть ссылки на используемую литературу. Количество наименований в списке литературы должно быть не менее 15.

## **5.7 Методические рекомендации по подготовке презентации**

### **Алгоритм создания презентации:**

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов.

При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

### **Требования к оформлению и представлению презентации:**

- Читабельность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

## **5.8 Методические рекомендации по подготовке доклада**

### **Алгоритм создания доклада:**

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

## **5.8 Методические рекомендации по выполнению контрольных работ**

- Контрольная работа является одним из видов учебной работы обучающихся и самостоятельной работы студентов-заочников, формой контроля освоения ими учебного материала по дисциплине, уровня знаний, умений и навыков.

Основные задачи выполняемой работы:

- закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- выработка навыков самостоятельной работы;
- определение степени подготовленности студента к будущей практической работе.
- Контрольная работа – это своеобразный письменный экзамен, который требует серьезной подготовки. При подготовке контрольных работ необходимо руководствоваться тематикой, которую рекомендует преподаватель, выбрав один из вариантов. Варианты контрольных работ распределяются преподавателем дисциплины.
- Письменную контрольную работу желательно представить в печатном виде, формат-А-4, шрифт-14, межстрочный интервал-1,5, поля: верхнее поле – не менее 15 мм, нижнее поле – не менее 15 мм, левое поле – не менее 30 мм, правое поле – не менее 15 мм; нумерация страниц в правом верхнем углу обязательна. Объем работы зависит от дисциплины и определяется преподавателем.

## **5.8 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена**

- Экзамен осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.
- Обучающиеся обязаны сдавать экзамен в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.
- Экзамен принимается по билетам, содержащим два вопроса. Экзаменационные билеты утверждаются на заседании кафедры.
- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.
- При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.
- Рекомендуется при подготовке к экзамену опираться на следующий план:
  1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.
  2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.

### **Вопросы для самоконтроля по дисциплине «Основы теории цепей»**

1. Активные элементы ЛЭЦ. Источники напряжений идеальные и реальные. Расчет модели реального источника ЭДС. Условия эквивалентности реальных источников электрической энергии. Закон Джоуля-Ленца.
2. Активные элементы ЛЭЦ. Источники тока идеальные и реальные. Расчет модели реального источника тока. Зависимость выходных параметров источников электрической энергии от величины нагрузки.
3. Пассивные элементы ЛЭЦ: резистивный, индуктивный, ёмкостной. Схемы замещения резистора, катушки, конденсатора. Добротность катушки индуктивности, добротность конденсатора.
4. Понятие дуальности. Дуальность элементов и их характеристик. Дуальность цепей. Построение дуальной цепи.
5. Топологические элементы ЛЭЦ. Электрическая схема, ветвь, узел, контур. Типы схем: планарные и непланарные. Эквивалентная схема замещения. Граф электрической цепи, вершина, ребро, цикл, дерево, хорда. Соотношение числа рёбер и числа вершин в графе. Графическое определение числа независимых контуров в электрической схеме.
6. Принцип наложения. Использование принципа наложения в расчетах разветвленных электрических цепей.
7. Законы Кирхгофа: первый и второй. Определение числа независимых уравнений графическим методом. Обобщённая формула закона Ома для участка цепи как частный случай второго закона Кирхгофа.
8. Метод контурных токов. Теорема взаимности.
9. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов.
10. Метод эквивалентного источника - теорема Тевенина-Гельмгольца-Нортонa. Теорема компенсации.
11. Эквивалентные преобразования схем. Преобразование проводимостей ветвей треугольника в трёхлучевую звезду. Преобразование сопротивлений ветвей трёхлучевой звезды в треугольник.
12. Теорема Теллегена в узком и широком смысле. Баланс мгновенных мощностей. Баланс комплексных мощностей в цепях с гармоническими колебаниями тока

13. Мощность в цепях в условиях постоянного тока. КПД системы.
14. Цепи с источниками гармонических токов и напряжений. Основные понятия и определения: мгновенное значение тока, амплитуда, частота, фаза, начальная фаза, начальное значение тока. Гармоническое колебание как проекция вращающегося вектора. Количественные оценки гармонических функций: амплитудное, среднее, действующее значение и их физический смысл.
15. Символический метод расчёта ЛЭЦ синусоидального тока. Символическое изображение действительного синусоидального тока: алгебраическая, тригонометрическая, показательная формы записи. Геометрическая интерпретация комплексного числа. Переход от комплексного изображения к оригиналу тока в цепи. Комплексное изображение напряжений на индуктивности и ёмкости как функции тока.
16. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Треугольники напряжений, сопротивлений, проводимостей, мощностей для цепей в условиях гармонического воздействия.
17. Мощность на пассивных элементах при гармоническом воздействии. Мощность в цепи при гармоническом воздействии: мгновенная, средняя активная, реактивная, полная, комплексная.
18. Условие выделения максимальной (активной) мощности в нагрузке в цепях синусоидального тока.
19. Частотные характеристики ЛЭЦ: КЧХ, АЧХ, ФЧХ; КЧХ входные и передаточные. Годограф КЧХ. Способы графического представления КЧХ.
20. Частотные характеристики идеализированных пассивных элементов. Логарифмический масштаб построения частотных характеристик. Логарифмические единицы измерения амплитудного и частотного интервала: децибел, Непер, октава, декада.
21. Делители напряжения. Частотные характеристики комплексной передаточной функции RC- цепи.
22. Делители напряжения. Частотные характеристики, комплексной передаточной функции RL- цепи.
23. Резонанс напряжений. Резонансные кривые последовательного колебательного контура. Преобразование мощности при резонансе в цепи.
24. Частотные характеристики последовательного колебательного контура. Избирательная способность колебательного контура.
25. Резонанс токов в идеализированном колебательном контуре. Резонансные кривые. Комплексные передаточные функции идеализированного параллельного колебательного контура. Резонанс токов в общем случае.
26. Магнитно связанные цепи: магнитный поток, потокосцепление, ЭДС самоиндукции, взаимная индуктивность контуров, коэффициент связи, ЭДС взаимной индукции. Условие обозначения на схемах. Последовательное соединение катушек.
27. Параллельное соединение магнитно связанных катушек,
28. Индуктивно связанные контуры.
29. Трансформаторы. Т-образные схемы замещения воздушного трансформатора с потерями.
30. Совершенный трансформатор.
31. Идеальный трансформатор. Согласование по сопротивлениям.
32. Схема замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником под нагрузкой. Приведенные параметры трансформатора.
33. Четырёхполюсники. Определения. Классификация. Уравнения передачи в Y- и Z- параметрах.
34. Обобщенная матрица четырёхполюсника в A-параметрах. Связь обобщенных параметров с параметрами ХХ и КЗ.
35. Характеристические параметры четырёхполюсника: характеристическое сопротивление, характеристические параметры передачи. Связь характеристических параметров

- четырёхполюсника с обобщенными.
36. Входное сопротивление четырёхполюсника при произвольной нагрузке.
  37. Соединения четырёхполюсников: согласованное, последовательное, параллельное. Свойства согласованного каскадного соединения четырёхполюсников.
  38. Обратные связи в четырёхполюсниках.
  39. Основные свойства и эквивалентные схемы замещения активных четырёхполюсников на ОУ: ИНУН, ИНУТ, ИТУН, ИТУТ. Гиратор на ОУ.
  40. Электрические фильтры: определения, классификации: по расположению частотных областей, по типам схем звеньев, по видам частотных характеристик.
  41. Классификация электрических фильтров по типам схем звеньев: RC-фильтры, резонансные RLC-фильтры, RL-фильтры типа «к», RL-фильтры типа «т», полиномиальные RL-фильтры.
  42. Области применения и тенденции разработок электрических фильтров.
  43. Электрические RC-фильтры: ФВЧ, ФНЧ, полосовые и режекторные фильтры, общая характеристика.
  44. Электрические резонансные RLC-фильтры: общая характеристика, широкополосовые и режекторные фильтры.
  45. Условие пропускания RL-фильтры типа «к». Определение частот среза фильтра.
  46. Характеристическое сопротивление RL-фильтры типа «к» в полосе пропускания и в полосе задержания.
  47. Фильтры типа «т»: общая характеристика, получение производных звеньев типа «т» из прототипов типа «к».
  48. Цепочечные фильтры: общая характеристика, согласование последовательно-производного полувзена и полувзена прототипа, согласование параллельно-производного полувзена и полувзена прототипа.
  49. Полиномиальные фильтры: общая характеристика, фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя.
  50. Представление негармонического периодического сигнала в виде тригонометрического ряда Фурье. Спектральное представление негармонического периодического сигнала.
  51. Представление негармонического периодического сигнала в виде ряда Фурье в комплексной форме и его геометрическая интерпретация (для k-той гармоники).
  52. Разложение в ряд Фурье при различных аналитических выражениях частей кривой сигнала. Особенности разложения в ряд Фурье симметричных кривых сигнала.
  53. Числовые характеристики периодического негармонического сигнала: действующее, среднее, среднее по модулю значения. Определение значений сигналов с помощью измерительных приборов.
  54. Характеристики формы кривых: коэффициенты формы, амплитуды, искажения, гармоник. Влияние характера элементов цепи на форму и спектр периодических негармонических сигналов.
  55. Спектральная плотность непериодического сигнала. Спектры непериодических сигналов как предельный случай спектров периодических сигналов.
  56. Общая схема расчета цепей спектральным методом. Расчет тока двухполюсника при непериодическом воздействии.
  57. Расчет цепей при периодических негармонических воздействиях. Общие положения. Порядок расчета. Мощность периодического негармонического тока. Биения колебаний. Принцип амплитудной модуляции.
  58. Физическая сущность переходного процесса. Начальные условия. Законы коммутации. Математическая модель переходного процесса.
  59. Переходный ток. Общая схема расчета переходного процесса классическим методом.

60. Порядок расчета переходного процесса в цепи с одним реактивным элементом.
61. Расчет переходного процесса в четырехполюснике. Условия неискаженной передачи сигнала через четырехполюсник.
62. Подключение RC-цепи к источнику постоянной ЭДС. Постоянная времени RC-цепи.
63. Разрядка емкости на сопротивление.
64. Использование RC-цепей в качестве элементов задержки времени.
65. Интегрирующие цепи. Дифференцирующие цепи.
66. Подключение катушки индуктивности к источнику постоянной ЭДС.
67. Форсировка переходных процессов.
68. Отключение катушки индуктивности от источника постоянной ЭДС.
69. Подключение RC-цепи к источнику синусоидальной ЭДС.
70. Подключение катушки индуктивности к источнику синусоидальной ЭДС. Переходные процессы в цепях второго порядка. Общая схема расчета цепи при включении на напряжение любой формы.
71. Единичная функция. Переходная характеристика цепи. Расчет цепи при воздействии любой формы с помощью формул Дюамеля.
72. Общие принципы качественного анализа переходного процесса в цепи. Аналитическое описание кривых переходного процесса. Построение качественных кривых переходного процесса в цепи.
73. Преобразование по Лапласу. Операторная схема замещения. Операторные изображения элементов схемы и сигналов в цепи. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме.
74. Теоремы операторного метода расчета цепи: теорема запаздывания оригинала, теорема смещения изображения, произведение изображений, теорема разложения (Хевисайда).
75. Общая схема расчета цепи операторным методом. Расчет цепи с помощью передаточной функции. Расчет реакции цепи на воздействие любой формы.
76. Переходные характеристики цепи и их расчет.

## **Литература:**

### **1 Основная литература**

1. Афанасьев Б. П. и др. Теория линейных электрических цепей. – М.: Высшая школа, 1973.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Часть первая. Линейные электрические цепи. – М.: Энергия, 1978.
3. Борисова Л.Ф. Методы анализа и расчета переходных процессов в электрических цепях: учеб. пособие / Л.Ф. Борисова. – 2-е изд., испр. и доп. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006.- 92 с.

### **2.Дополнительная литература**

1. Борисова Л.Ф. Методы анализа и расчета переходных процессов в электрических цепях: учеб. пособие / Л.Ф. Борисова. – 2-е изд., испр. и доп. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006.- 92 с.
2. Борисова Л. Ф. Методические указания и контрольные задания по курсу «Основы теории цепей» для студентов заочного факультета специальности 201400 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» Мурманск, 1996 (МГТУ)
3. Борисова Л. Ф. Методические указания к курсовой работе по курсу «Основы теории цепей» для студентов заочного факультета специальности 201400 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» Мурманск, 1996 (МГТУ)