

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической работе
_____ Ю.А. Устименко
«09» сентября 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.27 Основы теории радиотехнических цепей и сигналов

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: очная

Курс – 2,3

Семестр – 4,5

Всего зачетных единиц – 9; часов – 324

Форма отчетности: зачет – 4 семестр, экзамен – 5 семестр, курсовой проект – 5 семестр.

Программу разработал: кандидат технических наук, профессор В.А. Соловьев

Одобрена на заседании кафедры
«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Основы теории радиотехнических цепей и сигналов» включена в обязательную часть образовательной программы по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника (направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы).

Для освоения дисциплины «Основы теории радиотехнических цепей и сигналов» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения школьного курса физики и математики, а также дисциплин «Физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики».

Изучение дисциплины «Основы теории радиотехнических цепей и сигналов» позволяет создать условия, необходимые для формирования у студентов современного естественнонаучного мировоззрения и целостной научной картины мира, а также заложить фундамент для более глубокого понимания и осмысленного применения полученных знаний в различных областях науки. В результате изучения дисциплины «Основы теории радиотехнических цепей и сигналов» студенты приобретают знания, умения и навыки, необходимые для успешного освоения дисциплин «Основы электроники и схемотехники», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Устройства приёма и преобразования сигналов».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-1. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Знать: основные методы и типовые методики математического моделирования объектов и процессов Уметь: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем Владеть: навыками компьютерного моделирования
ПК-2. Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков радиотехнических устройств и систем. Уметь: проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем Владеть: методиками организации и проведения экспериментальных исследований и обработки результатов эксперимента
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Знать: принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Уметь: проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Владеть: навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
ПК-5. Способен осуществлять организационно-методическое обеспечение технической эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: общие технические требования к радиоэлектронным системам и комплексам; сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках радиоэлектронных систем и комплексов; методы технического сопровождения радиоэлектронных систем и комплексов; методы и средства контроля технического состояния радиоэлектронных систем и комплексов

	<p>Уметь: планировать мероприятия по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов при непосредственной их эксплуатации, хранении, транспортировании; проводить рекламационные работы для устранения возникших во время эксплуатации неисправностей в радиоэлектронных системах, комплексах и их составных частях</p> <p>Владеть: методами планирования и проведения мероприятий по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов; методиками проведения профилактических, ремонтных работ по обеспечению и восстановлению работоспособного состояния и ресурсов радиоэлектронных систем и комплексов.</p>
--	--

3. Содержание дисциплины

Методы анализа и расчета электрических цепей постоянного тока

Основные понятия и законы электромагнитного поля, электрических и магнитных цепей. Основные понятия и законы электромагнитного поля. Основные понятия теории цепей. Элементы электрических цепей.

Законы Ома и Кирхгофа. Законы Ома и Кирхгофа. Преобразование схем цепей. Метод расчета электрических цепей с помощью уравнений Кирхгофа.

Экспериментальные исследования элементов электрических цепей. Изучение комплектующих изделий, применяемых для создания электрических и радиотехнических цепей. Изучение способов проверки работоспособности элементов цепей. Оценка параметров элементов.

Расчет эквивалентного сопротивления цепи постоянного тока. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при последовательном и параллельном соединении элементов. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении элементов.

Экспериментальное исследование электрических цепей постоянного тока. Исследование электрических цепей постоянного тока при последовательном соединении элементов. Исследование электрических цепей постоянного тока при параллельном соединении элементов. Исследование электрических цепей постоянного тока при смешанном соединении элементов.

Методы расчета электрических цепей. Метод пропорциональных коэффициентов. Метод законов Кирхгофа. Метод контурных токов.

Методы расчета электрических цепей. Метод двух узлов. Метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора.

Методика выполнения расчётов цепей постоянного тока. Методика выполнения расчёта методом контурных токов.

Расчет электрических цепей методом контурных токов. Расчет электрических цепей методом контурных токов.

Методика расчета электрических цепей методом узловых напряжений. Расчет электрических цепей методом узловых напряжений для двух узлов. Расчет электрических цепей методом узловых напряжений для трех и более узлов.

Расчет электрических цепей методом узловых напряжений. Расчет электрических цепей методом узловых напряжений для двух узлов.

Методы анализа и расчета электрических цепей.

Электрические цепи переменного тока. Анализ электрических цепей во временной области. Комплексный метод анализа соединений цепей. Методы расчета и анализа электрических цепей.

Методика расчета электрических цепей переменного тока. Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при последовательном соединении элементов. Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при параллельном соединении элементов.

Расчет электрических цепей переменного тока. Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при параллельном соединении элементов.

Расчет электрических цепей комплексным методом. Расчет электрических цепей переменного тока комплексным методом при последовательном соединении элементов. Расчет электрических цепей переменного тока комплексным методом при параллельном соединении элементов.

Экспериментальное исследование электрических цепей и процессов в них. Исследование электрических цепей переменного тока при последовательном соединении элементов. Исследование электрических цепей переменного тока при параллельном соединении элементов.

Трехфазные электрические цепи. Принцип получения трехфазной ЭДС. Соединение фаз генератора и потребителя энергии «звездой» и «треугольником». Особенности расчета трехфазных электрических цепей.

Экспериментальное исследование цепей трёхфазного тока. Подключение нагрузки к сети по схеме «звезда» и измерение основных параметров схемы. Подключение нагрузки к сети по схеме «треугольник» и измерение основных параметров схемы.

Анализ электрических цепей в частотной области. Функции электрических цепей. Системные функции цепей. Частотные характеристики электрических цепей.

Резонансные электрические цепи.

Последовательный колебательный контур. Схема и параметры последовательного колебательного контура. Резонанс напряжений. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.

Параллельный колебательный контур. Резонанс токов в электрической цепи. Параметры параллельного колебательного контура. Виды схем параллельных колебательных контуров.

Резонансные свойства параллельного колебательного контура. Резонансные кривые параллельного колебательного контура. Частотные характеристики параллельного колебательного контура. Влияние параметров генератора и нагрузки на резонансные свойства контуров.

Расчет параметров и характеристик колебательных контуров. Расчет параметров и характеристик колебательных контуров.

Экспериментальное исследование резонансных явлений в электрических цепях. Исследование резонансных явлений в последовательном колебательном контуре.

Экспериментальное исследование резонансных явлений в электрических цепях. Исследование резонансных явлений в параллельном колебательном контуре.

Переходные процессы в электрических цепях.

Основные сведения о переходных процессах в электрических цепях и методах их расчета. Законы коммутации. Методы анализа электрических цепей в стационарном и переходном режимах.

Расчет электрических цепей в стационарном и переходном режимах. Расчет и анализ переходных процессов в RC цепях. Расчет и анализ переходных процессов в RL цепях.

Экспериментальное исследование переходных процессов в электрических цепях. Исследование параметров переходного процесса в RC-цепи. Исследование переходного процесса в LR-цепи.

Электрические фильтры.

Электрические фильтры. Представление фильтра в виде четырехполюсника. Параметры четырехполюсника. Основные определения и классификация электрических фильтров.

Анализ электрических фильтров. LC-фильтры. Методы расчета электрических фильтров.

Экспериментальное исследование фильтров. Исследование фильтра нижних частот. Исследование фильтра верхних частот.

Основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и их характеристики.

Основные виды радиотехнических сигналов и их характеристики. Основные виды радиотехнических сигналов. Параметры и характеристики детерминированных сигналов. Методы преобразования сигналов.

Оценка параметров и характеристик детерминированных сигналов. Оценка параметров и характеристик непериодических сигналов. Оценка параметров и характеристик периодических сигналов.

Спектры сигналов. Спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов. Спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов. Узкополосные сигналы.

Экспериментальное исследование амплитудно-частотного спектра периодической последовательности видеоимпульсов. Инструментальное определение параметров сигнала, Аналитическое построение спектра. Инструментальное определение спектра с помощью спектроанализатора.

Экспериментальное исследование амплитудно-частотного спектра периодической последовательности радиоимпульсов. Инструментальное определение параметров сигнала, Аналитическое построение спектра. Инструментальное определение спектра с помощью спектроанализатора.

Спектры непериодических сигналов. Спектр прямоугольного видеоимпульса. Спектр прямоугольного радиоимпульса. Спектр пачки импульсов.

Экспериментальное исследование амплитудно-частотного спектра пачки периодической последовательности видеоимпульсов. Инструментальное определение параметров пачки периодической последовательности видеоимпульсов. Определение спектра пачки импульсов с помощью анализатора спектра.

Экспериментальное исследование амплитудно-частотного спектра пачки периодической последовательности радиоимпульсов. Инструментальное определение параметров пачки периодической последовательности радиоимпульсов. Определение спектра пачки импульсов с помощью анализатора спектра.

Расчет спектров детерминированных сигналов. Расчет спектров непериодических сигналов. Расчет спектров периодических сигналов.

Экспериментальное исследование параметров и спектра периодической последовательности радиоимпульсов гауссовой формы. Инструментальное определение параметров пачки периодической последовательности радиоимпульсов гауссовой формы. Определение спектра пачки импульсов с помощью анализатора спектра.

Модулированные сигналы. Разновидности модулированных радиотехнических сигналов. Спектр сигналов с амплитудной модуляцией. Спектр сигналов с угловой модуляцией.

Оценка параметров и характеристик модулированных сигналов. Оценка параметров и характеристик амплитудно-модулированных сигналов. Оценка параметров и характеристик спектров частотно-модулированных сигналов.

Параметры и характеристики сложных сигналов типовых образцов радиолокационной техники. Параметры и характеристики ЛЧМ сигнала. Параметры и характеристики КФМ сигнала.

Экспериментальное исследование амплитудно-частотного спектра периодической последовательности ЛЧМ-сигналов. Инструментальное определение параметров ЛЧМ-сигнала, Аналитическое построение спектра. Инструментальное определение спектра с помощью спектроанализатора.

Случайные сигналы. Характеристики и параметры случайных радиотехнических сигналов. Связь спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного сигнала.

Оценка параметров и характеристик случайных сигналов. Расчет параметров и характеристик случайных сигналов. Построение графиков случайных сигналов по их параметрам.

Линейные электрические цепи и преобразования ими радиотехнических сигналов.

Основные методы расчета характеристик радиотехнических цепей. Частотные характеристики линейных цепей. Временные характеристики линейных цепей.

Использование основных методов расчета характеристик радиотехнических цепей. Расчет частотных характеристик радиотехнических цепей. Расчет временных характеристик радиотехнических цепей.

Экспериментальное исследование характеристик радиотехнических цепей. Исследование характеристик радиотехнических цепей. Исследование в целях анализа параметров радиоэлектронных средств (усилителя).

Основные методы анализа радиотехнических цепей. Частотный метод анализа линейных цепей. Временной метод анализа линейных цепей.

Использование частотного метода анализа радиотехнических цепей. Расчет и анализ частотным методом CR-цепей. Расчет и анализ частотным методом RC-цепей.

Использование временного метода анализа радиотехнических цепей. Расчет и анализ временным методом RC-цепей. Расчет и анализ временным методом CR-цепей.

Радиотехнические цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на характеристики цепи. Устойчивость линейных цепей.

Анализ устойчивости линейных цепей. Расчет и анализ устойчивости линейных цепей.

Согласованная фильтрация детерминированных сигналов.

Согласованная фильтрация детерминированного сигнала. Оптимальный фильтр. Согласованный фильтр. Оптимальная обработка радиотехнических сигналов.

Анализ согласованных фильтров. Согласованный фильтр для прямоугольного видеоимпульса. Согласованный фильтр для прямоугольного радиоимпульса.

Основы теории дискретных и цифровых сигналов и принципы их обработки.

Основы теории дискретных сигналов. Характеристики дискретных сигналов. Теорема Котельникова. Метод Z-преобразования. Дискретное преобразование Фурье.

Анализ дискретных сигналов. Определение Z-преобразование дискретного сигнала. Расчет и анализ отклика дискретного фильтра на заданный сигнал.

Характеристики дискретных фильтров. Принципы цифровой обработки сигналов. Временные и частотные характеристики дискретных фильтров. Системная функция фильтра.

Задача анализа цифрового фильтра и методы ее решения. Основные методы анализа цифровых фильтров. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Устойчивость цифровых фильтров.

Анализ цифровых фильтров. Расчет и анализ цифровых фильтров временным методом. Расчет и анализ цифровых фильтров методом Z-преобразований.

Нелинейные электрические цепи и преобразование ими радиотехнических сигналов.

Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов. Характеристики нелинейных элементов. Спектральный состав тока нелинейного элемента при воздействии гармонического сигнала. Преобразование частоты.

Формирование и демодуляция радиосигналов. Формирование амплитудно-модулированных радиосигналов и сигналов с угловой модуляцией. Демодуляция радиосигналов.

Экспериментальное исследование в целях анализа параметров радиоэлектронных средств. Исследование амплитудного детектора. Исследование частотного детектора.

Автогенераторы гармонических колебаний. Назначение, состав, режимы работы автогенератора. Условия самовозбуждения автогенератора. Баланс амплитуд и баланс фаз. Режимы самовозбуждения автогенератора.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4 семестр						
1.	Методы анализа и расчета электрических цепей постоянного тока	48	12	6	10	20
2.	Методы анализа и расчета электрических цепей переменного тока	44	8	4	12	20
3.	Резонансные электрические цепи	30	6	2	10	12
4.	Переходные процессы в электрических цепях	10	2	2	–	6
5.	Электрические фильтры	12	4	2	–	6
	Итого за 4 семестр	144	32	16	32	64
5 семестр						
1.	Основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и их характеристики	60	12	10	22	16
2.	Линейные электрические цепи и преобразования ими радиотехнических сигналов	40	6	10	10	14
3.	Согласованная фильтрация детерминированных сигналов	12	2	4	–	6
4.	Основы теории дискретных и цифровых сигналов и принципы их обработки	28	6	8	–	14
5.	Нелинейные электрические цепи и преобразование ими радиотехнических сигналов	13	6	–	–	7
6.	Экзамен	27	–	–	–	27
	Итого за 5 семестр	180	32	32	32	84
	ИТОГО	324	64	48	64	148

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

4 семестр

Лекция № 1. Основные понятия и законы электромагнитного поля, электрических и магнитных цепей. Основные понятия и законы электромагнитного поля. Основные понятия теории цепей. Элементы электрических цепей.

Лекция № 2. *Законы Ома и Кирхгофа.* Законы Ома и Кирхгофа. Преобразование схем цепей. Метод расчета электрических цепей с помощью уравнений Кирхгофа.

Лекция № 3. *Методы расчета электрических цепей.* Метод пропорциональных коэффициентов. Метод законов Кирхгофа. Метод контурных токов.

Лекция № 4. *Методы расчета электрических цепей.* Метод двух узлов. Метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора.

Лекция № 5. Методика выполнения расчетов цепей постоянного тока. Методика выполнения расчета методом контурных токов.

Лекция № 6. *Методика расчета электрических цепей методом узловых напряжений.* Расчет электрических цепей методом узловых напряжений для двух узлов. Расчет электрических цепей методом узловых напряжений для трех и более узлов.

Лекция № 7. *Электрические цепи переменного тока.* Анализ электрических цепей во временной области. Комплексный метод анализа соединений цепей. Методы расчета и анализа электрических цепей.

Лекция № 8. *Методика расчета электрических цепей переменного тока.* Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при последовательном соединении элементов. Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при параллельном соединении элементов.

Лекция № 9. *Трехфазные электрические цепи.* Принцип получения трехфазной ЭДС. Соединение фаз генератора и потребителя энергии «звездой» и «треугольником». Особенности расчета трехфазных электрических цепей.

Лекция № 10. *Анализ электрических цепей в частотной области.* Функции электрических цепей. Системные функции цепей. Частотные характеристики электрических цепей.

Лекция № 11. *Последовательный колебательный контур.* Схема и параметры последовательного колебательного контура. Резонанс напряжений. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.

Лекция № 12. *Параллельный колебательный контур.* Резонанс токов в электрической цепи. Параметры параллельного колебательного контура. Виды схем параллельных колебательных контуров.

Лекция № 13. *Резонансные свойства параллельного колебательного контура.* Резонансные кривые параллельного колебательного контура. Частотные характеристики параллельного колебательного контура. Влияние параметров генератора и нагрузки на резонансные свойства контуров.

Лекция № 14. *Основные сведения о переходных процессах в электрических цепях и методах их расчета.* Законы коммутации. Методы анализа электрических цепей в стационарном и переходном режимах.

Лекция № 15. *Электрические фильтры.* Представление фильтра четырехполюсником. Основные определения и классификация электрических фильтров.

Лекция № 16. *Анализ электрических фильтров.* LC-фильтры. Методы расчета электрических фильтров.

5 семестр

Лекция № 1. *Основные виды радиотехнических сигналов и их характеристики.* Основные виды радиотехнических сигналов. Параметры и характеристики детерминированных сигналов. Методы преобразования сигналов.

Лекция № 2. *Спектры сигналов.* Спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов (ПППВИ). Спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов (ПППРИ). Узкополосные сигналы.

Лекция № 3. *Спектры непериодических сигналов.* Спектр прямоугольного видеоимпульса. Спектр прямоугольного радиоимпульса. Спектр пачки импульсов.

Лекция № 4. *Модулированные сигналы.* Разновидности модулированных радиотехнических сигналов. Спектр сигналов с амплитудной модуляцией. Спектр сигналов с угловой модуляцией.

Лекция № 5. *Параметры и характеристики сложных сигналов типовых образцов радиолокационной техники.* Параметры и характеристики ЛЧМ сигнала. Параметры и характеристики КФМ сигнала.

Лекция № 6. *Случайные сигналы.* Характеристики и параметры случайных радиотехнических сигналов. Связь спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного сигнала.

Лекция № 7. *Основные методы расчета характеристик радиотехнических цепей.* Частотные характеристики линейных цепей. Временные характеристики линейных цепей.

Лекция № 8. *Основные методы анализа радиотехнических цепей.* Частотный метод анализа линейных цепей. Временной метод анализа линейных цепей.

Лекция № 9. *Радиотехнические цепи с обратной связью.* Влияние обратной связи на характеристики цепи. Устойчивость линейных цепей.

Лекция № 10. *Согласованная фильтрация детерминированного сигнала.* Оптимальный фильтр. Согласованный фильтр. Оптимальная обработка радиотехнических сигналов.

Лекция № 11. *Основы теории дискретных сигналов.* Характеристики дискретных сигналов. Теорема Котельникова. Метод Z-преобразования. Дискретное преобразование Фурье.

Лекция № 12. *Характеристики дискретных фильтров.* Принципы цифровой обработки сигналов. Временные и частотные характеристики дискретных фильтров. Системная функция фильтра.

Лекция № 13. *Задача анализа цифрового фильтра и методы ее решения.* Основные методы анализа цифровых фильтров. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Устойчивость цифровых фильтров.

Лекция № 14. *Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.* Характеристики нелинейных элементов. Спектральный состав тока нелинейного элемента при воздействии гармонического сигнала. Преобразование частоты.

Лекция № 15. *Формирование и демодуляция радиосигналов.* Формирование амплитудно-модулированных радиосигналов и сигналов с угловой модуляцией. Демодуляция радиосигналов.

Лекция № 16. *Автогенераторы гармонических колебаний.* Назначение, состав, режимы работы автогенератора. Условия самовозбуждения автогенератора. Баланс амплитуд и баланс фаз. Режимы самовозбуждения автогенератора.

Занятия семинарского типа (практические занятия)

4 семестр

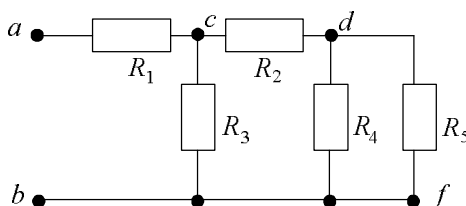
Практическое занятие №1. *Расчет эквивалентного сопротивления цепи постоянного тока.*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при последовательном и параллельном соединении элементов.
2. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при последовательном и смешанном соединении элементов.

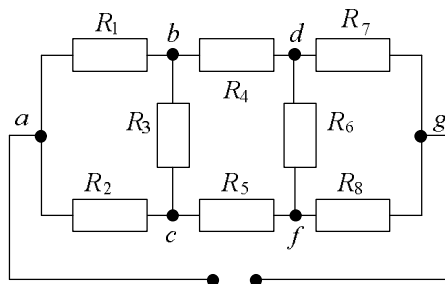
Задачи для самостоятельного решения

1. Для цепи, приведенной на рисунке, найти эквивалентные сопротивления между зажимами a и b , c и d , d и f , если $R_1=6$ Ом; $R_2=5$ Ом; $R_3=15$ Ом; $R_4=30$ Ом; $R_5=6$ Ом.



Задания для решения на занятии

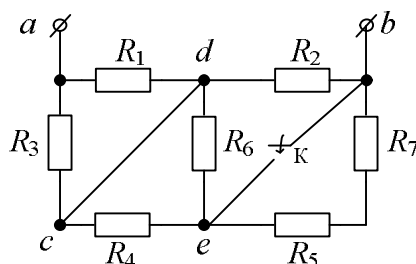
1. Найти эквивалентное сопротивление цепи, приведенной на рисунке, если:



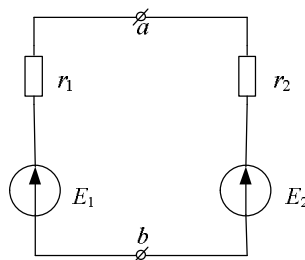
	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	R_3 (Ом)	R_4 (Ом)	R_5 (Ом)	R_6 (Ом)	R_7 (Ом)	R_8 (Ом)	Ответ
B1	30	10	10	26	11	10	40	50	38
B2	12	60	4	12	18	48	35	34	35
B3	45	34	17	37	22	18	26	30	47,4
B4	16	53	29	15	19	54	33	19	34,6
B5	31	42	4	9	28	13	33	23	39,2

2. Определить эквивалентное сопротивление цепи между точками а и б при разомкнутом замкнутом контакте К.

Даны: $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=10$ Ом.



3. В неразветвленной цепи имеются 2 источника ЭДС $E_1=120$ В, $E_2=40$ В с внутренними сопротивлениями $R_1=12$ Ом и $R_2=8$ Ом соответственно. Определить напряжение между точками а и б.



Практическое занятие №2. Расчет электрических цепей методом контурных токов.

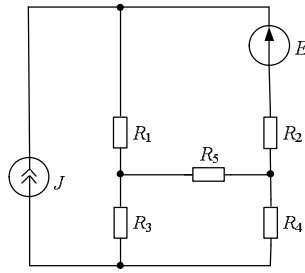
Вопросы для подготовки к занятию

1. Методы расчета электрических цепей.
2. Методика выполнения расчётов цепей постоянного тока

Задачи для самостоятельного решения

1. Цепь содержит источник тока $J=50$ мА, источник ЭДС $E=60$ В, и резисторы, сопротивления которых $R_1=5$ кОм, $R_2=4$ кОм, $R_3=16$ кОм, $R_4=2$ кОм, $R_5=8$ кОм.

Вычислить все токи методом контурных токов. Проверить баланс мощностей.

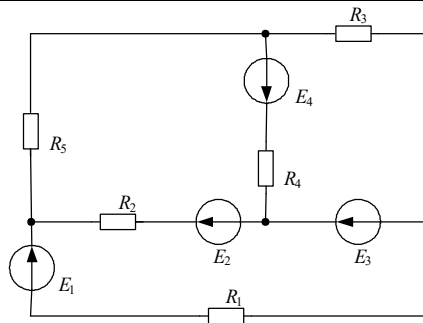


Задачи для решения на занятии

1. Методом контурных токов найти токи в цепи, схема которой изображена на рисунке.

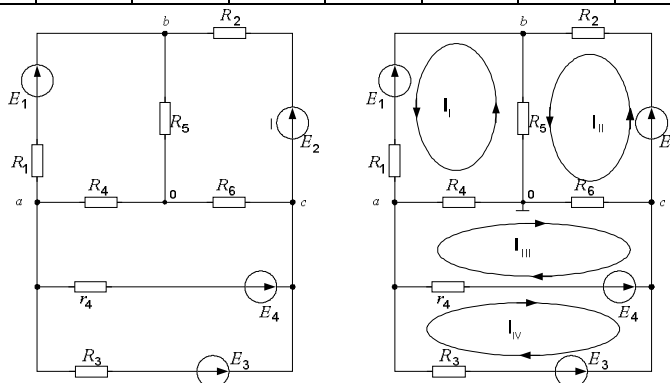
Даны:

	E_1	E_2	E_3	E_4	r_1	r_2	r_3	r_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
B1	100	30	10	6	1	2	3	4	10	10	15	6	5
B2	80	40	20	15	1	2	3	4	10	10	15	6	5
B3	85	20	30	40	1	2	3	4	10	10	15	6	5
B4	60	40	40	20	1	2	3	4	10	10	15	6	5
B5	30	30	30	30	1	2	3	4	10	10	15	6	5



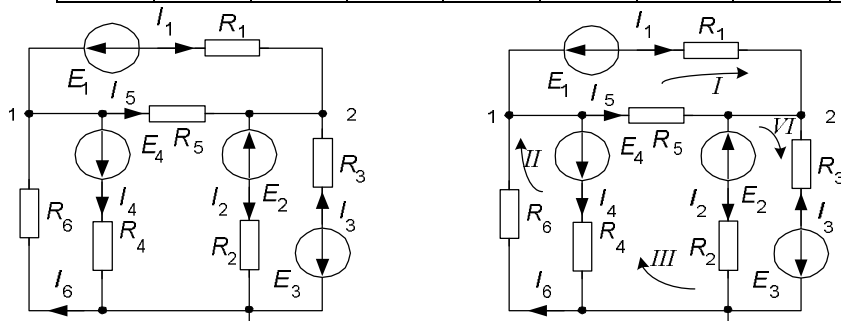
2. Найти все токи и определить потенциалы точек a , b , c относительно земли 0. Задачу решить методом контурных токов. Даны:

	E_1	E_2	E_3	E_4	r_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
B1	85	84	5	12	30	8	10	10	10	10	4
B2	100	40	20	20	30	8	10	10	10	10	4
B3	60	60	30	30	30	8	10	10	10	10	4
B4	50	30	80	60	30	8	10	10	10	10	4
B5	40	60	70	30	30	8	10	10	10	10	4



3. Для схемы, показанной на рисунке методом контурных токов найти токи в ветвях, если:

	E_1	E_2	E_3	E_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
B1	30	10	200	56	20	30	6	8	15	40
B2	40	30	20	60	20	30	6	8	15	40
B3	20	30	30	30	20	30	6	8	15	40
B4	50	40	70	40	20	30	6	8	15	40
B5	25	35	10	50	20	30	6	8	15	40



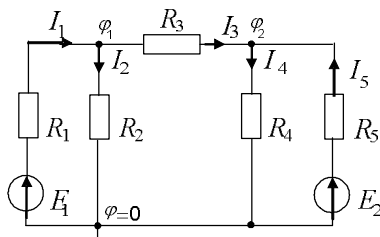
Практическое занятие №3. Расчет электрических цепей методом узловых напряжений.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Методы расчета электрических цепей.
2. Метод узловых напряжений.

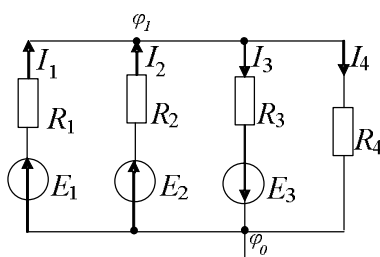
Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить методом узловых потенциалов токи в цепи, если $E_1=24$ В; $E_2=12$ В; $R_1=2$ Ом; $R_2=10$ Ом; $R_3=10$ Ом; $R_4=5$ Ом; $R_5=2$ Ом.



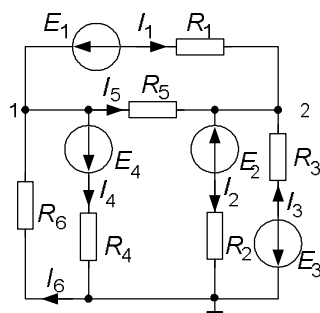
Задачи для решения на занятии

1. Методом узловых напряжений определить ток в ветви с резистором R_4 , если $R_1=5$ Ом; $R_2=10$ Ом; $R_3=20$ Ом; $R_4=10$ Ом; $E_1=12$ В; $E_2=24$ В; $E_3=48$ В.



2. Для схемы, изображенной на рисунке, пользуясь методом узловых потенциалов, определить все токи. Дано

	E_1	E_2	E_3	E_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
B1	30	10	200	56	20	30	6	8	15	40
B2	20	20	100	70	20	30	6	8	15	40
B3	10	10	10	10	20	30	6	8	15	40
B4	150	40	30	200	20	30	6	8	15	40
B5	15	15	30	40	20	30	6	8	15	40



Практическое занятие №4. Расчет электрических цепей переменного тока.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Электрические цепи переменного тока.
2. Методика расчета электрических цепей переменного тока.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Представить в показательной форме следующие числа:

$3,2 \pm j1,25$	–	$3,44 \exp(\pm j21^\circ)$	$3,2 - j0,125$	–	$3,2 \exp(-2,2^\circ)$
$1,25 \pm j3,2$	–	$3,44 \exp(\pm j69^\circ)$	$0,125 + j3,2$	–	$3,2 \exp(j88^\circ)$
$-3,2 \pm j1,25$	–	$3,44 \exp(\pm j159^\circ)$	$-0,125 + j3,2$	–	$3,2 \exp(92^\circ)$
$-1,25 \pm j3,2$	–	$3,44 \exp(\pm j111^\circ)$	$0,32 - j1,25$	–	$1,29 \exp(-76^\circ)$
$3,2 + j12,5$	–	$12,9 \exp(\pm j76^\circ)$	$23 + j0,06$	–	$23 \exp(0,15^\circ)$

Записать в алгебраической форме следующие числа:

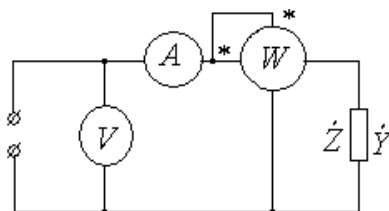
$32(\exp \pm j19^\circ)$	–	$30,3 \pm j10,4$	$32(\exp 92^\circ)$	–	$-1,12 + j32$
$32(\exp \pm j71^\circ)$	–	$10,4 \pm j30,3$	$32(\exp -177^\circ)$	–	$-32 - j1,7$
$32(\exp \pm j161^\circ)$	–	$30,3 \pm 10,4$	$7,3(\exp -87^\circ)$	–	$0,38 - j7,3$
$-32(\exp \pm j2^\circ)$	–	$-32 \pm 1,1$	$150(\exp 191^\circ)$	–	$-147 - j29$

Задачи для решения на занятии

1. Записать в показательной, тригонометрической, алгебраической и полярной формах выражения комплексных действующих значений тока и напряжения, мгновенные значения которых

$$u(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 15^\circ) \text{ В}; \quad i(t) = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 20^\circ) \text{ А.}$$

2. Приборы, подключенные к цепи дали следующие показания: $U=65 \text{ В}$; $I=5 \text{ А}$; $P=300 \text{ Вт}$. Вычислить комплексные сопротивления \dot{Z} и проводимости \dot{Y} цепи для случаев: а) $\varphi > 0$; б) $\varphi < 0$.



3. Чему равно показание вольтметра с сопротивлением r кОм, если он последовательно с конденсатором $C=0,63 \text{ мкФ}$ подключен к источнику ЭДС E с частотой 50 Гц ?

	E	f	r	C
В1	220	50	10 кОм	0,63 мкФ
В2	380	50	10 кОм	0,63 мкФ
В3	220	400	10 кОм	0,63 мкФ
В4	220	50	50 кОм	0,63 мкФ
В5	220	50	10 кОм	0,1 мкФ

Практическое занятие № 5. Расчет электрических цепей комплексным методом.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Электрические цепи переменного тока.
2. Методика расчета электрических цепей переменного тока.

Задачи для самостоятельного решения

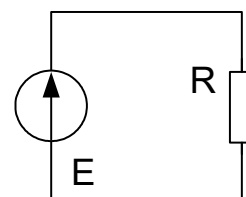
1. Записать в показательной, тригонометрической, алгебраической и полярной формах выражения комплексных действующих значений тока и напряжения, мгновенные значения которых

$$u(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 15^\circ) \text{ В}; \quad i(t) = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 20^\circ) \text{ А.}$$

Задачи для решения на занятии

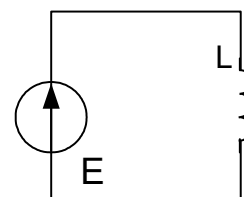
1. Произвести расчеты тока, напряжения на элементе R и сдвиг фаз между током и напряжением для цепи, если известны. Построить векторные диаграммы напряжения и тока.

	E	f	R
B1	100	50	100
B2	200	50	100
B3	100	400	100
B4	100	50	500
B5	100	400	500



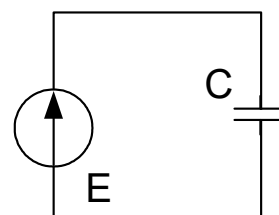
2. Произвести расчеты тока, напряжения на элементе L и сдвиг фаз между током и напряжением для цепи, если известны E, f, L . Построить векторные диаграммы напряжения и тока.

	E	f	L
B1	100	50	100
B2	200	50	100
B3	100	400	100
B4	100	50	10
B5	100	400	10



3. Произвести расчеты тока, напряжения на элементе C и сдвиг фаз между током и напряжением для цепи, если известны E, f, C . Построить векторные диаграммы напряжения и тока.

	E	f	L
B1	100	50	10 мкФ
B2	200	50	10 мкФ
B3	100	400	10 мкФ
B4	100	50	1 мкФ
B5	100	400	1 мкФ



Практическое занятие № 6. Расчет параметров и характеристик колебательных контуров.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Последовательный колебательный контур.
2. Схема и параметры последовательного колебательного контура.
3. Резонанс напряжений.
4. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.

Задачи для самостоятельного решения

1. Электрическая цепь состоит из последовательно соединенных элементов: резистора, сопротивление которого $R=142$ Ома, катушки индуктивности с индуктивностью $L=0,263$ Гн и конденсатора емкостью $C=22$ нФ. Нарисовать схему электрической цепи и определить ее

тип. Рассчитать вторичные параметры цепи, при условии, что сопротивления реактивных элементов отсутствуют.

Задачи для решения на занятии

1. Для задачи № 1 для самостоятельного решения рассчитать линейную резонансную частоту, характеристическое сопротивление, добротность и полосу пропускания, если изменить величину элемента электрической цепи. Сравнить полученные результаты с результатами задачи № 1 и сделать выводы.

1	2	3	4	5	6
$R=1 \text{ кОм}$	$L=0,4 \text{ Гн}$	$C=0,3 \text{ мкФ}$	$R=50 \text{ Ом}$	$L=50 \text{ мГн}$	$C=100 \text{ пФ}$

2. Для условий задачи № 1 для самостоятельного решения найти ток в цепи, расходуемую мощность и напряжение на элементах цепи при резонансе, если контур подключить к источнику ЭДС, напряжение которого 1 В. Составить схему электрической цепи.

3. Для условий задачи № 1 для самостоятельной работы найти добротность и полосу пропускания контура, если источник ЭДС имеет внутреннее сопротивление r_i , а к конденсатору подключена нагрузка R_L . Составить схему электрической цепи.

1	2	3	4	5
$r_i=50 \text{ Ом}$ $R_H=\infty$	$r_i=500 \text{ Ом}$ $R_H=\infty$	$R_H=50 \text{ кОм}$ $r_i=0$	$R_H=5 \text{ кОм}$ $r_i=0$	$r_i=50 \text{ Ом}$ $R_H=50 \text{ кОм}$

Практическое занятие №7. Расчет электрических цепей в стационарном и переходном режимах.

Вопросы для подготовки к занятию

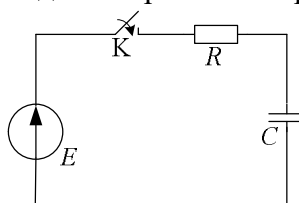
1. Законы коммутации.
2. Методы анализа электрических цепей в стационарном и переходном режимах.

Задачи для самостоятельного решения

1. Цепь, состоящая из двух последовательно соединенных элементов – конденсатора $C=5 \text{ мкФ}$ и резистора $R=5 \text{ кОм}$, включается на постоянное напряжение $E=5 \text{ В}$.

Определить:

1. Законы изменения напряжения на конденсаторе и тока в цепи;
2. Время, в течение которого конденсатор полностью зарядится;
3. Определить закон разряда конденсатора после заряда.



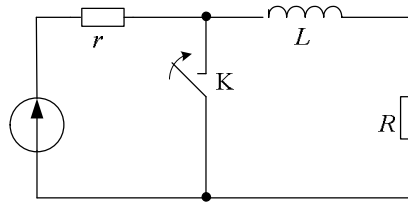
Задачи для решения на занятии

1. Для схемы задачи № 1 с исходными данными (см. таблицу) определить:

1. Постоянную заряда цепи.
2. Закон изменения напряжения на конденсаторе в цепи при заряде.
3. Закон изменения напряжения на конденсаторе в цепи при разряде.

	C	R	E
V1	1,2 пФ	5,1 кОм	4 В
V2	10 пФ	5,1 кОм	4 В
V3	1,2 пФ	1 кОм	4 В
V4	1,2 пФ	5,1 кОм	10 В
V5	2 мкФ	100 Ом	4 В

2. Определить закон изменения напряжения на резисторе R и индуктивности L после короткого замыкания, если $R=1$ кОм; $L=0,1$ Гн; $r=2$ Ом; $E=100$ В.



Практическое занятие №8. Проверочная работа.

5 семестр

Практическое занятие №1,2. Оценка параметров и характеристик детерминированных сигналов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Оценка параметров и характеристик непериодических сигналов.
2. Оценка параметров и характеристик периодических сигналов.

Задачи для самостоятельного решения

1. По заданной математической модели

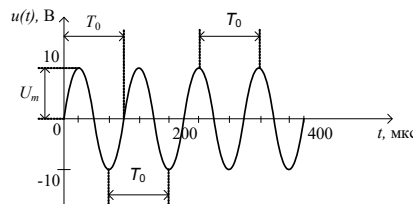
$$u(t) = 10 \sin(314 t) \text{ В}$$

построить график сигнала.

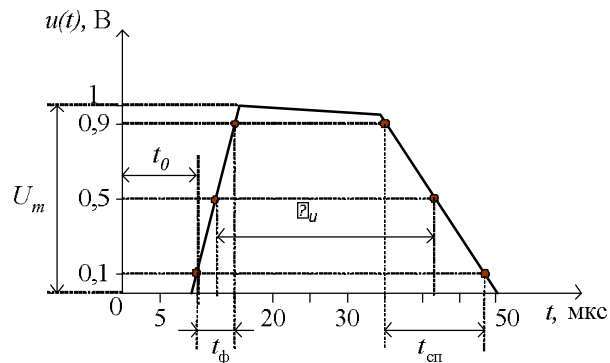
2. Построить график ПППВИ. Параметры сигнала: $U_m = 5 \text{ В}$, $t_0 = 10 \text{ мкс}$, $T = 300 \text{ мкс}$, $\tau_u = 50 \text{ мкс}$.

Задания для решения на занятии

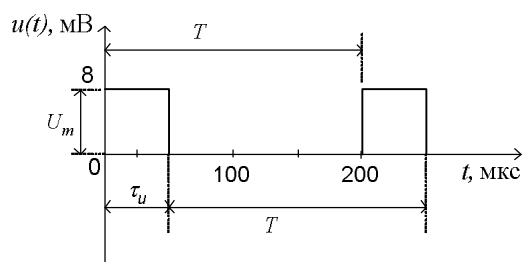
1. По заданному графику гармонического сигнала (ГС) определить параметры сигнала (амплитуду и действующее значение, период и частоту, начальную фазу). Записать математическую модель сигнала, если закон изменения – синусоидальный.



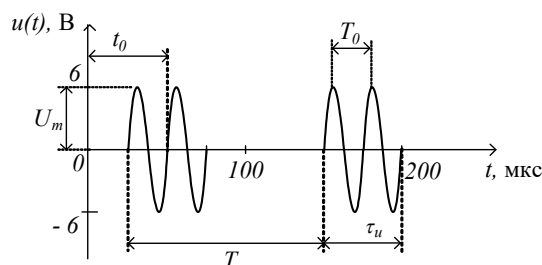
2. По графику (см. рис.) одиночного видеоимпульса (ОВИ) определить его параметры (амплитуду, длительность фронта и спада по уровню 0,9 и 0,1 от амплитуды, длительность импульса по уровню 0,5 от амплитуды, начальную задержку фронта).



3. По заданному графику периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов (ПППВИ) (см. рис.) определить ее параметры (амплитуду, длительность импульсов, период и частоту следования импульсов, начальную задержку). Записать математическую модель сигнала.



4. По заданному графику (см. рис.) периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов (ПППРИ) определить ее параметры: амплитуду, длительность импульсов, период и частоту следования импульсов, период и частоту несущего колебания, начальную задержку и начальную фазу.



Практическое занятие №3. Расчет спектров детерминированных сигналов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Расчет спектров непериодических сигналов.
2. Расчет спектров периодических сигналов.

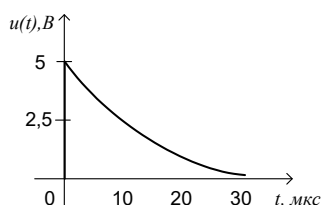
Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислить и построить графики АЧС и ФЧС, определить эффективную ширину спектра прямоугольного радиоимпульса с параметрами: амплитуда $10 В$; длительность импульса $2 мкс$; задержка импульса $5 мкс$; несущая частота $250 МГц$.

Определить требуемую полосу пропускания приемного устройства.

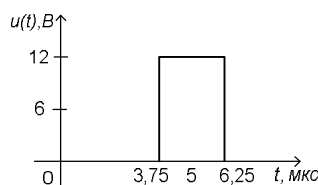
Задания для решения на занятии

1. Вычислить и построить графики АЧС и ФЧС экспоненциального видеоимпульса (см. рис.) с параметрами: амплитуда $5 В$; параметр $a = 100 с^{-1}$.



2. Вычислить и построить графики АЧС колокольного видеоимпульса (см. рис.) с параметрами: амплитуда $5 В$; параметр $a = 100 с^{-1}$.

3. Вычислить и построить графики АЧС и ФЧС, определить эффективную ширину спектра прямоугольного видеоимпульса (см. рис.) с параметрами: амплитуда $12 В$; длительность импульса $2,5 мкс$; начальная задержка $5 мкс$.



Практическое занятие № 4. Расчет спектров детерминированных сигналов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Оценка параметров и характеристик амплитудно-модулированных сигналов.
2. Оценка параметров и характеристик спектров частотно-модулированных сигналов.

Задачи для самостоятельного решения

1. Амплитудно-модулированный ток: $i(t) = 200(1 + 0,8\cos 4 \cdot 10^3 t)\cos 6 \cdot 10^3 t$ мА протекает по резисторной нагрузке 75 Ом. Найти: а) пиковую мощность, развиваемую источником; б) относительную долю мощности, сосредоточенную в несущем колебании.

Задания для решения на занятии

1. Рассчитать и построить АЧС и ФЧС однотонового амплитудно-модулированного сигнала, заданного математической моделью

$$u(t) = (1 + 0.25 \cos(10^2 t + 30^\circ)) \cdot \cos(10^5 t + 60^\circ) \text{ В.}$$

Определить эффективную ширину спектра сигнала.

2. Найти среднюю мощность, выделяемую двухтоновым АМС с параметрами $U_m = 30 \text{ В}$; $m_{am1} = 2/3$; $m_{am2} = 1/3$, на резисторе в 1 Ом.

Определить, какую долю мощности несущего колебания составляет мощность боковых колебаний.

3. Рассчитать спектр ЧМ-радиосигнала с параметрами: амплитуда $U = 100 \text{ мВ}$; несущая частота $f_n = 75 \text{ МГц}$; девиация частоты $\delta f = 75 \text{ кГц}$; частота модулирующего низкочастотного сигнала $\Omega = 15 \text{ кГц}$; начальные фазы несущего и модулирующего сигнала равны нулю.

4. Радиопередающее устройство АМС в режиме “молчание”, т.е. при отсутствии модулирующего сигнала, излучает мощность $P_0 = 4 \text{ кВт}$. Найти пиковое значение измеряемой мощности P_{max} однотонового АМ-сигнала, если $M = 0,8$.

Практическое занятие № 5. Оценка параметров и характеристик случайных сигналов.

Вопросы для подготовки к занятию

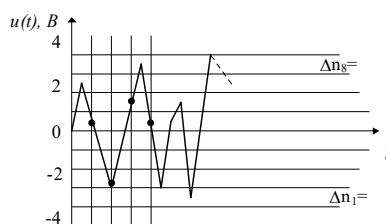
1. Расчет параметров и характеристик случайных сигналов.
2. Построение графиков случайных сигналов по их параметрам.

Задачи для самостоятельного решения

1. Записать выражение для вычисления математического ожидания случайной величины с известной функцией распределения.

Задания для решения на занятии

1. Вычислить характеристики случайного напряжения по заданной реализации (см. рис.).



2. Изобразить графики возможных реализаций случайных процессов, характеристики которых приведены в табл.

Процесс	Среднее значение	$D; \sigma$	Вид распределения
$u_1(t)$	0,168	2,098; 1,448	Нормальное (гауссово)
$u_2(t)$	0	1/12; $1/\sqrt{12}$	Равном. в инт. (-1/2, 1/2)

3. Записать математическое выражение плотности распределения огибающей узкополосного нормального случайного процесса. Изобразить графики возможных реализаций узкополосных нормальных случайных процессов с выбранной (заданной) дисперсией.

4. Изобразить графики плотности распределения процесса и огибающей предыдущей задачи.

Практическое занятие № 6,7. Использование основных методов расчета характеристик радиотехнических цепей.

Вопросы для подготовки к занятию

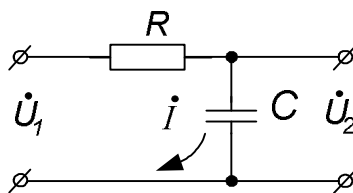
1. Расчет частотных характеристик радиотехнических цепей.
2. Расчет частотных характеристик радиотехнических цепей.

Задачи для самостоятельного решения

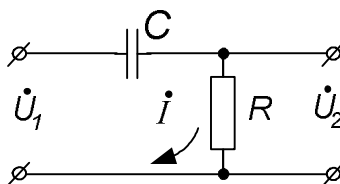
1. Вывести формулу КЧХ CR-цепи через закон Ома.

Задания для решения на занятии

1. Найти численными методами комплексную частотную характеристику (по напряжению), АЧХ и ФЧХ RC-цепи (см. рис.). Построить графики АЧХ и ФЧХ.



2. Найти численными методами комплексную частотную характеристику, АЧХ и ФЧХ CR-цепи (см. рис.). Построить графики.



3. Рассчитать численными методами переходную и импульсную характеристики RC-цепи. Построить графики.

4. Рассчитать численными методами переходную и импульсную характеристики CR-цепи. Построить графики.

Практическое занятие № 8,9. Использование частотного метода анализа радиотехнических цепей.

Вопросы для подготовки к занятию

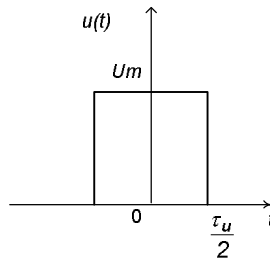
1. Расчет и анализ частотным методом CR-цепей.
2. Расчет и анализ частотным методом RC-цепей.

Задачи для самостоятельного решения

1. Записать аналитическое выражение комплексной частотной характеристики.

Задания для решения на занятии

1. На вход CR-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью τ_n с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи.

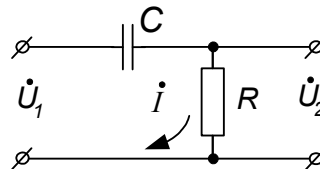


2. На вход RC-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью τ_u с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи.

3. На входе RL-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью τ_u с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи.

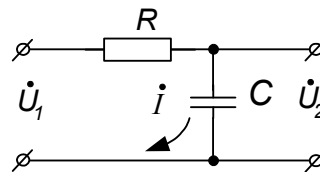
4. На входе LR-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью τ_u с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи.

5. На вход CR-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью $\tau_u=1$ мкс с нулевой начальной задержкой и амплитудой $U_m=5$ В. Найти сигнал на выходе цепи с параметрами: $R = (20+0,01n)$ кОм, $C = (50+0,1n)$ пФ.



n – номер по порядку студента в классном журнале.

6. На вход RC-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью $\tau_u=1$ мкс с нулевой начальной задержкой и амплитудой $U_m=5$ В. Найти сигнал на выходе цепи с параметрами: $R = (20+0,01n)$ кОм, $C = (50+0,1n)$ пФ.



Практическое занятие № 10. Использование временного метода анализа радиотехнических цепей.

Вопросы для подготовки к занятию

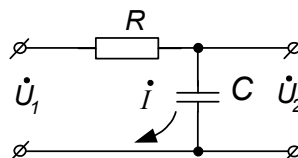
1. Расчет и анализ временным методом RC-цепей.
2. Расчет и анализ временным методом CR-цепей.

Задачи для самостоятельного решения

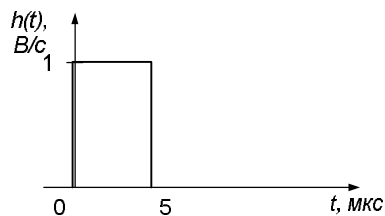
1. Как связаны импульсная и комплексная частотная характеристики цепи?

Задания для решения на занятии

1. На вход RC-цепи действует экспоненциальный видеоимпульс $u(t) = U_m e^{-at}$. Найти сигнал на выходе цепи временным методом.



2. На вход цепи с импульсной характеристикой прямоугольной формы (см. рис.) действует единичный скачок напряжения. Найти сигнал на выходе цепи временным методом.



3. На входе RC-цепи действует одиночный прямоугольный видеоимпульс длительностью τ_u с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи временным методом.

4. На входе CR-цепи действует одиночный прямоугольный импульс длительностью τ_u с нулевой начальной задержкой и амплитудой U_m . Найти сигнал на выходе цепи временным методом.

Практическое занятие № 11. Анализ устойчивости линейных цепей.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Критерии устойчивости Гурвица.
2. Критерии устойчивости Найквиста.

Задачи для самостоятельного решения

1. Сформулировать алгебраический критерий устойчивости цепи (критерий устойчивости Гурвица).
2. Сформулировать геометрический критерий устойчивости цепи (критерий устойчивости Найквиста).

Задания для решения на занятии

1. Провести анализ устойчивости системы, характеристическое уравнение которой имеет вид:

$$p^3 + np^2 + 6p + 4 = 0.$$

2. Провести анализ устойчивости транзисторного усилителя с RC-цепью в нагрузке, охваченного цепью обратной связи, если коэффициент передачи цепи обратной связи $\beta = 1$, операторная передаточная функция усилителя

$$K(p) = \frac{-K_o}{1 + p\tau},$$

коэффициент усиления усилителя по постоянному току (на нулевой частоте) $K_o = SR$. Здесь S – крутизна характеристики транзистора, R – сопротивление нагрузочного резистора усилителя, $\tau = RC$ – постоянная времени цепи нагрузки.

3. Провести анализ устойчивости замкнутого кольца из двух усилительных звеньев с апериодическими нагрузками.

Передаточные характеристики звеньев:

$$K_1(p) = \frac{K_{01}}{1 + p\tau}; \quad K_2(p) = \frac{K_{02}}{1 + p\tau}.$$

Практическое занятие № 12,13. Анализ дискретных сигналов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Теорема Котельникова.
2. Метод Z-преобразования.
3. Дискретное преобразование Фурье.

Задачи для самостоятельного решения

1. Найти характеристику (Z-преобразование) дискретного сигнала $\{x_k\} = \{1, 0, 0, \dots\}$.

Задания для решения на занятии

1. Найти характеристику (Z-преобразование) дискретного сигнала $\{x_k\} = \{1, 1, 1, 0, 0, \dots\}$
2. Найти характеристику (Z-преобразование) дискретного сигнала $\{x_k\} = \{1, 1, 1, 1, \dots\}$ («функции включения»).
3. Найти характеристику (Z-преобразование) дискретного сигнала $\{x_k\} = \{1, a, a^2, a^3, \dots\}$ ($|a| < 1$).
4. По заданной характеристике (Z-преобразованию) $X(z) = \frac{z^3 - 2z^2 + z - 1}{z^3}$ найти дискретный сигнал.

5. Временным методом найти отклик дискретного фильтра с импульсной характеристикой $h_k = (1, 1, 0, 0, 0, \dots)$ (рисунок 1) на заданный сигнал $x_k = (1, 1, 0, 0, \dots)$ (см. рис.). Изобразить график выходного сигнала.

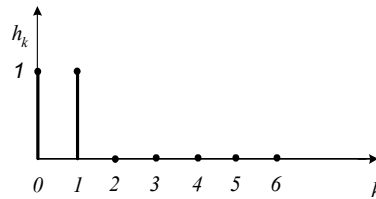


Рис. Импульсная характеристика дискретного фильтра

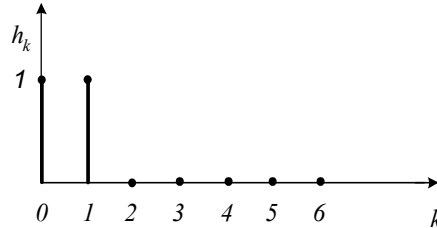


Рис. Входной дискретный сигнал

Практическое занятие № 14,15,16. Анализ цифровых фильтров.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Временные и частотные характеристики дискретных фильтров. Системная функция фильтра.
2. Принципы цифровой обработки сигналов.
3. Алгоритм линейной цифровой фильтрации.

Задачи для самостоятельного решения

1. Записать алгоритм решения задачи анализа цифрового фильтра методом Z-преобразования.

Задания для решения на занятии

1. Найти отклик дискретного фильтра с импульсной характеристикой $h_k = (1, 1, 0, 0, 0, \dots)$ (рисунок 1) на заданный сигнал $x_k = (1, 1, 0, 0, \dots)$ (см. рис.). Изобразить график выходного сигнала.

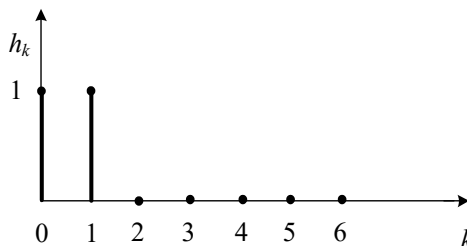


Рис. Импульсная характеристика дискретного фильтра

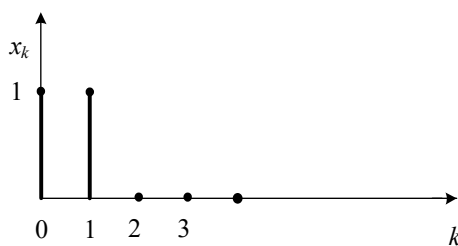


Рис. Входной дискретный сигнал

2. Методом Z-преобразования найти отклик дискретного фильтра с импульсной характеристикой h_k на сигнал x_k . Изобразить график выходного сигнала.

3. Найти отклик дискретного фильтра с импульсной характеристикой h_k на заданный сигнал x_k . Изобразить график выходного сигнала.

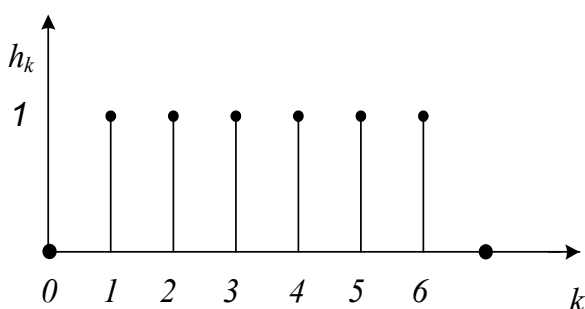


Рис. Импульсная характеристика дискретного фильтра

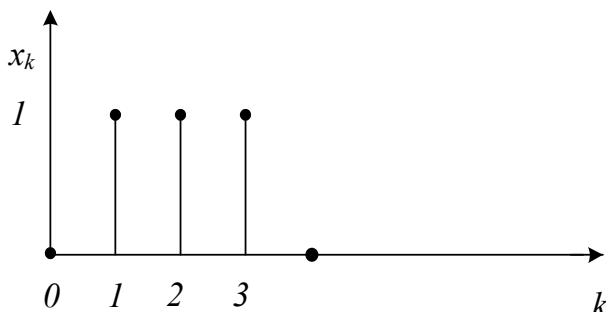


Рис. Входной дискретный сигнал

4. Найти импульсную характеристику, системную функцию, операторную передаточную функцию и комплексную частотную характеристику трансверсального фильтра первого порядка с линией задержки на период следования входных импульсов T (см. рис.). Построить графики импульсной характеристики, АЧХ и ФЧХ.

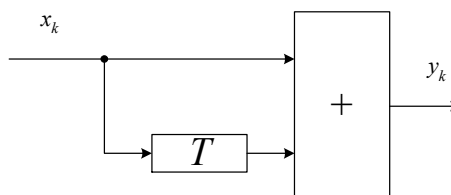


Рис. Схема фильтра

5. Найти импульсную характеристику, системную функцию, операторную передаточную функцию и комплексную частотную характеристику рециркулятора - рекурсивного фильтра первого порядка с линией задержки на период и весовым множителем $b < 1$ (см. рис.). Построить графики импульсной характеристики, АЧХ и ФЧХ.

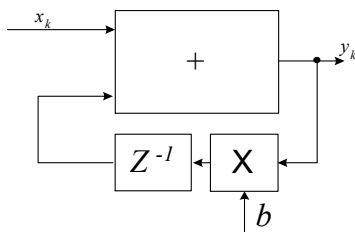


Рис. Схема фильтра

Лабораторные занятия

4 семестр

Лабораторная работа № 1. Экспериментальное исследование электрических цепей постоянного тока (10 ч.)

Цели работы:

- овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;
- привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами (с измерителями напряжения и тока, с мультиметрами) и вычислительной техникой;
- практическое освоение студентами теоретических положений, изученных на занятиях.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного оборудования ЭЛБ-ОТЦ-1.

Задания:

- 1) На комплекте ЭЛБ-ОТЦ-1 поочередно производится сборка электрической цепи, состоящей из резисторов, соединённых последовательно, параллельно и по смешанной схеме.
- 2) Производится измерение падений напряжения на резисторах и токов, протекающих в них.
- 3) Формулируются выводы о свойствах последовательного и параллельного соединений

Контрольные вопросы:

1. Закон Ома для полной цепи.
2. Первый и второй законы Кирхгофа.
3. Как изменится сопротивление цепи, содержащей один резистор, если параллельно ему подключить такой же резистор.
4. Как уменьшить сопротивление резистора, не разрывая цепь.

Лабораторная работа № 2. Экспериментальное исследование электрических цепей переменного тока и процессов в них (12 ч.)

Цели работы:

- овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;
- привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами (с измерителями напряжения и тока, с мультиметрами) и вычислительной техникой;
- практическое освоение студентами теоретических положений о цепях переменного тока.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного оборудования ЭЛБ-ОТЦ-1.

Задания:

1. Исследование электрических цепей переменного тока при последовательном соединении элементов.

2. Исследование электрических цепей переменного тока при параллельном соединении элементов.

Контрольные вопросы:

1. Записать и пояснить закон Ома в комплексной форме.

2. Записать и пояснить первый закон Кирхгофа в комплексной форме.

3. Записать и пояснить второй закон Кирхгофа в комплексной форме.

4. Изобразите и поясните векторные диаграммы цепей переменного тока с последовательным соединением элементов RC , RL .

5. Объясните почему при последовательном соединении элементов RC , RL действующее значение напряжения источника ЭДС не равно сумме действующих значений напряжений на элементах цепи.

6. Изобразите и поясните векторные диаграммы цепей переменного тока с параллельным соединением элементов RC , RL .

7. Объясните почему при параллельном соединении элементов RC , RL действующее значение тока в общей ветви не равно сумме действующих значений токов через элементы цепи.

8. Как влияет характер цепи (индуктивный или емкостной) на угол сдвига по фазе между напряжением и током.

Лабораторная работа № 3. *Экспериментальное исследование резонансных явлений в электрических цепях (10 ч.)*

Цели работы:

– овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;

– привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами (с измерителями напряжения и тока, с мультиметрами) и вычислительной техникой;

– практическое освоение студентами теоретических положений о свойствах электрических колебательных систем.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного оборудования ЭЛБ-ОТЦ-1.

Задания:

1. Исследование резонансных явлений в последовательном колебательном контуре.

2. Исследование резонансных явлений в параллельном колебательном контуре.

Контрольные вопросы:

1. Поясните физическую сущность и условия возникновения резонанса в последовательном и параллельном колебательном контуре.

2. Перечислите свойства последовательного колебательного контура при резонансе.

3. Изобразите примерный вид АЧХ ($U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$) и ФЧХ ПКК.

4. Поясните связь полосы пропускания и добротности последовательного колебательного контура.

5. Поясните связь полосы пропускания и добротности параллельного колебательного контура.

5. Какие вы знаете применения в технике колебательных контуров?

6. Как влияет сопротивление потерь на параметры и резонансные свойства колебательных контуров?

5 семестр

Лабораторная работа № 1. Экспериментальное исследование параметров и спектров детерминированных сигналов (10 ч.)

Цели работы:

- овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;
- привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой;
- практическое освоение студентами теоретических положений о свойствах радиотехнических сигналов и их спектров.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного интерактивного оборудования «Радиотехнические цепи и сигналы».

Задания:

- 1 Экспериментальное исследование параметров детерминированных сигналов
- 2 Экспериментальное исследование спектров детерминированных сигналов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить и показать на графике параметры гармонического сигнала.
2. Перечислить и показать на графике параметры периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов.
3. Перечислить и показать на графике параметры периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов.
4. Дать определение спектра и гармоник.
5. Показать спектр гармонического сигнала.
6. Показать спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов.
7. Показать спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов.

Лабораторная работа № 2. Экспериментальное исследование характеристик радиотехнических цепей (12 ч.)

Цели работы:

- овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;
- привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой;
- практическое освоение студентами теоретических положений о характеристиках радиотехнических цепей.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного интерактивного оборудования «Радиотехнические цепи и сигналы».

Задания:

1. Исследование характеристик радиотехнических цепей.
2. Исследование в целях анализа параметров радиоэлектронных средств (усилителя).

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют характеристики цепей.
2. Какие существуют частотные характеристики.
3. Что понимают под комплексной частотной характеристикой цепи? Записать аналитическое выражение. Пояснить физический смысл величин, входящих в выражение для комплексной частотной характеристики цепи.
4. Укажите основные особенности частотных характеристик.
5. Что понимают под коэффициентом нелинейных искажений.

Лабораторная работа № 3. Экспериментальное исследование в целях анализа параметров радиоэлектронных средств (10 ч.)

Цели работы:

- овладение студентами техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов;
- привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой;
- практическое освоение студентами теоретических положений о параметрах электронных средств.

Приборы и принадлежности: Комплект учебно-лабораторного интерактивного оборудования «Радиотехнические цепи и сигналы».

Задания:

1. Исследование амплитудного детектора.
2. Исследование частотного детектора.

Контрольные вопросы:

1. Определение амплитудного детектора.
2. Методы аппроксимации характеристики детектора.
3. Изменение спектра сигнала при модуляции и детектировании.
4. Определение частотного детектора.
5. Определение фазового детектора и его особенность.

Самостоятельная работа

1. Подготовка к практическим занятиям включает в себя подготовку ответов на теоретические вопросы к практическим занятиям и самостоятельное решение задач по теме занятия (приведены в планах практических занятий).

Методические рекомендации для студентов по подготовке к практическому занятию. Подготовка к практическим занятиям предполагает подготовку студентом ответов на теоретические вопросы и выполнение практических заданий для самостоятельной работы (решение задач по теме занятия). Перечень вопросов для подготовки к занятию и задания для самостоятельной работы приведены в планах практических занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем практическом занятии.

- 1) Изучите материал, соответствующий теме практического занятия, по конспекту соответствующей лекции и одному из учебников, предложенному в списке основной литературы.
- 2) Найдите в тексте учебника и конспекте лекций ответы на вопросы для подготовки к занятию. Рекомендуется составить краткий конспект по каждому из вопросов.
- 3) Выучите основные понятия и определения, законы и формулы, соответствующие теме практического занятия.
- 4) Выполните практические задания, предложенные для самостоятельной работы по теме данного занятия.

Методические рекомендации студенту по самостоятельному решению задач. Перед решением задач студенту рекомендуется познакомиться с необходимыми физическими теориями и законами, используя материалы лекций, а также источники из списка основной и дополнительной литературы, ресурсы сети «Интернет».

Решение каждой задачи должно содержать следующие пункты:

- 1) Краткая запись условия размещается в левом верхнем углу листа и отделяется от основного решения вертикальной линией. В краткую запись включаются буквенные обозначения величин, заданных по условию задачи, и их количественные значения в единицах СИ. Также в краткую запись условия включаются величины, значения которых необходимо найти по условию задачи. Неизвестные величины отделяются от известных горизонтальной чертой.

2) Рисунок размещается справа от краткой записи условия. На рисунке необходимо схематически изобразить физическую ситуацию, описываемую в условии задачи. Особое внимание следует уделить рисункам к задачам по механике. По возможности, на рисунке следует указать основные величины, известные по условию задачи, а также искомые величины.

3) Анализ условия размещается под рисунком и включает в себя указание тех физических теорий и законов, на применении которых основывается решение задачи. Анализ условия также может включать объяснение явлений и процессов, описываемых в условии задачи.

4) Запись необходимых математических уравнений, отражающих физические теории и законы, используемые при решении задачи. При записи математических уравнений необходимо следить, чтобы в них входили только известные и искомые физические величины.

5) Решение составленной системы математических уравнений приводится в полном объеме, без сокращений и записей вида «путем несложных математических преобразований получим...».

6) Анализ полученного ответа проводится по нескольким направлениям. Следует проверить единицу измерения полученной величины, проанализировать численное значение на соответствие условию задачи и логическую непротиворечивость. После анализа результата, следует записать ответ к задаче.

2. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ

Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям. Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.* На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных.

3. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносятся на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект, по возможности включающий следующие пункты:

– краткая история открытия явления, закона, изобретения;

– основные физические законы и теории, на которых основывается объяснение данного явления;

– математическая модель описываемого явления и выводы из нее;

– экспериментальная проверка справедливости теории, модели и выводов из нее;

– практическое применение описываемого явления, процесса.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета и экзамена.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

4 семестр

1. Методы измерения энергетических характеристик в трёхфазных цепях.

5 семестр

2. Спектр периодической последовательности импульсов гауссовой формы.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Решение задач для самостоятельной работы (перечень задач для самостоятельной работы к каждому занятию приведен в планах практических занятий)

Критерии оценивания задач для самостоятельного решения

Показатель	Количество баллов
1) Приведена краткая форма условия задачи, включающая перевод единиц измерения в СИ.	0,5
2) Выполнен рисунок к условию задачи, на котором обозначены все необходимые физические и геометрические параметры задачи	0,5
3) Проведен анализ условия задачи, включающий указание основных явлений, о которых идет речь в задаче, а также законов, положенных в основу решения задачи	1
4) Записаны математические уравнения законов, используемых при решении задачи	1
5) Приведено решение математических уравнений и получен численный ответ на вопрос задачи	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» – 3 балла и более; оценка «не зачтено» – менее 3 баллов.

2. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение

Показатель	Количество баллов
1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)	1
2) Логика изложения материала	1
3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации	1
5) Оформление работы	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» – 3 балла и более; оценка «не зачтено» – менее 3 баллов.

3. Выполнение и защита лабораторной работы (задания к лабораторным занятиям и вопросы для защиты приведены в планах лабораторных занятий)

Критерии оценивания лабораторной работы

По результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «зачтено»** при выполнении следующих условий:

1) самостоятельное выполнение эксперимента и получение корректных экспериментальных данных;

2) наличие самостоятельно подготовленного отчета по установленной форме, в котором отражены результаты измерений и вычислений, в том числе погрешностей (при необходимости), а также представлены графики в соответствии с заданиями к лабораторной работе;

3) правильные ответы на все контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

При невыполнении хотя бы одного из вышеперечисленных пунктов по результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «не зачтено»**.

4. Проверочная работа

Пример задания для проверочной работы

Для электрической схемы, изображённой на рис., выполнить следующее:

1. Упростить схему, заменив последовательно и параллельно соединённые резисторы четвёртой и шестой ветвей эквивалентными. Дальнейший расчёт вести для упрощённой схемы.

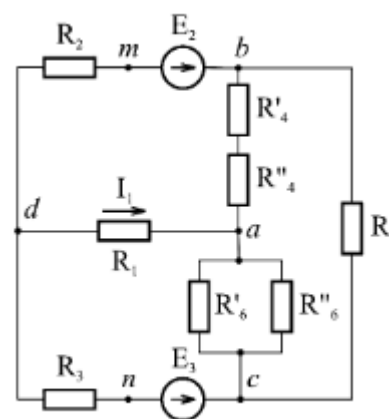
2. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчёта токов во всех ветвях схемы.

3. Определить токи во всех ветвях схемы методом контурных токов.

4. Определить токи во всех ветвях схемы методом узловых напряжений. Результаты расчёта токов, проведённого двумя методами, свести в таблицу и сравнить между собой.

6. Составить баланс мощностей в исходной схеме, вычислив суммарную мощность источников и суммарную мощность нагрузок (сопротивлений).

Значения сопротивлений, ЭДС и токов источников: $R_1=19,5 \text{ Ом}$; $R_2=7,5 \text{ Ом}$; $R_3=3 \text{ Ом}$; $R'_4=1 \text{ Ом}$; $R''_4=1 \text{ Ом}$; $R_5=16,5 \text{ Ом}$; $R'_6=30 \text{ Ом}$; $R''_6=90 \text{ Ом}$; $E_2=24 \text{ В}$; $E_3=30 \text{ В}$.



Критерии оценивания контрольной работы

1. Нормы оценивания работы

№ п/п	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов (*)
1	Правильно решено каждое задание	1 балл

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

5. Тест

Пример тестового задания

1. Определить внутреннее сопротивление R_i идеального генератора напряжения.
 - а) $R_i \rightarrow \infty$
 - б) $R_i = 0$
2. Определить внутреннюю проводимость G_i идеального генератора тока.
 - а) $G_i \rightarrow \infty$
 - б) $G_i = 0$
3. Через катушку индуктивности $L=1$ Гн протекает линейно нарастающий во времени (на 1 А/с) ток i . Чему равно падение напряжения u_L на катушке индуктивности?
 - а) $u_L = 0,5$ В
 - б) $u_L = 1$ В
4. Активное сопротивление $R = 1$ Ом и катушка индуктивности $L = 1$ мГн соединены последовательно. Чему равна фаза входного комплексного сопротивления этой цепи на частоте $\omega = 10^3$ рад/с?
 - а) $\varphi = -45^\circ$
 - б) $\varphi = -45^\circ$
5. Какую максимальную активную мощность P_a может отдать в нагрузку генератор гармонического напряжения с амплитудой $E=10$ В и внутренним сопротивлением $Z_i = (1-j)$ Ом ?
 - а) $P_a = 12,5$ Вт
 - б) $P_a = 25$ Вт.
6. Задана схема, состоящая из последовательно соединенных сопротивления R и индуктивности L . Определить дуальную по отношению к ней схему.
 - а) Параллельное соединение проводимости G и емкости C .
 - б) Последовательное соединение проводимости G и емкости C .
7. Чему равна добротность последовательного колебательного RLC контура?
 - а) $Q = R / \sqrt{\frac{L}{C}}$
 - б) $Q = \sqrt{\frac{L}{C}} / R$
8. Определить ширину полосы частот пропускания $2\Delta f_0$ параллельного колебательного RLC контура, если элементы R , L , C включены между собой параллельно.
 - а) $2\Delta f_0 = R / (2\pi L)$
 - б) $2\Delta f_0 = f_p \sqrt{\frac{L}{C}} / R$
9. Протяженность фидера сравнима с длиной волны электрического колебания. Является ли фидер длинной линией?
 - а) Да
 - б) Нет
10. Поясните физический смысл слагаемых в решении телеграфного уравнения.
 - а) Одно слагаемое характеризует падающую волну, другое - отраженную волну
 - б) Одно слагаемое представляет бегущую волну, другое - стоячую волну.

Критерии оценивания теста

Отлично – 90-100% правильных ответов

Хорошо – 80-90% правильных ответов

Удовлетворительно – 70-80% правильных ответов

Неудовлетворительно – менее 70% правильных ответов

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

1. Зачет – 4 семестр

Критерии выставления зачета

Отметка «зачтено» выставляется студенту, который в течение семестра:

1. Посещал лекционные, практические и лабораторные занятия (при наличии пропусков занятий – предоставил преподавателю все выполненные задания по теме занятия).

2. Не имеет оценок «не зачтено» по итогам работы на практических занятиях.

3. Не имеет оценок «не зачтено» по итогам выполнения заданий для самостоятельной работы.

4. Выполнил и защитил 3 лабораторных работы.

Зачет выставляется студенту при выполнении всех указанных критериев.

2. Курсовой проект – 5 семестр

Курсовой проект выполняется после изучения темы «Основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и их характеристики».

Тема курсового проекта «Оценка спектров сигналов, применяемых в мобильных радиолокаторах контроля воздушного пространства малой дальности».

Примерное задание на выполнение курсового проекта.

Рассчитать спектры сигналов, применяемых в мобильных радиолокаторах, параметры которых приведены в таблице 1.

Для заданных сигналов:

– записать математическую модель;

– изобразить в масштабе временную диаграмму, указать параметры сигнала;

– рассчитать и построить амплитудно-частотный спектр и фазо-частотный спектр;

– определить требуемую полосу пропускания приёмного устройства.

Начальную задержку и начальную фазу сигнала принять равными нулю.

Таблица 1

Тип узкополосного сигнала	Параметр			
	Амплитуда, кВ	Длительность импульса, мкс	Несущая частота, МГц	Частота следования импульсов, имп/с (Гц)
ПППРИ (Радиолокатор «Метис»)	Нечётный № в классном журнале учебной группы	3,3	2000	7500
ПППРИ (Радиолокатор «Консоль»)	Чётный № в классном журнале учебной группы	0,45	7000	2800
Тип широкополосного сигнала	Параметр			Частота следования импульсов, имп/с (Гц)
	Модуляции	Длительность импульса, мкс	Несущая частота, МГц	

ПП ПЛЧМ РИ (Радиолокатор «Фасет»)	Девияция частоты $\Delta f=1,5$ МГц (\downarrow)	$67+(0,1 \cdot \text{№})$	1315	7500
ПП ПЛЧМ РИ (радиолокатор «Кристал»)	Девияция частоты $\Delta f=1,5$ МГц (\downarrow)	$8+(0,1 \cdot \text{№})$	1282	615

Примечание: ПППРИ – периодическая последовательность прямоугольных радиоимпульсов;

ПП ПЛЧМ РИ – периодическая последовательность прямоугольных линейно-частотно-модулированных радиоимпульсов;

№ – номер по порядку в классном журнале учебной группы.

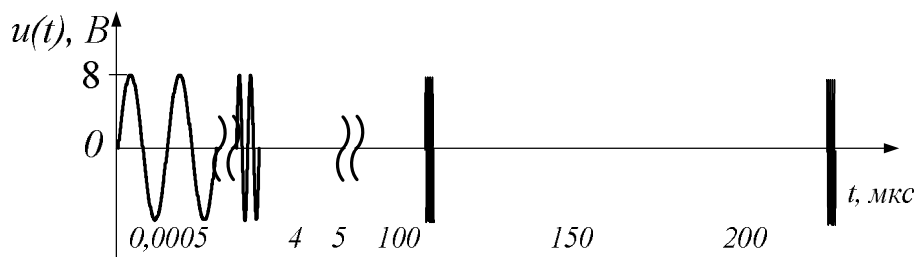
Ожидаемые результаты

Расчёт спектра ПППРИ («Метис»)

1.1. Математическая модель сигнала:

$$u(t) = \begin{cases} 8 \cdot \sin(2\pi \cdot 2000 \cdot 10^6 t) \text{ В}, & 0 \leq \sqrt{a^2 + b^2} t \leq 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ мкс}; \\ 0, & t < 0, \quad t > 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ мкс}. \end{cases}$$

1.2. Временная диаграмма сигнала:



Параметры сигнала:

амплитуда $U_m = 8 \text{ В}$;

несущая частота $f_0 = 2000 \text{ МГц}$ (период несущей частоты $T_0 = 1/f_0 = 1/2000 \cdot 10^6 \text{ с} = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ с} = 0,5 \text{ нс}$);

длительность импульса – $3,3 \text{ мкс}$;

частота следования импульсов $F = 7500 \text{ имп/с}$ (период следования $T = 1/F = 1/7500 = 0,133 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 133 \text{ мкс}$).

1.3. Амплитудно-частотный спектр сигнала.

Сквасность $q = T/\tau_u = 133/3,3 \approx 40$.

Максимальное значение спектра $\frac{U_m}{q} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ А}$.

Амплитуда спектральных составляющих:

$$U_{mk} = \frac{U_m}{q} \cdot \left| \frac{\sin\left(\frac{k \cdot \pi}{q}\right)}{\frac{k \cdot \pi}{q}} \right|$$

Ширина боковых арки и половины центральной арки АЧС:

$$\frac{1}{\tau_{\epsilon}} = \frac{1}{3,3 \cdot 10^{-6}} \approx 0,3 \cdot 10^6 \text{ А} \ddot{\text{ö}} = 0,3 \text{ А} \ddot{\text{ö}} .$$

Расстояние между спектральными составляющими по частоте:

$$\delta f = F = 7500 \text{ Гц.}$$

Частота спектральных составляющих:

$$f_k = f_0 \pm k \cdot F,$$

Количество спектральных линий:

в главной арке $N = (2q-1) \approx 80$;

в боковых арках $N = q-1 \approx 40$.

Критерии оценивания курсового проекта

Оценка «**отлично**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка «**хорошо**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при выполнении курсового проекта в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них

3. Экзамен – 5 семестр

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Основные понятия теории цепей. Элементы электрических цепей.
2. Законы Ома и Кирхгофа. Преобразование схем цепей. Метод расчета электрических цепей с помощью уравнений Кирхгофа.
3. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при последовательном и параллельном соединении элементов.
4. Расчет эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении элементов.
5. Методы расчета электрических цепей: метод пропорциональных коэффициентов.
6. Методы расчета электрических цепей: метод законов Кирхгофа.
7. Метод расчета электрических цепей: метод контурных токов
8. Методы расчета электрических цепей: метод двух узлов.
9. Метод расчета электрических цепей: метод узловых напряжений.
10. Метод расчета электрических цепей: метод эквивалентного генератора.
11. Анализ электрических цепей переменного тока во временной области при последовательном соединении элементов.
12. Расчет электрических цепей переменного тока во временной области при параллельном соединении элементов.
13. Расчет электрических цепей переменного тока комплексным методом при последовательном соединении элементов.
14. Расчет электрических цепей переменного тока комплексным методом при параллельном соединении элементов.
15. Трехфазные электрические цепи. Принцип получения трехфазной ЭДС.
16. Соединение фаз генератора и потребителя энергии «звездой» и «треугольником».
17. Последовательный колебательный контур. Схема и параметры последовательного колебательного контура. Резонанс напряжений. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.

18. Параллельный колебательный контур. Резонанс токов в электрической цепи. Параметры параллельного колебательного контура. Виды схем параллельных колебательных контуров.

19. Резонансные свойства параллельного колебательного контура. Резонансные кривые параллельного колебательного контура. Частотные характеристики параллельного колебательного контура. Влияние параметров генератора и нагрузки на резонансные свойства контуров.

20. Основные сведения о переходных процессах в электрических цепях и методах их расчета. Законы коммутации.

21. Методы анализа электрических цепей в стационарном и переходном режимах.

22. Расчет и анализ переходных процессов в RC цепях.

23. Расчет и анализ переходных процессов в RL цепях.

24. Электрические фильтры. Представление фильтра в виде четырехполюсника. Параметры четырехполюсника.

25. Основные определения и классификация электрических фильтров.

26. LC-фильтры. Методы расчета электрических фильтров.

27. Основные виды радиотехнических сигналов. Параметры и характеристики детерминированных сигналов. Методы преобразования сигналов.

28. Оценка параметров и характеристик детерминированных сигналов. Оценка параметров и характеристик непериодических сигналов. Оценка параметров и характеристик периодических сигналов.

29. Спектры сигналов. Спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов. Спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов. Узкополосные сигналы.

30. Спектры непериодических сигналов. Спектр прямоугольного видеоимпульса. Спектр прямоугольного радиоимпульса. Спектр пачки импульсов.

31. Модулированные сигналы. Разновидности модулированных радиотехнических сигналов. Спектр сигналов с амплитудной модуляцией. Спектр сигналов с угловой модуляцией.

32. Оценка параметров и характеристик амплитудно-модулированных сигналов.

33. Оценка параметров и характеристик спектров частотно-модулированных сигналов.

34. Параметры и характеристики ЛЧМ сигнала.

35. Параметры и характеристики КФМ сигнала.

36. Случайные сигналы. Характеристики и параметры случайных радиотехнических сигналов. Связь спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного сигнала.

37. Частотные характеристики линейных цепей. Расчет частотных характеристик радиотехнических цепей.

38. Временные характеристики линейных цепей. Расчет временных характеристик радиотехнических цепей.

39. Использование частотного метода анализа радиотехнических цепей. Расчет и анализ частотным методом CR-цепей. Расчет и анализ частотным методом RC-цепей.

40. Использование временного метода анализа радиотехнических цепей. Расчет и анализ временным методом RC-цепей. Расчет и анализ временным методом CR-цепей.

41. Радиотехнические цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на характеристики цепи. Устойчивость линейных цепей.

42. Согласованная фильтрация детерминированного сигнала. Оптимальный фильтр. Согласованный фильтр. Оптимальная обработка радиотехнических сигналов.

43. Анализ согласованных фильтров. Согласованный фильтр для прямоугольного видеоимпульса. Согласованный фильтр для прямоугольного радиоимпульса.

44. Основы теории дискретных сигналов. Характеристики дискретных сигналов. Теорема Котельникова.

45. Метод Z-преобразования. Дискретное преобразование Фурье.

46. Характеристики дискретных фильтров. Принципы цифровой обработки сигналов. Временные и частотные характеристики дискретных фильтров. Системная функция фильтра.

47. Анализ цифровых фильтров. Расчет и анализ цифровых фильтров временным методом. Расчет и анализ цифровых фильтров методом Z-преобразований.

48. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов. Характеристики нелинейных элементов. Спектральный состав тока нелинейного элемента при воздействии гармонического сигнала. Преобразование частоты.

49. Формирование и демодуляция радиосигналов. Формирование амплитудно-модулированных радиосигналов и сигналов с угловой модуляцией. Демодуляция радиосигналов.

50. Автогенераторы гармонических колебаний. Назначение, состав, режимы работы автогенератора. Условия самовозбуждения автогенератора. Баланс амплитуд и баланс фаз. Режимы самовозбуждения автогенератора.

Пример экзаменационного задания:

1. Основные понятия теории цепей. Элементы электрических цепей.

2. LC-фильтры. Методы расчета электрических фильтров.

3. Провести анализ устойчивости транзисторного усилителя с RC-цепью в нагрузке, охваченного цепью обратной связи, если коэффициент передачи цепи обратной связи $\beta = 1$, операторная передаточная функция усилителя

$$K(p) = \frac{-K_0}{1 + p\tau},$$

коэффициент усиления усилителя по постоянному току (на нулевой частоте) $K_0 = SR$. Здесь S – крутизна характеристики транзистора, R – сопротивление нагрузочного резистора усилителя, $\tau = RC$ – постоянная времени цепи нагрузки.

Критерии оценки на экзамене:

Оценка «отлично» выставляется студенту, который: глубоко и прочно усвоил программный материал в полном объеме, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагает, четко формулирует основные понятия, приводит соответствующие примеры, уверенно владеет методологией курса, свободно ориентируется в его внутренней структуре, четко выявляет межпредметные связи с другими учебными дисциплинами; умеет творчески иллюстрировать теоретические положения курса примерами, применять теоретические знания к решению практических задач; хорошо владеет современными методами исследования, способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который: твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его без существенных ошибок, правильно применяет теоретические положения при решении конкретных задач, с небольшими погрешностями приводит формулировки определений, не допускает существенных неточностей при выборе и обоснованности методов решения задач; владеет методологией и методами исследования, устанавливает внутренние и межпредметные связи, умеет увязывать теорию с практикой; по ходу изложения допускает небольшие неточности, не искажающие содержания ответа.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который не совсем твердо владеет программным материалом, знает основные теоретические положения изучаемого курса, обладает достаточными для продолжения обучения и предстоящей профессиональной деятельности знаниями. При ответах допускает малосущественные погрешности, искажения логической последовательности при изложении материала, неточную аргументацию теоретических положений курса, испытывает затруднения при решении практических задач.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, имеющему серьезные пробелы в знании учебного материала, допускающему принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой контрольных заданий. Уровень знаний недостаточен для дальнейшей учебы и будущей профессиональной деятельности.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Нефедов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 266 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/469947>.
2. Основы теории цепей. Сборник задач: учебное пособие для вузов / В.И. Семенцов [и др.]; под редакцией В.П. Попова. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 285 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468830>.

7.2 Дополнительная литература

1. Астайкин А. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Том 1: учебное пособие / А. И. Астайкин, А. П. Помазков. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. – 344 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/18444.html>.
2. Астайкин А. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Том 2: учебное пособие / А.И. Астайкин, А. П. Помазков. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. – 360 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/18445.html>.
3. Гречишкин В. С. Основы теории цепей: учебное пособие / В.С. Гречишкин, Р.В. Гречишкина, Т.А. Карпинская. – Калининград: Калининградский государственный университет, 2005. – 162 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/23864.html>.
4. Белов Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов: учебник для вузов / Л.А. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 268 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/479061>.
5. Штыков, В. В. Введение в радиоэлектронику: учебник и практикум для вузов / В. В. Штыков. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 228 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/471059>.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://school-collection.edu.ru/> – Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.
2. <http://fcior.edu.ru/> – Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР).
3. <https://easyeda.com/ru> - онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат.
4. <https://dcaclab.com> – онлайн симулятор электрической цепи.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.
2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.
3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.
4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/registers-web/>.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.

8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: <https://www.qrz.ru/beginners/>.

9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>

10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--plai/>.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской, настенным экраном, мультимедиапроектором, ноутбуком и комплектом колонок.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской и оборудованием:

- комплект учебно-лабораторного оборудования ЭЛБ-ОТЦ-1;
- комплект учебно-лабораторного интерактивного оборудования «Радиотехнические цепи и сигналы».

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

EasyEDA - онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат (свободная лицензия).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022