

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана радиотехнического факультета

/Баженов В.А./

27 июля 2018 г.

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

(приложение к рабочей программе дисциплины)

Электротехника и электроника

(наименование дисциплины)

базовой части образовательной программы

по специальности

25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»

(код и наименование специальности)

Профиль (специализация) программы

«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»

«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»

(наименование профиля (специализации))

Факультет/институт

радиотехнический (РТФ)

(наименование)

Кафедра

Теоретических основ радиотехники (ТОР)

(наименование)

Калининград 2018

1 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Компетенции и этапы их формирования

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|--|---|
| 1 | 2 |
| <p>Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1) Этапы формирования компетенции: ОК-1.2: Способность к анализу</p> | <p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • структурные элементы электрических цепей; • компонентные соотношения для элементов электрической цепи; • законы Кирхгофа и методы эквивалентного преобразования участка электрической цепи. <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать электрические цепи постоянного тока при действии на них одного и нескольких источников; • анализировать линейные электрические цепи переменного тока методом комплексных амплитуд и с использованием эквивалентных преобразований; • анализировать основные параметры и характеристики линейных электрических и магнитных цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами методом комплексных амплитуд; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками экспериментального исследования характеристик переходного процесса в линейных пассивных и активных электрических цепях; • навыками экспериментального исследования частотных свойств линейных электрических и магнитных цепей; • навыками экспериментального исследования амплитудных распределений тока и напряжения в линейных электрических цепях с распределенными параметрами. |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|--|--|
| 1 | 2 |
| <p>Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем (ПК-4)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p>ПК-4.1: Готовность формировать рекомендации по выбору и замене элементов и систем транспортного радиоэлектронного оборудования</p> | <p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные параметры и характеристики элементов электрической цепи и простейших электрических цепей специального назначения (электрических фильтров, трансформаторов, четырехполюсников, длинных линий); • эквивалентные схемы замещения простейших электрических цепей специального назначения; • зависимость основных параметров и характеристик простейших электрических цепей специального назначения от конструктивных параметров и номиналов элементов в их составе; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять требуемые номиналы элементов по заданным частотным характеристикам простейших электрических цепей специального назначения; • подбирать номиналы дополнительных элементов в составе простейших электрических цепей специального назначения для регулировки их свойств в заданных пределах (шунты в колебательных контурах, элементы согласования в трансформаторных системах передачи энергии, согласующие устройства в длинных линиях и пр.); • подбирать номиналы элементов простейших электрических цепей специального назначения для обеспечения заданного режима работы (активных электрических фильтров при импульсном воздействии, длинных линий при гармоническом воздействии); |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|--|---|
| 1 | 2 |
| | <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками экспериментального исследования основных параметров и характеристик простейших электрических цепей специального назначения с целью установления наличия или отсутствия параметрического отказа цепи и необходимости замены ее элементов; • навыками выбора оптимальных параметров воздействий на электрическую цепь и контрольно-измерительной аппаратуры для экспериментального исследования ее основных параметров и характеристик; <p>навыками использования пакета прикладных программ MathCAD для прогнозирования изменения параметров и характеристик простейших электрических цепей специального назначения при замене отдельных элементов цепи.</p> |
| <p>Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований, а также разрабатывать рекомендации по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик (ПК-24)</p> <p>Этапы формирования компетенции: ПК-24.1: Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований</p> | <p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные виды типовых испытательных воздействий на линейные электрические цепи; • типовые отклики исследуемых электрических цепей на различные виды испытательных воздействий; • методы расчета реакций электрических цепей на сложные испытательные воздействия: метод интегралов наложения, операторный метод; |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|--|
| 1 | 2 |
| | <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить анализ влияния параметров исследуемой электрической цепи (постоянная времени, частота среза, порядок электрической цепи, сопротивление и проводимость потерь, коэффициент затухания и пр.) на форму отклика; • оценивать динамику показателей качества функционирования электрической цепи (ширина полосы пропускания и избирательность электрического фильтра, добротность колебательного контура, коэффициент передачи согласующего трансформатора, характеристические параметры четырехполюсника, коэффициент стоячей волны в длинной линии и пр.) при изменении любого из ее параметров; • определять границы изменения любого параметра электрической цепи, обеспечивающие заданное качество ее функционирования (влияние добротности цепи на ее избирательность, зависимость рабочего диапазона частот согласующего трансформатора от сопротивлений генератора и нагрузки, влияние погонных параметров длинной линии на ее вторичные параметры); <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками экспериментального исследования динамики отклика электрической цепи на изменения ее параметров (влияние потерь на форму отклика в переходном процессе); • навыками оценки изменения показателей качества функционирования электрической цепи по результатам экспериментальных исследований; <p>навыками разработки рекомендаций по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик электрических цепей по результатам испытаний.</p> |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|--|
| 1 | 2 |
| <p>Способность генерирования идей, решения задач по созданию теоретических моделей, позволяющих прогнозировать изменение свойств объектов профессиональной деятельности (ПК-25)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p>ПК-25.2: Способность решения задач по созданию теоретических моделей, позволяющих прогнозировать изменение свойств объектов профессиональной деятельности</p> | <p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • схемы замещения типовых электрических цепей и их компонентов; • способы математического описания различных режимов работы типовых электрических схем; • особенности и способы описания типовых электрических цепей в различных частотных диапазонах; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить математическое моделирование типовых воздействий на электрические цепи с применением современных пакетов прикладных программ; • проводить математическое моделирование процессов функционирования типовых электрических цепей с применением современных пакетов прикладных программ; • проводить оценку качества функционирования типовых электрических цепей с применением современных пакетов прикладных программ; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками представления результатов математического моделирования процессов функционирования типовых электрических цепей с применением современных пакетов прикладных программ, в том числе в рамках участия в научно-практических конференциях студентов и курсантов и НИР кафедры; • навыками выбора пакета прикладных программ для исследования типовых электрических цепей в зависимости от способа ее описания; • навыками реализации известных или разработки новых алгоритмов оценки результатов модельных исследований в различных пакетах прикладных программ. |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|
| 1 | 2 |
| <p>Способность выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радиосвязи и радионавигации в соответствии с кодексом ПДНВ, положениями Регламента радиосвязи и конвенции СОЛАС (КК-5)</p> <p>Этапы формирования компетенции: КК-5.2: Способность выполнять действия, связанные с профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радиосвязи и радионавигации в соответствии с кодексом ПДНВ, положениями Регламента радиосвязи и конвенции СОЛАС</p> | <p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные положения теории избирательных цепей (колебательных контуров) и их характеристики в объеме, достаточном для понимания принципов функционирования и расчета характеристик отдельных блоков радиосвязного оборудования ГМССБ; • основные положения теории четырехполюсников и их характеристики в объеме, достаточном для расчета и прогнозирования характеристик усилительных каскадов радиосвязного оборудования ГМССБ; • основы операторного метода анализа электрических цепей в объеме, достаточном для уяснения принципов анализа частотных и временных характеристик отдельных блоков радиооборудования ГМССБ при проверке на устойчивость и работоспособность; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить подбор номиналов электрорадиоэлементов в составе избирательных цепей по заданным характеристикам (резонансная частота, ширина полосы пропускания, добротность (избирательность) и пр.); • проводить расчет входных и передаточных характеристик линейных (усилительных) устройств (четырёхполюсников) по заданным первичным параметрам; • проводить анализ переходных и частотных характеристик линейных электрических цепей по заданной электрической схеме в рамках операторного метода; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками проведения лабораторных измерений кривых избирательности колебательных контуров и оценки динамики изменения их характеристик; |

| Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины | Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|
| 1 | 2 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • навыками измерения первичных параметров линейных электрических устройств, рассматриваемых в качестве четырехполюсников; • навыками определения реакции линейных электрических устройств на типовые и произвольные по форме воздействия в рамках операторного метода. |

В ходе изучения этой учебной дисциплины обучаемые должны:

Знать:

- основные определения и законы теории электрических цепей;
- методы анализа линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока;
- устройство, принцип действия, основные параметры и характеристики электромагнитных устройств и электрических машин;

Уметь:

- анализировать и проводить расчет линейных электрических цепей постоянного и переменного тока;
- анализировать и проводить расчет нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока;
- анализировать и проводить расчет переходных процессов в линейных электрических цепях;

Владеть:

- навыками работы с вычислительной техникой и прикладными программами, используемыми в деятельности радиоинженера;
- методами измерения технических характеристик и параметров узлов и устройств в составе транспортного радиоэлектронного оборудования.

В таблице 1.2 приведено соответствие разделов изучаемой дисциплины реализуемому этапу формирования компетенции

Таблица 1.2 – Соответствие разделов дисциплины «Электротехника и электроника» реализуемому этапу формирования компетенции для всех форм обучения и всех специализаций

| Этап формирования | Код формируемой компетенции | | | | |
|---|-----------------------------|------|-------|-------|------|
| | ОК-1 | ПК-4 | ПК-24 | ПК-25 | КК-5 |
| Раздел 1. Введение | + | | | | |
| Раздел 2. Основные понятия, элементы и законы теории электрических цепей | + | + | | + | |
| Раздел 3. Переходные процессы в линейных электрических цепях | + | | + | + | |
| Раздел 4. Анализ линейных электрических цепей в установившемся гармоническом режиме | + | | + | + | |
| Раздел 5. Нелинейные электрические и магнитные цепи | | + | | + | |
| Раздел 6. Резонансные явления и колебательные контуры | + | + | + | + | + |
| Раздел 7. Операторный метод анализа линейных электрических цепей | | | + | + | + |
| Раздел 8. Активные электрические фильтры | + | + | + | + | |
| Раздел 9. Индуктивно связанные цепи при гармоническом воздействии | + | + | + | + | |
| Раздел 10. Линейные четырехполюсники | + | + | + | + | + |
| Раздел 11. Цепи с распределенными параметрами. Теория длинных линий | + | + | + | + | |
| Раздел 12. Электромагнитные устройства и электрические машины | | + | | + | |

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО НЕЙ

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины осуществляется в рамках текущего контроля и итоговой аттестации в ходе выполнения заданий на лабораторных и практических занятиях, выполнении расчетно-графической работы (РГР) (контрольных работ для студентов заочной формы обучения) и курсовой работы (КР), выполнении заданий на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче экзаменов в 3 и 4 семестрах (во 2 и 3 сессии 2 курса для студентов заочной формы обучения).

2.1 Перечень тем лабораторных работ

Очная форма обучения

- «Исследование переходных колебаний в линейных цепях первого порядка» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование простых цепей в установившемся гармоническом режиме» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование частотных характеристик простейших цепей первого и второго порядка» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование режимов работы трехфазных линейных электрических цепей» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование частотных характеристик последовательного и параллельного колебательных контуров» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Исследование временных и частотных характеристик активных фильтров нижних и верхних частот» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование временных и частотных характеристик активных полосового и режекторного фильтров» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование частотных характеристик согласующего трансформатора» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование линейных четырехполюсников» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Исследование длинной линии в режимах бегущей волны, стоячих и смешанных волн» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25).

Заочная форма обучения

- «Исследование частотных характеристик простейших цепей первого и второго порядка» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Исследование частотных характеристик последовательного и параллельного колебательных контуров» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5).

Формирование результатов освоения дисциплины (РОД) в рамках лабораторных занятий осуществляется при выполнении лабораторных заданий на специализированной учебной компьютерной программе «LongLine» или с использованием специализированной контрольно-измерительной аппаратуры. Контроль освоения осуществляется с помощью контрольных вопросов и заданий из приведенного перечня.

2.2 Перечень тем практических занятий

Очная форма обучения

- «Колебательные контуры высокой добротности» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Колебательные контуры неполного включения» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Взаимосвязь оригиналов и изображений в операторном методе анализа линейной электрической цепи» (ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Использование операторных схем замещения для анализа переходных процессов и частотных свойств линейных электрических цепей» (ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Анализ частотных свойств активных электрических фильтров операторным методом» (ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Анализ временных характеристик активных электрических фильтров операторным методом» (ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Линейный трансформатор» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Линейные четырехполюсники: одиночные и составные» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Амплитудные распределения тока и напряжения в длинной линии» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25).

Заочная форма обучения

- «Линейные электрические цепи постоянного тока» (ОК-1, ПК-4, ПК-25);
- «Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Анализ линейных электрических цепей методом комплексных амплитуд. Частотные характеристики линейных электрических цепей» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Колебательные контуры высокой добротности» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Взаимосвязь оригиналов и изображений в операторном методе анализа линейной электрической цепи» (ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Использование операторных схем замещения для анализа переходных процессов и частотных свойств линейных электрических цепей» (ПК-24, ПК-25, КК-5).

Формирование РОД в рамках практических занятий осуществляется при решении типовых задач по расчету токов и напряжений в линейных электрических цепях постоянного и переменного тока, частотных характеристик линейных электрических цепей, параметров и частотных характеристик колебательных контуров высокой добротности, линейного трансформатора, линейных четырехполюсников, длинных линий, применению операторного метода анализа временных и частотных характеристик линейных электрических цепей и активных RC-фильтров. Контроль полученных навыков в решении типовых задач осуществляется при защите отчетов по выполненным лабораторным работам на соответствующую тему и пояснительной записки по КР.

2.3 Перечень тем расчетно-графической, контрольных и курсовой работ

Очная форма обучения

- РГР. Часть 1 «Анализ линейных электрических цепей во временной области» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- РГР. Часть 2 «Анализ линейных электрических цепей в частотной области» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- КР «Анализ активной цепи» (ПК-24, ПК-25, КК-5).

Заочная форма обучения

- К/р №1 «Анализ линейных электрических цепей во временной области» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- К/р №2 «Анализ линейных электрических цепей в частотной области» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- КР «Анализ активной цепи» (ПК-24, ПК-25, КК-5).

Формирование РОД в рамках РГР, К/р и КР осуществляется при самостоятельном решении типовых задач по расчету цепей постоянного тока, переходных процессов в линейных электрических цепях первого и второго порядков, применению метода комплексных амплитуд к расчету электрических токов, напряжений и мощностей в линейных электрических цепях, а также к анализу их частотных свойств, применению операторного метода к анализу временных и частотных характеристик активных RC-фильтров. Контроль освоения осуществляется при защите отчетов по РГР, К/р и пояснительной записки по КР.

2.4 Перечень тем самостоятельных работ

Очная форма обучения

- «Переходные процессы в линейных электрических цепях второго порядка» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Трехфазные электрические цепи» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Нелинейные электрические и магнитные цепи» (ПК-4, ПК-25);
- «Активные электрические фильтры» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Электромагнитные устройства и электрические машины» (ПК-4, ПК-25).

Заочная форма обучения

- «Методы анализа сложных электрических цепей» (ОК-1, ПК-4, ПК-25);
- «Переходные процессы в линейных электрических цепях» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Анализ линейных электрических цепей в установившемся гармоническом режиме» (ОК-1, ПК-24, ПК-25);
- «Нелинейные электрические и магнитные цепи» (ПК-4, ПК-25);
- «Резонансные явления и колебательные контуры» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Операторный метод анализа линейных электрических цепей» (ПК-24, ПК-25, КК-5);

- «Активные электрические фильтры» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Индуктивно связанные цепи при гармоническом воздействии» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Линейные четырехполюсники» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5);
- «Цепи с распределенными параметрами. Теория длинных линий» (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25);
- «Электромагнитные устройства и электрические машины» (ПК-4, ПК-25).

Формирование РОД при выполнении заданий на СР осуществляется при работе обучающегося с рекомендованной основной и дополнительной литературой, а также интернет-ресурсами. Контроль освоения осуществляется при проверке качества конспекта, а также умения применить изученный материал при решении практических задач.

2.5 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется после сдачи всех текущих контролей, включающих защиту лабораторных работ, РГР (или К/р) и КР, а также конспектов тем, вынесенных на самостоятельное изучение, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Итоговая аттестация проводится в виде экзамена в 3 и 4 семестрах для курсантов очной и в 2 и 3 сессии 2 курса для студентов заочной форм обучения. Экзаменационные билеты содержат четко сформулированный теоретический вопрос и вопрос для контроля практических умений (практическая задача). Билеты для проведения экзамена обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры.

Формирование РОД осуществляется при самостоятельной подготовке обучающихся к итоговой аттестации по вопросам, разработанным кафедрой, рассмотренным и утвержденным на заседании кафедры. Вопросы для ознакомления обучающимся выдаются заранее, но не позднее, чем за 1 месяц до начала проведения экзамена.

Накануне экзамена обучающиеся знакомятся с порядком его проведения, получают необходимые консультации.

Контроль уровня освоения компетенций (ОК-1, ПК-4, ПК-24, ПК-25, КК-5) дисциплины осуществляется по качеству ответа на вопросы экзаменационного билета, умению применить полученные знания при решении практических задач.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Типовые контрольные задания и вопросы

3.1.1 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 1 «Исследование переходных колебаний в линейных цепях первого порядка»

Цель работы: Снятие осциллограмм напряжений на реактивных элементах в простейших электрических цепях в режиме переходного процесса и сопоставление результатов эксперимента с результатами расчетов.

В состав лабораторной установки входят типовые измерительные приборы (генератор сигналов DG 2041A, цифровой мультиметр GDM-8245, электронный осциллограф DS 2072) и лабораторный макет.

На лабораторном макете выполняется монтаж исследуемых цепей. Примерный вид лицевой панели лабораторного макета приведен на рисунке 3.1.

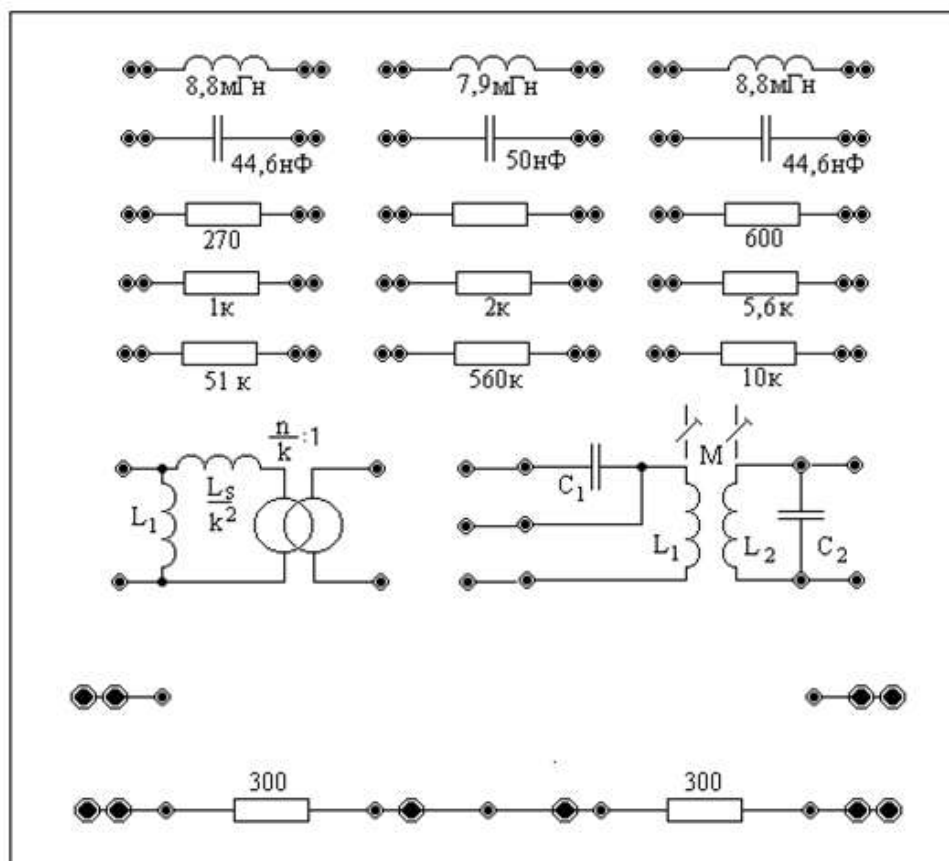


Рисунок 3.1 – Вид лицевой панели лабораторного макета

В верхней части лабораторного макета расположено наборное поле из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности. В средней части лабораторного макета расположены выводы встроенного трансформатора (слева)

и гнезда для подключения субмодуля двух связанных колебательных контуров (справа). Конструкция субмодуля позволяет изменять индуктивности контуров подстроечными сердечниками и связь между контурами посредством изменения расстояния между контурными катушками. В нижней части лабораторного макета расположены две группы гнезд. Левая группа гнезд используется для присоединения генератора и милливольтметра (осциллографа) к входу исследуемой цепи. Правая группа гнезд используется для присоединения контрольных приборов к выходу цепи. Соединения элементов исследуемой цепи на макете производится перемычками.

Задание на самоподготовку

1. Накануне лабораторного занятия получить у преподавателя численные значения параметров элементов, входящих в исследуемые цепи.
2. Вычислить постоянные времени RC и RL-цепей, (рисунок 3.2, а, б) для двух значений сопротивления (1 кОм и 2 кОм).
3. Вычислить длительность переходного процесса, длительность импульсов и частоту их следования, необходимые для наблюдения переходных характеристик всех исследуемых цепей.
4. Ознакомиться с лабораторным заданием и продумать порядок проведения эксперимента.

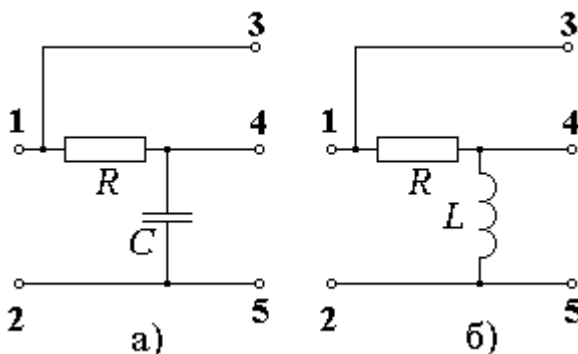


Рисунок 3.2 – Схемы исследуемых цепей

Лабораторное задание

1. Подготовить измерительные приборы к работе, включить их.
2. Смонтировать на макете последовательный RC-контур.
3. Снять осциллограммы входных и выходных импульсов, а также свободных колебаний напряжения на емкости последовательной RC-цепи для двух значений сопротивления.
4. Определить по осциллограммам значения рассчитанных в п.п. 2 и 3 задания на самоподготовку числовых параметров и сравнить их с расчетными значениями.

5. Смонтировать на макете последовательный RL-контур.
6. Снять осциллограммы входных и выходных импульсов, а также свободных колебаний напряжения на емкости последовательной RL-цепи для двух значений сопротивления.
7. Определить по осциллограммам значения рассчитанных в п.п. 2 и 3 числовых параметров и сравнить их с расчетными значениями.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электрической цепи.
2. Какой смысл имеет термин «порядок электрической цепи»? Как он определяется?
3. Как составляются дифференциальные уравнения электрического равновесия?
4. В чем состоит первый закон Кирхгофа. Приведите пример составления уравнения по первому закону Кирхгофа.
5. В чем состоит второй закон Кирхгофа. Приведите пример составления уравнения по второму закону Кирхгофа.
6. Как определить количество уравнений, которые необходимо составить для разветвленной цепи по первому и второму законам Кирхгофа?
7. Что называется переходным процессом? В каких случаях он наблюдается?
8. Что понимается под свободной составляющей переходных токов и напряжений? Какова методика ее определения?
9. Что понимается под вынужденной составляющей переходных токов и напряжений? Какова методика ее определения?
10. Дайте определение начальному условию. Приведите классификацию начальных условий.
11. В чем состоят законы коммутации? Каков их физический смысл?
12. Приведите методику определения начальных условий.
13. Что понимается под постоянной времени цепи первого порядка? Как она определяется?
14. Как постоянная времени цепи связана с длительностью переходного процесса?
15. Дайте определения переходной характеристики электрической цепи.
16. Дайте определения импульсной характеристики электрической цепи.

17. Как связаны между собой переходная и импульсная характеристики? Какие размерности они могут иметь?

3.1.2 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 2 «Исследование простых цепей в установившемся гармоническом режиме»

Цель работы: Измерение амплитуд и начальных фаз напряжений в простейших электрических цепях и проверка амплитудных и фазных соотношений между ними.

Задание на самоподготовку

К теоретическому и экспериментальному исследованию в настоящей лабораторной работе предлагается три цепи (рисунок 3.3). Номера исследуемых цепей для каждой бригады и условия проведения экспериментов приведены в таблице 3.1.

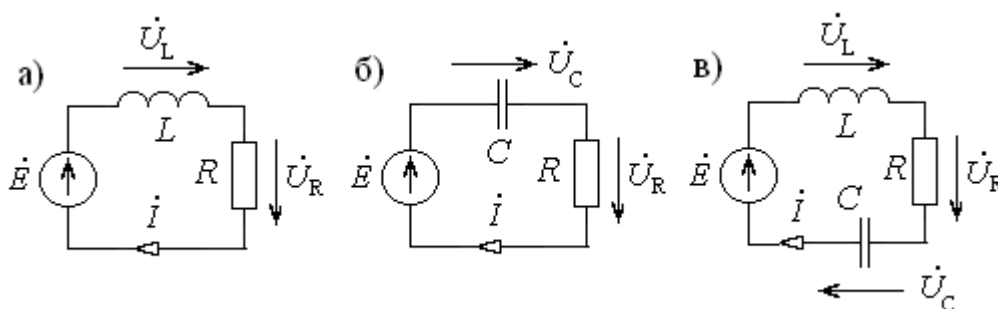


Рисунок 3.3 – Схемы исследуемых цепей

Таблица 3.1 – Номера исследуемых цепей и условия проведения измерений

| Номера бригад | Номера исследуемых цепей | L, мГн | C, нФ | R, Ом | Частота, кГц |
|---------------|--------------------------|--------|-------|-------|--------------|
| 1 | Рис. 3.3, а, в. | 8.8 | 44.6 | 270 | 10 |
| 2 | Рис. 3.3, б, в. | 7.9 | 50 | 560 | 10 |
| 3 | Рис. 3.3, а, в. | 8.8 | 44.6 | 270 | 5 |
| 4 | Рис. 3.3, б, в. | 7.9 | 50 | 560 | 5 |

1. В соответствии с исходными данными (таблица 3.1) рассчитать амплитуды и начальные фазы напряжений на элементах исследуемых цепей и построить качественно векторные диаграммы.
2. Продумать порядок проведения эксперимента.

Лабораторное задание

1. Соберите двухэлементную цепь согласно заданию (RL или RC). Помните, что элемент, на котором измеряется напряжение, должен располагаться в схеме последним. Подключите к электрической цепи контрольно-измерительную аппаратуру (генератор гармонического напряжения и осциллограф) с помощью коаксиальных кабелей. Для возможности одновременной подачи напряжения с генератора в электрическую цепь и на осциллограф используйте коаксиальный тройник. Представьте собранную электрическую цепь на проверку преподавателю.
2. После получения разрешения включите генератор гармонического напряжения и произведите его настройку: выберите режим генерации гармонического напряжения **Sine**, установите заданную частоту и амплитуду 1 В (обратите внимание на то, что на генераторе выставляется размах гармонического напряжения, то есть удвоенная амплитуда). Нажмите кнопку **Output**.
3. Включите и произведите автоматическую настройку осциллографа. Для этого нажмите кнопку **Autoscale**. Разнесите полученные осциллограммы по высоте, используя ручки перемещения изображения каждого из каналов осциллографа. Если масштаб полученных осциллограмм Вас не устраивает, воспользуйтесь ручками вертикальной и горизонтальной разверток, обозначенных символами ~. Помните, что измерение будет точнее, если в пределах экрана будет укладываться 1-2 периода колебаний.
4. Произведите измерение амплитуд напряжений с помощью системы измерительных курсоров.
5. С помощью той же системы курсоров произведите измерение сдвига фаз напряжения, являющегося реакцией исследуемой электрической цепи, относительно воздействия (напряжения, подаваемого с выхода генератора на вход электрической цепи). Для этого смените тип курсоров на временной (**Voltage** или **Time**). Рассчитайте величину сдвига фаз.
6. Зарисуйте осциллограммы напряжений на заранее заготовленную сетку или сохраните с использованием **flash-памяти**.
7. Отключите напряжение на входе электрической цепи, нажав на осциллографе кнопку **Output**. Не выключайте генератор и осциллограф, так как в противном случае Вам придется проводить их настройку заново. Пересоберите схему электрической цепи таким образом, чтобы поменять элементы местами (R и C; R и L). Повторите пункты 4, 5 и 6 по отношению к новой системе напряжений.
8. Повторите пункты 1-7 по отношению к трехэлементной RLC-цепи, трижды пересобрав ее таким образом, чтобы последним элементом по очереди оказывались R, L и C.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в сводную таблицу бланка отчета.
10. По результатам измерений амплитуд и сдвигов фаз напряжений относительно ЭДС в тех же осях постройте практические векторные диаграммы.
11. Проведите сравнение полученных сдвигов фаз между различными напряжениями (используйте результаты сводной таблицы) в исследуемых электрических цепях с известными теоретическими положениями. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гармонического тока (напряжения).
2. Что понимается под амплитудным значением (амплитудой) гармонического тока (напряжения)?
3. Дайте определение периода гармонического тока (напряжения).
4. Что понимается под циклической (линейной) частотой гармонического тока (напряжения)? Укажите ее связь с периодом.
5. Что называется полной фазой (фазой) гармонического тока (напряжения)?
6. Дайте определение угловой частоты гармонического тока (напряжения). Укажите ее связь с циклической частотой и с периодом.
7. Что называется начальной фазой гармонического тока (напряжения)?
8. Как определяется фазовый сдвиг между двумя гармоническими токами (напряжениями)? Как определить какой из сигналов опережает другой или отстает от него по фазе и на сколько?
9. В чем состоит символический метод анализа линейных электрических цепей? В чем его преимущества?
10. Что называется комплексным мгновенным значением (комплексом) гармонического тока (напряжения)? Укажите связь между комплексом и мгновенным значением гармонического тока (напряжения).
11. Дайте определения комплексной амплитуды гармонического тока (напряжения).
12. Сформулируйте первый закон Кирхгофа для комплексных амплитуд. Приведите пример составления уравнения по данному закону. Обоснуйте выбор знака комплексной амплитуды тока ветви.
13. Сформулируйте второй закон Кирхгофа для комплексных амплитуд. Приведите пример составления уравнения по данному закону. Обос-

нуйте выбор знака комплексной амплитуды напряжения на элементе контура.

14. Дайте определения комплексным сопротивлению и проводимости участка электрической цепи. Укажите, как определяется комплексное сопротивление (или проводимость) сложного двухполюсника.
15. Какой физический смысл имеют модуль и аргумент комплексных сопротивлений и проводимости?
16. В чем состоит задача анализа линейной электрической цепи в установившемся гармоническом режиме? Как определяется число уравнений, которое необходимо составить для решения данной задачи в соответствии с законами Кирхгофа для комплексных амплитуд?

3.1.3 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 3 «Исследование частотных характеристик простейших цепей первого и второго порядка»

Цель работы: Измерение частотных зависимостей амплитуды и начальной фазы напряжения на выходе простейших электрических цепей и сопоставление результатов эксперимента с результатами расчетов.

К теоретическому и экспериментальному исследованию в настоящей лабораторной работе предлагается восемь цепей. Это четыре двухэлементных четырехполюсника (рисунок 3.4) и четыре трехэлементных четырехполюсника (рисунок 3.5). Каждая бригада исследует две цепи. Номера исследуемых цепей для каждой бригады приведены в таблице 3.2. Значения параметров R , L , C и формулы передаточных функций цепей приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.2 – Номера исследуемых цепей (см. рисунки 3.4 и 3.5)

| Бригады | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Номера цепей | 1 и 5 | 2 и 6 | 3 и 7 | 4 и 8 |

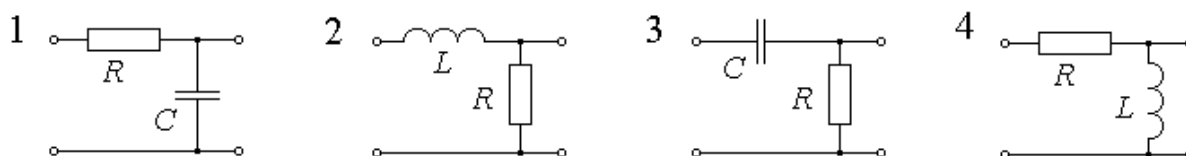


Рисунок 3.4 – Двухэлементные четырехполюсники для исследования

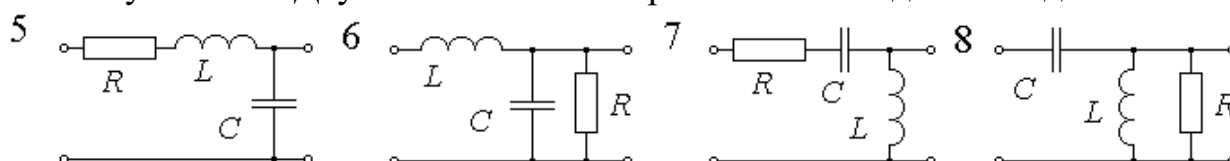


Рисунок 3.5 – Трехэлементные четырехполюсники для исследования

Таблица 3.3 – Параметры и передаточные функции двухэлементных цепей

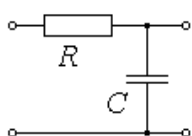
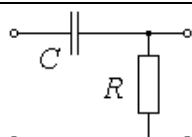
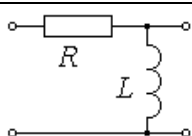
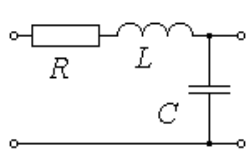
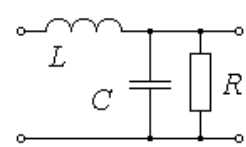
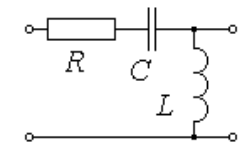
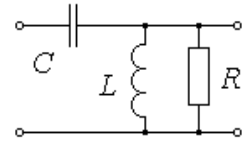
| Номер цепи | Схема | Параметры | Передаточная функция | Обозначения |
|------------|---|---|--|----------------------|
| 1 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau}$ | $\tau = RC$ |
| 2 |  | $R = 560 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ | $K(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau}$ | $\tau = \frac{L}{R}$ |
| 3 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$ | $\tau = RC$ |
| 4 |  | $R = 560 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ | $K(j\omega) = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$ | $\tau = \frac{L}{R}$ |

Таблица 3.4 – Параметры и передаточные функции трехэлементных цепей

| Номер цепи | Схема | Параметры | Передаточная функция | Обозначения |
|------------|---|--|---|---|
| 5 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega\omega_0 d}$ | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $d = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ |
| 6 |  | $R = 560 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega\omega_0 d}$ | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $d = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ |
| 7 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{-\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega\omega_0 d}$ | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $d = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ |
| 8 |  | $R = 560 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | $K(j\omega) = \frac{-\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega\omega_0 d}$ | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $d = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ |

1. Для подлежащего исследованию двухэлементного четырехполосника:
 - Вывести формулу комплексного коэффициента передачи напряжения, сравнить ее с выражением, приведенным в таблице 3.3;
 - вывести формулы АЧХ и ФЧХ;
 - рассчитать значения АЧХ и ФЧХ на частотах $\frac{f_1}{8}, \frac{f_1}{4\sqrt{2}}, \frac{f_1}{4}, \frac{f_1}{2\sqrt{2}}, \frac{f_1}{2}, \frac{f_1}{\sqrt{2}}, f_1, \sqrt{2}f_1, 2f_1, 2\sqrt{2}f_1, 4f_1, 4\sqrt{2}f_1, 8f_1$, где $f_1 = 1/(2\pi\tau)$;
 - изобразить графики АЧХ и ФЧХ в логарифмическом масштабе.
2. Для подлежащего исследованию трехэлементного четырехполосника:
 - вывести формулу комплексного коэффициента передачи напряжения, сравнить ее с выражением, приведенным в таблице 3.4;
 - вывести формулы АЧХ и ФЧХ;
 - рассчитать значения АЧХ и ФЧХ на частотах $\frac{f_0}{8}, \frac{f_0}{4\sqrt{2}}, \frac{f_0}{4}, \frac{f_0}{2\sqrt{2}}, \frac{f_0}{2}, \frac{f_0}{\sqrt{2}}, f_0, \sqrt{2}f_0, 2f_0, 2\sqrt{2}f_0, 4f_0, 4\sqrt{2}f_0, 8f_0$, где $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$;
 - изобразить графики АЧХ и ФЧХ, в логарифмическом масштабе.
3. Продумать порядок проведения эксперимента.

Лабораторное задание

1. Подготовить измерительные приборы к работе, включить их. Установить выходное напряжение генератора равным 1 В.
2. Смонтировать на макете двухэлементный четырехполосник.
3. Подключить мультиметр к выходу четырехполосника. Произвести измерения АЧХ для рассчитанных значений частоты воздействия.
4. Подключить электронный осциллограф первым каналом к входу четырехполосника, а вторым – к выходу. Произвести измерения ФЧХ для рассчитанных значений частоты воздействия (Фазовый сдвиг между выходным и входным напряжением измеряется по смещению осциллограммы выходного напряжения по отношению к осциллограмме входного напряжения).
5. Повторить операции по п.п. 2 – 4 для измерения частотных характеристик трехэлементного четырехполосника.
6. Оформить результаты в виде таблиц и графиков (построить в одних осях с расчетными). Сравнить результаты расчета и эксперимента.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение комплексной функции цепи (КФЦ).
2. В каком случае КФЦ называется входной?
3. Перечислите известные вам входные КФЦ. Поясните их физический смысл.
4. В каком случае КФЦ называется передаточной?
5. Перечислите известные вам передаточные КФЦ. Поясните их физический смысл.
6. Дайте определение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) цепи.
7. Дайте определение фазо-частотной характеристики (ФЧХ) цепи.
8. Как связаны АЧХ и ФЧХ с КФЦ?
9. Что происходит с сигналом при его прохождении через цепь, если на данной частоте значение АЧХ: больше 1, меньше 1?
10. Каково фазовое соотношение между сигналами на входе и выходе цепи, если на данной частоте значение ФЧХ: равно 180 град, больше 0 град, равно 0 град, меньше 0 град?
11. Что понимается под электрическим фильтром?
12. Дайте определение частоты среза электрического фильтра?
13. Что называется полосой пропускания электрического фильтра?
14. Что называется полосой задерживания электрического фильтра?
15. На какие виды подразделяются электрические фильтры по взаимному расположению полосы пропускания и полосы задерживания?
16. Приведите графики АЧХ различных идеальных и реальных электрических фильтров.
17. Дайте определение логарифмической АЧХ. В чем ее преимущество?
18. Сформулируйте методику измерения АЧХ.
19. Как измеряются значения ФЧХ с помощью двухлучевого осциллографа?

3.1.4 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 4 «Исследование режимов работы трехфазных линейных цепей»

Цель работы: Измерение амплитуд и сдвигов фаз между напряжениями в трехфазных электрических цепях, построенных по схеме «звезда» и «треугольник», проверка амплитудных и фазовых соотношений между ними.

В состав лабораторной установки входят типовые измерительные приборы (цифровой мультиметр GDM-8245, электронный осциллограф DS 2072) и лабораторный макет.

На лабораторном макете выполняется монтаж исследуемых цепей. Вид лицевой панели лабораторного макета приведен на рисунке 3.6.

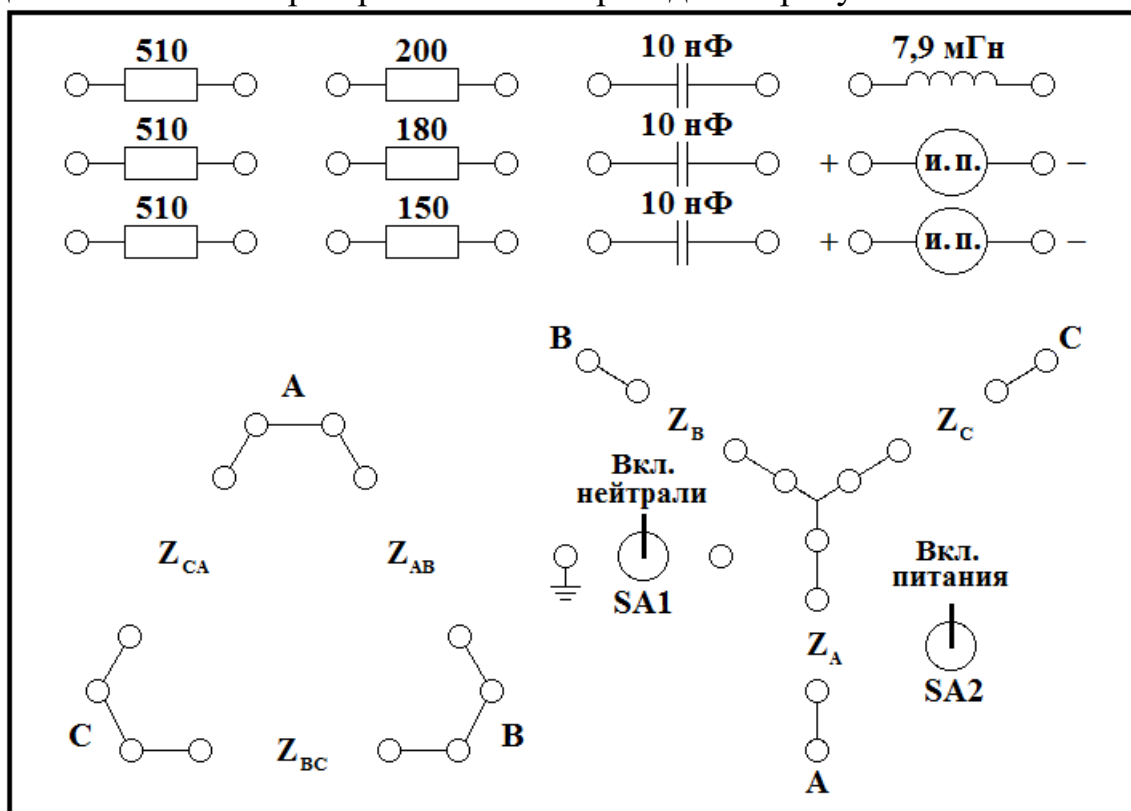


Рисунок 3.6 – Вид лицевой панели лабораторного макета

Лабораторное задание

1. Соберите на стенде с помощью соединительных проводников симметричную нагрузку (510 Ом в каждой фазе), включенную по схеме «звезда». Тумблерный переключатель SA1 переведите в положение «Вкл. нейтраль». Подайте напряжение на нагрузку, переведя тумблерный переключатель SA2 в положение «Вкл.». С помощью мультиметра GDM-8245 и осциллографа DS 2072 проведите измерение действующих значений фазных напряжений U_{A0} , U_{B0} , U_{C0} и сдвигов фаз между ними φ_{AB} , φ_{BC} , φ_{CA} . Сравните полученные результаты с известными

ми теоретическими положениями (равенство действующих значений фазных напряжений, 120° сдвиг фаз). Результаты измерений занесите в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Зависимость фазных напряжений от сопротивления фазы А при наличии нейтрали

| $R_A, \text{ Ом}$ | $U_{A0}, \text{ В}$ | φ_{AB} | $U_{B0}, \text{ В}$ | φ_{BC} | $U_{C0}, \text{ В}$ | φ_{CA} | $I_0, \text{ мА}$ |
|-------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|-------------------|
| 510 | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | |

- Измерьте линейные напряжения U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} и убедитесь, что они близки друг к другу. Определите во сколько раз линейное напряжение превосходит фазное и сравните результат с известным теоретическим положением ($U_{л} = 1,73U_{ф}$).
- При выключенном питании стенда (с помощью тумблерного переключателя SA2) поменяйте сопротивление одной из фаз (например, фазы А) с 510 на 200 Ом. Измерьте фазные напряжения U_{A0}, U_{B0}, U_{C0} и сдвиги фаз $\varphi_{AB}, \varphi_{BC}, \varphi_{CA}$. Повторите измерения для сопротивлений 180 Ом и 150 Ом. Результаты занесите в таблицу 3.5. Убедитесь, что при наличии нейтрали фазные напряжения для симметричной и несимметричной нагрузок одинаковы.
- По формуле (3.1) рассчитайте ток в нейтрали и занесите результаты расчетов в таблицу 3.5. Как влияет уменьшение сопротивления одной из фаз на ток в нейтрали?

$$I_0 = \left[\left(\frac{U_{A0}}{R_A} \right)^2 + \left(\frac{U_{B0}}{R_B} \right)^2 + \left(\frac{U_{C0}}{R_C} \right)^2 + 2 \frac{U_{A0}U_{B0}}{R_A R_B} \cdot \cos(\varphi_{AB}) + \right. \\ \left. + 2 \frac{U_{B0}U_{C0}}{R_B R_C} \cdot \cos(\varphi_{BC}) + 2 \frac{U_{C0}U_{A0}}{R_C R_A} \cdot \cos(\varphi_{CA}) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

- Отключите нейтраль с помощью тумблерного переключателя SA1. Повторите измерения фазных напряжений в соответствии с п. 3 и занесите их в таблицу 3.6. Убедитесь, что при симметричной нагрузке обрыв нейтрали не влияет на фазные напряжения. Как влияет уменьшение сопротивления одной из фаз на фазные напряжения при обрыве нейтрали?

Таблица 3.6 – Зависимость фазных напряжений от сопротивления фазы А при обрыве нейтрали

| $R_A, \text{ Ом}$ | $U_{A0}, \text{ В}$ | $U_{B0}, \text{ В}$ | $U_{C0}, \text{ В}$ |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 510 | | | |
| 200 | | | |
| 180 | | | |
| 150 | | | |

6. При отключенном питании стенда соберите с помощью соединительных проводников симметричную нагрузку (510 Ом в каждой фазе), включенную по схеме «треугольник». Подайте напряжение на нагрузку, переведя тумблерный переключатель SA2 в положение «Вкл.». С помощью мультиметра GDM-8245 и осциллографа DS 2072 проведите измерение действующих значений линейных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и сдвигов фаз между ними $\Delta\varphi_1 = \varphi_{BC} - \varphi_{AB}$, $\Delta\varphi_2 = \varphi_{CA} - \varphi_{BC}$, $\Delta\varphi_3 = \varphi_{AB} - \varphi_{CA}$. Сравните полученные результаты с известными теоретическими положениями (равенство действующих значений линейных напряжений, 120° сдвиг фаз).

7. По результатам измерений рассчитайте фазные токи:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}, \psi_{AB} = \Delta\varphi_1, I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_{BC}}, \psi_{BC} = \Delta\varphi_2, I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}}, \psi_{CA} = \Delta\varphi_3. \quad (3.2)$$

Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Линейны напряжения и фазные токи в нагрузке, собранной по схеме «треугольник»

| Нагрузка | $U_{AB}, \text{ В}$ | $U_{BC}, \text{ В}$ | $U_{CA}, \text{ В}$ | $I_{AB}, \text{ мА}$ | $I_{BC}, \text{ мА}$ | $I_{CA}, \text{ мА}$ |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Симметричная | | | | | | |
| Несимметричная | | | | | | |

8. По результатам расчетов постройте векторную диаграмму фазных токов. На векторной диаграмме постройте любой из линейных токов (как разность двух фазных токов). Определите во сколько раз линейный ток превосходит фазный и сравните результат с известным теоретическим положением ($I_{л} = 1,73I_{ф}$).

9. В соответствии с вариантом задания (таблица 3.8) при отсутствии питания соберите на макете с помощью соединительных проводников несимметричную нагрузку. Подайте напряжение на нагрузку, переведя тумблерный переключатель SA2 в положение «Вкл.». Измерьте линейные напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и сдвигов фаз между ними $\Delta\varphi_1 = \varphi_{BC} - \varphi_{AB}$, $\Delta\varphi_2 = \varphi_{CA} - \varphi_{BC}$, $\Delta\varphi_3 = \varphi_{AB} - \varphi_{CA}$. Результаты измерений занесите в таблицу 3.7.

Таблица 3.8 – Варианты несимметричной нагрузки, собранной по схеме «треугольник»

| Бригада | Z_{AB} | | Z_{BC} | | Z_{CA} | |
|---------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| | Активная часть | Реактивная часть | Активная часть | Реактивная часть | Активная часть | Реактивная часть |
| 1 | 510 Ом | 10 нФ | 510 Ом | – | 510 Ом | – |
| 2 | 510 Ом | – | 510 Ом | 7,9 мГн | 510 Ом | – |
| 3 | 510 Ом | – | 510 Ом | 10 нФ | 510 Ом | 7,9 мГн |
| 4 | 510 Ом | 7,9 мГн | 510 Ом | – | 510 Ом | 10 нФ |

10. По результатам измерений рассчитайте фазные токи:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{|Z_{AB}|}, I_{BC} = \frac{U_{BC}}{|Z_{BC}|}, I_{CA} = \frac{U_{CA}}{|Z_{CA}|}, \quad (3.3)$$

$$\psi_{AB} = \Delta\varphi_1 - \arg(Z_{AB}), \psi_{BC} = \Delta\varphi_2 - \arg(Z_{BC}), \psi_{CA} = \Delta\varphi_3 - \arg(Z_{CA}).$$

Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 3.7. Изобразите векторную диаграмму фазных токов для несимметричной нагрузки. Как влияет переход от симметричной нагрузки к несимметричной при соединении фаз нагрузки по схеме «треугольник».

Контрольные вопросы

1. Дайте определение трехфазной системы гармонических ЭДС.
2. Что понимают под трехфазной цепью?
3. Дайте определение фазы трехфазной цепи.
4. Какие проводники трехфазной цепи называют линейными?
5. Какие способы соединения трехфазного генератора и трехфазной нагрузки вам известны? Изобразите их схемы замещения.
6. Какие токи / напряжения называют фазными (линейными)?
7. Какая трехфазная нагрузка называется симметричной / несимметричной?
8. Приведите соотношения между фазными и линейными токами (напряжениями) для типа соединения трехфазной нагрузки «звезда».
9. Приведите соотношения между фазными и линейными токами (напряжениями) для типа соединения трехфазной нагрузки «треугольник».
10. Что собой представляет нейтральный проводник (нейтраль)? В какой схеме соединения трехфазного генератора и трехфазной нагрузки он применяется? Каково назначение этого проводника?
11. Покажите, что при наличии нейтрали фазные напряжения симметричной и несимметричной трехфазных нагрузок одинаковы.

12. Как изменяется ток в нейтрали при переходе от симметричной трехфазной нагрузки к несимметричной? Чем это вызвано?
13. Как изменятся фазные напряжения при отсутствии нейтрали в схеме «звезда»-«звезда», если сопротивление одной из фаз уменьшится / возрастет?

3.1.5 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 5 «Исследование частотных характеристик одиночных колебательных контуров»

Цель работы: Измерение АЧХ и ФЧХ одиночных последовательного и параллельного колебательных контуров, установление степени влияния сопротивления потерь контура на его характеристики.

Лабораторное задание

1. Подготовить измерительные приборы к работе включить их и установить выходное напряжение генератора, близкое к 100 мВ.
2. Используя преобразователь сопротивлений установить выходное сопротивление генератора 5 Ом.
3. Смонтировать на лабораторном модуле последовательный колебательный контур, присоединить к нему измерительные приборы согласно рисунку 3.7.

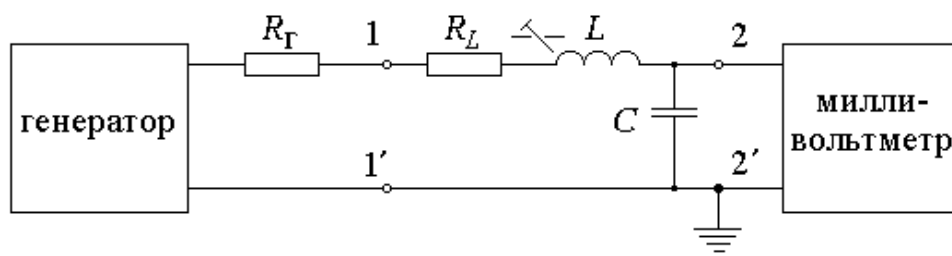


Рисунок 3.7 – Схема лабораторной установки для исследования частотных свойств последовательного колебательного контура

4. Изменяя частоту сигнала, вырабатываемого генератором, определить значение резонансной частоты по максимуму показаний милливольтметра. Установить резонансное напряжение на конденсаторе, равное 1 В.
5. Снять и построить нормированную амплитудно-частотную характеристику последовательного колебательного контура (выходное напряжение снимается с конденсатора).

6. При снятии нормированной АЧХ необходимо для начала выставить такое значение частоты на генераторе, меньшее резонансной частоты, при котором показание ампервольтметра составит 100 мВ. Зафиксировать данное значение в таблице. После этого плавно увеличивать частоту, выставляя значения напряжения на конденсаторе, указанные в таблице 3.9 и фиксировать, соответствующие им значения частоты.
7. По графикам АЧХ определить ширину полосы пропускания колебательного контура по уровню 0,707. Произвести расчет добротности, характеристического сопротивления и сопротивления потерь колебательного контура, а также параметров катушки индуктивности (индуктивность, сопротивление потерь, добротность). При вычислении сопротивления потерь катушки индуктивности необходимо учесть сопротивление потерь, вносимое вольтметром в контур. По графикам АЧХ определить ширину полосы пропускания колебательного контура по уровню 0,707. Произвести расчет добротности, характеристического сопротивления и сопротивления потерь колебательного контура, а также параметров катушки индуктивности (индуктивность, сопротивление потерь, добротность). При вычислении сопротивления потерь катушки индуктивности необходимо учесть сопротивление потерь, вносимое вольтметром в контур.

Таблица 3.9 – Результаты измерения нормированной АЧХ последовательного колебательного контура

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| f , кГц | | | | | | | | | |
| U_C , мВ | 100 | 200 | 300 | ... | 1000 | ... | 300 | 200 | 100 |
| $K_{U_C} = \frac{U_C}{U_{C.\max}}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | ... | 1,0 | ... | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

8. Прodelать те же измерения и вычисления для случая $R_T = 10$ Ом и $R_T = 50$ Ом (без преобразователя сопротивлений).
9. Сделать вывод о влиянии сопротивления потерь, вносимого в контур, на свойства контура (резонансная частота, ширина полосы пропускания, добротность) и параметры катушки индуктивности (индуктивность, сопротивление потерь, добротность).
1. Установить выходное напряжение генератора, близкое к 2 В. Используя набор сопротивлений на передней панели лабораторного макета установить выходное сопротивление генератора 51 кОм (выходную проводимость 19,61 мкСм).

2. Смонтировать на лабораторном модуле параллельный колебательный контур, присоединить к нему измерительные приборы согласно рисунку 3.8.

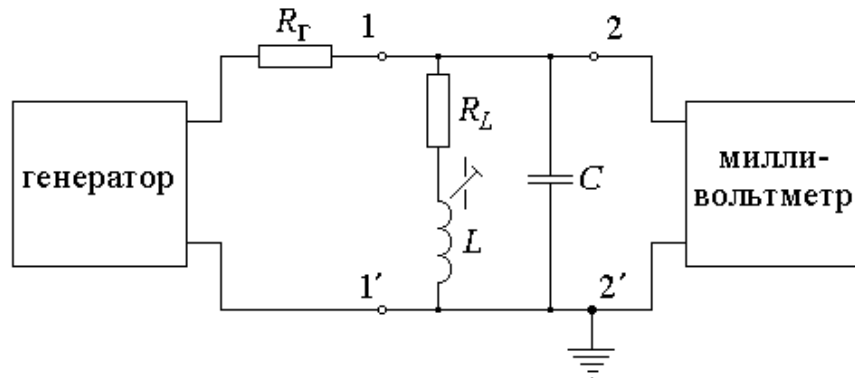


Рисунок 3.8 – Схема лабораторной установки для исследования частотных свойств параллельного колебательного контура

10. Изменяя частоту сигнала, вырабатываемого генератором, определить значение резонансной частоты по максимуму показаний милливольтметра. Установить резонансное напряжение на конденсаторе, равное 1 В.
11. Снять и построить нормированную амплитудно-частотную характеристику последовательного колебательного контура (выходное напряжение снимается с конденсатора).
12. При снятии нормированной АЧХ необходимо для начала выставить такое значение частоты на генераторе, меньшее резонансной частоты, при котором показание ампервольтметра составит 100 мВ. Зафиксировать данное значение в таблице. После этого плавно увеличивать частоту, выставляя значения напряжения на конденсаторе, указанные в таблице 3.10 и фиксировать, соответствующие им значения частоты.

Таблица 3.10 – Результаты измерения нормированной АЧХ параллельного колебательного контура

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| f , кГц | | | | | | | | | |
| U_C , мВ | 100 | 200 | 300 | ... | 1000 | ... | 300 | 200 | 100 |
| $K_{U_C} = \frac{U_C}{U_{C.\max}}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | ... | 1,0 | ... | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

13. По графикам АЧХ определить ширину полосы пропускания колебательного контура по уровню 0,707. Произвести расчет добротности, характеристической проводимости и проводимости потерь колебательного контура, а также параметров катушки индуктивности (индуктивность, сопротивление потерь, добротность). При вычислении сопро-

тивления потерь катушки индуктивности необходимо учесть проводимость потерь, вносимую вольтметром в контур.

14. Прodelать те же измерения и вычисления для случая $R_r = 560 \text{ кОм}$.
15. Сделать вывод о влиянии проводимости потерь, вносимой в контур, на свойства контура (резонансная частота, ширина полосы пропускания, добротность) и параметры катушки индуктивности (индуктивность, сопротивление потерь, добротность).

Контрольные вопросы

1. Что такое колебательный контур?
2. В чем состоит явление резонанса?
3. Какой колебательный контур называется последовательным?
4. Как проявляется резонанс в последовательном колебательном контуре?
5. Почему резонанс в последовательном колебательном контуре называется резонансом напряжений?
6. Постройте векторную диаграмму тока и напряжений последовательного колебательного контура при резонансе.
7. Постройте векторную диаграмму тока и напряжений последовательного колебательного контура для частоты ниже резонансной.
8. Постройте векторную диаграмму тока и напряжений последовательного колебательного контура для частоты выше резонансной.
9. Каково условие наступления резонанса в последовательном колебательном контуре?
10. Дайте определение резонансной частоты. По какой формуле она может быть вычислена?
11. Дайте определение характеристического сопротивления последовательного колебательного контура. По каким формулам оно может быть вычислено?
12. Что является источником потерь в колебательном контуре?
13. Дайте определение добротности колебательного контура. Приведите формулу для вычисления добротности последовательного колебательного контура.
14. Какой колебательный контур называется параллельным?
15. Как проявляется резонанс в параллельном колебательном контуре?
16. Почему резонанс в параллельном колебательном контуре называется резонансом токов?

17. Постройте векторную диаграмму токов и напряжения параллельного колебательного контура при резонансе.
18. Постройте векторную диаграмму токов и напряжения параллельного колебательного контура для частоты ниже резонансной.
19. Постройте векторную диаграмму токов и напряжения параллельного колебательного контура для частоты выше резонансной.
20. Каково условие наступления резонанса в параллельном колебательном контуре?
21. Дайте определение характеристической проводимости параллельного колебательного контура. По каким формулам она может быть вычислена?
22. Дайте определение добротности колебательного контура. Приведите формулу для вычисления добротности параллельного колебательного контура.
23. Дайте определение полосы пропускания колебательного контура. Как связаны ширина полосы пропускания и добротность колебательного контура?
24. Приведите формулы для вычисления ширины полосы пропускания последовательного колебательного контура.
25. Какой колебательный контур называется нагруженным? Как соотносятся добротность и ширина полосы пропускания для нагруженного и ненагруженного колебательных контуров?
26. Что понимают под обобщенными частотными характеристиками последовательного колебательного контура? Приведите графики обобщенных АЧХ и ФЧХ.
27. Дайте определение нормированной частоты, относительной и обобщенной расстроек частоты. Какие значения принимает обобщенная расстройка частоты на границах полосы пропускания колебательного контура?
28. В чем состоят свойства арифметической и геометрической симметрий колебательных контуров?

3.1.6 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 6 «Исследование частотных характеристик линейного трансформатора»

Цель работы: Экспериментальное определение параметров и границ рабочего частотного диапазона линейного трансформатора, снятие АЧХ линейного трансформатора в режиме согласования.

Лабораторное задание

1. Измерение индуктивностей трансформатора:

- Подготовить измерительные приборы к работе включить их и установить выходное напряжение генератора порядка 100 мВ.
- Смонтировать на лабораторном модуле схему для измерения индуктивности первичной обмотки трансформатора (рисунок 3.9, а). Изменяя частоту колебаний, вырабатываемых генератором, определите резонансную частоту f_{p1} по максимуму амплитуды сигнала, измеряемого осциллографом.

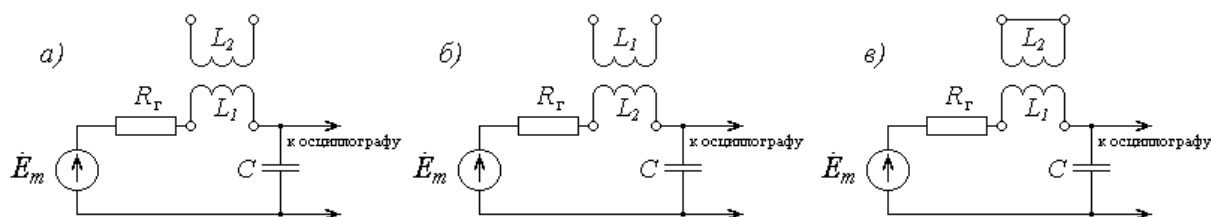


Рисунок 3.9 – Схемы для измерения индуктивностей первичной (а) и вторичной (б) обмоток трансформатора, а также индуктивности рассеяния (в)

- Рассчитайте значение индуктивности первичной обмотки:

$$L_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_{p1}^2 C}.$$

- Аналогичным образом измерьте резонансные частоты в схемах рисунка 3.9 (б и в) и рассчитайте индуктивность вторичной обмотки трансформатора L_2 и индуктивность рассеяния L_S по аналогичным формулам.

2. Определение параметров трансформатора и его рабочего частотного диапазона

- Произведите расчет коэффициента трансформации и коэффициента связи:

$$n = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}, \quad k = \sqrt{1 - \frac{L_S}{L_1}}.$$

- По полученным значения **сделайте вывод** о том является ли трансформатор повышающим или понижающим, а также, на сколько он близок по своим свойствам к совершенному.
- Выберите сопротивление генератора гармонического напряжения равным $R_1 = 600$ Ом и рассчитайте оптимальное значение сопротивления нагрузки:

$$R_2 = \frac{R_1}{n^2}.$$

Выберите на стенде ближайшее к рассчитанному значение сопротивления.

- Рассчитайте граничные частоты среза и центральную частоту трансформатора:

$$f_H = \frac{R_1}{4\pi L_1}, \quad f_0 = \frac{R_1}{2\pi\sqrt{L_1 L_S}}, \quad f_B = \frac{R_1}{\pi L_S}.$$

- **Проверьте**, выполняется ли условие широкополосности трансформатора.
- Рассчитайте максимальное значение коэффициента передачи мощности в дБ:

$$10 \cdot \lg(K_{P,\max}) = 20 \cdot \lg(k).$$

3. Измерение частотной зависимости коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора

- Соберите лабораторную установку для измерения частотной зависимости коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора (рисунок 3.10).

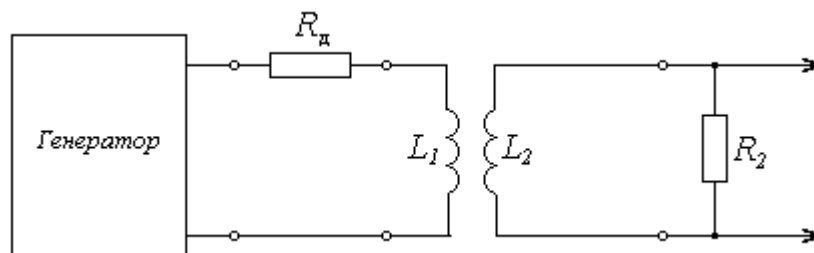


Рисунок 3.10 – Функциональная схема для измерения частотной зависимости коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора

- Определите требуемое значение ЭДС генератора, исходя из максимального значения коэффициента передачи мощности:

$$\frac{4R_1}{R_2} \cdot \left(\frac{U_{2m}}{E_m} \right)^2 = k^2 \Rightarrow E_m = \sqrt{\frac{4R_1}{R_2}} \cdot \frac{U_{2m}}{k}.$$

При расчете используйте выбранное выше значение сопротивления нагрузки, а амплитуду напряжения на нагрузке положите равной $U_{2m} = 1 \text{ В}$.

- Выставьте на генераторе рассчитанные значения средней частоты и ЭДС и измерьте амплитуду напряжения на нагрузке. Убедитесь, что она равна выбранной.

- Измерьте частотную зависимость коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора, выставляя на генераторе, по очереди, значения частоты, указанные в первой графе таблицы 3.11 и измеряя амплитуду напряжения на нагрузке. По измеренным значениям рассчитайте коэффициент передачи мощности согласующего трансформатора и заполните пустые графы таблицы 3.11.

Таблица 3.11 – Результаты измерения частотной зависимости коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора

| | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|---|---|-----|----|----|-----|-----|
| f , кГц | 0,1 | 0,2 | ... | 1 | 2 | ... | 10 | 20 | ... | 100 |
| U_{2m} , В | | | | | | | | | | |
| $K_p = \frac{4R_1}{R_2} \cdot \left(\frac{U_{2m}}{E_m} \right)^2$ | | | | | | | | | | |
| $10 \cdot \lg(K_p)$, дБ | | | | | | | | | | |

- Изобразите график частотной зависимости коэффициента передачи мощности в дБ, используя логарифмический масштаб частоты.
- По полученному графику определите граничные частоты полосы пропускания трансформатора и среднюю частоту и **сравните** полученные значения с рассчитанными ранее.
- Определите наклон графика за пределами полосы пропускания (в дБ на декаду) и сравните с известным теоретическим значением.

Контрольные вопросы

1. Какие две катушки индуктивности называются связанными?
2. Какими параметрами характеризуют магнитную связь между катушками индуктивности и от чего они зависят?
3. Какие катушки индуктивности называются включенными согласно (встречно) и как вид включения обозначается на схеме?
4. Что называется трансформатором?
5. Какой трансформатор называется линейным?
6. Какой трансформатор называется идеальным? Как он обозначается на схеме? Запишите свойства идеального трансформатора?
7. Какой трансформатор называется повышающим (понижающим)? Как этого можно добиться?
8. Что называется индуктивностью рассеяния обмоток трансформатора и как они могут быть рассчитаны?

9. Какой трансформатор называется согласующим? Как должны быть связаны сопротивления генератора и нагрузки для передачи в нагрузку максимально возможной активной мощности?
10. Приведите известные вам схемы замещения реального трансформатора и поясните смысл величин, входящих в их состав.
11. Что понимается под совершенным трансформатором? Нарисуйте схему замещения совершенного трансформатора.
12. Что понимают под коэффициентом передачи мощности согласующего трансформатора? Приведите график его частотной зависимости.
13. От чего зависит рабочий частотный диапазон согласующего трансформатора? Как его расширить?
14. Какой трансформатор называется широкополосным?
15. Каково максимальное значение коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора? На какой частоте оно достигается?
16. Каков наклон графика частотной зависимости коэффициента передачи мощности согласующего трансформатора за пределами полосы пропускания?
17. Как измерить индуктивности первичной и вторичной обмоток трансформатора?
18. Как измерить индуктивность рассеяния трансформатора?

3.1.7 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 7 «Исследование линейных четырехполюсников»

Цель работы: Измерение Z и Y параметров линейного четырехполюсника, сопоставление результатов эксперимента с результатами расчетов.

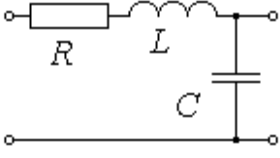
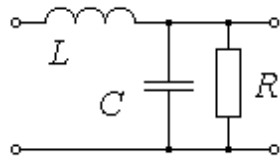
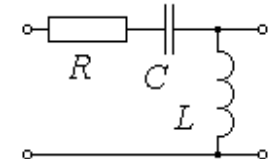
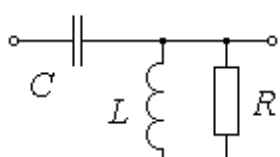
Задание на самоподготовку

Схемы исследуемых четырехполюсников, их элементы, а также частоты, на которых производятся измерения, для каждой бригады приведены в таблице 3.12. При косвенных измерениях токов, а также при измерениях сдвигов фаз в лабораторном макете имеется два токосъемных резистора 300 Ом.

1. По заданной схеме и элементам четырехполюсника (таблица 3.12) вычислите значения Z -параметров.
2. Воспользуйтесь таблицами пересчета из одной системы параметров четырехполюсника в другую и рассчитайте параметры Y_{11} и Y_{22} .
3. Нарисуйте схемы для измерения четырех Z -параметров четырехполюсника (четыре схемы) и двух Y -параметров (две схемы) с указанием типов измерительных приборов и мест подключения их корпусов. Про-

думайте методику измерения параметров и напишите необходимые формулы.

Таблица 3.12 – Варианты схем линейных четырехполосников

| Номер бригады | Схема четырехполосника | Элементы четырехполосника | Частота, кГц |
|---------------|--|--|--------------|
| 1 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | 7 |
| 2 |  | $R = 1 \text{ кОм}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | 6 |
| 3 |  | $R = 270 \text{ Ом}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | 9 |
| 4 |  | $R = 1 \text{ кОм}$ $L = 7,9 \text{ мГн}$ $C = 50 \text{ нФ}$ | 10 |

Лабораторное задание

1. Подготовьте измерительные приборы и лабораторный макет к работе.
2. Измерьте четыре Z -параметра четырехполосника в соответствии с материалами, подготовленными по п.3 задания на самоподготовку. Измерения проведите на частоте в соответствии с таблицей 3.12. Во избежание проявления нелинейных свойств четырехполосника следует брать напряжения на любой паре зажимов не более 5 В.
3. Измерьте два Y -параметра четырехполосника в соответствии с материалами, подготовленными по п.3 задания на самоподготовку.
4. Сравните результаты расчета и измерения Z -параметров и Y -параметров.
5. Занесите результаты расчетов и эксперимента в сводную таблицу. Сделайте выводы о свойствах четырехполосника (линейный/нелинейный, симметричный/несимметричный, взаимный/невзаимный).

Контрольные вопросы

1. Что называется четырехполосником? Когда часть сложной цепи целесообразно рассматривать как четырехполосник?

2. Дайте классификацию четырехполосников.
3. Сколько систем параметров Вам известно? Запишите уравнения четырехполосника в различных системах параметров.
4. Установите смысл каждого А-параметра четырехполосника.
5. Установите смысл каждого Z-параметра четырехполосника.
6. Установите смысл каждого Y-параметра четырехполосника.
7. Установите смысл каждого H-параметра четырехполосника.
8. Найдите формулы для пересчета Z-параметров в Y-параметры и обратно.
9. Найдите формулы для пересчета А-параметров в H-параметры и обратно.
10. Получите критерии взаимности и симметрии четырехполосника:
 - в Y-параметрах;
 - в H-параметрах;
 - в А-параметрах.
11. Найдите входное сопротивление $Z_{вх}$ четырехполосника, нагруженного на сопротивление Z_2 , если известны Y-параметры; Z-параметры; А-параметры; H-параметры.
12. Четырехполосник, к которому подключен генератор с ЭДС \dot{E} с внутренним сопротивлением Z_1 , задан Z-параметрами; Y-параметрами; А-параметрами; H-параметрами. Представьте эту цепь эквивалентным генератором Тевенина.
13. Что называется передаточными функциями четырехполосника? Перечислите все известные Вам передаточные функции.
14. Получите формулы передаточных функций $K_U(j\omega)$, $K_I(j\omega)$, $Y_{21U}(j\omega)$, $Z_{21I}(j\omega)$, если известны сопротивление нагрузки Z_2 и Z-параметры (Y-параметры; А-параметры; H-параметры) четырехполосника.
15. Получите формулу нормированной передаточной функций четырехполосника, используя Z-параметры (Y-параметры; А-параметры; H-параметры). Запишите формулу коэффициента передачи мощности.

3.1.8 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 8 «Исследование режимов работы длинной линии»

Цель работы: Снятие амплитудных распределений напряжения в искусственной длинной линии в режимах стоячей волны и смешанных волн, сравнение полученных распределений с известными теоретическими положениями.

Лабораторное задание

Лабораторная установка (рисунок 3.11) состоит из лабораторного макета и контрольно-измерительной аппаратуры, в состав которой входят низкочастотный генератор ГЗ-112/1 и милливольтметр ВЗ-38.



Рисунок 3.11 – Лабораторная установка по исследованию режимов работы ДЛ

Подключение нагрузки к концу длинной линии и генератора к ее началу осуществляется с помощью соединительных проводов.

Перед подключением генератора к лабораторному макету убедитесь, что напряжение на выходе генератора составляет по амплитуде 0,5 В (используйте для этого милливольтметр ВЗ-38).

1. Включите аппаратуру и дайте ей прогреться 5-10 минут.
2. Установите следующие параметры гармонического сигнала на выходе генератора ГЗ-112/1: амплитуда - 0,5 В, частота – 62800 Гц.
3. Соберите лабораторную установку согласно рисунку 8.1.
4. Измерьте на данной частоте амплитудное распределение напряжения вдоль линии при коротком замыкании на конце, присоединяя вход милливольтметра последовательно ко всем сечения длинной линии (ДЛ). Для осуществления режима короткого замыкания используйте проводник – перемычку. Результаты измерения занесите в таблицу 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения.**

Таблица 3.13 – Результаты измерения распределения напряжения вдоль ДЛ при коротком замыкании на конце линии

| | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|-----|----|
| x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ... | 16 |
| $U(x)$ | | | | | | | | |

5. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при холостом ходе на конце, отсоединив перемычку. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения. Сравните данное амплитудное распределение со случаем короткого замыкания на конце ДЛ.**
6. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при индуктивной нагрузке на конце. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. Измерьте координату ближайшей к концу линии пучности напряжения $x'_{max} = 16 - x_{max}$. Тогда величина волнового сопротивления ДЛ может быть рассчитана следующим образом:

$$Z_{0,пр} = 2\pi f \cdot L \cdot \operatorname{tg} \left(2\pi \frac{x'_{max}}{15} \right),$$

где $L = 4$ мГн. Сравните полученное значение волнового сопротивления с характеристическим сопротивлением искусственной длинной линии $Z_0 = 1446$ Ом. Объяснить возможные причины их отличия. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения.**

7. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при емкостной нагрузке на конце. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. Измерьте координату ближайшего к концу линии узла напряжения $x'_{min} = 16 - x_{min}$. Тогда величина волнового сопротивления ДЛ может быть рассчитана следующим образом:

$$Z_{0,пр} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \cdot \operatorname{ctg} \left(2\pi \frac{x'_{min}}{15} \right),$$

где $C = 1,7$ нФ. Сравните полученное значение волнового сопротивления с характеристическим сопротивлением искусственной длинной линии $Z_c = 1446$ Ом. Объяснить возможные причины их отличия. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения. Сравните данное амплитудное распределение со случаем индуктивной нагрузки на конце ДЛ.**

8. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при нагрузке на конце линии, близкой к согласованной. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения.**

9. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при активной нагрузке на конце $R_2 = 3900 \text{ Ом} > Z_0 = 1446 \text{ Ом}$. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. Измерьте минимальное и максимальное значения амплитуды напряжения. Тогда коэффициент стоячей волны длинной линии может быть найден из выражения:

$$K_{\text{СВ}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}}.$$

Рассчитайте теоретическое значение данного коэффициента и сравните с измеренным:

- комплексный коэффициент отражения нагрузки

$$\Gamma_2 = \frac{R_2 - Z_0}{R_2 + Z_0},$$

где $Z_0 = 1446 \text{ Ом}$ - волновое сопротивление ДЛ;

- коэффициент стоячей волны напряжения

$$K_{\text{СВ}} = \frac{1 + |\Gamma_2|}{1 - |\Gamma_2|}.$$

Сделайте вывод о характере амплитудного распределения.

10. Измерьте распределение напряжения вдоль линии при активной нагрузке на конце $R_2 = 530 \text{ Ом} < Z_0 = 1446 \text{ Ом}$. Результаты измерения занесите в таблицу, аналогичную таблице 3.13. По результатам измерений постройте график амплитудного распределения напряжения в ДЛ. Измерьте и рассчитайте КСВ аналогично предыдущему пункту. **Сделайте вывод о характере амплитудного распределения. Сравните данное амплитудное распределение со случаем активной нагрузки $R_2 > Z_0$ на конце ДЛ.**

Контрольные вопросы

1. Что понимают под цепью с распределенными параметрами?
2. Что понимают под длинной линией? Приведите примеры длинных линий и области их применения.
3. Перечислите первичные параметры длинной линии и поясните их физический смысл.
4. От чего зависят значения первичных параметров?
5. Что понимают под комплексным коэффициентом распространения волны в длинной линии? Поясните физический смысл коэффициента затухания и коэффициента фазы.

6. Что понимают под длинной линией без затухания и длинной линией с малыми потерями?
7. Что называют волновым сопротивлением длинной линии? Чему равно волновое сопротивление в длинной линии без потерь?
8. В чем суть волнового подхода при анализе гармонического режима работы длинной линии?
9. Что называют коэффициентом отражения произвольного сечения длинной линии?
10. Как определить коэффициенты отражения волны от сечений генератора и нагрузки?
11. Что понимают под длиной волны и фазовой скоростью волны в линии?
12. Как связан коэффициент фазы с длиной волны и фазовой скоростью волны в линии?
13. Что понимают под входным сопротивлением сечения длинной линии?
14. Что понимают под КПД длинной линии? От чего зависит КПД?
15. Перечислите возможные режимы работы длинной линии и условия их реализации.
16. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме стоячей волны при коротком замыкании на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?
17. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме стоячей волны при холостом ходе на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?
18. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме стоячей волны при индуктивной нагрузке на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?
19. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме стоячей волны при емкостной нагрузке на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?
20. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме бегущей волны. Чему равны входное сопротивление и КПД длинной линии в данном режиме работы?
21. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме смешанных волн при активной нагрузке на конце линии.

Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?

22. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме смешанных волн при активно-индуктивной нагрузке на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?

23. Охарактеризуйте амплитудные распределения напряжения и тока в линии в режиме смешанных волн при активно-емкостной нагрузке на конце линии. Каков характер изменения входного сопротивления сечения длинной линии?

24. Дайте определение КСВ (КБВ)?

3.1.9 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 9 «Исследование временных и частотных характеристик активных RC-фильтров»

Цель работы: Измерение АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики активных RC-фильтров (ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ), сопоставление результатов эксперимента с результатами расчетов.

Лабораторное задание

Лабораторный макет состоит из электрических схем исследуемых активных электрических фильтров (ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ) и блока формирования прямоугольных импульсов (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Лабораторный макет

В состав лабораторной установки также входят генератор сигналов DG 2041A, осциллограф DS 2072 и мультиметр GDM 8245. Блок-схема лабораторной установки для измерения АЧХ, ФЧХ, а также переходной характеристики представлена на рисунках 3.13 – 3.15. Соединение элементов в схеме осуществляется с помощью коаксиальных кабелей.



Рисунок 3.13 – Блок-схема лабораторной установки для измерения АЧХ фильтра

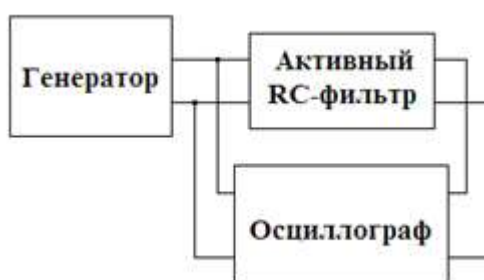


Рисунок 3.14 – Блок-схема лабораторной установки для измерения ФЧХ фильтра

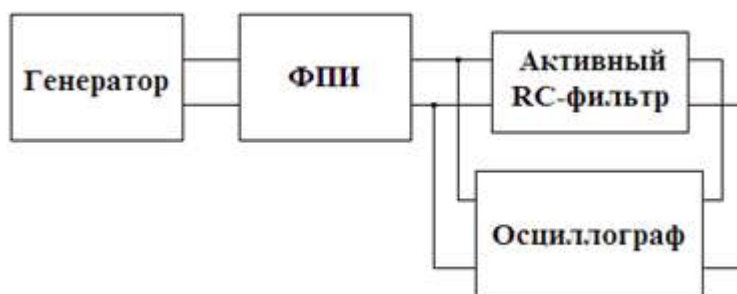


Рисунок 3.15 – Блок-схема лабораторной установки для измерения переходной характеристики фильтра

1. Перед началом выполнения лабораторного задания необходимо включить все используемые в работе приборы и установить напряжение с выхода генератора 100 мВ.
2. Собрать лабораторную установку для измерения АЧХ фильтра нижних частот.
3. Для измерения значений АЧХ ФНЧ необходимо выставить на измерительном генераторе частоту равную 2 кГц и используя плавную регулировку выхода генератора сделать так, чтобы на данной частоте действующее значение выходного напряжения составляло 100 мВ (141 мВ

амплитудного значения). После этого плавно увеличивать значение частоты сигнала измерительного генератора, добиваясь действующих значений выходного напряжения фильтра, указанных в таблице 3.14. Занести в эту же таблицу соответствующие значения частоты. Милливольтметром произвести измерение действующего значения напряжения на входе фильтра.

Таблица 3.14 – Результаты измерений АЧХ ФНЧ при $U_{\text{ВХ}} =$ мВ

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $U_{\text{ВЫХ}}, \text{ мВ}$ | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| $f, \text{ кГц}$ | | | | | | | | | | |
| K_U | | | | | | | | | | |

4. Изобразить график АЧХ и определить по нему коэффициент передачи по постоянному току K_0 и частоту среза фильтра f_c . Рассчитать теоретические значения коэффициента передачи по постоянному току K_0 и частоты среза фильтра f_c :

$$K_0 = 1 \text{ и } f_c = f_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{d^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{d^2}{2} - 1\right)^2 + 1}},$$

где введены обозначения:

$$d = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \text{ и } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}.$$

и сравнить с измеренными значениями. При расчетах использовать следующие номиналы элементов: $R_1 = 10,6 \text{ кОм}$, $R_2 = 10,6 \text{ кОм}$, $C_1 = 1 \text{ нФ}$, $C_2 = 1 \text{ нФ}$.

5. Собрать лабораторную установку для измерения ФЧХ фильтра нижних частот. Для измерения ФЧХ ФНЧ необходимо выбрать из полученного в предыдущем пункте частотного диапазона десять значений частоты сигнала измерительного генератора с приблизительно равномерным шагом. Занести данные значения в таблицу 3.15. Произвести измерение значений ФЧХ и занести результаты расчетов в таблицу 3.15. Изобразить график ФЧХ.

Таблица 3.15 – Результаты измерений ФЧХ ФНЧ

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $f, \text{ кГц}$ | | | | | | | | | | |
| $t, \text{ дел}$ | | | | | | | | | | |
| $T, \text{ дел}$ | | | | | | | | | | |
| θ | | | | | | | | | | |

6. Сделать вывод о частотных свойствах исследованного фильтра, определив рабочий частотный диапазон. Указать, какими способами можно расширить/сузить рабочий диапазон частот.
7. Собрать лабораторную установку для измерения переходной характеристики фильтра нижних частот.
8. Перед началом измерений переходной характеристики рассчитать требуемое значение частоты следования прямоугольных импульсов:

- постоянная времени цепи $\tau = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0}$;
- длительность переходного процесса $t_{\text{пер}} = 3 \cdot \tau$;
- длительность импульса $\tau_{\text{имп}} = 5 \cdot t_{\text{пер}}$;
- период следования импульсов $T_{\text{сл}} = 2 \cdot \tau_{\text{имп}}$;
- частота следования импульсов $f_{\text{сл}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}}$.

9. Выставить рассчитанное значение частоты следования на измерительном генераторе. С помощью ручек регулировки усилителей каналов осциллографа, а также ручки регулировки временной развертки добиться, чтобы один прямоугольный импульс входного сигнала занимал большую часть экрана осциллографа. Снять осциллограммы входного и выходного сигналов.
10. По полученным осциллограммам измерить амплитуды сигналов на входе $U_{m.\text{ВХ}}$ и выходе $U_{m.\text{ВЫХ}}$ фильтра, а также время нарастания $t_{\text{н}}$ выходного напряжения по уровню 0,95 от амплитуды выходного напряжения. Рассчитать значения числовых параметров:

$$K_0 = \frac{U_{m.\text{ВЫХ}}}{U_{m.\text{ВХ}}}, f_0 = \frac{3}{4 \cdot t_{\text{н}}}.$$

11. Сравнить полученные значения с расчетными. По полученным результатам сделать вывод о характере и длительности протекания переходного процесса в исследуемом активном фильтре.
12. Собрать лабораторную установку для измерения АЧХ фильтра верхних частот.
13. Для измерения значений АЧХ ФВЧ необходимо выставить на измерительном генераторе частоту равную 100 кГц и используя плавную регулировку выхода генератора сделать так, чтобы на данной частоте действующее значение выходного напряжения составляло 100 мВ. После этого плавно уменьшать значение частоты сигнала измерительного генератора, добиваясь действующих значений выходного напряжения

фильтра, указанных в таблице 3.14. Занести в аналогичную таблицу соответствующие значения частоты. Милливольтметром произвести измерение действующего значения напряжения на входе фильтра.

14. Изобразить график АЧХ и определить по нему коэффициент передачи на высоких частотах K_0 и частоту среза фильтра f_c . Рассчитать теоретические значения коэффициента передачи по постоянному току K_0 и частоты среза фильтра f_c :

$$K_0 = 1 \text{ и } f_c = f_0 \cdot \sqrt{\frac{d^2}{2} - 1 + \sqrt{\left(\frac{d^2}{2} - 1\right)^2 + 1}},$$

где введены обозначения:

$$d = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \cdot \frac{C_1 + C_2}{\sqrt{C_1 \cdot C_2}} \text{ и } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}.$$

и сравнить с измеренными значениями. При расчетах использовать следующие номиналы элементов: $R_1 = 10,6 \text{ кОм}$, $R_2 = 10,6 \text{ кОм}$, $C_1 = 1 \text{ нФ}$, $C_2 = 1 \text{ нФ}$.

15. Собрать лабораторную установку для измерения ФЧХ фильтра верхних частот. Измерение ФЧХ ФВЧ провести аналогично п. 5. Заполнить таблицу, аналогичную таблице 3.15. Изобразить график ФЧХ.
16. Сделать вывод о частотных свойствах исследованного фильтра, определив рабочий частотный диапазон. Указать, какими способами можно расширить/сузить рабочий диапазон частот.
17. Собрать лабораторную установку для измерения переходной характеристики фильтра верхних частот.
18. Перед началом измерений переходной характеристики рассчитать требуемое значение частоты следования прямоугольных импульсов, аналогично п. 8.
19. Выставить рассчитанное значение частоты следования на измерительном генераторе. С помощью ручек регулировки усилителей каналов осциллографа, а также ручки регулировки временной развертки добиться, чтобы один прямоугольный импульс входного сигнала занимал большую часть экрана осциллографа. Снять осциллограммы входного и выходного сигналов.
20. По полученным осциллограммам измерить амплитуду сигнала $U_{m.вх}$ на входе фильтра и значение напряжения на выходе фильтра $u_{\text{вых}}(0)$ в нулевой момент времени, а также момент времени t_{min} , соответствующий минимальному значению переходной характеристики. Рассчитать значения числовых параметров:

$$K_0 = \frac{u_{\text{ВЫХ}}(0)}{U_{\text{м.ВХ}}}, f_0 = \frac{1}{\pi \cdot t_{\text{min}}}$$

21. Сравнить полученные значения с расчетными. По полученным результатам сделать вывод о характере и длительности протекания переходного процесса в исследуемом активном фильтре.
22. Собрать лабораторную установку для измерения АЧХ полосового фильтра.
23. Для измерения значений АЧХ ПФ необходимо выставить на измерительном генераторе такую частоту, при которой действующее значение напряжения на выходе фильтра максимально возможное, и используя плавную регулировку выхода генератора сделать так, чтобы на данной частоте действующее значение выходного напряжения составляло 1 В. Занести в таблицу 3.16 значение резонансной частоты и действующего значения выходного напряжения. Вращая ручку частоты влево и вправо относительно резонансной добиться показаний милливольтметра, указанных в таблице и измерить соответствующие им значения частоты. Тем же милливольтметром произвести измерение действующего значения напряжения на входе фильтра.

Таблица 3.16 – Результаты измерений и расчетов АЧХ ПФ при $U_{\text{ВХ}} =$ мВ

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| $U_{\text{ВЫХ}}, \text{ мВ}$ | 100 | ... | 800 | 900 | 1000 | 900 | 800 | ... | 100 |
| $f, \text{ кГц}$ | | | | | | | | | |
| K_U | | | | | | | | | |

24. Изобразить график АЧХ и определить по нему резонансный коэффициент передачи K_0 , резонансную частоту f_0 и ширину полосы пропускания Π_f . Рассчитать теоретические значения резонансного коэффициента передачи K_0 , резонансной частоты f_0 и ширины полосы пропускания Π_f :

$$K_0 = \frac{R_3}{R_1} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}, f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{R_1 + R_2}{C_1 C_2 R_1 R_2 R_3}} \text{ и } \Pi_f = \frac{C_1 + C_2}{2\pi C_1 C_2 R_3}$$

и сравнить с измеренными значениями. При расчетах использовать следующие номиналы элементов: $R_1 = 2,2 \text{ кОм}$, $R_2 = 2,2 \text{ кОм}$, $R_3 = 100 \text{ кОм}$, $C_1 = 3,3 \text{ нФ}$, $C_2 = 3,3 \text{ нФ}$.

25. Собрать лабораторную установку для измерения ФЧХ фильтра верхних частот. Измерение ФЧХ ФВЧ провести аналогично п. 5. Заполнить таблицу, аналогичную таблице 3.15. Изобразить график ФЧХ.

26. Следует, однако, уделить внимание тому факту, что в окрестности резонансной частоты функция, описывающая ФЧХ, терпит разрыв и именно в этой области наблюдаются наибольшие изменения формы ФЧХ. В связи с этим не следует выбирать значения частоты с равномерным шагом, а необходимо большую часть измерений сосредоточить на частотах, близких к резонансной и меньшее – на частотах, сильно отличающихся от нее как в меньшую, так и в большую сторону.
27. Сделать вывод о частотных свойствах исследованного фильтра. Сравнить теоретическое и экспериментальные значения резонансной частоты и ширины полосы пропускания. Указать, какими способами можно расширить/сузить полосу пропускания фильтра.
28. Собрать лабораторную установку для измерения переходной характеристики полосового фильтра.
29. Перед началом измерений переходной характеристики рассчитать требуемое значение частоты следования прямоугольных импульсов:
- затухание $\alpha = \pi \cdot d \cdot f_0$;
 - постоянная времени цепи $\tau = \frac{1}{\alpha}$;
 - длительность переходного процесса $t_{\text{пер}} = 3 \cdot \tau$;
 - длительность импульса $\tau_{\text{имп}} = 5 \cdot t_{\text{пер}}$;
 - период следования импульсов $T_{\text{сл}} = 2 \cdot \tau_{\text{имп}}$;
 - частота следования импульсов $f_{\text{сл}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}}$.
30. Выставить рассчитанное значение частоты следования на измерительном генераторе. С помощью ручек регулировки усилителей каналов осциллографа, а также ручки регулировки временной развертки добиться, чтобы один прямоугольный импульс входного сигнала занимал большую часть экрана осциллографа. Снять осциллограммы входного и выходного сигналов.
31. По полученным осциллограммам измерить амплитуду сигнала $U_{m.\text{вх}}$ на входе фильтра и два первых максимальных значения напряжения на выходе фильтра $U_{m.\text{вых1}}$ и $U_{m.\text{вых2}}$, а также моменты времени, в которые они достигаются t_{max1} и t_{max2} . Рассчитать значения числовых параметров:

$$\alpha = \frac{\Omega}{2\pi} \cdot \ln \left(\frac{U_{m.\text{вых1}}}{U_{m.\text{вых2}}} \right), \quad K_0 = \frac{\Omega}{2\alpha} \cdot \frac{U_{m.\text{вых1}}}{U_{m.\text{вх}}} \cdot \exp(\alpha \cdot t_{\text{max1}}),$$

где введено обозначение

$$\Omega = \frac{2\pi}{t_{max2} - t_{max1}}.$$

32. Сравнить полученные значения с расчетными. По полученным результатам сделать вывод о характере и длительности протекания переходного процесса в исследуемом активном фильтре.
33. Собрать лабораторную установку для измерения АЧХ режекторного фильтра.
34. Для измерения значений АЧХ РФ необходимо выставить на измерительном генераторе частоту равную 2 кГц и используя плавную регулировку выхода генератора сделать так, чтобы на данной частоте действующее значение выходного напряжения составляло 100 мВ.
35. После этого плавно увеличивать значение частоты сигнала измерительного генератора, добиваясь действующих значений выходного напряжения фильтра, указанных в таблице 3.17. Занести в эту же таблицу соответствующие значения частоты. Милливольтметром произвести измерение действующего значения напряжения на входе фильтра. Дополнительно измерить частоту максимального ослабления сигнала и величину действующего значения выходного напряжения на данной частоте.

Таблица 3.17 – Результаты измерений и расчетов АЧХ РФ при $U_{вх} =$ мВ

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| $U_{вх}, \text{ мВ}$ | 100 | 90 | 80 | ... | 10 | 10 | ... | 80 | 90 | 100 |
| $f, \text{ кГц}$ | | | | | | | | | | |
| K_U | | | | | | | | | | |

36. Изобразить график АЧХ и определить по нему коэффициент передачи по постоянному току K_0 , частоту максимального ослабления f_0 и ширину полосы заграждения Π_f . Рассчитать теоретические значения коэффициента передачи по постоянному току K_0 , частоты максимального ослабления f_0 и ширины полосы заграждения Π_f :

$$K_0 = 1, f_0 = \frac{1}{4\pi C_1 R_1} \text{ и } \Pi_f = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

и сравнить с измеренными значениями. При расчетах использовать следующие номиналы элементов: $R_1 = 7,5 \text{ кОм}$, $R_2 = 15 \text{ кОм}$, $C_1 = 1 \text{ нФ}$, $C_2 = 2,2 \text{ нФ}$.

37. Собрать лабораторную установку для измерения ФЧХ фильтра верхних частот. Измерение ФЧХ ФВЧ провести аналогично п. 5. Заполнить таблицу, аналогичную таблице 3.15. Изобразить график ФЧХ.

38. Как и в случае с ПФ следует выбирать неравномерный шаг по частоте – большую часть измерений сосредоточить на частотах, близких к частоте максимального ослабления и меньшее – на частотах, сильно отличающихся от нее как в меньшую, так и в большую сторону.
39. Сделать вывод о частотных свойствах исследованного фильтра. Сравнить теоретическое и экспериментальные значения частоты максимального ослабления и ширины полосы заграждения. Указать, какими способами можно расширить/сузить полосу заграждения фильтра.
40. Собрать лабораторную установку для измерения переходной характеристики режекторного фильтра.
41. Перед началом измерений переходной характеристики рассчитать требуемое значение частоты следования прямоугольных импульсов, аналогично п. 8.
42. Выставить рассчитанное значение частоты следования на измерительном генераторе. С помощью ручек регулировки усилителей каналов осциллографа, а также ручки регулировки временной развертки добиться, чтобы один прямоугольный импульс входного сигнала занимал большую часть экрана осциллографа. Снять осциллограммы входного и выходного сигналов.
43. По полученным осциллограммам измерить амплитуду сигнала $U_{m.вх}$ на входе фильтра и значение напряжения на выходе фильтра $u_{\text{вых}}(0)$ в нулевой момент времени, а также момент времени t_{min} , соответствующий минимальному значению переходной характеристики. Рассчитать значения числовых параметров:
- $$K_0 = \frac{u_{\text{вых}}(0)}{U_{m.вх}}, f_0 = \frac{1}{\pi \cdot t_{min}}.$$
44. Сравнить полученные значения с расчетными. По полученным результатам сделать вывод о характере и длительности протекания переходного процесса в исследуемом активном фильтре.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электрического фильтра.
2. Что понимают под полосой пропускания/заграждения электрического фильтра?
3. Приведите классификацию электрических фильтров по типу входящих в них элементов.

4. Приведите классификацию электрических фильтров по взаимному расположению полосы пропускания и полосы заграждения. Изобразите АЧХ идеальных и реальных полосовых фильтров.
5. На примере идеального ФНЧ покажите, что реализовать такой фильтр невозможно (воспользуйтесь связью КФЦ и импульсной характеристикой). Приведите общие требования, предъявляемые к частотным характеристикам электрических фильтров.
6. Приведите схемы построения пассивных RC-фильтров нижних частот (Г-, Т- и П-образную). Докажите, что данные схемы выполняют требуемую функцию, построив их АЧХ.
7. Приведите схему построения пассивного полосового RC-фильтра. Покажите, что данная схема выполняет требуемую функцию, построив ее АЧХ.
8. Приведите схему построения пассивного режекторного RC-фильтра. Покажите, что данная схема выполняет требуемую функцию, построив ее АЧХ.
9. В чем состоят достоинства и недостатки пассивных RC-фильтров по сравнению с пассивными LC-фильтрами?
10. Дайте определение операционного усилителя. Какими основными параметрами характеризуется операционный усилитель?
11. В чем преимущество активных электрических фильтров перед пассивными фильтрами?
12. Изобразите основные схемы построения активных RC-фильтров нижних частот 1-го порядка? На примере любой из них докажите, что схема выполняет функцию ФНЧ, построив ее АЧХ.
13. Изобразите основные схемы построения активных RC-фильтров верхних частот 1-го порядка? На примере любой из них докажите, что схема выполняет функцию ФВЧ, построив ее АЧХ.
14. Каковы основные схемы построения активных RC-фильтров нижних частот 2-го порядка? В чем их достоинства и недостатки?
15. Как получить схемы построения активных RC-фильтров ВЧ 2-го порядка на основе схем построения активных RC-фильтров НЧ 2-го порядка? Докажите справедливость такого перехода на примере следующей комплексной функции ФНЧ:

$$K_{\text{ФНЧ}}(j\omega) = K_0 \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega\omega_0 d}, \quad d > \sqrt{2}.$$

16. Каковы основные схемы построения активных полосовых RC-фильтров 2-го порядка? В чем их достоинства и недостатки?

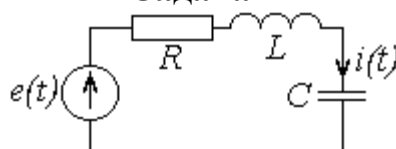
17. Каковы основные схемы построения активных режекторных RC-фильтров 2-го порядка? В чем их достоинства и недостатки?

3.1.10 Задания для проведения практического занятия по теме «Колебательные контуры высокой добротности»

Задача 1

Последовательный колебательный контур с фиксированными индуктивностью $L = 32$ мкГн, емкостью $C = 180$ пФ и сопротивлением потерь $R = 20$ Ом настраивается на заданную частоту $\omega_0 = 1,25 \cdot 10^7$ рад/с при помощи подстроечного конденсатора $C_{\text{п}}$, который может быть включен последовательно или параллельно с основным конденсатором. Рассчитать значение $C_{\text{п}}$ и указать способ ее подключения. Определить добротность и ширину полосы пропускания полученного колебательного контура.

Задача 2



Последовательный колебательный контур возбуждается идеальным источником ЭДС с задающим напряжением $e(t) = 2 \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$ (В). На резонансной частоте $f_0 = 100$ кГц амплитуда тока $i(t)$ в контуре $I_{m0} = 200$ мА, а на частоте $f = 102$ кГц она составляет $I_m = \frac{I_{m0}}{\sqrt{2}} = 142$ мА. Определить параметры контура L , C , R и его добротность Q .

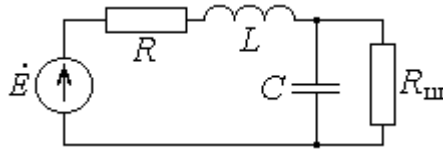
Задача 3

Мощность, отдаваемая идеальным источником тока в настроенный параллельный колебательный контур, равна $P = 10$ мВт. Амплитуда тока, протекающего через индуктивность $L = 0,8$ мГн составляет $I_{Lm} = 10$ мА. Емкость контура $C = 200$ пФ. Определить проводимость потерь контура G , ширину его полосы пропускания Π_{ω} и амплитуду задающего тока источника I_m .

Задача 4

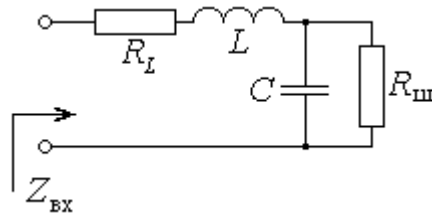
Резонансная частота параллельного колебательного контура составляет $f_0 = 5$ кГц, резонансное сопротивление $Z_{\text{рез}} = 20$ кОм, добротность $Q = 43,3$. Рассчитайте значения частот, на которых модуль входного сопротивления будет составлять 10 кОм.

Задача 5



Последовательный колебательный контур имеет индуктивность $L = 4$ мГн, емкость $C = 1$ нФ и сопротивление потерь $R = 20$ Ом. Каким сопротивлением $R_{\text{ш}}$ следует шунтировать емкость контура, чтобы его полоса пропускания расширилась в 5 раз.

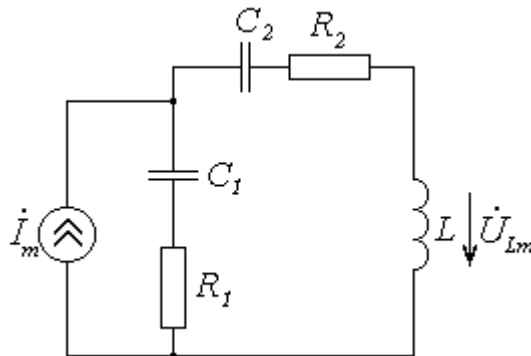
Задача 6



Последовательный колебательный контур состоит из катушки индуктивности с индуктивностью $L = 40$ мГн и сопротивлением потерь $R_L = 25$ Ом и емкости $C = 5$ мкФ, шунтированной сопротивлением $R_{\text{ш}} = 200$ Ом. Определить точное значение резонансной частоты ω_0 и резонансное сопротивление контура $Z_{\text{рез}}$.

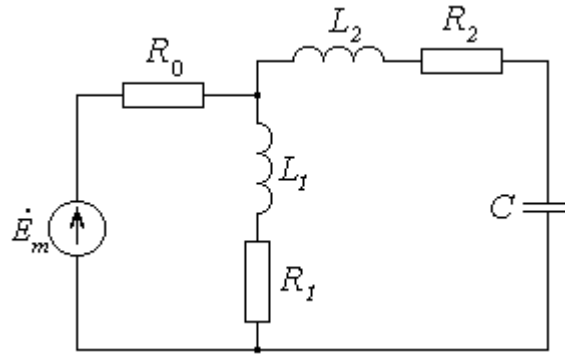
3.1.11 Задания для проведения практического занятия по теме «Колебательные контуры неполного включения»

Задача 1



Для колебательного контура неполного включения в режиме резонанса токов с параметрами $C_1 = 6000$ пФ, $C_2 = 4000$ пФ, $L = 9,6$ мГн, $R_1 + R_2 = 40$ Ом определите амплитуду напряжения на индуктивности U_{Lm} , если задающий ток источника $\dot{i}_m = 1$ мА.

Задача 2

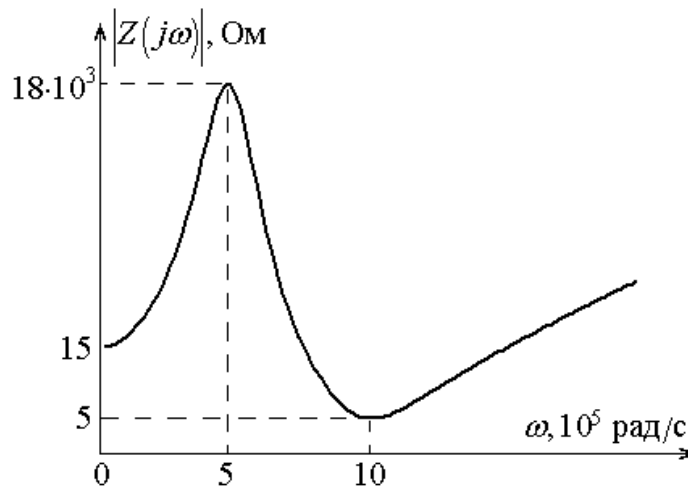


Параллельный колебательный контур неполного включения подключен к источнику напряжения с внутренним сопротивлением $R_0 = 40$ кОм. Параметры контура $C = 400$ пФ, $L_2 = 500$ мкГн, $Q = 100$, $\omega_0 = 10^6$ рад/с. Определить резонансное сопротивление $Z_{\text{рез}}$ заданной резонансной системы, эквивалентные добротность Q_n и ширину полосы пропускания Π_{ω_n} нагруженного контура.

Задача 3

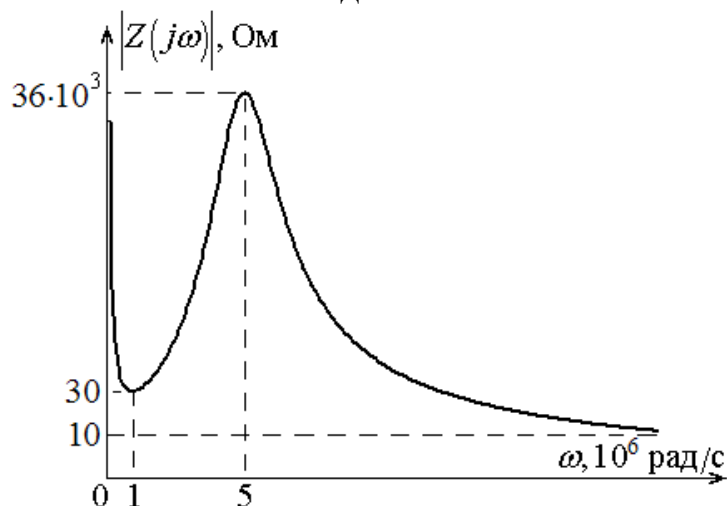
Рассчитать параметры и резонансное сопротивление параллельного колебательного контура неполного включения, частота резонанса токов которого равна $\omega_{0T} = 5 \cdot 10^5$ рад/с, а частота резонанса напряжений и сопротивление потерь равны $\omega_{0H} = 3 \cdot 10^5$ рад/с и $R = 5$ Ом. Добротность контура на частоте резонанса токов составляет $Q = 100$.

Задача 4



Частотная зависимость модуля входного сопротивления параллельного колебательного контура с неполным включением индуктивности приведена на рисунке. Определите номиналы элементов контура и сопротивление потерь в нем.

Задача 5



Частотная зависимость модуля входного сопротивления параллельного колебательного контура с неполным включением емкости приведена на рисунке. Определите номиналы элементов контура и сопротивление потерь в нем.

3.1.12 Задания для проведения практического занятия по теме «Взаимосвязь оригиналов и изображений в операторном методе анализа линейной электрической цепи»

Задача 1

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{1}{(p+3)(p+5)}$ найти оригинал $f(t)$, используя формулу разложения.

Задача 2

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p}{p^2 + 6p + 5}$ найти оригинал $f(t)$, используя формулу разложения.

Задача 3

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{3p+2}{p^2+4p+5}$ найти оригинал $f(t)$, используя формулу разложения.

Задача 4

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p^2}{p^2+8p+12}$ найти оригинал $f(t)$, используя формулу разложения.

Задача 5

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p+1}{(p+3)(p+5)}$ найти оригинал $f(t)$, используя метод неопределенных коэффициентов.

Задача 6

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p+1}{p^2+6p+9}$ найти оригинал $f(t)$, используя метод неопределенных коэффициентов.

Задача 7

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p^2+8}{p^2+6p+9}$ найти оригинал $f(t)$, используя метод неопределенных коэффициентов.

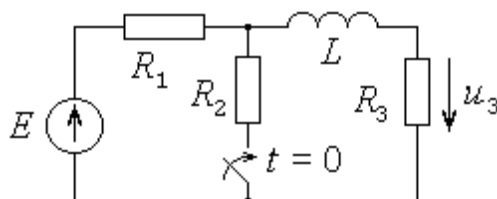
Задача 8

Для заданного изображения по Лапласу $F(p) = \frac{p+3}{p^2+4p+5}$ найти оригинал $f(t)$, используя метод неопределенных коэффициентов.

3.1.13 Задания для проведения практического занятия по теме «Использование операторных схем замещения для анализа переходных процессов и частотных свойств линейных электрических цепей»

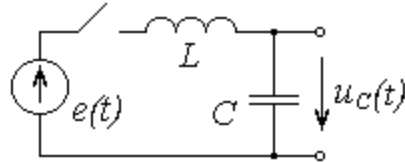
Задача 1

Операторным методом рассчитайте переходной процесс в заданной линейной электрической цепи и найдите напряжение $u_3(t)$ при ненулевом независимом начальном условии. При переходе от изображения к оригиналу воспользуйтесь формулой разложения. Схематично постройте график реакции.



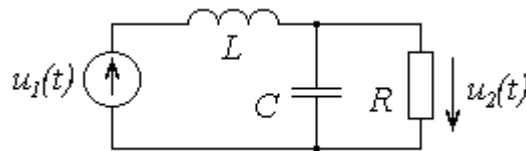
Задача 2

На вход LC-цепи в момент времени $t=0$ подключается источник ЭДС $e(t) = E_m \cos(\omega_0 t)$ с угловой частотой $\omega_0 \neq \omega_p$, причем $|\omega_0 - \omega_p| \ll \omega_0$ (ω_p - резонансная частота контура). Определите операторным методом $u_C(t)$ при нулевых независимых начальных условиях. Для перехода от изображения к оригиналу воспользуйтесь формулой разложения. Схематично постройте график реакции.



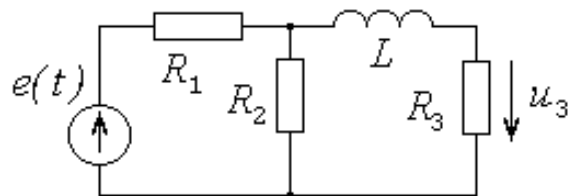
Задача 3

Используя операторный метод, определите амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики цепи, и постройте их графики. Считать воздействием напряжение $u_1(t)$, а реакцией – напряжение $u_2(t)$. Параметры цепи $C = 0,4$ мкФ, $L = 16$ мГн, $R = 400$ Ом.



Задача 4

Для заданных реакции и воздействия определите переходную и импульсную характеристики линейной электрической цепи операторным методом. Схематично постройте их графики.

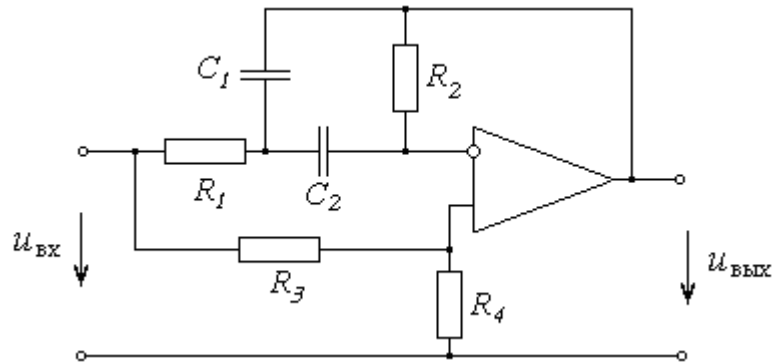


3.1.14 Задания для проведения практического занятия по теме «Анализ частотных свойств активных электрических фильтров операторным методом»

Задача 1

Для заданной схемы электрической цепи аналитически найти:

- операторный коэффициент передачи напряжения;
- амплитудно-частотную характеристику;
- фазо-частотную характеристику;



$$C_1 = C_2 = C = 1 \text{ нФ}, \quad \xi = \frac{R_3}{R_4} = 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{8}, \quad R_2 = 1 \text{ кОм}.$$

3.1.15 Задания для проведения практического занятия по теме «Анализ временных характеристик активных электрических фильтров операторным методом»

Задача 1

Для заданной схемы электрической цепи аналитически найти:

- переходную характеристику;
- импульсную характеристику;
- реакцию фильтра на импульс прямоугольной формы;

если операторная функция цепи имеет вид:

$$T(p) = -K_0 \cdot \frac{p^2 + \omega_0^2}{p^2 + pd\omega_0 + \omega_0^2},$$

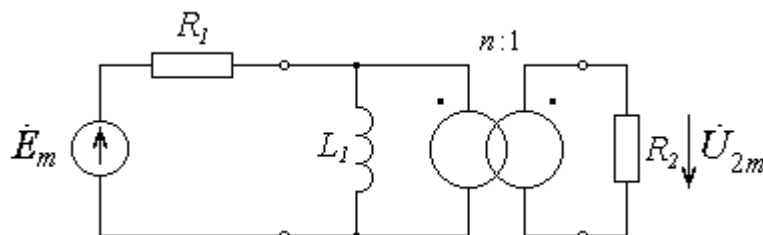
где значения введенных коэффициентов:

$$\omega_0 = 4 \cdot 10^6 \text{ рад/с}, \quad d = 0,5, \quad K_0 = \frac{8}{9}.$$

Переход от изображения к оригиналу выполнить с помощью формулы разложения и метода неопределенных коэффициентов и сравнить результаты. Проверить, соответствуют ли друг другу найденные переходная и импульсная характеристики фильтра.

3.1.16 Задания для проведения практического занятия по теме «Линейный трансформатор»

Задача 1

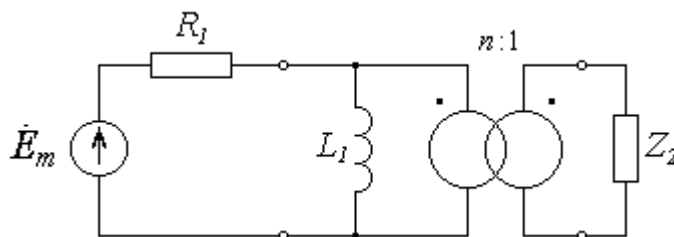


Совершенный трансформатор с коэффициентом трансформации $n = 2$ и индуктивностью первичной обмотки $L_1 = 100$ мГн подключен первичной обмоткой к генератору гармонического напряжения с внутренним сопротивлением $R_1 = 200$ Ом, а вторичной обмоткой – к нагрузке $R_2 = 50$ Ом. Выбрав в качестве реакции цепи напряжение на нагрузке, определите комплексную функцию цепи, постройте график амплитудно-частотной характеристики, определите частоту среза.

Задача 2

Рассчитать индуктивности обмоток, индуктивность рассеяния и среднюю частоту согласующего трансформатора, подключенного первичной обмоткой к генератору гармонического напряжения с внутренним сопротивлением $R_1 = 600$ Ом, а вторичной обмоткой – к нагрузке $R_2 = 24$ Ом, если нижняя и верхняя частоты полосы пропускания составляют $\omega_H = 400$ рад/с и $\omega_B = 10^6$ рад/с, соответственно. Проверить выполняются ли условия широкполосности трансформатора: $\omega_H \ll \omega_0$ и $\omega_B \gg \omega_0$.

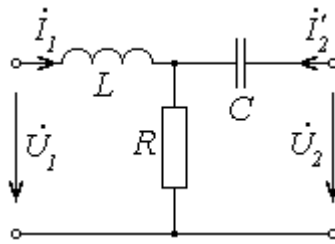
Задача 3



Совершенный трансформатор с коэффициентом трансформации $n = 2$ и индуктивностью первичной обмотки $L_1 = 200$ мГн подключен первичной обмоткой к генератору гармонического напряжения с частотой $\omega = 2 \cdot 10^3$ рад/с, задающей ЭДС $\dot{E}_m = 4$ В и внутренним сопротивлением $R_1 = 400$ Ом, а вторичной обмоткой – к комплексной нагрузке Z_2 . Определить величину сопротивления нагрузки, при котором в ней выделится максимально возможная активная мощность, и величину этой мощности P_{2max} .

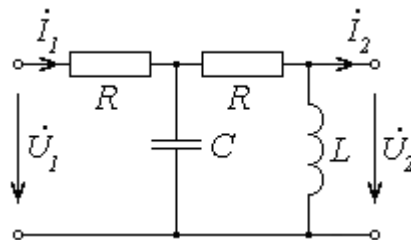
3.1.17 Задания для проведения практического занятия по теме «Линейные четырехполюсники: одиночные и составные»

Задача 1



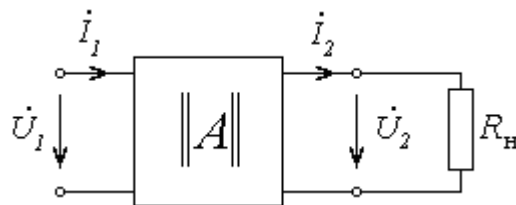
Определить матрицу $\|H\|$ параметров заданного четырехполюсника. Проверить является ли четырехполюсник взаимным.

Задача 2



Определить матрицу $\|A\|$ параметров составного четырехполюсника, воспользовавшись теоремой о каскадном соединении четырехполюсников. Проверить является ли четырехполюсник взаимным.

Задача 3

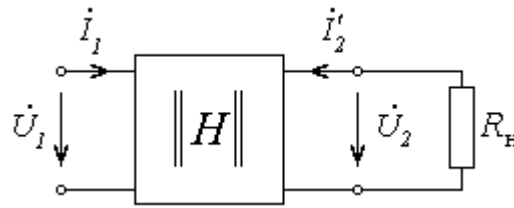


Четырехполюсник, характеризуемый заданной матрицей $\|A\|$ параметров:

$$\|A\| = \begin{pmatrix} 0,5 & 50 + 40j \\ 12,5j \cdot 10^{-3} & 1 + 1,25j \end{pmatrix},$$

нагружен со стороны выходных зажимов на активное сопротивление $R_{\text{н}} = 50 \text{ Ом}$. Определить комплексный коэффициент передачи схемы по напряжению K_U . Сделать вывод об амплитудных и фазовых соотношениях между напряжениями на входных и выходных зажимах четырехполюсника.

Задача 4



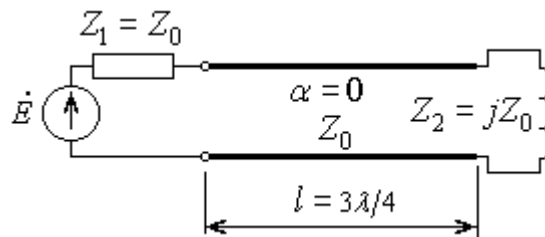
Четырехполюсник, характеризуемый заданной матрицей $\|H\|$ параметров:

$$\|H\| = \begin{pmatrix} 30 - 12,5j & 2,5 \\ -2,5 & -25j \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}$$

нагружен со стороны выходных зажимов на активное сопротивление $R_n = 30$ Ом. Определить комплексный коэффициент передачи схемы по току K_I . Сделать вывод об амплитудных и фазовых соотношениях между токами, протекающими между входными и выходными зажимами четырехполюсника.

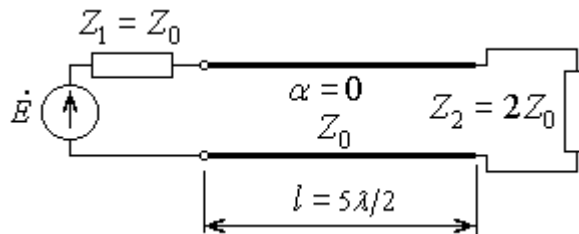
3.1.18 Задания для проведения практического занятия по теме «Амплитудные распределения тока и напряжения в длинной линии»

Задача 1



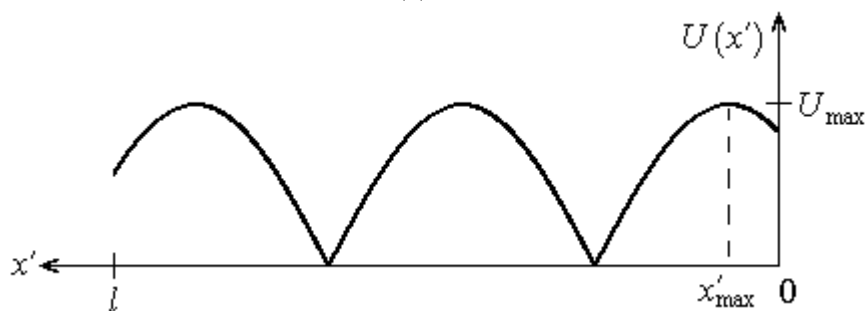
Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 3\lambda/4$, нагруженная на индуктивное сопротивление, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = Z_0$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 2



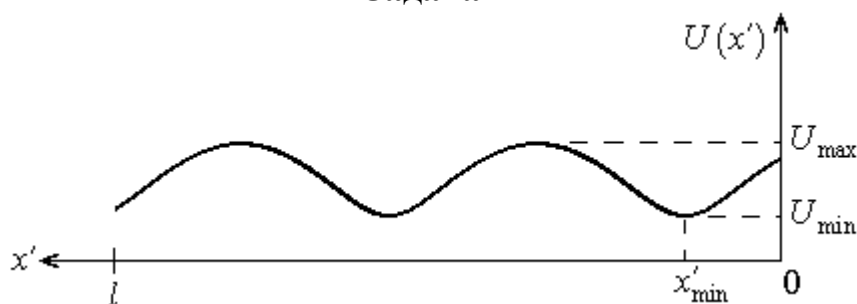
Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 5\lambda/2$, нагруженная на активное сопротивление, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = Z_0$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 3



Линия без потерь с волновым сопротивлением $Z_0 = 250$ Ом нагружена на комплексное сопротивление Z_2 . Координата ближайшего к концу линии максимума напряжения $x'_{\max} = \frac{\lambda}{12}$. Определить величину сопротивления нагрузки Z_2 .

Задача 4

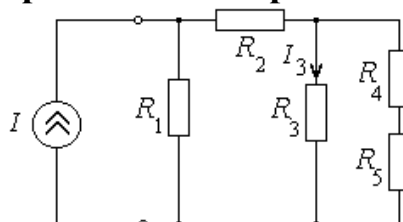


Линия без потерь с волновым сопротивлением $Z_0 = 100$ Ом нагружена на комплексное сопротивление Z_2 . Координата ближайшего к концу линии минимума напряжения $x'_{\min} = \frac{3\lambda}{16}$. Определить величину сопротивления нагрузки Z_2 , если максимальное и минимальное напряжения в линии равны $U_{\max} = 1,75$ В и $U_{\min} = 0,3$ В.

3.1.19 Задания для проведения практического занятия по теме «Линейные электрические цепи постоянного тока» (только для студентов заочной формы обучения)

Задача 1

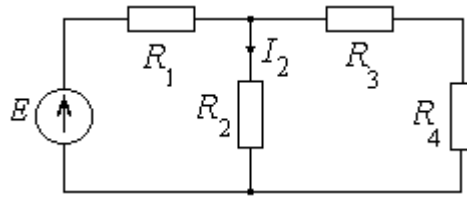
Для заданной резистивной электрической цепи, указанных номиналов элементов и задающего тока источника определить численную величину указанной на схеме цепи реакции (тока), используя метод эквивалентного преобразования генераторов тока и напряжения.



$R_1 = 2$ кОм, $R_2 = 1$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 1$ кОм, $R_5 = 4$ кОм, $I = 3,9$ мА.

Задача 2

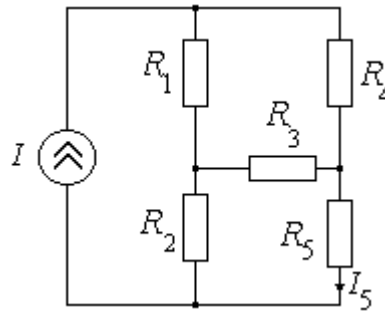
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и задающей величиной ЭДС источника определить численную величину указанной на схеме цепи реакции (тока), **используя теорему Тевенина**.



$$R_1 = 4 \text{ кОм}, R_2 = 3 \text{ кОм}, R_3 = 1 \text{ кОм}, R_4 = 3 \text{ кОм}, E = 7 \text{ В}.$$

Задача 3

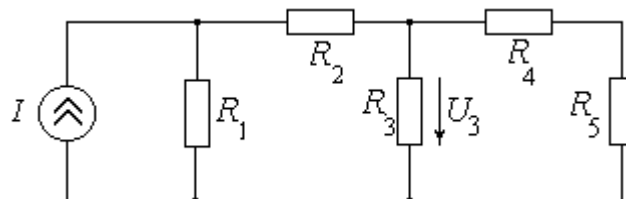
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и величиной задающей тока источника определить численную величину указанной на схеме цепи реакции (тока), **используя метод переноса источника тока**.



$$R_1 = 2 \text{ кОм}, R_2 = 3 \text{ кОм}, R_3 = 1 \text{ кОм}, R_4 = 5 \text{ кОм}, R_5 = 4 \text{ кОм}, I = 31,5 \text{ мА}.$$

Задача 4

Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и задающей величиной тока источника тока определить численную величину указанной на схеме цепи реакции (напряжения), **используя законы Кирхгофа и Ома**.

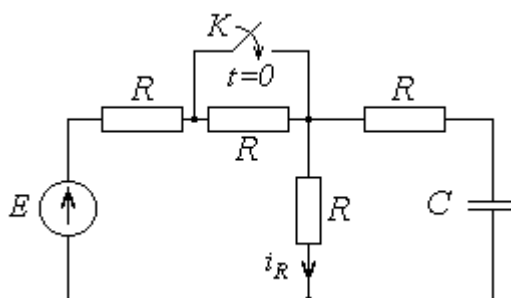


$$R_1 = 1 \text{ кОм}, R_2 = 1 \text{ кОм}, R_3 = 7 \text{ кОм}, R_4 = 1 \text{ кОм}, R_5 = 1 \text{ кОм}, I = 8 \text{ мА}.$$

3.1.20 Задания для проведения практического занятия по теме «Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях» (только для студентов заочной формы обучения)

Задача 1

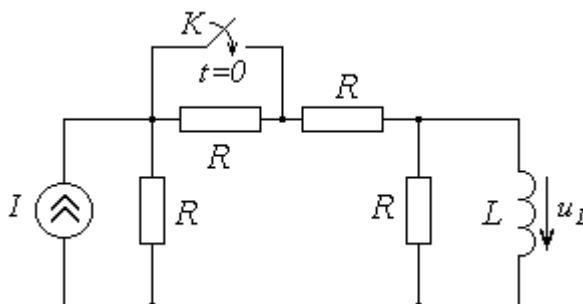
Для заданной электрической цепи первого порядка и указанных номиналов элементов и задающей ЭДС источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции (тока) со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R = 250 \text{ Ом}, C = 40 \text{ мкФ}, E = 9 \text{ В}.$$

Задача 2

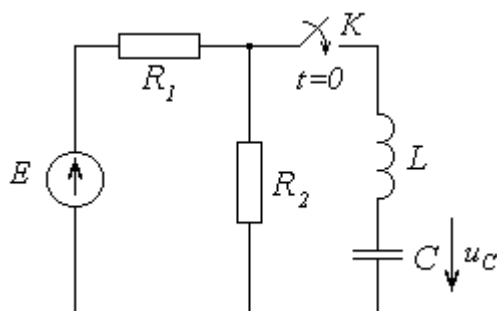
Для заданной электрической цепи первого порядка и указанных номиналов элементов и задающего тока источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции (напряжения) со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R = 300 \text{ Ом}, L = 20 \text{ мГн}, I = 30 \text{ мА}.$$

Задача 3

Для заданной электрической цепи второго порядка и указанных номиналов элементов и задающей ЭДС источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции (напряжения) со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующий коммутации.

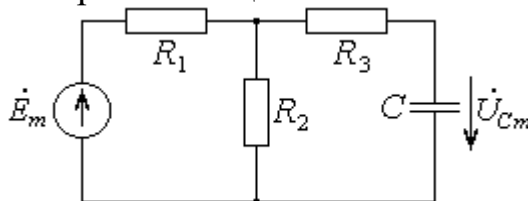


$$R_1 = 900 \text{ Ом}, R_2 = 1,8 \text{ кОм}, C = 4 \text{ нФ}, L = 1 \text{ мГн}, E = 6 \text{ В}.$$

3.1.21 Задания для проведения практического занятия по теме «Анализ линейных электрических цепей методом комплексных амплитуд. Частотные характеристики линейных электрических цепей» (только для студентов заочной формы обучения)

Задача 1

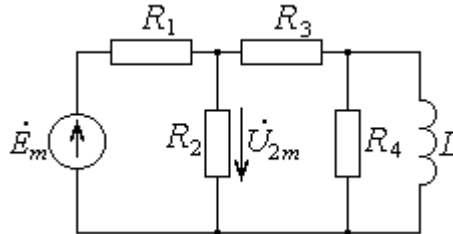
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи (КФЦ), взяв в качестве комплексной амплитуды реакции u , которая указана на схеме электрической цепи, а в качестве комплексной амплитуды воздействия – комплексную амплитуду задающей ЭДС источника. Постройте графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Сделайте выводы о частотных свойствах электрической цепи.



$$R_1 = 20 \text{ Ом}, R_2 = 60 \text{ Ом}, R_3 = 15 \text{ Ом}, \omega = 10^5 \text{ рад/с}, C = 250 \text{ нФ},$$
$$\dot{E}_m = 10 \cdot \exp(j \cdot 30^\circ) \text{ В}.$$

Задача 2

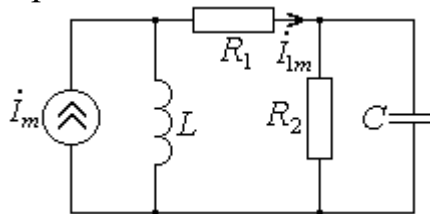
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи (КФЦ), взяв в качестве комплексной амплитуды реакции ту, которая указана на схеме электрической цепи, а в качестве комплексной амплитуды воздействия – комплексную амплитуду задающей ЭДС источника. Постройте графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Сделайте выводы о частотных свойствах электрической цепи.



$$R_1 = 100 \text{ Ом}, R_2 = 400 \text{ Ом}, R_3 = 20 \text{ Ом}, R_4 = 60 \text{ Ом}, L = 50 \text{ мкГн}.$$

Задача 3

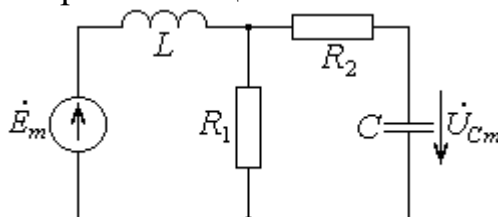
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи (КФЦ), взяв в качестве комплексной амплитуды реакции ту, которая указана на схеме электрической цепи, а в качестве комплексной амплитуды воздействия – комплексную амплитуду задающего тока источника. Постройте графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Сделайте выводы о частотных свойствах электрической цепи.



$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 40 \text{ Ом}, L = 600 \text{ мкГн}, C = 0,25 \text{ мкФ}.$$

Задача 4

Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи (КФЦ), взяв в качестве комплексной амплитуды реакции ту, которая указана на схеме электрической цепи, а в качестве комплексной амплитуды воздействия – комплексную амплитуду задающей ЭДС источника. Постройте графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Сделайте выводы о частотных свойствах электрической цепи.



$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 20 \text{ Ом}, L = 1,4 \text{ мГн}, C = 0,5 \text{ мкФ}.$$

3.1.22 Задания для РГР. Часть 1 по теме «Анализ линейных электрических цепей во временной области» (только для курсантов очной формы обучения)

Данная часть РГР состоит из 4 задач, выбираемых из заданий Сборника задач и упражнений по дисциплине «Электротехника и электроника». Часть 1: ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ. – Калининград: Издательство БГАРФ, 2010 г. Авторы: Волхонская Е. В., Коротей Е. В.

1. 1-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 1.1.1 – 1.1.7, 1.2.1 – 1.2.39 и 1.3.1 – 1.3.4 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
2. 2-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 2.1.1 – 2.1.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
3. 3-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 2.2.1 – 2.2.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
4. 4-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 2.3.1 – 2.3.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.

3.1.23 Задания для РГР. Часть 2 по теме «Анализ линейных электрических цепей в частотной области» (только для курсантов очной формы обучения)

Данная часть РГР состоит из 4 задач (№№ 1, 2, 3 и 4), выбираемых из перечня заданий для самостоятельной проработки учебно-методического пособия по дисциплине Электротехника и электроника «Линейные электрические цепи в гармоническом режиме». – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. Авторы: Волхонская Е. В., Коротей Е. В.

1. 1-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 1.1 – 1.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
2. 2-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 2.1 – 2.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
3. 3-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 3.1 – 3.50 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.
4. 4-я задача выбирается из перечня заданий для самостоятельной проработки с номерами: 4.1 – 4.25 в соответствии с порядковым номером курсанта в журнале успеваемости.

3.1.24 Задания на контрольные работы студентов заочной формы обучения

Данные контрольные работы (две во 2 сессию 2 курса для заочной формы обучения) состоят из задач, аналогичных заданиям на РГР для курсантов дневной формы обучения. Первая контрольная работа состоит из трех задач, посвященных расчету цепей постоянного тока, а также переходного процесса в цепи 1-го и 2-го порядков. Вторая контрольная работа состоит из двух задач на расчет амплитудных и фазовых соотношений токов и напряжений в линейных электрических цепях гармонического тока и анализ частотных свойств тех же цепей.

Задания приведены в методических указаниях по дисциплине «Электротехника и электроника» для студентов высших учебных заведений по специальности 162107 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» заочной формы обучения. – Калининград: Издательство БГАРФ, 2014 г. Авторы: Волхонская Е. В., Коротей Е. В.

3.1.25 Задания для КР по теме «Анализ активной цепи» (для всех форм обучения)

Задание на КР содержится в методических указаниях по выполнению курсовой работы для курсантов специальности 162107 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» очной и заочной форм обучения по дисциплине «Электротехника и электроника». – Калининград: Издательство БГАРФ, 2015 г. Авторы: Щепеткин Ф. В., Волхонская Е. В., Коротей Е. В.

В курсовой работе рассматриваются активные цепи (активные РС-фильтры), получившие широкое распространение в радиоэлектронных устройствах, но по ряду причин подробно не рассматриваемые в теоретической части курса.

Для заданной схемы электрической цепи требуется аналитически найти:

- а) операторную функцию передачи;
- б) амплитудно-частотную характеристику;
- в) фазо-частотную характеристику;
- г) переходную характеристику;
- д) импульсную характеристику;
- е) реакцию на импульс прямоугольной формы положительной полярности при нулевых начальных условиях.

При заданных параметрах цепи рассчитать и построить амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики, переходную и импульсную характеристики, а также реакцию на прямоугольный импульс.

Вариант схемы цепи и численных значений элементов определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

3.1.26 Задания для СР по теме «Переходные процессы в линейных электрических цепях второго порядка» (только для курсантов очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Аperiodический и критический переходные процессы в линейной электрической цепи второго порядка: вид свободных колебаний, длительность переходного процесса.
- Колебательный переходной процесс в линейной электрической цепи второго порядка: вид свободных колебаний, параметры свободных колебаний (коэффициент и декременты затухания, добротность).

3.1.27 Задания для СР по теме «Трехфазные цепи» (только для курсантов очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Работа трехфазной цепи на несимметричную нагрузку.
- Мощность в цепи трехфазного тока.

3.1.28 Задания для СР по теме «Нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного и переменного тока» (для курсантов очной и студентов заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Цепи с ферромагнитными сердечниками при постоянном магнитном потоке.
- Цепи переменного тока с ферромагнитными сердечниками.

3.1.29 Задания для СР по теме «Активные RC-фильтры» (только для курсантов очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Схемотехнические решения активных RC-фильтров первого порядка, выбор номиналов элементов, достоинства и недостатки.
- Схемотехнические решения активных RC-фильтров второго порядка, выбор номиналов элементов, достоинства и недостатки.

3.1.30 Задания для СР по теме «Электромагнитные устройства и электрические машины» (для курсантов очной и студентов заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Устройство и принцип действия асинхронной трехфазной машины, основные типы асинхронных машин, КПД асинхронной машины.
- Устройство и принцип действия асинхронной трехфазной машины, основные типы асинхронных машин, КПД асинхронной машины.

3.1.31 Задания для СР по теме «Методы анализа сложных электрических цепей» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Метод контурных токов: понятие контурного тока, собственного и взаимного сопротивления контуров, контурной ЭДС; правила составления и решения контурных уравнений.
- Метод узловых напряжений: понятие узлового напряжения, собственной и взаимной проводимости узлов, узлового тока; правила составления и решения узловых уравнений.

3.1.32 Задания для СР по теме «Переходные процессы в линейных электрических цепях» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Определение порядка и постоянной времени электрической цепи по ее схеме.
- Физические процессы в простейших RC и RL цепях при подключении и отключении источника постоянной ЭДС.
- Физические процессы в простейшей RLC цепи при подключении и отключении источника постоянной ЭДС при различных режимах работы цепи.
- Понятие переходной и импульсной характеристики. Интегралы наложения.

3.1.33 Задания для СР по теме «Анализ линейных электрических цепей в установившемся гармоническом режиме» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Частотные характеристики простейших RC, RL и RLC цепей.
- Мощность цепи гармонического тока: комплексная, активная, реактивная и полная мощности.
- Теорема о передаче максимальной активной мощности от генератора гармонического тока или напряжения в нагрузку.
- Понятия трехфазной цепи, трехфазной системы ЭДС, линейного и фазного тока и напряжения, типы соединений трехфазной нагрузки и трехфазного генератора, мощность в цепи трехфазного тока.

3.1.34 Задания для СР по теме «Резонансные явления и колебательные контуры» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Колебательные контуры неполного включения: схемы построения, резонансные частоты и резонансное сопротивление, коэффициент включения, применение для согласования сопротивлений цепей.

3.1.35 Задания для СР по теме «Операторный метод анализа линейных электрических цепей» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Свойства преобразования Лапласа: теоремы линейности, запаздывания, смещения и пр.
- Применение свойств преобразования Лапласа для составления таблицы соответствий оригиналов и изображений.

3.1.36 Задания для СР по теме «Активные электрические фильтры» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие электрического фильтра. Классификация и основные характеристики электрических фильтров.
- Принципы построения активных RC-фильтров первого порядка на основе операционного усилителя.

- Принципы построения активных RC-фильтров второго порядка на основе операционного усилителя.

3.1.37 Задания для СР по теме «Индуктивно связанные цепи при гармоническом воздействии» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие магнитно-связанных цепей. Применение метода комплексных амплитуд для анализа магнитно-связанных цепей.
- Линейный трансформатор. Частотные характеристики согласующего трансформатора.

3.1.38 Задания для СР по теме «Линейные четырехполюсники» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие четырехполюсника. Классификация и первичные параметры четырехполюсников.
- Анализ цепи, содержащей генератор, четырехполюсник и нагрузку. Входные и передаточные функции нагруженного четырехполюсника.
- Составной четырехполюсник. Теоремы о регулярных соединениях четырехполюсников.
- Характеристические параметры четырехполюсников.

3.1.39 Задания для СР по теме «Цепи с распределенными параметрами. Теория длинных линий» (только для студентов заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие цепи с распределенными параметрами. Длинная линия и ее параметры.
- Дифференциальные уравнения однородной длинной линии. Решения дифференциальных уравнений для установившегося гармонического режима. Вторичные параметры длинной линии.
- Режимы работы длинной линии без потерь. Амплитудные распределения тока и напряжения в нагруженной длинной линии.
- Входное сопротивление сечения длинной линии. КПД длинной линии.

3.2 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Изучение дисциплины «Электротехника и электроника» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний обучающихся.

Рейтинговая система контроля и оценки знаний обучающихся – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы обучающихся, повышение самостоятельности и самостоятельности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. схему контрольных мероприятий;
2. критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант/студент, определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины:

- 324 для курсантов очной формы обучения и студентов заочной формы обучения (из них 144 в 3 семестре и 180 в 4 семестре).

Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения приведена в таблицах 3.18 – 3.21.

Таблица 3.18 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения в 3 семестре

| Этапы контрольных мероприятий | Вид контрольного мероприятия | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----|-----|-------------------|-----------------------------|---------|-------|
| | ЛР | СР | РГР | Посещение занятий | Компонент своей временности | Экзамен | Итого |
| ТК1* | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК2 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК3 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК4 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК5 | – | – | 15 | – | 2 | – | 17 |
| ТК6 | – | – | 15 | – | 2 | – | 17 |
| ТК7 | – | 7 | – | – | 2 | – | 9 |
| ТК8 | – | 7 | – | – | 2 | – | 9 |
| ТК9 | – | 7 | – | – | 2 | – | 9 |
| ПА | – | – | – | – | – | 27 | 27 |
| Итого | 40 | 21 | 30 | 8 | 18 | 27 | 144 |

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК4); защиту отчетов по РГР (ТК5 – ТК6); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК7 – ТК9); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине в 3 семестре.

Таблица 3.19 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения в 4 семестре

| Этапы контрольных мероприятий | Вид контрольного мероприятия | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----|----|-------------------|---------------------------|---------|-------|
| | ЛР | СР | КР | Посещение занятий | Компонент своевременности | Экзамен | Итого |
| ТК1* | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК2 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК3 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК4 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК5 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК6 | 10 | – | – | 2 | 2 | – | 14 |
| ТК7 | – | – | 40 | – | 2 | – | 42 |
| ТК8 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК9 | – | 12 | – | – | 2 | – | 14 |
| ПА | – | – | – | – | – | 27 | 27 |
| Итого | 60 | 23 | 40 | 12 | 18 | 27 | 180 |

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК6); защиту пояснительной записки по КР (ТК7); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК8 – ТК9); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине в 4 семестре.

Таблица 3.20 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в 3 семестре

| Этапы контроля | Оценка | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|---------|---------|
| | неудовлетв. | удовлетв. | хорошо | отлично |
| ТК-1 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-2 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-3 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-4 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-5 | 0-6 | 7-9 | 10-12 | 13-15 |
| ТК-6 | 0-6 | 7-9 | 10-12 | 13-15 |
| ТК-7 | 0-3 | 4-5 | 6 | 7 |
| ТК-8 | 0-3 | 4-5 | 6 | 7 |
| ТК-9 | 0-3 | 4-5 | 6 | 7 |
| Посещение занятий | 0-8 | 4-8 | 6-8 | 6-8 |
| Своевременность сдачи | 0-9 | 10-18 | 16-18 | 16-18 |
| ИТОГО до ПА | 0-59 | 60-87 | 88-104 | 105-117 |
| ПА | 0-12 | 13-17 | 18-22 | 23-27 |
| ИТОГО | 0-71 | 72-104 | 105-126 | 127-144 |

Таблица 3.21 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в 4 семестре

| Этапы контроля | Оценка | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|---------|---------|
| | неудовлетв. | удовлетв. | хорошо | отлично |
| ТК-1 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-2 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-3 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-4 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-5 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-6 | 0-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 |
| ТК-7 | 0-17 | 18-25 | 26-33 | 34-40 |
| ТК-8 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-9 | 0-4 | 5-7 | 8-10 | 11-12 |
| Посещение занятий | 0-12 | 7-12 | 10-12 | 10-12 |
| Своевременность сдачи | 0-8 | 10-18 | 16-18 | 16-18 |
| ИТОГО до ПА | 0-74 | 75-108 | 109-130 | 131-153 |
| ПА | 0-12 | 13-17 | 18-22 | 23-27 |
| ИТОГО | 0-86 | 87-125 | 126-152 | 153-180 |

Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения приведена в таблицах 3.22 – 3.25.

Таблица 3.22 – Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения во 2 сессию 2 курса

| Этапы контрольных мероприятий | Вид контрольного мероприятия | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----|-----|-------------------|---------------------------|---------|-------|
| | ЛР | СР | РГР | Посещение занятий | Компонент своевременности | Экзамен | Итого |
| ТК1* | 16 | – | – | 2 | 2 | – | 20 |
| ТК2 | – | – | 25 | – | 2 | – | 27 |
| ТК3 | – | – | 12 | – | 2 | – | 14 |
| ТК4 | – | 12 | – | – | 2 | – | 14 |
| ТК5 | – | 12 | – | – | 2 | – | 14 |
| ТК6 | – | 12 | – | – | 2 | – | 14 |
| ТК7 | – | 12 | – | – | 2 | – | 14 |
| ПА | – | – | – | – | – | 27 | 27 |
| Итого | 16 | 48 | 37 | 2 | 14 | 27 | 144 |

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1); защиту отчетов по контрольным работам (ТК2 – ТК3); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК4 – ТК7); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине во 2 сессию 2 курса обучения.

Таблица 3.23 – Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения в 3 сессию 2 курса обучения

| Этапы контрольных мероприятий | Вид контрольного мероприятия | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----|----|-------------------|---------------------------|---------|-------|
| | ЛР | СР | КР | Посещение занятий | Компонент своевременности | Экзамен | Итого |
| ТК1* | 16 | – | – | 2 | 2 | – | 20 |
| ТК2 | – | – | 40 | – | 2 | – | 42 |
| ТК3 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК4 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК5 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК6 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК7 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК8 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ТК9 | – | 11 | – | – | 2 | – | 13 |
| ПА | – | – | – | – | – | 27 | 27 |
| Итого | 16 | 84 | 40 | 2 | 18 | 27 | 180 |

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1); защиту пояснительной записки по КР (ТК2); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК3 – ТК9); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине в 3 сессию 2 курса обучения.

Таблица 3.24 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале во 2 сессию 2 курса

| Этапы контроля | Оценка | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|--------|---------|
| | неудовлетв. | удовлетв. | хорошо | отлично |
| ТК-1 | 0-7 | 8-10 | 11-13 | 14-16 |
| ТК-2 | 0-11 | 12-16 | 17-21 | 22-25 |
| ТК-3 | 0-5 | 6-7 | 8-10 | 11-12 |
| ТК-4 | 0-5 | 6-7 | 8-10 | 11-12 |
| ТК-5 | 0-5 | 6-7 | 8-10 | 11-12 |
| ТК-6 | 0-5 | 6-7 | 8-10 | 11-12 |
| ТК-7 | 0-5 | 6-7 | 8-10 | 11-12 |
| Посещение занятий | 0-2 | 2 | 2 | 2 |
| Своевременность сдачи | 0-6 | 10-14 | 12-14 | 12-14 |
| ИТОГО до ПА | 0-60 | 61-80 | 81-103 | 104-117 |
| ПА | 0-12 | 13-17 | 18-22 | 23-27 |
| ИТОГО | 0-73 | 74-98 | 99-126 | 127-144 |

Таблица 3.25 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в 3 сессию 2 курса обучения

| Этапы контроля | Оценка | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|---------|---------|
| | неудовлетв. | удовлетв. | хорошо | отлично |
| ТК-1 | 0-7 | 8-10 | 11-13 | 14-16 |
| ТК-2 | 0-17 | 18-25 | 26-33 | 34-40 |
| ТК-3 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-4 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-5 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-6 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-7 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-8 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| ТК-9 | 0-4 | 5-6 | 7-9 | 10-11 |
| Посещение занятий | 0-2 | 2 | 2 | 2 |
| Своевременность сдачи | 0-8 | 10-18 | 16-18 | 16-18 |
| ИТОГО до ПА | 0-71 | 72-102 | 103-134 | 135-153 |
| ПА | 0-12 | 13-17 | 18-22 | 23-27 |
| ИТОГО | 0-84 | 85-120 | 121-157 | 158-180 |

Критерии выставления оценок за лабораторные работы

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант/студент показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант/студент твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант/студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к

области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант/студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Критерии выставления оценок за РГР, контрольную работу

Оценка **«отлично»** выставляется курсанту (студенту), если он выполнил РГР (контрольную работу) согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, без ошибок, своевременно. При защите правильно отвечает на все поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется курсанту (студенту), если он выполнил РГР (контрольную работу) согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с небольшими корректировками, своевременно. При защите правильно отвечает на большинство поставленных вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется курсанту (студенту), если он выполнил РГР (контрольную работу) согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с ошибками, проявил недостаточную пунктуальность в сроках сдачи. При защите дает правильные ответы только на вопросы, связанные с понятийным аппаратом дисциплины.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется курсанту (студенту), если не выполнены требования критериев удовлетворительной оценки.

Критерии выставления оценок за курсовую работу

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант/студент свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформ-

лена технически грамотно.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант/студент может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если выясняется, что курсант/студент выполнил курсовую работу формально, без понимания принципов решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

Критерии выставления оценок за экзамен

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант/студент показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант/студент твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант/студент допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

Итоговая оценка за экзамен выводится по двум частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«отлично»**, то обучающийся может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«хорошо»**, то обучающийся может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки **«хорошо»**, либо проходит ПА с целью по-

вышения оценки до **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«удовлетворительно»**, то обучающийся проходит ПА на общих основаниях.

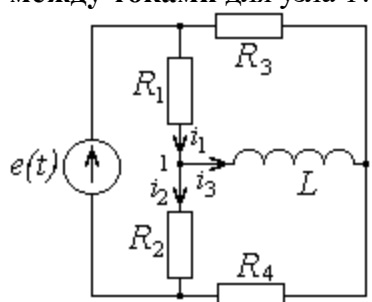
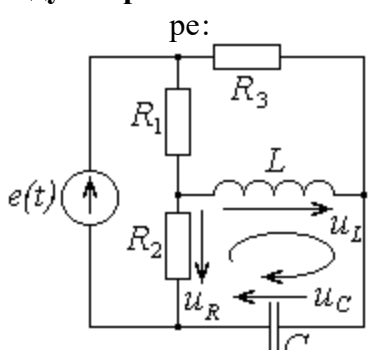
Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«неудовлетворительно»**, то обучающийся проходит ПА на следующих основаниях:

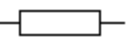


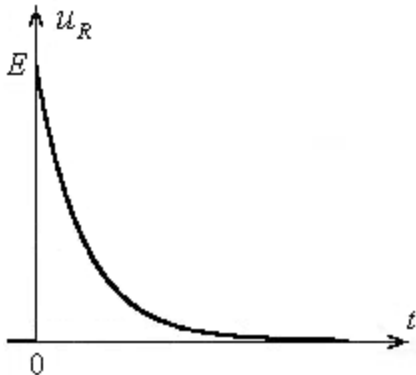
1) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту/студенту выставляется оценка **«удовлетворительно»**, если обучающийся дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку (за исключением РГР, контрольных и курсовой работ);

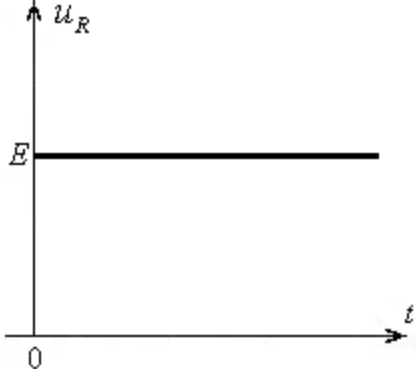
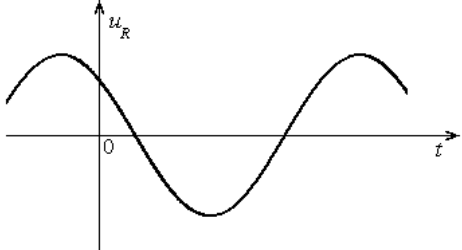
2) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту/студенту выставляется оценка **«хорошо»** или **«отлично»**, если обучающийся дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку **«удовлетворительно»** и **«неудовлетворительно»** (за исключением РГР, контрольных и курсовой работ);

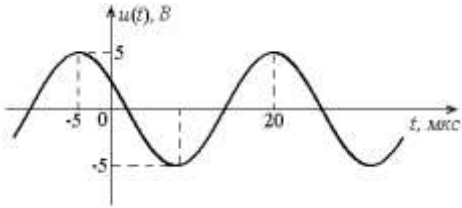
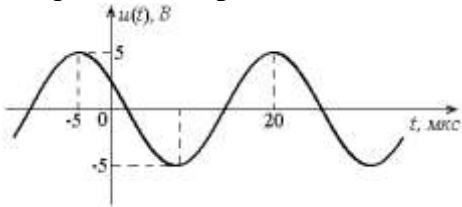
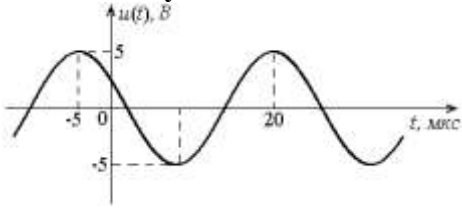
3) курсант/студент не сдавший РГР, контрольные или курсовую работу до экзамена **не допускается**.

3.3 Типовые задания для самоконтроля перед итоговой аттестацией по дисциплине

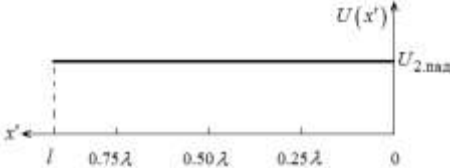
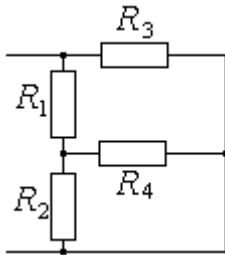
| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| ЗАДАНИЯ ВЕСОМ 1 БАЛЛ | | | | |
| Несколько верных ответов | Выберите верные записи закона Ома для участка электрической цепи | $I = U \cdot R$ | $I = U/R$ | $I \cdot U = R$ |
| | | $I/U = R$ | $U/I = R$ | $U = I \cdot R$ |
| Один верный ответ | Выберите верное соотношение между токами для узла 1:  | $i_1 + i_2 + i_3 = 0$ | $i_1 + i_2 - i_3 = 0$ | $i_1 - i_2 + i_3 = 0$ |
| | | $-i_1 - i_2 + i_3 = 0$ | $-i_1 + i_2 - i_3 = 0$ | $i_1 - i_2 - i_3 = 0$ |
| Один верный ответ | Выберите верное соотношение между напряжениями в контуре:  | $u_R + u_L + u_C = 0$ | $u_R - u_L + u_C = 0$ | $u_R + u_L - u_C = 0$ |
| | | $-u_R + u_L + u_C = 0$ | $-u_R - u_L + u_C = 0$ | $-u_R + u_L - u_C = 0$ |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | | |
|--------------------------|--|--------------------------------|--|------------------|------------------------|
| Установить соответствие | Установите соответствие между названием идеального элемента, его условным графическим обозначением и единицей измерения его основного параметра | 1) сопротивление | 1)  | 1) Ф | |
| | | 2) индуктивность | 2)  | 2) Ом | |
| | | 3) емкость | 3)  | 3) Гн | |
| Несколько верных ответов | Выберите линейные элементы электрических цепей | биполярный транзистор | диод | | операционный усилитель |
| | | сопротивление | варикап | | индуктивность |
| | | стабилитрон | емкость | | полевой транзистор |
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы линейной электрической цепи соответствует график изменения напряжения на сопротивлении:</p>  | Режим постоянного тока | Установившийся гармонический режим | Переходный режим | |

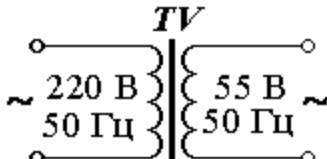
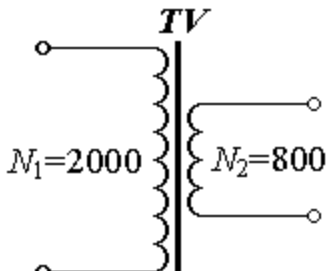
| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|-------------------|--|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы линейной электрической цепи соответствует график изменения напряжения на сопротивлении:</p>  | Установившийся гармонический режим | Режим постоянного тока | Переходный режим |
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы линейной электрической цепи соответствует график изменения напряжения на сопротивлении:</p>  | Переходный режим | Режим постоянного тока | Установившийся гармонический режим |
| Один верный ответ | Выберите верное выражение для комплексного сопротивления индуктивности | $j\omega/L$ | $1/j\omega L$ | jL/ω |
| | | ωL | $1/\omega L$ | $j\omega L$ |

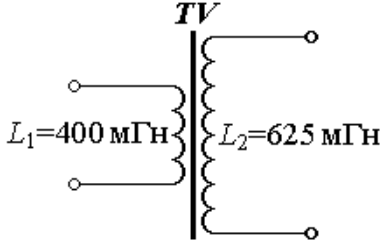
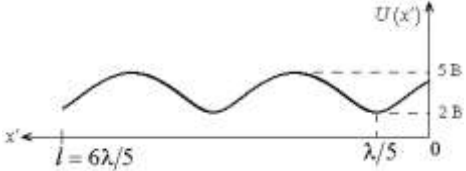
| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | | |
|-------------------------|---|--------------------------------|---------------|-------------|--|
| Один верный ответ | Выберите верное выражение для комплексного сопротивления емкости | $j\omega/C$ | $1/j\omega C$ | jC/ω | |
| | | ωC | $1/\omega C$ | $j\omega C$ | |
| Один верный ответ | Определите амплитуду колебаний :  | 5 В | 20 мкс | 25 мкс | |
| | | 40 кГц | 10 В | 18° | |
| Один верный ответ | Определите период колебаний :  | 25 мкс | 20 мкс | 5 В | |
| | | 40 кГц | 10 В | 15 мкс | |
| Один верный ответ | Определите циклическую частоту колебаний :  | 50 кГц | 5 В | 40 кГц | |
| | | 10 В | 20 кГц | 25 мкс | |
| Установить соответствие | Установите соответствие между названиями параметров гармонического напряжения, их обозначениями и единицами измерения. | 1) амплитуда | 1) ω | 1) Гц | |
| | | 2) угловая частота | 2) T | 2) В | |
| | | 3) циклическая частота | 3) U_m | 3) рад/с | |
| | | 4) период | 4) f | 4) с | |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|-------------------|---|--------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Один верный ответ | Выберите верное выражение для циклической резонансной частоты колебательного контура | $2\pi\sqrt{LC}$ | $\sqrt{\frac{L}{C}}$ | $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ |
| | | $\frac{1}{2\pi LC}$ | \sqrt{LC} | $\sqrt{\frac{C}{L}}$ |
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы длинной линии соответствует приведенное распределение амплитуды напряжения:</p>  | режим бегущей волны | режим смешанных волн | режим стоячих волн |
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы длинной линии соответствует приведенное распределение амплитуды напряжения:</p>  | режим бегущей волны | режим смешанных волн | режим стоячих волн |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| Один верный ответ | <p>Какому режиму работы длинной линии соответствует приведенное распределение амплитуды напряжения:</p>  | режим бегущей волны | режим смешанных волн | режим стоячих волн |
| ЗАДАНИЯ ВЕСОМ 2 БАЛЛА | | | | |
| Один верный ответ | <p>Определите общее сопротивление схемы:</p>  <p>$R_1 = 800 \text{ Ом}, R_2 = 2 \text{ кОм},$ $R_3 = 2 \text{ кОм}, R_4 = 3 \text{ кОм}$</p> | 7800 Ом | 2690 Ом | 1000 Ом |
| | | 840 Ом | 640 Ом | 1795 Ом |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | |
|-------------------|---|--|--|
| Один верный ответ | Последовательный колебательный контур с фиксированными индуктивностью 64 мкГн и емкостью 45 пФ требуется настроить на заданную частоту $1,25 \cdot 10^7$ рад/с при помощи подстроечного конденсатора. Рассчитать значение емкости подстроечного конденсатора и указать способ ее подключения. | 100 пФ параллельно с основной емкостью | 55 пФ параллельно с основной емкостью |
| | | 55 пФ последовательно с основной емкостью | 145 пФ параллельно с основной емкостью |
| | | 100 пФ последовательно с основной емкостью | 145 пФ последовательно с основной емкостью |
| Один верный ответ | Последовательный колебательный контур с фиксированными индуктивностью 50 мкГн и емкостью 600 пФ требуется настроить на заданную частоту $1 \cdot 10^7$ рад/с при помощи подстроечного конденсатора. Рассчитать значение емкости подстроечного конденсатора и указать способ ее подключения. | 200 пФ параллельно с основной емкостью | 300 пФ параллельно с основной емкостью |
| | | 300 пФ последовательно с основной емкостью | 800 пФ параллельно с основной емкостью |
| | | 200 пФ последовательно с основной емкостью | 800 пФ последовательно с основной емкостью |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|-------------------|---|---|---|------|
| Один верный ответ | Параллельный колебательный контур с фиксированными индуктивностью 10 мкГн и емкостью 300 пФ требуется настроить на заданную частоту $2 \cdot 10^7$ рад/с при помощи подстроечного конденсатора. Рассчитать значение емкости подстроечного конденсатора и указать способ ее подключения. | 250 пФ параллельно с основной емкостью | 1800 пФ параллельно с основной емкостью | |
| | | 1800 пФ последовательно с основной емкостью | 1500 пФ параллельно с основной емкостью | |
| | | 250 пФ последовательно с основной емкостью | 1500 пФ последовательно с основной емкостью | |
| Один верный ответ | Определите коэффициент трансформации идеального трансформатора:  | 2 | 1,1 | 0,25 |
| | | 4 | 1 | 4,4 |
| Один верный ответ | Определите коэффициент трансформации идеального трансформатора:  | 1,58 | 2,5 | 0,63 |
| | | 6,25 | 0,4 | 0,16 |

| Тип задания | Текст вопроса | Варианты ответов (при наличии) | | |
|-------------------|---|--------------------------------|---------|--------|
| Один верный ответ | <p>Определите коэффициент трансформации идеального трансформатора:</p>  | 0,64 | 0,8 | 2,44 |
| | | 0,41 | 1,56 | 1,25 |
| Один верный ответ | <p>Определить модуль коэффициента отражения от нагрузки длинной линии</p>  | 2,5 | 2/7 | 3/7 |
| | | 1/6 | 0,4 | 1/5 |
| Один верный ответ | <p>Определить модуль коэффициента отражения от нагрузки длинной линии с волновым сопротивлением 75 Ом, нагруженной на индуктивную нагрузку 100 Ом</p> | 0 | 1 | 0,2 |
| | | 5 | 0,5 | 2 |
| Один верный ответ | <p>Необходимо с помощью четвертьволнового трансформатора согласовать нагрузку 200 Ом с длинной линией, имеющей волновое сопротивление 50 Ом. Каким волновым сопротивлением должен обладать трансформатор?</p> | 250 Ом | 150 Ом | 125 Ом |
| | | 100 Ом | 66,7 Ом | 50 Ом |

4 ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

4.1 Экзаменационные вопросы (3 семестр)

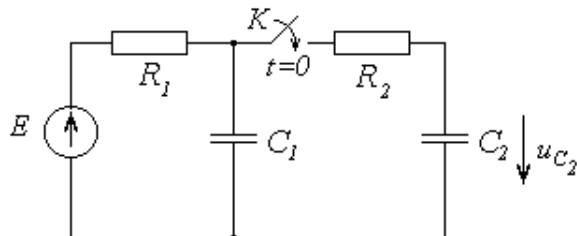
1. Электрическая цепь. Электрические ток и напряжение. Условные положительные направления токов и напряжений. Мгновенная мощность и энергия.
2. Идеализированные пассивные элементы электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость. Компонентные соотношения.
3. Реальные пассивные элементы электрической цепи. Схемы замещения резистора, катушки индуктивности, конденсатора.
4. Идеализированные активные элементы электрической цепи. Источники ЭДС и тока. Схемы замещения реальных активных элементов электрической цепи: генератора тока и напряжения.
5. Понятие о схеме электрической цепи. Узел, ветвь и контур. Законы Кирхгофа. Определения числа независимых уравнений. Задача анализа электрической цепи.
6. Понятие об эквивалентном преобразовании участка электрической цепи. Следствия из законов Кирхгофа о последовательном и параллельном соединении элементов.
7. Понятие об эквивалентном преобразовании участка электрической цепи. Взаимное преобразование генераторов тока и напряжения. Перенос источников тока и ЭДС в схеме.
8. Понятие об эквивалентном преобразовании участка электрической цепи. Взаимное преобразование звезды сопротивлений и треугольника сопротивлений.
9. Понятие об эквивалентном преобразовании участка электрической цепи. Теоремы об эквивалентном генераторе (Нортон и Тевенина).
10. Понятие линейной электрической цепи. Анализ линейной электрической цепи методом наложения.
11. Метод контурных токов: понятие контурного тока, собственного и взаимного сопротивления контура, контурной ЭДС. Пример составления уравнений.
12. Метод узловых напряжений: понятие узлового напряжения, собственной и взаимной проводимости узла, узлового тока. Пример составления уравнений.
13. Понятие о переходных процессах. Порядок электрической цепи. Общее решение дифференциального уравнения: свободная и вынужденная составляющая реакции. Постоянная времени цепи.
14. Понятие и классификация начальных условий. Законы коммутации. Методика поиска начальных условий. Сущность классического метода анализа цепи во временной области.
15. Анализ переходных процессов в цепях второго порядка. Колебательный режим.

16. Анализ переходных процессов в цепях второго порядка. Аperiodический и критический режимы.
17. Ступенчатое и импульсивное воздействия. Фильтрующие свойства функций Хэвисайда и Дирака. Переходная и импульсная характеристики электрической цепи. Связь между ними. Единицы измерений.
18. Понятие периодического процесса. Гармонические токи напряжения. Характеристика гармонических сигналов (амплитуда, период, линейная и угловая частоты, полная и начальная фазы, сдвиг фаз). Понятие установившегося гармонического режима.
19. Амплитудные и фазовые соотношения между гармоническим током и напряжением для идеальных пассивных элементов линейных электрических цепей.
20. Представление гармонических функций в комплексной форме. Понятие комплексной амплитуды и комплексного мгновенного значения гармонического сигнала. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Векторная диаграмма.
21. Закон Ома для комплексных амплитуд. Понятие комплексного сопротивления и комплексной проводимости простого и составного двухполюсника.
22. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощность в гармоническом режиме. Комплексная мощность.
23. Теорема о передаче максимальной активной мощности от генератора в нагрузку.
24. Понятие о комплексных функциях цепи и частотных характеристиках, классификация комплексных функций цепи.
25. Понятие амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик цепи. Понятие электрического фильтра, полосы пропускания и полосы заграждения фильтра. Классификация электрических фильтров.
26. АЧХ и ФЧХ простейшей RC-цепи, выполняющей функцию ФНЧ.
27. АЧХ и ФЧХ простейшей RL-цепи, выполняющей функцию ФВЧ.
28. АЧХ и ФЧХ простейшей RLC-цепи, выполняющей функцию ПФ.
29. АЧХ и ФЧХ простейшей RLC-цепи, выполняющей функцию РФ.
30. Понятие трехфазной электрической цепи. Виды трехфазных электрических цепей. Соотношение между линейными токами и напряжениями в трехфазной цепи с симметричной нагрузкой.
31. Работа трехфазной электрической цепи на несимметричную нагрузку. Роль нейтрали в трехфазной цепи типа «звезда-звезда» с несимметричной нагрузкой. Мощность в трехфазной цепи.

4.2 Примеры экзаменационных задач (3 семестр)

Задача 1

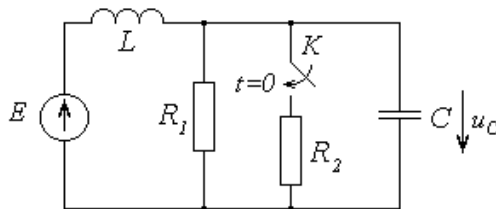
Для заданной электрической цепи второго порядка и указанных номиналов элементов и задающей ЭДС источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R_1 = 125 \text{ Ом}, R_2 = 250 \text{ Ом}, C_1 = 0,2 \text{ мкФ}, C_2 = 0,1 \text{ мкФ}, E = 6 \text{ В}.$$

Задача 2

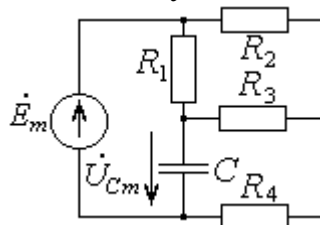
Для заданной электрической цепи второго порядка и указанных номиналов элементов и задающей ЭДС источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R_1 = 600 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ кОм}, L = 16 \text{ мГн}, C = 25 \text{ нФ}, E = 9 \text{ В}.$$

Задача 3

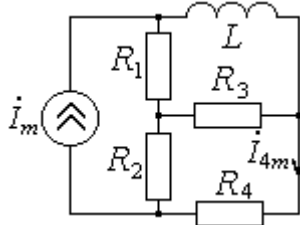
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающей ЭДС источника определить комплексную амплитуду указанной на схеме реакции. Построить векторную диаграмму реакции и воздействия. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.



$$R_1 = 72 \text{ Ом}, R_2 = 36 \text{ Ом}, R_3 = 7,2 \text{ Ом}, R_4 = 9 \text{ Ом}, \omega = 1,25 \cdot 10^6 \text{ рад/с}, \\ C = 50 \text{ нФ}, \dot{E}_m = 7,5 \cdot \exp(j \cdot 90^\circ) \text{ В}.$$

Задача 4

Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающей ЭДС источника определить комплексную амплитуду указанной на схеме реакции. Построить векторную диаграмму реакции и воздействия. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.

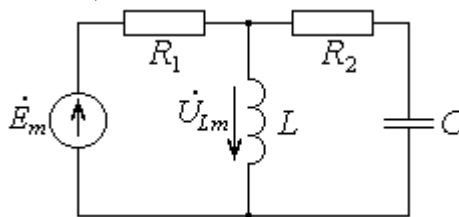


$$R_1 = 190 \text{ Ом}, R_2 = 30,4 \text{ Ом}, R_3 = 40 \text{ Ом}, R_4 = 9,6 \text{ Ом}, \omega = 4 \cdot 10^4 \text{ рад/с},$$

$$L = 5 \text{ мГн}, \dot{i}_m = 72,5 \cdot \exp(-j \cdot 45^\circ) \text{ мА}.$$

Задача 5

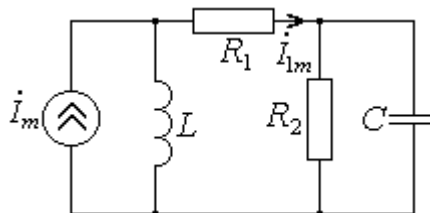
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 30 \text{ Ом}, L = 1 \text{ мГн}, C = 0,25 \text{ мкФ}.$$

Задача 6

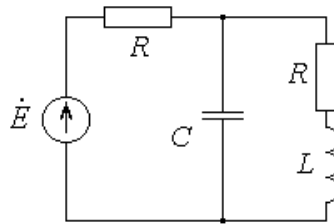
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 40 \text{ Ом}, L = 600 \text{ мкГн}, C = 0,25 \text{ мкФ}.$$

Задача 7

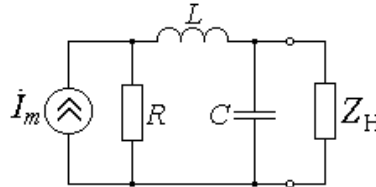
Для заданной линейной электрической цепи определить полную комплексную, активную и реактивную мощности, вырабатываемые на зажимах источника гармонической ЭДС.



$$\dot{E} = 17 \text{ В}, x_L = \omega L = 51 \text{ Ом}, x_C = \frac{1}{\omega C} = 17 \text{ Ом}, R = 17 \text{ Ом}.$$

Задача 8

Считая, что в нагрузку передается максимально возможная активная мощность, определить величину сопротивления нагрузки Z_H и самой активной мощности $P_{H.max}$. Задачу решить, воспользовавшись теоремой об эквивалентном генераторе (Тевенина или Нортон).



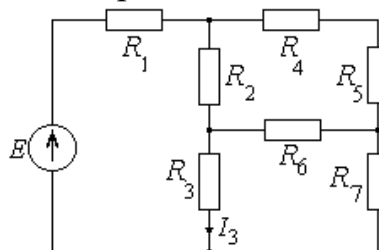
$$\dot{I}_m = 1 \text{ мА}, R = 100 \text{ Ом}, L = 1 \text{ мГн}, C = 0,1 \text{ мкФ}, \omega = 10^5 \text{ рад/с}.$$

Задача 9

При подключении к некоторой катушке индуктивности гармонического напряжения с действующим значением 100 В, потребляемая ею комплексная мощность равна $\tilde{P}_S = (20 + 40j) \text{ В} \cdot \text{А}$. Чему будет равна мощность, потребляемая этой катушкой, если к ней подключить постоянное напряжение 100 В.

Задача 10

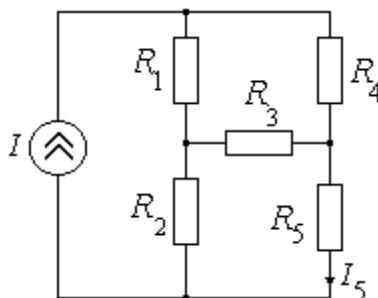
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и величиной задающей ЭДС источника определить численную величину тока I_3 , указанного на схеме цепи, используя метод эквивалентного преобразования треугольника сопротивлений в звезду сопротивлений.



$$R_1 = 2 \text{ кОм}, R_2 = 5 \text{ кОм}, R_3 = 3 \text{ кОм}, R_4 = 10 \text{ кОм}, R_5 = 5 \text{ кОм}, R_6 = 5 \text{ кОм}, R_7 = 3 \text{ кОм}, E = 37 \text{ В}.$$

Задача 11

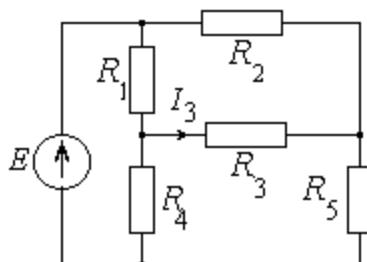
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и величиной задающего тока источника определить численную величину тока I_5 , указанного на схеме цепи, используя метод переноса источника тока.



$$R_1 = 2 \text{ кОм}, R_2 = 3 \text{ кОм}, R_3 = 1 \text{ кОм}, R_4 = 5 \text{ кОм}, R_5 = 4 \text{ кОм}, I = 110 \text{ мА}.$$

Задача 12

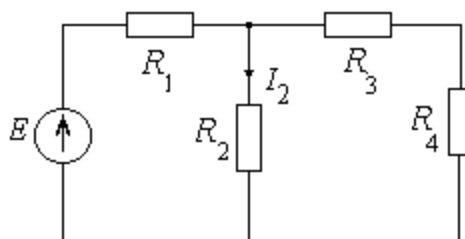
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и величиной задающей ЭДС источника определить численную величину тока I_3 , указанного на схеме цепи, используя метод переноса источника ЭДС.



$$R_1 = 1 \text{ кОм}, R_2 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 3 \text{ кОм}, R_4 = 4 \text{ кОм}, R_5 = 3 \text{ кОм}, E = 10 \text{ В}.$$

Задача 13

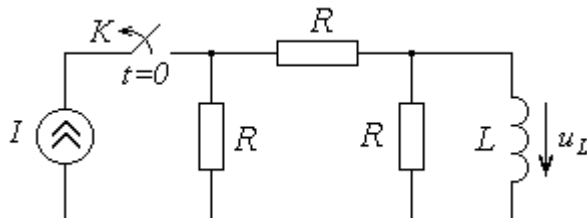
Для заданной резистивной электрической цепи с известными номиналами элементов и величиной задающей ЭДС источника определить численную величину тока I_2 , указанного на схеме цепи, используя теорему Тевенина.



$$R_1 = 4 \text{ кОм}, R_2 = 3 \text{ кОм}, R_3 = 1 \text{ кОм}, R_4 = 3 \text{ кОм}, E = 7 \text{ В}.$$

Задача 14

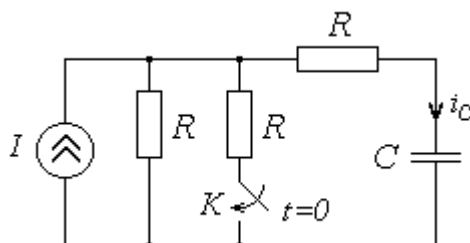
Для заданной электрической цепи и указанных номиналов элементов и задающего тока источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции со временем в переходном процессе, вызванном размыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R = 750 \text{ Ом}, L = 5 \text{ мГн}, I = 4 \text{ мА}.$$

Задача 15

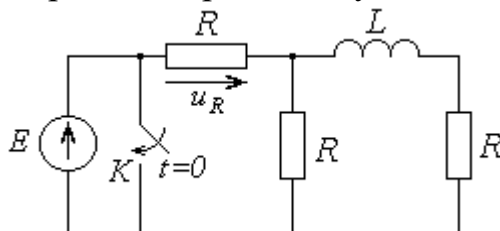
Для заданной электрической цепи и указанных номиналов элементов и задающей ЭДС источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции со временем в переходном процессе, вызванном замыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R = 600 \text{ Ом}, C = 10 \text{ нФ}, I = 3 \text{ мА}.$$

Задача 16

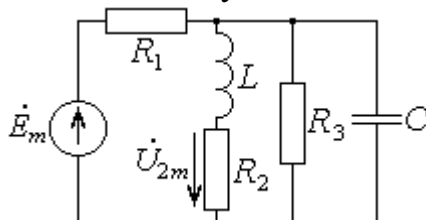
Для заданной электрической цепи и указанных номиналов элементов и задающего тока источника определить изменение указанной на схеме цепи реакции со временем в переходном процессе, вызванном размыканием ключа. Построить график зависимости найденной реакции от времени, включив в него небольшой отрезок времени, предшествующей коммутации.



$$R = 400 \text{ Ом}, L = 60 \text{ мГн}, E = 6 \text{ В}.$$

Задача 17

Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающей ЭДС источника определить комплексную амплитуду указанной на схеме реакции. Построить векторную диаграмму реакции и воздействия. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.

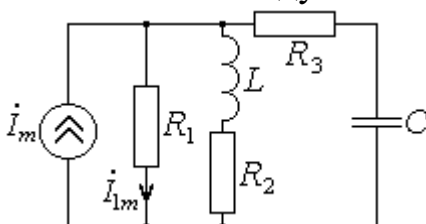


$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 10 \text{ Ом}, R_3 = 40 \text{ Ом}, \omega = 2,5 \cdot 10^4 \text{ рад/с}, L = 1,6 \text{ мГн},$$

$$C = 4 \text{ мкФ}, \dot{E}_m = 5 \cdot \exp(-j \cdot 120^\circ) \text{ В}.$$

Задача 18

Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающего тока источника определить комплексную амплитуду указанной на схеме реакции. Построить векторную диаграмму реакции и воздействия. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.

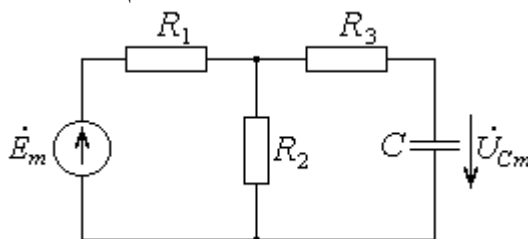


$$R_1 = 20 \text{ Ом}, R_2 = 20 \text{ Ом}, R_3 = 180 \text{ Ом}, x_L = \omega L = 20 \text{ Ом}, x_C = \frac{1}{\omega C} = 60 \text{ Ом},$$

$$\dot{i}_m = 25 \cdot \exp(-j \cdot 60^\circ) \text{ мА}.$$

Задача 19

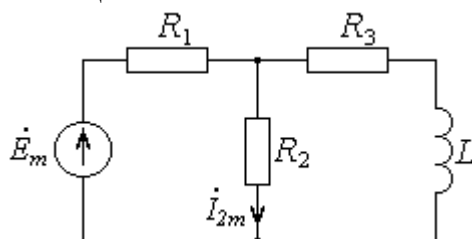
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 20 \text{ Ом}, R_3 = 30 \text{ Ом}, C = 50 \text{ нФ}.$$

Задача 20

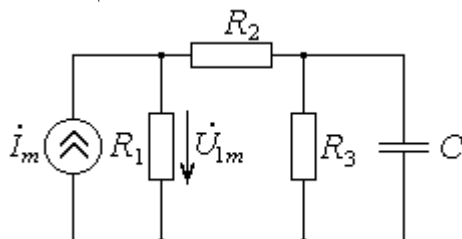
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 42 \text{ Ом}, R_2 = 84 \text{ Ом}, R_3 = 12 \text{ Ом}, L = 3 \text{ мГн}.$$

Задача 21

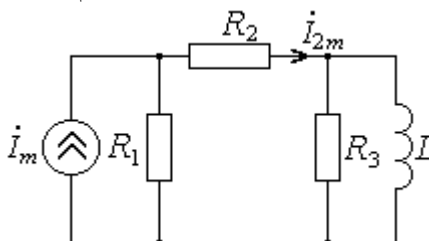
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 50 \text{ Ом}, R_2 = 30 \text{ Ом}, R_3 = 20 \text{ Ом}, C = 62,5 \text{ нФ}.$$

Задача 22

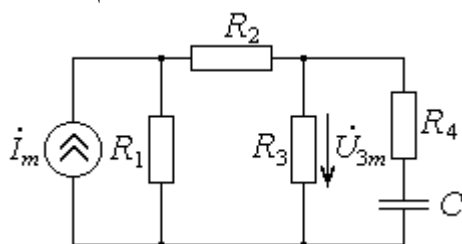
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 180 \text{ Ом}, R_2 = 7,5 \text{ Ом}, R_3 = 150 \text{ Ом}, L = 1 \text{ мГн}.$$

Задача 23

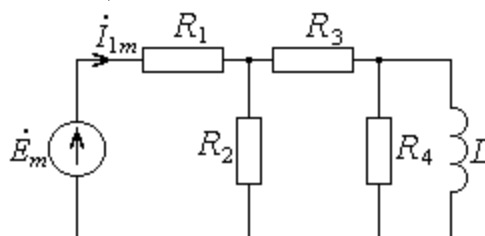
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 205 \text{ Ом}, R_2 = 75 \text{ Ом}, R_3 = 70 \text{ Ом}, R_4 = 24 \text{ Ом}, C = 50 \text{ нФ}.$$

Задача 24

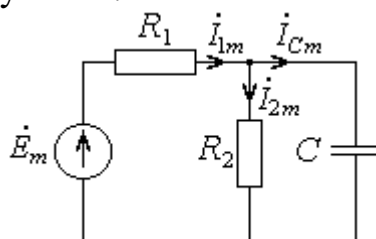
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, определить комплексную функцию цепи для указанной на схеме реакции. Построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах цепи.



$$R_1 = 100 \text{ Ом}, R_2 = 400 \text{ Ом}, R_3 = 20 \text{ Ом}, R_4 = 60 \text{ Ом}, L = 50 \text{ мкГн}.$$

Задача 25

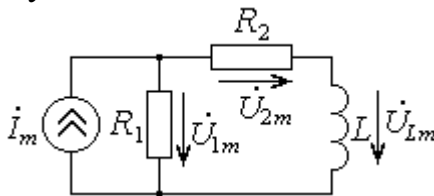
Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающей ЭДС источника определить комплексные амплитуды указанных на схеме реакций. Построить векторную диаграмму реакций. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.



$$R_1 = 45 \text{ Ом}, R_2 = 36 \text{ Ом}, x_C = \frac{1}{\omega C} = 15 \text{ Ом}, \dot{E}_m = 135 \cdot \exp(-j \cdot 45^\circ) \text{ мВ}.$$

Задача 26

Для заданной линейной электрической цепи и указанных номиналов элементов, частоты гармонического воздействия и комплексной амплитуды задающего тока источника определить комплексные амплитуды указанных на схеме реакций. Построить векторную диаграмму реакций. Сделать вывод об фазовых соотношениях между ними.



$$R_1 = 16 \text{ Ом}, R_2 = 20 \text{ Ом}, \omega = 5 \cdot 10^3 \text{ рад/с}, L = 3 \text{ мГн}, \dot{i}_m = 78 \cdot \exp(j \cdot 90^\circ) \text{ мА}.$$

4.3 Экзаменационные вопросы (4 семестр)

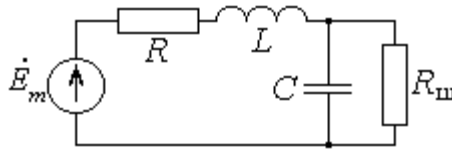
1. Резонанс в последовательном колебательном контуре: понятия последовательного колебательного контура и резонанса; эквивалентная схема замещения последовательного колебательного контура; проявление резонанса в последовательном колебательном контуре и условие его наступления.
2. Энергетические соотношения в последовательном колебательном контуре: характеристическое сопротивление и добротность последовательного колебательного контура. Векторные диаграммы тока и напряжений для частот: равной резонансной, выше резонансной и ниже резонансной.
3. Резонанс в параллельном колебательном контуре: понятия параллельного колебательного контура и резонанса; эквивалентная схема замещения параллельного колебательного контура; проявление резонанса в параллельном колебательном контуре и условие его наступления.
4. Энергетические соотношения в параллельном колебательном контуре: характеристическая проводимость и добротность параллельного колебательного контура. Векторные диаграммы токов и напряжения для частот: равной резонансной, выше резонансной и ниже резонансной.
5. Избирательные свойства колебательных контуров: обобщенные частотные характеристики, относительная и обобщенная расстройки частоты. Свойства геометрической и арифметической симметрий частотных характеристик.
6. Понятие полосы пропускания колебательного контура. Связь ширины полосы пропускания и добротности. Понятие нагруженного колебательного контура. Соотношение добротности и ширины полосы пропускания нагруженного и ненагруженного колебательных контуров.
7. Параллельный контур неполного включения с двумя индуктивностями: эквивалентная схема замещения; частотная зависимость модуля вход-

- ного сопротивления; параметры контура (резонансные частоты, коэффициент включения, резонансное сопротивление).
8. Параллельный контур неполного включения с двумя емкостями: эквивалентная схема замещения; частотная зависимость модуля входного сопротивления; параметры контура (резонансные частоты, коэффициент включения, резонансное сопротивление).
 9. Магнитно-связанные катушки индуктивности: магнитные потоки самоиндукции, взаимной индукции и рассеяния; взаимная индуктивность и коэффициент связи катушек индуктивности; согласное и встречное включения катушек индуктивности.
 10. Эквивалентная T-образная схема замещения магнитно-связанных катушек индуктивности. Виды потерь энергии в реальном трансформаторе. Понятие совершенного трансформатора.
 11. Идеальный трансформатор: понятие трансформатора; условно-графическое обозначение идеального трансформатора; свойства идеального трансформатора (соотношения токов, напряжений, сопротивлений и мощностей обмоток трансформатора).
 12. Схема замещения реального трансформатора с учетом магнитных потоков рассеяния. Индуктивность рассеяния трансформатора. Схема замещения совершенного трансформатора.
 13. Понятие согласующего трансформатора. Частотная характеристика согласующего трансформатора. Понятие широкополосного трансформатора.
 14. Экспериментальное определение параметров согласующего трансформатора: индуктивности первичной и вторичной обмоток, индуктивность рассеяния, коэффициент трансформации, коэффициент связи, максимальный коэффициент передачи мощности.
 15. Понятие оригинала и изображения. Свойства преобразования Лапласа: теоремы линейности, дифференцирования, смещения. Применение теорем для составления таблицы соответствий оригиналов и изображений.
 16. Операторные схемы замещения элементов линейной электрической цепи. Закон Ома в операторной форме. Законы Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения электрической цепи.
 17. Понятие операторной функции цепи. Классификация операторных функций цепи. Пример определения операторной передаточной функции.
 18. Связь операторной функции цепи с частотными и временными характеристиками цепи. Пример отыскания переходной и импульсной характеристик цепи операторным методом.
 19. Понятие четырехполюсника. Основные определения и классификация четырехполюсников.
 20. Системы уравнений пассивного четырехполюсника (через A, Z, Y и H параметры). Физический смысл первичных параметров.

21. Понятие нагруженного четырехполюсника. Определение входного и выходного сопротивления нагруженного четырехполюсника через A , Z , Y и H параметры.
22. Связь систем первичных параметров. Условия взаимности и симметрии в различных системах параметров.
23. Каскадное соединение четырехполюсников. Теорема о каскадном соединении четырехполюсников.
24. Последовательное соединение четырехполюсников. Теорема о последовательном соединении четырехполюсников.
25. Параллельное соединение четырехполюсников. Теорема о параллельном соединении четырехполюсников.
26. Понятие нагруженного четырехполюсника. Определение передаточных сопротивления и проводимости нагруженного четырехполюсника через A , Z , Y или H параметры.
27. Понятие нагруженного четырехполюсника. Определение коэффициентов передачи тока, напряжения и мощности нагруженного четырехполюсника через A , Z , Y или H параметры.
28. Характеристические параметры четырехполюсника. Физический смысл характеристических параметров.
29. Понятия цепи с распределенными параметрами и длинной линии. Первичные (погонные) параметры длинной линии. Вывод дифференциальных (телеграфных) уравнений длинной линии.
30. Решение дифференциальных уравнений однородной длинной линии для гармонического режима. Волновое представление решения. Понятия коэффициентов затухания и фазы, волнового сопротивления длинной линии.
31. Падающие и отраженные волны в длинной линии. Параметры волны – длина волны и фазовая скорость. Распределение напряжения и тока вдоль длинной линии. Комплексные коэффициенты отражения генератора и нагрузки.
32. Длинная линия без потерь в режиме стоячих волн. Распределение напряжения и тока вдоль линии при холостом ходе и коротком замыкании на конце линии.
33. Длинная линия без потерь в режиме стоячих волн. Распределение напряжения и тока вдоль линии при реактивной нагрузке на конце линии.
34. Длинная линия без потерь в режимах бегущей волны и смешанных волн. Распределение напряжения и тока вдоль линии при активной нагрузке на конце линии.
35. Понятие входного сопротивления сечения длинной линии. Входное сопротивление длинной линии без потерь в режимах бегущей волны, стоячих и смешанных волн.
36. Распределение мощности в длинной линии. КПД длинной линии без потерь и с малыми потерями. Понятия КСВ и КБВ.

4.4 Примеры экзаменационных задач (4 семестр)

Задача 1

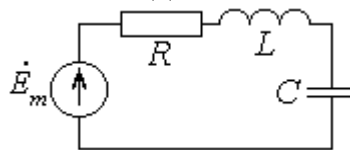


Последовательный колебательный контур образован индуктивностью $L = 4$ мГн, емкостью $C = 1$ нФ и сопротивлением потерь $R = 20$ Ом. Каким сопротивлением $R_{ш}$ следует шунтировать емкость контура, чтобы его полоса пропускания расширилась в 5 раз?

Задача 2

Параллельный колебательный контур с фиксированными индуктивностью $L = 50$ мкГн, емкостью $C = 600$ пФ и проводимостью потерь $G = 25$ мкСм настраивается на заданную частоту $\omega_0 = 10^7$ рад/с при помощи подстроечного конденсатора, который может быть включен последовательно или параллельно с основным конденсатором. Рассчитать значение емкости $C_{п}$ подстроечного конденсатора и указать способ ее подключения. Определить добротность и ширину полосы пропускания полученного колебательного контура.

Задача 3



В последовательном колебательном контуре $L = 2,53$ мГн, $C = 1$ нФ. Найти граничные частоты полосы пропускания для двух значений сопротивления потерь: $R_1 = 15,9$ Ом, $R_2 = 63,6$ Ом. Сделать вывод о влиянии сопротивления потерь на ширину полосы пропускания.

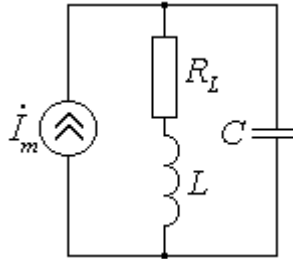
Задача 4

Мощность, отдаваемая идеальным источником тока в настроенный параллельный колебательный контур, равна $P = 10$ мВт. Амплитуда тока, протекающего через индуктивность $L = 0,8$ мГн, составляет $I_{Lm} = 10$ мА. Емкость контура $C = 200$ пФ. Определить проводимость потерь контура G , ширину его полосы пропускания Π_{ω} и амплитуду задающего тока источника I_m .

Задача 5

Резонансная частота последовательного колебательного контура составляет $f_0 = 15$ кГц, резонансное сопротивление $Z_{\text{рез}} = 10$ кОм, добротность $Q = 70,7$. Рассчитать значения частот, на которых модуль входного сопротивления будет составлять 30 кОм.

Задача 6

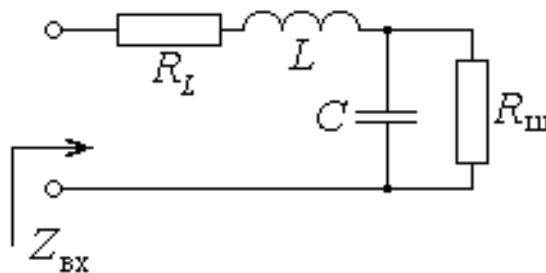


Параллельный колебательный контур имеет параметры $L = 20$ мГн, $C = 5$ нФ, $R_L = 20$ Ом. Определить активную и реактивную составляющие сопротивления контура на границах полосы пропускания.

Задача 7

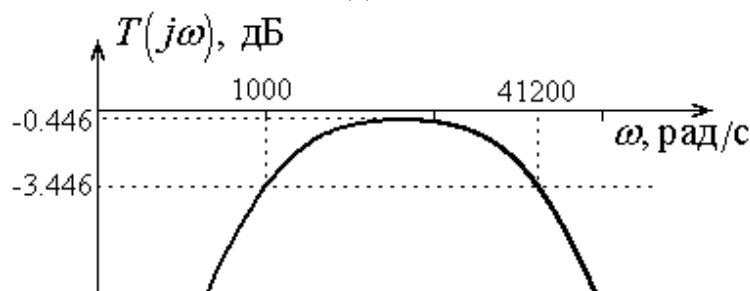
Последовательный колебательный контур с фиксированными индуктивностью $L = 40$ мГн, емкостью $C = 5$ нФ и сопротивлением потерь $R = 80$ Ом настраивается на заданную частоту $\omega_0 = 10^5$ рад/с при помощи дополнительной катушки индуктивности с подстроечным сердечником, которая может быть включена последовательно или параллельно с основной катушкой индуктивности. Рассчитать значение дополнительной индуктивности $L_{\text{д}}$ и указать способ ее подключения. Определить границы полосы пропускания полученного колебательного контура.

Задача 8



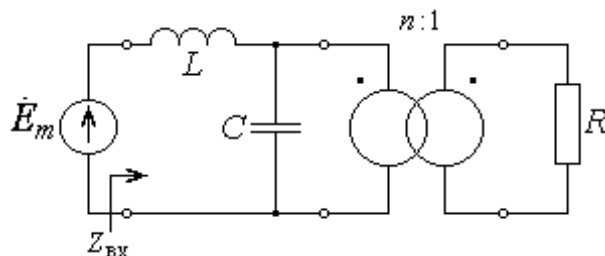
Последовательный колебательный контур состоит из катушки индуктивности с индуктивностью $L = 40$ мГн и сопротивлением потерь $R_L = 25$ Ом и емкости $C = 5$ мкФ, зашунтированной сопротивлением $R_{\text{ш}} = 200$ Ом. Определить точное значение резонансной частоты ω_0 и резонансное сопротивление контура $Z_{\text{рез}}$.

Задача 9



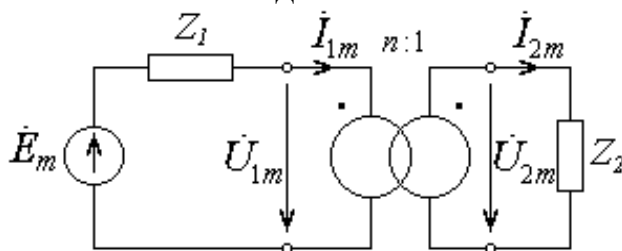
Основываясь на данных приведенной логарифмической АЧХ реального трансформатора, согласующего генератор с внутренним сопротивлением $R_1 = 600$ Ом и нагрузку $R_2 = 150$ Ом, определите параметры схемы замещения трансформатора: индуктивности обмоток L_1 и L_2 , индуктивность рассеяния L_S , а также коэффициенты трансформации n и индуктивной связи обмоток k .

Задача 10



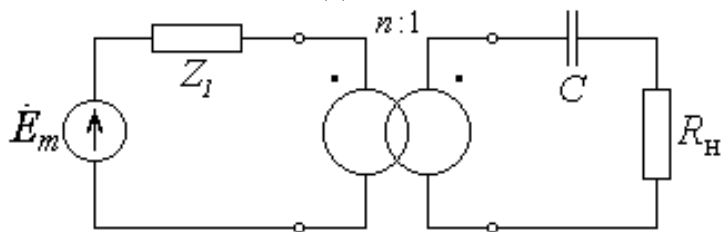
Определить частоту гармонического воздействия, при которой входное сопротивление схемы на основе идеального трансформатора с коэффициентом трансформации n имеет чисто активный характер. Определить входное сопротивление схемы на данной частоте.

Задача 11



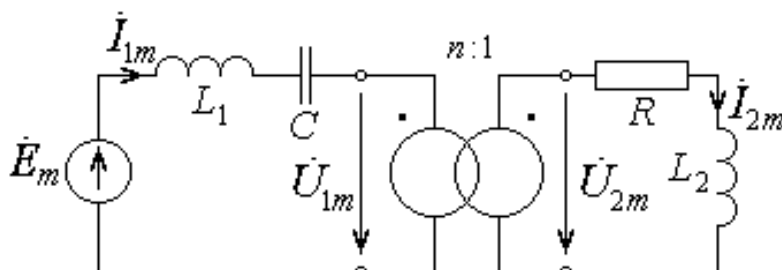
Комплексная амплитуда тока вторичной обмотки идеального трансформатора, нагруженной комплексным сопротивлением $Z_2 = 20 \cdot \exp(j \cdot 60^\circ)$ Ом, составляет $I_{2m} = 120 \cdot \exp(j \cdot 30^\circ)$ мА. Первичная и вторичная обмотки трансформатора содержат $N_1 = 400$ и $N_2 = 40$ витков, соответственно. Первичная обмотка питается от генератора гармонического напряжения с комплексным внутренним сопротивлением $Z_1 = 1500 \cdot \exp(-j \cdot 30^\circ)$ Ом. Определить комплексные амплитуды тока первичной обмотки и напряжений первичной и вторичной обмоток идеального трансформатора, а также комплексную амплитуду ЭДС источника.

Задача 12



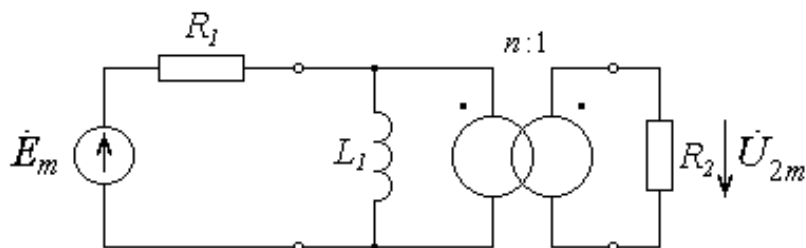
Подобрать значение коэффициента трансформации n идеального трансформатора и величину компенсирующей емкости C , при которых от генератора гармонического напряжения с задающей ЭДС $\dot{E}_m = 1$ В, угловой частотой $\omega = 2,5 \cdot 10^5$ рад/с и комплексным внутренним сопротивлением $Z_1 = 2500 + 4000j$ Ом в нагрузку с сопротивлением $R_H = 100$ Ом будет передана максимально возможная активная мощность. Определить величину этой мощности P_{Hmax} .

Задача 13



Определить резонансную частоту последовательного колебательного контура на основе идеального трансформатора с коэффициентом трансформации $n = 2$. Параметры схемы: $L_1 = 8$ мГн, $L_2 = 2$ мГн, $C = 1000$ пФ, $R = 500$ Ом. Считая комплексную амплитуду ЭДС источника равной $\dot{E}_m = 1$ В, определите значения комплексных амплитуд токов и напряжений первичной и вторичной обмоток идеального трансформатора.

Задача 14



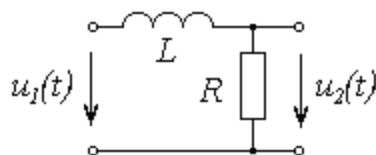
Совершенный трансформатор с коэффициентом трансформации $n = 2$ и индуктивностью первичной обмотки $L_1 = 100$ мГн подключен первичной обмоткой к генератору гармонического напряжения с внутренним сопротивлением $R_1 = 200$ Ом, а вторичной обмоткой – к нагрузке $R_2 = 50$ Ом. Выбрав в качестве реакции цепи напряжение на нагрузке, определите комплексную функцию цепи, постройте график амплитудно-частотной характеристики, определите частоту среза.

Задача 15

Рассчитать индуктивности обмоток, индуктивность рассеяния и среднюю частоту согласующего трансформатора, подключенного первичной обмоткой к генератору гармонического напряжения с внутренним сопротивлением $R_1 = 600 \text{ Ом}$, а вторичной обмоткой – к нагрузке $R_2 = 24 \text{ Ом}$, если нижняя и верхняя частоты полосы пропускания составляют $\omega_H = 400 \text{ рад/с}$ и $\omega_B = 10^6 \text{ рад/с}$, соответственно. Проверить выполняются ли условия широкополосности трансформатора: $\omega_H \ll \omega_0$ и $\omega_B \gg \omega_0$.

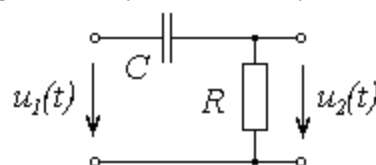
Задача 16

На входе цепи имеется воздействие $u_1(t) = Ue^{-\sigma t} \cdot 1(t)$ ($\sigma > 0$). Операторным методом найдите реакцию $u_2(t)$. Схематично постройте графики $u_1(t)$ и $u_2(t)$ для $\sigma > R/L$.



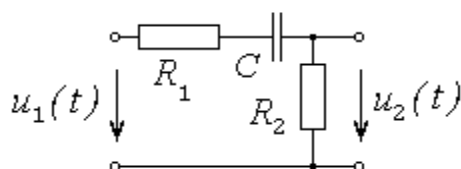
Задача 17

Воздействие $u_1(t) = U(1 - e^{-\sigma t}) \cdot 1(t)$ ($\sigma > 0$) подается на вход дифференцирующей цепи. Операторным методом найдите реакцию $u_2(t)$ при нулевых начальных условиях. Схематично постройте графики $u_1(t)$ и $u_2(t)$. При переходе от изображения к оригиналу воспользуйтесь формулой разложения.



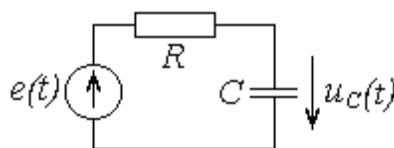
Задача 18

На вход цепи подается прямоугольный импульс $u_1(t)$ с амплитудой E и длительностью $\tau_{\text{и}}$. Используя операторный метод, определите реакцию $u_2(t)$ при нулевых начальных условиях, и схематично постройте ее график для длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 3C(R_1 + R_2)$.



Задача 19

Для заданных воздействия и реакции операторным методом определить комплексную функцию цепи. Качественно построить графики АЧХ и ФЧХ. Определить частоту среза. Сделать выводы о частотных свойствах электрической цепи.



Задача 20

Найдите оригинал $f(t)$ по известному изображению $F(p)$ вида:

$$F(p) = \frac{p+1}{(p+2)(p+3)}.$$

Задача 21

Найдите оригинал $f(t)$ по известному изображению $F(p)$ вида:

$$F(p) = \frac{p+1}{p^2+4p+5}.$$

Задача 22

Найдите оригинал $f(t)$ по известному изображению $F(p)$ вида:

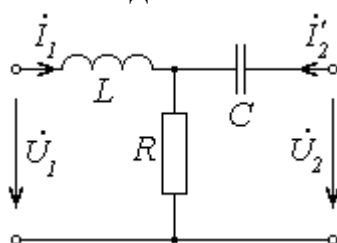
$$F(p) = \frac{1}{p(p^2+2p+5)}.$$

Задача 23

Найдите оригинал $f(t)$ по известному изображению $F(p)$ вида:

$$F(p) = \frac{p+2}{p(p^2+2p+1)}.$$

Задача 24



Определить матрицу $\|H\|$ параметров заданного четырехполюсника. Проверить является ли четырехполюсник взаимным.

Задача 25

Четырехполюсник, характеризуемый заданной матрицей $\|H\|$ параметров:

$$\|H\| = \begin{pmatrix} 16 & 0,6 \\ -0,6 & 0,04 \end{pmatrix}$$

подключен со стороны входных зажимов к генератору напряжения с внутренним сопротивлением $R_r = 20 \text{ Ом}$, а со стороны выходных зажимов – к активной нагрузке $R_n = 20 \text{ Ом}$. Определить нормированный коэффициент передачи мощности от генератора в нагрузку. Сделать вывод о влиянии четырехполюсника на величину передаваемой мощности.

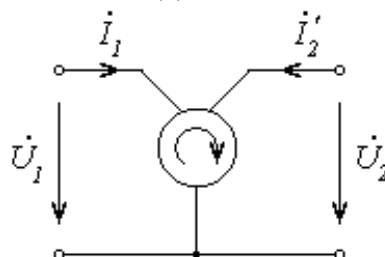
Задача 26

Четырехполюсник, характеризуемый заданной матрицей $\|A\|$ параметров:

$$\|A\| = \begin{pmatrix} 0,5 & 50 + 40j \\ 12,5j \cdot 10^{-3} & 1 + 1,25j \end{pmatrix},$$

нагружен со стороны выходных зажимов на активное сопротивление $R_n = 50 \text{ Ом}$. Определить комплексный коэффициент передачи схемы по напряжению K_U . Сделать вывод об амплитудных и фазовых соотношениях между напряжениями на входных и выходных зажимах четырехполюсника.

Задача 27

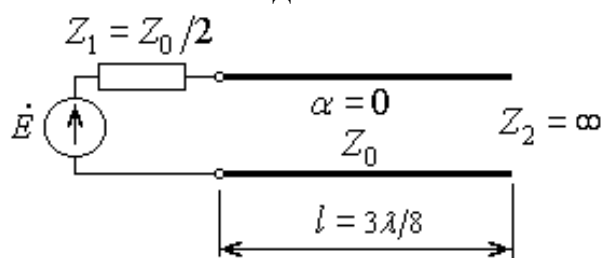


Гиратором называется четырехполюсник, описываемый матрицей $\|Y\|$ параметров вида:

$$\|Y\| = \begin{pmatrix} 0 & G \\ -G & 0 \end{pmatrix},$$

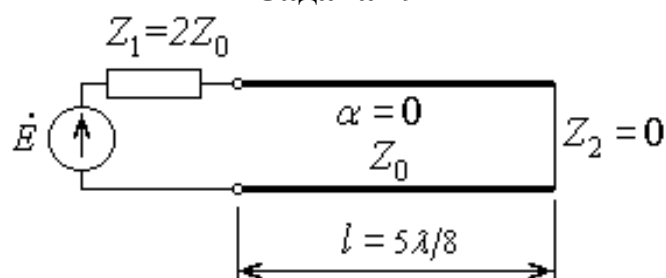
где G – вещественное число. Покажите, что двухполюсник, образованный гиратором, нагруженным со стороны выходных зажимов на емкость, ведет себя как индуктивность. Найдите величину этой индуктивности.

Задача 28



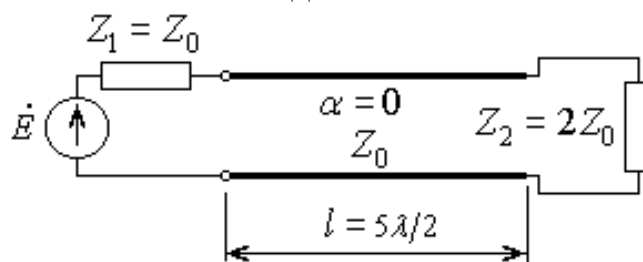
Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 3\lambda/8$, разомкнутая на конце, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = Z_0/2$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 29



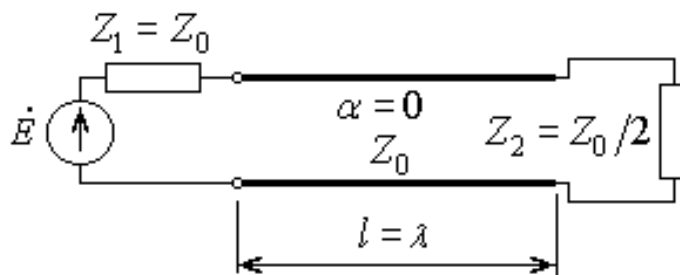
Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 5\lambda/8$, коротко замкнутая на конце, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = 2Z_0$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 30



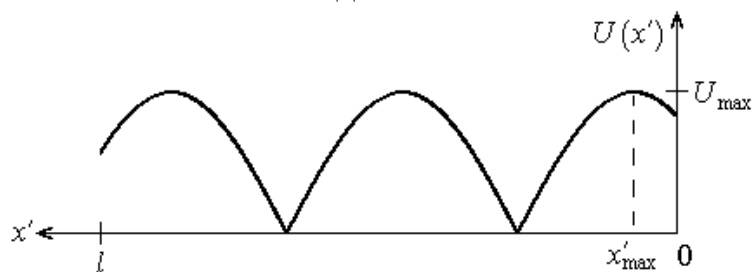
Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 5\lambda/2$, нагруженная на активное сопротивление, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = Z_0$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 31



Линия без потерь с волновым сопротивлением Z_0 и длиной $l = 5\lambda/2$, нагруженная на активное сопротивление, питается источником с э. д. с. \dot{E} и внутренним сопротивлением $Z_1 = Z_0$. Определить распределение напряжения $U(x')$ и тока $I(x')$. Схематично построить графики распределений. Дать физическую трактовку полученным результатам.

Задача 32



Линия без потерь с волновым сопротивлением $Z_0 = 250$ Ом нагружена на комплексное сопротивление Z_2 . Координата ближайшего к концу линии максимума напряжения $x'_{\max} = \frac{\lambda}{12}$. Определить величину сопротивления нагрузки Z_2 .

Формат сведений о ФОС и его согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

«Электротехника и электроника»

(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по направлению подготовки (по специальности) специалитета по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 г.

Автор (ы) фонда – доцент кафедры ТОР Коротей Коротей Е.В.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры теоретических основ радиотехники

(протокол № 10 от 20 июня 2018 г.)

И. о. заведующего кафедрой Коротей /Е.В. Коротей/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета

(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии Жестовский /А. Г. Жестовский/

Согласовано
начальник отдела
мониторинга и контроля

Борисевич /Ю. В. Борисевич/