

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электроники и Электротехники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталева В. А.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория электрических цепей (дополнительные разделы)**

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи ,  
профиль: Системы мобильной связи

Курс: 2, семестр : 4

Факультет радиотехники и электроники,

|    |                                                                                                      | Семестр       |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 4             |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 4             |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 144           |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 81            |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 36            |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 18            |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18            |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 18            |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2             |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 7             |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 63            |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ КР контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | ДЗ            |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ФГОС введен в действие приказом №174 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭЭ, протокол заседания кафедры №9 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Сапсалева А. В.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Харитонов С. А.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталева В. А.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з7. знать методы анализа электрических цепей, применяемых в электросвязи                                                                                                                                                                |
| у8. уметь выполнять расчет электрических цепей, применяемых в электросвязи                                                                                                                                                              |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                     | Формы организации занятий                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Теория электрических цепей (дополнительные разделы)</i>                                                                                                          |                                                                                 |
| <b>ПК.17.з7 знать методы анализа электрических цепей, применяемых в электросвязи</b>                                                                                |                                                                                 |
| 1. О разнообразии электрических и радиотехнических цепей и их элементов                                                                                             | Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа                                  |
| 2. О множестве задач анализа работы электрических и радиотехнических цепей и их элементов                                                                           | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 3. О задачах, решаемых специалистами при проектировании радиотехнических систем                                                                                     | Лекции; Лабораторные работы                                                     |
| 4. Способы отражения реальных физических явлений в виде различных электрических схем замещения                                                                      | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 5. Основные определения, теоремы, законы и принципы, используемые в электротехнике                                                                                  | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 6. О согласованном режиме работы электрических схем                                                                                                                 | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа         |
| 7. Методы расчета линейных цепей в динамических режимах при питании их от источников: постоянного напряжения; гармонического напряжения; произвольной формы сигнала | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 8. Избирательные свойства колебательных контуров, фильтров и примеры их использования в радиотехнических цепях                                                      | Лекции; Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа                          |
| 9. Особенности анализа электрических цепей с распределенными параметрами                                                                                            | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| <b>ПК.17.у8 уметь выполнять расчет электрических цепей, применяемых в электросвязи</b>                                                                              |                                                                                 |
| 10. Использовать методы расчета электрических цепей при анализе стационарных и переходных режимов в цепях и устройствах радиотехнических систем                     | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 11. Рассчитывать входные и передаточные частотные характеристики двухполосников и многополосников                                                                   | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 12. Использовать для анализа электрические и радиотехнических цепей современные компьютерные программные продукты                                                   | Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа                                  |
| 13. Практического проведения как натурального, так и компьютерного эксперимента при исследовании радиотехнических цепей                                             | Лабораторные работы                                                             |
| 14. Анализа стационарных процессов в линейных электрических цепях                                                                                                   | Практические занятия                                                            |
| 15. Рассчитывать первичные и вторичные параметры четырехполосников                                                                                                  | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа         |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                      |      |                               |                                                                      |
| <b>Дидактическая единица: Теория линейных четырехполюсников</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      |      |                               |                                                                      |
| 1. Четырехполюсники. Введение. Уравнения в первичных параметрах. Входные сопротивления. Определение параметров схем замещения. Характеристические параметры и их определение. Уравнения в гиперболических функциях. Передаточные функции и их вычисление. Соединения четырехполюсников.                                                                                                                                                                           | 0                    | 6    | 11, 4                         | Конспектирование лекций                                              |
| 2. Частотные фильтры. Фильтры типа к. Фильтры типа m. Безындуктивные фильтры.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2                    | 4    | 2, 3, 8                       | Теоретический анализ характеристик частотных безындуктивных фильтров |
| <b>Дидактическая единица: Цепи с распределенными параметрами</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                      |      |                               |                                                                      |
| 3. Длинные линии. Введение. Уравнения в дифференциальной и комплексной формах. О курсовой работе. Линия как четырехполюсник. Волны в линии. Коэффициент отражения. Входные сопротивления. Линия, согласованная с нагрузкой. Линия без искажений. Линия без потерь. Режим бегущих волн. Стоячие волны. Смешанные волны. КБВ и КСВ. Смешанные волны (векторные диаграммы). Входные сопротивления, выраженные через коэффициент отражения. Согласование с нагрузкой. | 0                    | 12   | 2, 4, 9                       | Конспектирование лекций                                              |
| <b>Дидактическая единица: Классический метод анализа цепей во временной области</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |      |                               |                                                                      |
| 4. Переходные процессы. Введение. Законы коммутации. Классический метод. Цепи RL и RC. Цепь RLC. Общий случай расчета классическим методом. Контрольный пример.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0                    | 6    | 10, 4, 5                      | Конспектирование лекций                                              |
| <b>Дидактическая единица: Операторный метод анализа цепей во временной области</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      |      |                               |                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |         |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------|-------------------------|
| 5. Операторный метод. Уравнения в операторной форме. Операторная схема. Порядок расчета. Комбинированный метод. Пример. Переход к оригиналам (с примерами). Передаточные функции в операторной форме.                                   | 0 | 4 | 2, 4    | Конспектирование лекций |
| <b>Дидактическая единица: Применение интегралов наложения и компьютерные способы анализа цепей во временной области</b>                                                                                                                 |   |   |         |                         |
| 6. Метод переменных состояния. Реакция цепи на неперiodическое воздействие. Переходная характеристика. Интеграл Дюамеля. Импульсная характеристика и ее применение. Примеры на интеграл Дюамеля. Обобщенные воздействия в теории цепей. | 0 | 4 | 2, 5, 7 | Конспектирование лекций |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                             | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 4</b>                                                                   |                      |      |                               |                                                                                                                                                                  |
| <b>Дидактическая единица: Теория линейных четырехполюсников</b>                     |                      |      |                               |                                                                                                                                                                  |
| 1. Исследование четырехполюсника                                                    | 0                    | 2    | 1, 11, 15                     | Проведение экспериментальных исследований                                                                                                                        |
| <b>Дидактическая единица: Цепи с распределенными параметрами</b>                    |                      |      |                               |                                                                                                                                                                  |
| 2. Исследование линейной однородной цепной схемы.                                   | 0                    | 2    | 1, 13, 3, 4, 9                | Экспериментальное исследование распределения токов и напряжений вдоль модели длинной линии. Анализ результатов и формирование выводов по работе.                 |
| 3. Компьютерный анализ режимов работы отрезков линии без потерь.                    | 2                    | 2    | 1, 12, 13, 4                  | Изучение с помощью компьютера различных режимов работы линии без потерь. Изучение зависимости входного сопротивления линии без потерь от сопротивления нагрузки. |
| 4. Защита цикла лабораторных работ                                                  | 2                    | 2    | 10, 11, 12, 15, 2, 4, 6, 8, 9 | Работа с учебником и конспектом лекций                                                                                                                           |
| <b>Дидактическая единица: Классический метод анализа цепей во временной области</b> |                      |      |                               |                                                                                                                                                                  |
| 5. Исследование переходных процессов в цепях с одним реактивным элементом           | 0                    | 4    | 10, 13, 7                     | Изучение влияния параметров пассивных элементов на постоянную времени электрической цепи. Изучение методов определения постоянной времени цепи.                  |

|                                                                                                                         |   |   |             |                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Исследование переходных процессов в цепях с двумя реактивными элементами.                                            | 0 | 2 | 10, 13, 7   | Изучение влияния параметров пассивных элементов на характер переходного процесса цепи второго порядка.                          |
| 7. Компьютерный анализ переходных процессов.                                                                            | 2 | 2 | 13, 2, 7    | Приобретение навыков анализа переходных процессов методом переменных состояний и численного решения дифференциальных уравнений. |
| <b>Дидактическая единица: Применение интегралов наложения и компьютерные способы анализа цепей во временной области</b> |   |   |             |                                                                                                                                 |
| 8. Защита цикла лабораторных работ                                                                                      | 2 | 2 | 10, 2, 5, 7 | Работа с учебником и конспектом лекций                                                                                          |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                           | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 4</b>                                                                   |                      |      |                               |                                                                                                                                                         |
| <b>Дидактическая единица: Теория линейных четырехполюсников</b>                     |                      |      |                               |                                                                                                                                                         |
| 1. Четырехполюсники. Передаточные функции.                                          | 0                    | 2    | 11, 14, 15, 5                 | Изучение основных уравнений, способов определения их коэффициентов, схем замещения и вторичных параметров четырехполюсников.                            |
| 2. Частотные характеристики четырехполюсников.                                      | 2                    | 2    | 10, 11                        | Рассмотрение способов формирования уравнений частотных характеристик четырехполюсников.                                                                 |
| <b>Дидактическая единица: Цепи с распределенными параметрами</b>                    |                      |      |                               |                                                                                                                                                         |
| 3. Уравнения линии. Определение ее параметров.                                      | 0                    | 2    | 15, 2, 4, 9                   | Определение параметров линии на основе анализа ее уравнений в различных режимах работы.                                                                 |
| 4. Смешанные волны. Согласующие устройства.                                         | 2                    | 2    | 2, 6, 9                       | Анализ процессов в линии в различных режимах работы и преимуществ согласованного режима. Условия согласования и их физические основы.                   |
| <b>Дидактическая единица: Классический метод анализа цепей во временной области</b> |                      |      |                               |                                                                                                                                                         |
| 5. Законы коммутации и их использование.                                            | 2                    | 2    | 10, 4, 5                      | Рассмотрение физических основ законов коммутации и их практического применения для расчета начальных условий токов и напряжений в переходных процессах. |

|                                                                                                                         |   |   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Классический метод анализа цепей 1-го порядка.                                                                       | 0 | 2 | 10, 4, 5, 7 | Вспомним понятия о частном и общем решении неоднородных дифференциальных уравнений, как это будет привязано к решению задач электротехники? Рассмотрение вопроса об определении постоянной времени электрической цепи. Решение практических задач.                                                                   |
| 7. Классический метод расчета переходных процессов в цепях второго порядка.                                             | 0 | 2 | 10, 4, 7    | Расчет корней характеристического уравнения и представление решения для свободной составляющей в зависимости от их вида.                                                                                                                                                                                             |
| <b>Дидактическая единица: Операторный метод анализа цепей во временной области</b>                                      |   |   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8. Операторный метод анализа цепей.                                                                                     | 0 | 2 | 10, 2, 7    | Рассмотрение операторных схем замещения активных и пассивных элементов электрических цепей. Анализ возможностей применения законов Кирхгофа для расчета операторных схем замещения и определения оригиналов типовых операторных функций для откликов электрических схем.                                             |
| <b>Дидактическая единица: Применение интегралов наложения и компьютерные способы анализа цепей во временной области</b> |   |   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9. Интеграл Дюамеля.                                                                                                    | 2 | 2 | 2, 5, 7     | Изучение понятий об единичных ступенчатых и импульсных функциях и реакции электрических схем на эти функции. Моделирование ступенчатых сигналов произвольной формы с помощью единичных ступенчатых функций. Применение интеграла наложения для анализа переходного процесса при воздействии апериодического сигнала. |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                 | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 4</b> |                             |                               |                    |                      |
| 1                 | Контрольные работы          | 10, 12, 5, 7                  | 6                  | 0                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                  |    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|----|---|
| <p>Решение индивидуальных задач: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Применение стандартных компьютерных программ для анализа нелинейных электрических цепей постоянного тока : методическое пособие по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальности 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf</a> Классический метод анализа переходных режимов работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев, О. Б. Давыденко]. - Новосибирск, 2013. - 44, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268</a> Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для студентов 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 27, [1] с. : ил., схемы - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</a></p> |                       |                  |    |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | РГЗ                   | 10, 11, 15, 5, 7 | 10 | 1 |
| <p>: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Применение стандартных компьютерных программ для анализа нелинейных электрических цепей постоянного тока : методическое пособие по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальности 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf</a> Классический метод анализа переходных режимов работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев, О. Б. Давыденко]. - Новосибирск, 2013. - 44, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268</a> Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для студентов 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 27, [1] с. : ил., схемы - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</a></p>                             |                       |                  |    |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Курсовая работа       | 12, 15, 4, 6, 9  | 10 | 2 |
| <p>: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Анализ гармонического процесса в отрезке радиочастотного кабеля : задания и методические указания к курсовой работе по основам цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2004. - 47 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar</a> Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для студентов 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 27, [1] с. : ил., схемы - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</a> Круговая диаграмма полных сопротивлений для линий без потерь : методическое пособие к курсовой работе по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев, О. Б. Давыденко ]. - Новосибирск, 2011. - 52, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000167477">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000167477</a></p>                                                                                               |                       |                  |    |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Подготовка к занятиям | 10, 4, 5, 7, 8   | 20 | 0 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                      |    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----|---|
| <p>Работа с учебником, конспектом и методическими пособиями при подготовке к практическим и лабораторным занятиям: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Теория электрических цепей : учебно-методическое пособие / [Е. И. Алгазин и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 258, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252</a> Классический метод анализа переходных режимов работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев, О. Б. Давыденко]. - Новосибирск, 2013. - 44, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268</a></p> |                                     |                      |    |   |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Дополнительная учебная деятельность | 5, 7, 9              | 0  | 3 |
| <p>Работа на консультациях под контролем преподавателя: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Анализ гармонического процесса в отрезке радиочастотного кабеля : задания и методические указания к курсовой работе по основам цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2004. - 47 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                      |    |   |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Подготовка к аттестации             | 1, 15, 2, 5, 7, 8, 9 | 17 | 1 |
| <p>: Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> Анализ гармонического процесса в отрезке радиочастотного кабеля : задания и методические указания к курсовой работе по основам цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2004. - 47 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                      |    |   |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail; Портал НГТУ                                   |
| Консультирование              | e-mail; Портал НГТУ                                   |
| Контроль                      | e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ |
| Размещение учебных материалов | e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Мин. балл | Максимальный балл          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| <b>Семестр: 4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |                            |
| <i>Лабораторная:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 18        | 36                         |
| Контролирующие материалы приводятся в "Теория электрических цепей : учебно-методическое пособие / [Е. И. Алгазин и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 258, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252</a> "                                                                                                            |           |                            |
| <i>Контрольные работы:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9         | 18                         |
| Контролирующие материалы приводятся в "Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> " |           |                            |
| <i>РГЗ:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 13        | 26                         |
| Контролирующие материалы приводятся в "Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> " |           |                            |
| <i>Курсовая работа: Выполнение</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30        | 60 (в состав баллов за КР) |
| <i>Курсовая работа: Защита</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 20        | 40 (в состав баллов за КР) |
| <i>Зачет:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10        | 20                         |
| Контролирующие материалы приводятся в "Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</a> " |           |                            |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                        | Формы контроля |            |              |       |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|--------------|-------|
|                       |                                                                            | Контр. раб.    | Защита РГЗ | Защита КП/КР | Зачет |
| ПК.17                 | з7. знать методы анализа электрических цепей, применяемых в электросвязи   |                | +          | +            | +     |
|                       | у8. уметь выполнять расчет электрических цепей, применяемых в электросвязи | +              | +          | +            |       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Попов В. П. Основы теории цепей : учебник для вузов по направлению "Радиотехника" / В. П. Попов. - М., 2007. - 574, [1] с. : ил.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г. И. Атабеков. - СПб. [и др.], 2010. - 591, [1] с.
3. Сапсальев А. В. Основы теории цепей : курс лекций / А. В. Сапсальев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 114, [1] с. : ил.
4. Прянишников В. А. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах : практическое пособие / В. А. Прянишников, Е. А. Петров, Ю. М. Осипов ; под общ. ред. В. А. Прянишниковой. - СПб., 2007. - 334 : ил.

### Дополнительная литература

1. Бирюков В. Н. Сборник задач по теории цепей : учебное пособие для вузов по спец. "Радиотехника" / В. Н. Бирюков, В. П. Попов, В. И. Семенцов ; под ред. В. П. Попова. - М., 1985. - 239 с.

2. Шебес М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей : учебное пособие для электротехнических и радиотехнических специальностей вузов / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. - М., 1990. - 543, [1] с. : ил., табл., схемы
3. Малинин Л. И. Основы теории цепей в упражнениях и задачах : [учебное пособие] / Л. И. Малинин, В. Т. Мандрусова, В. Ю. Нейман ; под ред. В. Ю. Неймана. - Новосибирск, 2007. - 295 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/malinin.pdf>
4. Новгородцев А. Б. Теоретические основы электротехники : 30 лекций по теории электрических цепей : [учебное пособие для вузов по группе направлений подготовки бакалавров и магистров 550000 "Технические науки" и дипломированных специалистов 650000 "Техника и технологии" дисциплине "Теоретические основы электротехники"] / А. Б. Новгородцев. - СПб. [и др.], 2006. - 575 с. : ил.. - На тит. л.: Изд. прогр. "300 лучших учеб. для высш. шк. в честь 300-летия Санкт-Петербурга".

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

### **8. Методическое и программное обеспечение**

#### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Теория электрических цепей : учебно-методическое пособие / [Е. И. Алгазин и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 258, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000232252](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252)
2. Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсальев ]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000216625](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625)
3. Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для студентов 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 27, [1] с. : ил., схемы - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000152884](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884)
4. Применение стандартных компьютерных программ для анализа нелинейных электрических цепей постоянного тока : методическое пособие по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальности 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсальев, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf>
5. Классический метод анализа переходных режимов работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев, О. Б. Давыденко]. - Новосибирск, 2013. - 44, [3] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000185268](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268)

6. Анализ гармонического процесса в отрезке радиочастотного кабеля : задания и методические указания к курсовой работе по основам цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсалева]. - Новосибирск, 2004. - 47 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar>
7. Круговая диаграмма полных сопротивлений для линий без потерь : методическое пособие к курсовой работе по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев, О. Б. Давыденко ]. - Новосибирск, 2011. - 52, [3] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000167477](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000167477)

## 8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 MathCAD
- 2 MathType
- 3 Microsoft Windows

## 9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | Компьютерный класс используется при проведении лабораторных и практических занятий |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электроники и электротехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv  
“        ”        \_\_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Теория электрических цепей (дополнительные разделы)**

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи ,  
профиль: Системы мобильной связи

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория электрических цепей (дополнительные разделы) приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                     | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)         | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Этапы оценки компетенций                                      |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                             |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ПК.17/ЭИ<br>способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики | 37. знать методы анализа электрических цепей, применяемых в электросвязи | Длинные линии. Введение. Уравнения в дифференциальной и комплексной формах. О курсовой работе. Линия как четырехполюсник. Волны в линии. Коэффициент отражения. Входные сопротивления. Линия, согласованная с нагрузкой. Линия без искажений. Линия без потерь. Режим бегущих волн. Стоячие волны. Смешанные волны. КБВ и КСВ. Смешанные волны (векторные диаграммы). Входные сопротивления, выраженные через коэффициент отражения. Согласование с нагрузкой. Законы коммутации и их использование. Защита цикла лабораторных работ Интеграл Дюамеля. Исследование четырехполюсника Классический метод анализа цепей 1-го порядка. Компьютерный анализ переходных процессов. Операторный метод анализа цепей. Операторный метод. Уравнения в операторной форме. Операторная схема. Порядок расчета. Комбинированный метод. Пример. Переход к оригиналам (с примерами). Передаточные функции в операторной форме. Смешанные волны. Согласующие устройства. Уравнения линии. Определение ее параметров. Частотные фильтры. Фильтры типа к. Фильтры типа m. Безындуктивные фильтры. Четырехполюсники. Введение. Уравнения в первичных параметрах. Входные сопротивления. Определение параметров схем замещения. Характеристические параметры и их определение. Уравнения в гиперболических | Контрольные работы, курсовая работа, РГЗ                      | Зачет, вопросы 1-11, 17-18, 25-26         |

|          |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |                                 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
|          |                                                                            | функциях. Передаточные функции и их вычисление. Соединения четырехполюсников.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                          |                                 |
| ПК.17/ЭИ | у8. уметь выполнять расчет электрических цепей, применяемых в электросвязи | Законы коммутации и их использование. Исследование четырехполюсника<br>Классический метод анализа цепей 1-го порядка.<br>Компьютерный анализ режимов работы отрезков линии без потерь.<br>Операторный метод анализа цепей. Частотные характеристики четырехполюсников.<br>Четырехполюсники. Введение. Уравнения в первичных параметрах. Входные сопротивления. Определение параметров схем замещения. Характеристические параметры и их определение. Уравнения в гиперболических функциях. Передаточные функции и их вычисление. Соединения четырехполюсников. Четырехполюсники. Передаточные функции. | Контрольные работы, курсовая работа, РГЗ | Зачет, вопросы 12-16, 19-24, 27 |

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.17/ЭИ.

Зачет проводится в письменной форме с последующим собеседованием, по билетам. Билет содержит один теоретический вопрос и одну задачу. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа, курсовая работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы, курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.17/ЭИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований,

теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра электроники и электротехники

## Паспорт зачета

по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы)», 4 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме с последующим собеседованием, по билетам. Билет содержит один теоретический вопрос и одну задачу. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п.4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет радиотехники и электроники

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы) »

1. Теоретический вопрос.
2. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭЭ \_\_\_\_\_ Харитонов С.А.  
(подпись)

« » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в переходных режимах, при решении задач допускает принципиальные ошибки, **оценка составляет менее 10 баллов.**
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопрос показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в переходных режимах, при решении задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, **оценка составляет от 10 до 13 баллов.**
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопрос формулирует основные понятия, законы, знает методы расчета электрических цепей в переходных режимах, дает характеристику явлений, условий процессов, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задач, **оценка составляет от 14 до 17 баллов.**
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопрос формулирует основные понятия, законы, знает методы расчета электрических цепей в переходных режимах, дает характеристику явлений, условий процессов, может представить качественные характеристики процессов, приводит

конкретные примеры из практики, не допускает ошибок при решении задач и способен обосновать выбор метода их решения,  
оценка составляет **18 до 20 баллов**.

### 3. Шкала оценки

К зачету допускаются студенты, выполнившие все виды работ, предусмотренных учебным планом дисциплины, и набравшие в течение семестра не меньше 40 баллов (из 80 возможных).

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 10 баллов из 20 возможных.

Для итоговой оценки по дисциплине в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе используется буквенная форма в соответствии с 15-уровневой шкалой оценок ECTS (табл.1), а также традиционная форма (четырёхуровневая шкала, либо «зачтено/не зачтено»).

Таблица 1

| Диапазон значений | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |            |
|-------------------|-------------|-----------------------------------------|------------|
| 87÷100            | A+= 98÷100  | Отлично                                 | Зачтено    |
|                   | A = 93÷97   |                                         |            |
|                   | A- = 90÷92  |                                         |            |
|                   | B+= 87÷89   |                                         |            |
| 76÷86             | B = 83÷86   | Хорошо                                  |            |
|                   | B- = 80÷82  |                                         |            |
|                   | C+= 77÷79   |                                         |            |
|                   | C = 73÷76   |                                         |            |
| 50÷72             | C- = 70÷72  | Удовлетворительно                       |            |
|                   | D+= 67÷69   |                                         |            |
|                   | D = 63÷66   |                                         |            |
|                   | D- = 60÷62  |                                         |            |
|                   | E = 50÷59   |                                         |            |
| 25÷49             | FX = 25÷49  | Неудовлетворительно                     | Не зачтено |
| 0÷24              | F = 0÷24    |                                         |            |

Итоговый рейтинг по дисциплине состоит из рейтинга текущей деятельности студента в семестре и зачетного рейтинга (табл.2). Соотношение между этими рейтингами устанавливается в пропорции 80/20, то есть максимальный рейтинг равняется 100 баллам.

Таблица 2

| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Лабораторные работы | 6                      | 6                                                  | 36                                               |
| Контрольные работы  | 1                      | 18                                                 | 18                                               |
| РГЗ                 | 1                      | 26                                                 | 26                                               |
| Зачет               | 1                      | 20                                                 | 20                                               |

Оценка видов деятельности студента в семестре:

#### 3.1. Оценка выполнения лабораторных работ

Лабораторный практикум включает в себя 6 работ, за выполнение и защиту каждой из

которых студент может получить суммарный балл не более 6 баллов, в том числе 2 балла – за выполнение, 4 балла – за защиту работы.

- Рейтинг за выполнение лабораторной работы складывается из полноты выполнения программы экспериментов, умения работать с измерительным оборудованием, справочной информацией и программным обеспечением, качества оформления отчета и его содержательности.
- Рейтинговая оценка защиты лабораторной работы определяется знанием теории, сопутствующей каждой работе, умением применять её на практике, качеством решения контрольных задач и соблюдением сроков защиты.

### **3.2. Оценка выполнения контрольной работы**

Оценка выполнения контрольных работ приведена в паспорте контрольной работы.

### **3.3. Оценка выполнения РГЗ**

Оценка выполнения расчетно-графического задания (работы) приведена в паспорте РГЗ.

## **4. Вопросы к зачету по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы)»**

1. Четырехполюсники (определение, классификация, уравнения четырехполюсников, выраженные через первичные параметры).
2. Уравнения четырехполюсника в  $Y$ -параметрах (вывод уравнений, условия симметрии и обратимости, физический смысл и возможности определения  $Y$ -параметров).
3. Уравнения четырехполюсника в  $Z$ -параметрах (вывод уравнений, условия симметрии и обратимости, физический смысл и возможности определения  $Z$ -параметров).
4. Уравнения четырехполюсника в  $A$ -параметрах (вывод уравнений, условия симметрии и обратимости, возможности определения  $A$ -параметров).
5. Обратное прохождение сигнала через пассивный четырехполюсник (общий вид уравнений, сопоставить уравнения в  $A$ -параметрах и в  $B$ -параметрах, условия симметрии и обратимости).
6. Уравнения четырехполюсника в  $H$  и  $G$ -параметрах (вывод уравнений, условия симметрии и обратимости).
7. Способы определения первичных параметров пассивного четырехполюсника.
8. Типовые схемы замещения пассивных четырехполюсников и возможности определения их параметров.
9. Характеристические сопротивления и коэффициент трансформации сопротивлений пассивного четырехполюсника (определения, возможности их вычисления).
10. Характеристическая постоянная передачи (мера передачи) четырехполюсника (определение, пояснить смысл постоянных ослабления и фазы, указать единицы их измерения).
11. Связь первичных и вторичных параметров четырехполюсников. Уравнения четырехполюсников, выраженные через характеристические параметры (общий случай и случай симметричного четырехполюсника).
12. Каскадное соединение четырехполюсников (схема и вычисление параметров составного четырехполюсника).
13. Параллельное и последовательное соединения четырехполюсников (схемы и вычисление параметров составных четырехполюсников).

14. Параллельно-последовательное и последовательно-параллельное соединения четырехполюсников (схемы и вычисление параметров составных четырехполюсников).
15. Передаточные функции четырехполюсника (общий вид функций, рассмотреть подробно передаточные функции по напряжению и току, привести пример вычисления передаточной функции по напряжению).
16. Частотные электрические фильтры (определения, классификация, схемы типовых звеньев и их идеализированные характеристики).
17. Законы коммутации и их использование при анализе переходных процессов (формулировка и обоснование законов коммутации, возможность вычисления начальных значений напряжений и токов в схеме, зависимые и независимые начальные условия).
18. Классический метод анализа переходных процессов (математические основы, понятия о принужденных и свободных составляющих, определение постоянных интегрирования).
19. Переходные процессы в цепи RL, особенности включения на синусоидальное напряжение.
20. Переходные процессы в цепи RC, особенности включения на синусоидальное напряжение.
21. Колебательный разряд конденсатора в последовательном контуре (условия возникновения колебательного процесса, уравнения для тока и напряжений, коэффициент затухания).
22. Учет ненулевых начальных условий методом эквивалентного источника.
23. Операторный метод анализа переходных процессов (преобразование Лапласа и изображение типичных электротехнических функций, операторные сопротивления и операторные схемы, учет ненулевых начальных условий).
24. Операторный метод расчета переходных процессов – переход от изображений к оригиналам (операторные схемы для общего случая и для свободных составляющих, их отличия, возможные виды изображения искомых величин и возможности определения их оригиналов).
25. Комбинированный метод расчета переходных процессов.
26. Единичные функции и их свойства.
27. Переходная характеристика и ее применение (определение и вычисление переходной характеристики, включение цепи на скачкообразное напряжение, определение реакции цепи при помощи переходной характеристики и интеграла Дюамеля).

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы)», 4 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа представляет собой набор задач, которые выполняются студентами самостоятельно в индивидуальном порядке по следующим темам.

1. Расчет первичных параметров четырехполюсника
2. Расчет характеристических параметров четырехполюсника
3. Длинные линии, первичные и вторичные параметры
4. Расчет переходных процессов в цепях постоянного тока
5. Расчет переходных процессов в цепях переменного тока
6. Определение реакции цепи на произвольное воздействие

### 2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

- Работа считается **не выполненной**, если из шести задач три и более не решены, либо решение выполнено с существенными ошибками. Оценка составляет **0 – 8** баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если из шести задач решены как минимум четыре, возможны незначительные ошибки. Оценка составляет **9 – 12** баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если задачи выполнены с незначительными ошибками, алгоритм решения задач верен, есть ошибки в числовых расчетах. Оценка составляет **13 – 15** баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если задачи выполнены без ошибок, рациональным методом, доведены до правильного числового результата. Оценка составляет **16 – 18** баллов.

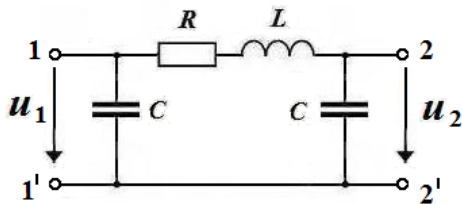
### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Лабораторные работы | 6                      | 6                                                  | 36                                               |
| Контрольные работы  | 1                      | 18                                                 | 18                                               |
| РГЗ                 | 1                      | 26                                                 | 26                                               |
| Зачет               | 1                      | 20                                                 | 20                                               |

#### 4. Пример вариантов заданий контрольной работы

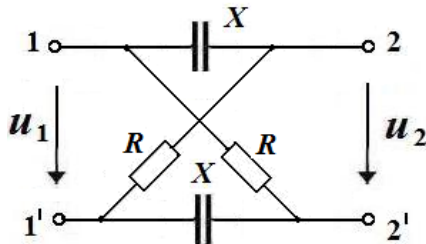
##### 1) Расчет первичных параметров четырехполюсника



$$U_1 = 40 \text{ В}, R = \omega L = 1/2\omega C = 10 \text{ Ом.}$$

Определить А-параметры и напряжение  $U_2$  при разомкнутых зажимах 2 – 2'.

##### 2) Расчет характеристических параметров четырехполюсника



$$X_C = 2R = 200 \text{ Ом.}$$

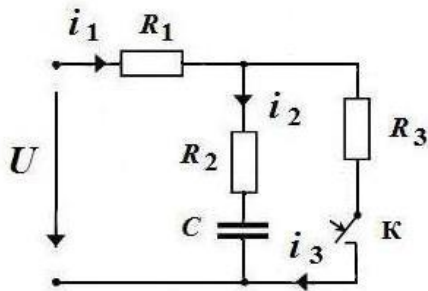
Определить:

характеристическое сопротивление  $\underline{Z}_C$  и меру передачи  $\underline{g} = \alpha + j\beta$ .

##### 3) Длинные линии, первичные и вторичные параметры

Определите выражение  $i_2(t)$  тока в конце короткозамкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l = 75 \text{ см}$  с характеристическим сопротивлением  $R_c = 100 \text{ Ом}$ , если напряжение  $u_1(t)$  в его начале определено функцией  $u_1(t) = 100 \cos 2\pi 10^8 t$ , В.

##### 4) Расчет переходных процессов в цепях постоянного тока

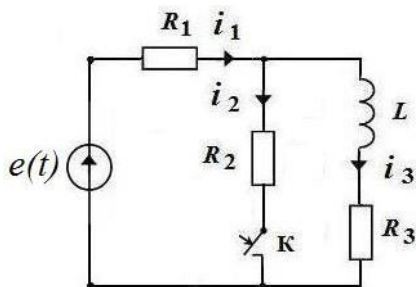


$$U = 60 \text{ В}, R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом},$$

$$C = 10 \text{ мФ.}$$

Определить токи  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $i_3(t)$  в переходном режиме.

##### 5) Расчет переходных процессов в цепях переменного тока

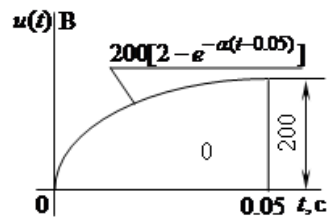
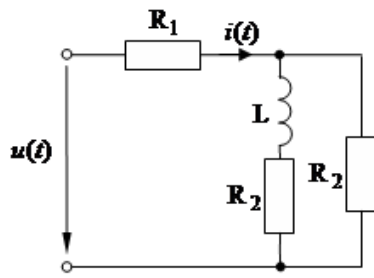


$$e(t) = 20 \sin(314 t - \pi/6) \text{ В},$$

$$R_1 = R_3 = 30 \text{ Ом}, R_2 = 10 \text{ Ом}, L = 0,1 \text{ Гн.}$$

Определить:  $i_1(t)$  в переходном режиме.

6) Определение реакции цепи на произвольное воздействие



$$R_1 = 15 \text{ Ом}; R_2 = 25 \text{ Ом};$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}.$$

Рассчитать ток  $i(t)$ , в

## Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы)», 4 семестр

### 1. Методика оценки.

**Задание.** Высокочастотный генератор мощностью  $P_r$  с внутренним сопротивлением  $R_r$ , работающий на частоте  $f_r$ , связан с приемником энергии отрезком радиочастотного кабеля длиной  $l$ . Приемник энергии представлен сосредоточенным пассивным двухполюсником с комплексным сопротивлением  $\underline{Z}_H = R_H + jX_H$ . Требуется провести анализ гармонического процесса в кабеле и обеспечить его согласование с нагрузкой. Исходными данными для выбора варианта задания являются порядковый номер студента в списке группы и условный номер группы, установленный преподавателем.

**Структура.** Задание состоит из 11 разделов.

1. Выбрать марку радиочастотного кабеля, исходя из заданных значений параметров генератора. Критерий выбора – минимальное значение расчётной массы 1 км кабеля. Привести эскиз конструкции выбранного кабеля с указанием размеров его элементов, а также параметры и частотные характеристики.

2. Подобрать модели генератора, отрезка кабеля и приёмника энергии (нагрузка кабеля) и определить значения их параметров.

3. Рассчитать распределения действующих значений или огибающих напряжения и тока вдоль нагруженного отрезка кабеля и построить их графики на интервале  $[0, l]$ .

4. Рассчитать распределения составляющих комплексного сопротивления или проводимости (в зависимости от способа последующего согласования) вдоль нагруженного отрезка кабеля и построить их графики на интервале  $[0, l]$ .

5. Рассчитать распределения активной и реактивной мощностей вдоль отрезка кабеля на интервале  $[0, l]$  и построить их графики. Сравнить значения активной мощности, отдаваемой генератором, и активной мощности, потребляемой нагрузкой кабеля. Сопоставить их со значением мощности генератора  $P_r$ .

6. Рассчитать значения параметров элементов согласующего устройства (рис. 1 – 9, на которых комплексная проводимость  $\underline{Y}_H = G_H + jB_H = \underline{Z}_H^{-1}$ ).

7. Найти значения параметров элементов согласующего устройства по диаграмме полных сопротивлений (проводимостей) и описать порядок их определения с соответствующими графическими построениями.

8. Рассчитать распределения действующих значений напряжения и тока вдоль согласованного участка отрезка кабеля и элементов согласующего устройства и построить их графики.

9. Рассчитать распределения вещественной и мнимой составляющих сопротивления (проводимости) вдоль согласованного участка отрезка кабеля и элементов согласующего устройства и построить графики.

10. Рассчитать распределения активной и реактивной мощностей вдоль согласованного участка отрезка кабеля и элементов согласующего устройства и построить их графики. Сравнить значения активной мощности, отдаваемой генератором, и активной мощности, потребляемой нагрузкой кабеля. Сопоставить их со значением мощности генератора  $P_r$ .

# 11. Краткие выводы по работе.

## Схемы согласования нагрузки с отрезком радиочастотного кабеля

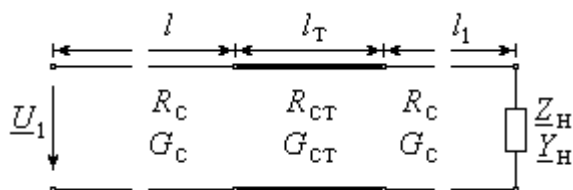


Рис. 1. Согласование четвертьволновым трансформатором

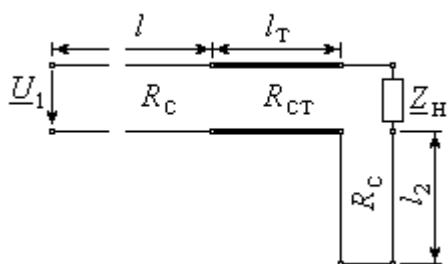


Рис. 2. Согласование четвертьволновым трансформатором и последовательным короткозамкнутым шлейфом.

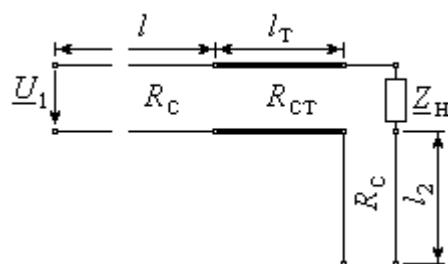


Рис. 3. Согласование четвертьволновым трансформатором и последовательным разомкнутым шлейфом.

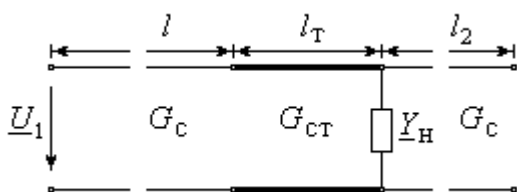


Рис. 4. Согласование четвертьволновым трансформатором и параллельным разомкнутым шлейфом.

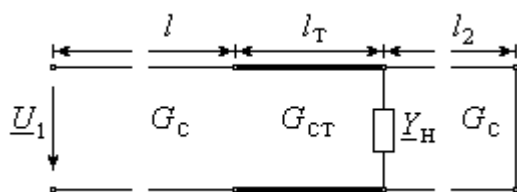


Рис. 5. Согласование четвертьволновым трансформатором и параллельным замкнутым шлейфом.

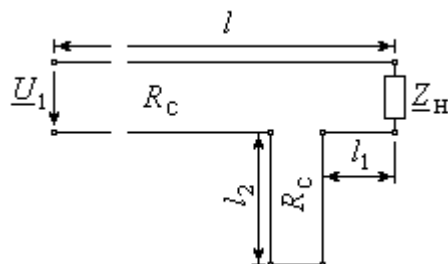


Рис. 6. Согласование последовательным короткозамкнутым шлейфом.

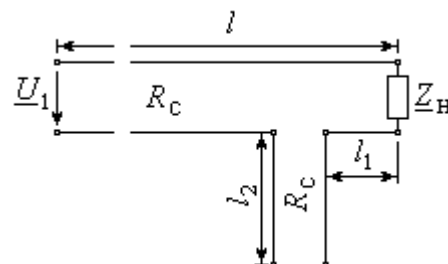


Рис. 7. Согласование последовательным разомкнутым шлейфом.

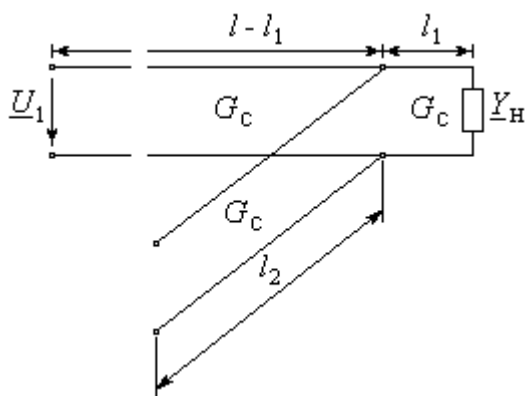


Рис. 8. Согласование параллельным разомкнутым шлейфом.

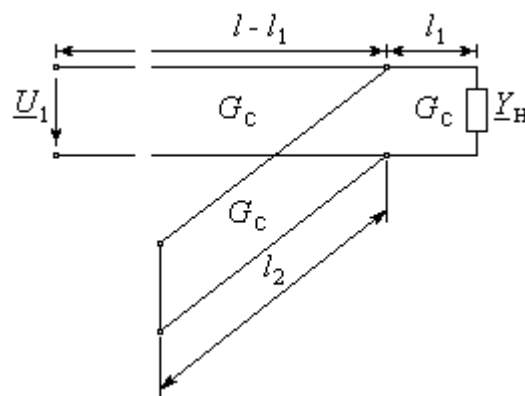


Рис. 9. Согласование параллельным короткозамкнутым шлейфом.

### Этапы выполнения и защиты.

Выдача задания на курсовую работу – 4 неделя. Сдача на проверку готовой работы – 8 неделя. Защита курсовой работы – 9-10 недели.

Защита курсовой работы проводится в письменной форме по билетам. Билет формируется по следующему правилу: один теоретический вопрос и одна задача. Билеты приведены в перечне (п.5). В ходе защиты преподаватель вправе задавать студенту дополнительные теоретические вопросы из общего перечня (п. 5).

**Оцениваемые позиции:** полнота и правильность выполнения задания на работу; качество графического материала, оформление пояснительной записки; срок сдачи; защита работы.

## 2. Критерии оценки.

- Работа считается **не выполненной**, если часть пунктов курсовой работы не выполнены либо выполнены с существенными ошибками, или, при формально выполненном задании, на защите работы студент не показал знаний необходимых для выполнения пунктов задания. Оценка составляет **менее 50 баллов**.
- Работа считается выполненной на **пороговом** уровне, если при выполнении курсовой работы и её защите допущены несущественные ошибки, студент показал знание основных понятий, методов анализа цепей с распределенными параметрами и согласования длинных линий с нагрузкой, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. Оценка составляет **50 - 72 балла**.
- Работа считается выполненной на **базовом** уровне, если курсовая работа выполнена в срок, при выполнении работы и её защите ошибок не допущено, студент показал знание основных понятий, методов анализа цепей с распределенными параметрами и согласования длинных линий с нагрузкой, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. Оценка составляет **73 - 86 баллов**.
- Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если курсовая работа выполнена в срок, при выполнении работы и её защите ошибок не допущено, использованы рациональные методы анализа, студент показал знание основных понятий, методов анализа цепей с распределенными параметрами и согласования длинных линий с нагрузкой, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. Оценка составляет **87 - 100 баллов**.

## 3. Шкала оценки.

Курсовая работа оценивается в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы,

приведенными в рабочей программе дисциплины. **Максимальный балл оценки выполнения работы – 60, защиты – 40, суммарный – 100 .**

Для итоговой оценки в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе используется буквенная форма в соответствии с 15-уровневой шкалой оценок ECTS (табл.1), а также традиционная форма (четырёхуровневая шкала, либо «зачтено/не зачтено»).

Таблица 1

| Диапазон значений | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |            |
|-------------------|-------------|-----------------------------------------|------------|
| 87÷100            | A+= 98÷100  | Отлично                                 | Зачтено    |
|                   | A = 93÷97   |                                         |            |
|                   | A- = 90÷92  |                                         |            |
|                   | B+= 87÷89   |                                         |            |
| 76÷86             | B = 83÷86   | Хорошо                                  |            |
|                   | B- = 80÷82  |                                         |            |
|                   | C+= 77÷79   |                                         |            |
|                   | C = 73÷76   |                                         |            |
| 50÷72             | C- = 70÷72  | Удовлетворительно                       |            |
|                   | D+= 67÷69   |                                         |            |
|                   | D = 63÷66   |                                         |            |
|                   | D- = 60÷62  |                                         |            |
|                   | E = 50÷59   |                                         |            |
| 25÷49             | FX = 25÷49  | Неудовлетворительно                     | Не зачтено |
| 0÷24              | F = 0÷24    |                                         |            |

#### 4. Примерный перечень тем курсовой работы.

1. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование четвертьволновым трансформатором на рабочей частоте 240 МГц
2. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование четвертьволновым трансформатором и последовательным короткозамкнутым шлейфом на рабочей частоте 225 МГц
3. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование четвертьволновым трансформатором и последовательным разомкнутым шлейфом на рабочей частоте 215 МГц
4. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование четвертьволновым трансформатором и параллельным разомкнутым шлейфом на рабочей частоте 200 МГц
5. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование четвертьволновым трансформатором и параллельным короткозамкнутым шлейфом на рабочей частоте 250 МГц
6. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование последовательным короткозамкнутым шлейфом на рабочей частоте 265 МГц
7. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование последовательным разомкнутым шлейфом на рабочей частоте 275 МГц
8. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование параллельным разомкнутым шлейфом на рабочей частоте 290 МГц
9. Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля: согласование

параллельным короткозамкнутым шлейфом на рабочей частоте 300 МГц

## 5. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

1.1. Отрезок однородной линии без потерь длиной 5 м с характеристическим сопротивлением 50 Ом, замкнутый на конденсатор, подключен к источнику гармонического напряжения частотой 7.5 МГц. Аналитически или с помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей найдите значение ёмкости конденсатора, при которой отрезок линии эквивалентен колебательному контуру, настроенному в резонанс напряжений.

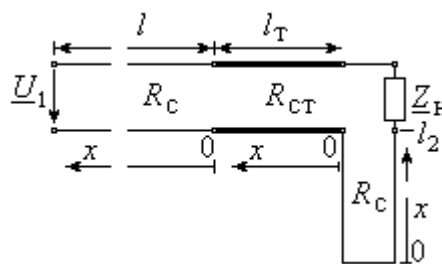
1.2. Выведите и запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь в несогласованном режиме в виде суммы прямо и обратно бегущих волн напряжения и тока.

2.1. Отрезок однородной линии без потерь длиной 15 м с характеристическим сопротивлением 50 Ом, замкнутый на конденсатор, подключен к источнику гармонического напряжения частотой 7.5 МГц. Аналитически или с помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей найдите значение ёмкости конденсатора, при которой отрезок линии эквивалентен колебательному контуру, настроенному в резонанс токов.

2.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$  в несогласованном режиме, если известно действующее значение напряжения  $U(l)$  в начале отрезка.

3.1. Отрезок однородной линии без потерь с характеристическим сопротивлением 100 Ом, замкнутый на конденсатор ёмкостью 100 пФ, подключен к источнику гармонического напряжения частотой 80 МГц. Аналитически или с помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей определите минимальное значение координаты узла тока.

3.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$  в несогласованном режиме, если известно действующее значение напряжения  $U(0)$  в конце отрезка.



4.1. Отрезок однородной линии без потерь с характеристическим сопротивлением 100 Ом, замкнутый на катушку индуктивностью 2 мкГн, подключен к источнику гармонического напряжения частотой 75 МГц. Аналитически или с помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей определите минимальное значение координаты узла напряжения.

4.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль согласованного отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно выражение  $u(l, t)$  напряжения в начале отрезка.

5.1. Разомкнутый на конце отрезок однородной линии без потерь длиной 30 м подключён к источнику гармонических колебаний напряжения и тока. Определите спектры частот резонансов напряжения  $f_{оп}$  и тока  $f_{кл}$  отрезка линии.

5.2. Каков характер волн напряжения и тока (бегущие, стоячие, смешанные) в элементах согласующих устройств в виде:

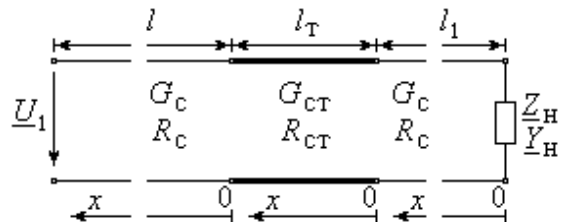
- четвертьволнового трансформатора;
- четвертьволнового трансформатора и шлейфа;
- одного шлейфа.

6.1. Короткозамкнутый отрезок однородной линии без потерь длиной 30 м подключён к источнику гармонических колебаний напряжения и тока. Определите спектры частот резонансов напряжения  $f_{оп}$  и тока  $f_{кл}$  отрезка линии.

6.2. Запишите выражения, определяющие распределение среднего значения потребляемой мощности вдоль элементов согласующих устройств в виде:

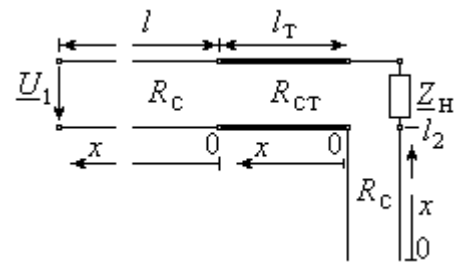
- четвертьволнового трансформатора;
- четвертьволнового трансформатора и шлейфа;
- одного шлейфа.

7.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальное значение длины несогласованного участка  $l_1$  отрезка однородной линии без потерь, а также значения длины  $l_T$  и характеристического сопротивления трансформатора  $R_{ст}$ , при которых отрезок линии длиной  $l$  с характеристическим сопротивлением 50 Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 - j50$  Ом на частоте 300 МГц.



7.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль согласованного отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно выражение  $u(0, t)$  напряжения в конце отрезка.

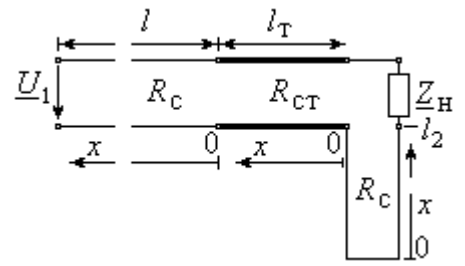
8.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальное значение длины  $l_2$  разомкнутого шлейфа, а также значения длины  $l_T$  и характеристического сопротивления трансформатора  $R_{ст}$ , при которых отрезок однородной линии без потерь длиной  $l$  с характеристическим сопротивлением 50 Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 + j50$  Ом на частоте 300 МГц.



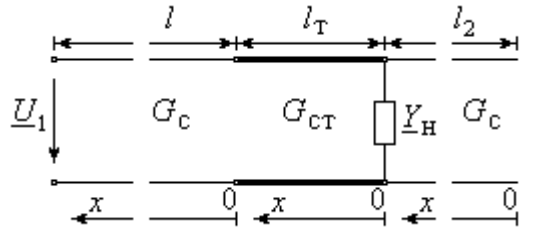
8.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль короткозамкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно выражение  $i(0, t)$  тока в конце отрезка.

9.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальное значение длины  $l_2$  короткозамкнутого шлейфа, а также значения длины  $l_T$  и характеристического сопротивления трансформатора  $R_{ст}$ , при которых отрезок однородной линии без потерь длиной  $l$  с характеристическим сопротивлением 50 Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 + j50$  Ом на частоте 300 МГц.

9.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль согласованного отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно действующее значение напряжения  $U(0)$  в конце отрезка.

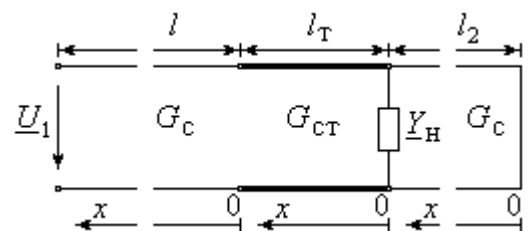


10.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальное значение длины  $l_2$  разомкнутого шлейфа, а также значения длины  $l_T$  и характеристического сопротивления трансформатора  $R_{CT}$ , при которых отрезок однородной линии без потерь длиной  $l$  с характеристическим сопротивлением  $50 \text{ Ом}$  окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_n = 100 - j50 \text{ Ом}$  на частоте  $300 \text{ МГц}$ .



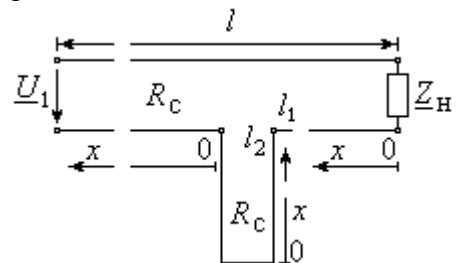
10.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль согласованного отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно действующее значение напряжения  $U(l)$  в начале отрезка.

11.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальное значение длины  $l_2$  короткозамкнутого шлейфа, а также значения длины  $l_T$  и характеристического сопротивления трансформатора  $R_{CT}$ , при которых отрезок однородной линии без потерь длиной  $l$  с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50 \text{ Ом}$  окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_n = 100 - j50 \text{ Ом}$  на частоте  $300 \text{ МГц}$ .



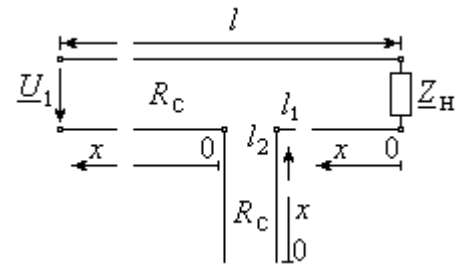
11.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль короткозамкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно выражение  $u(l, t)$  напряжения в начале отрезка.

12.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальные значения длины несогласованного участка  $l_1$  отрезка однородной линии без потерь и длины  $l_2$  короткозамкнутого шлейфа, при которых участок  $l - l_1$  отрезка линии с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50 \text{ Ом}$  окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_n = 100 + j50 \text{ Ом}$  на частоте  $300 \text{ МГц}$ .



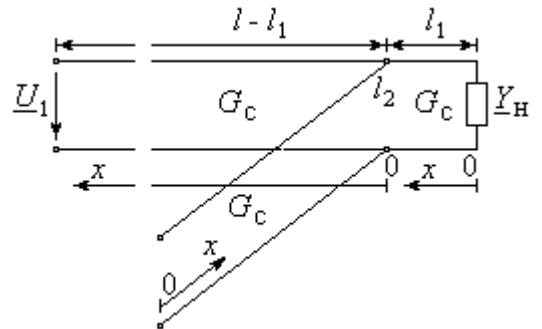
12.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль короткозамкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно действующее значение тока  $I(l)$  в начале отрезка.

13.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальные значения длины несогласованного участка  $l_1$  отрезка однородной линии без потерь и длины  $l_2$  разомкнутого шлейфа, при которых участок  $l - l_1$  отрезка линии с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50$  Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 + j50$  Ом на частоте 300 МГц.



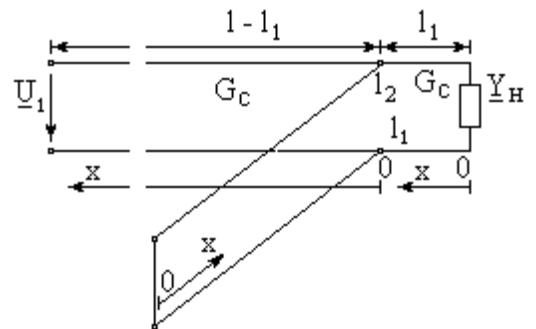
13.2. Запишите условия сопряжения напряжений и токов элементов согласующего устройства в виде четвертьволнового трансформатора и последовательного шлейфа.

14.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальные значения длины несогласованного участка  $l_1$  отрезка однородной линии без потерь и длины  $l_2$  разомкнутого шлейфа, при которых участок  $l - l_1$  отрезка линии с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50$  Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 + j50$  Ом на частоте 300 МГц.



14.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль разомкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно выражение  $u(0, t)$  напряжения в конце отрезка.

15.1. С помощью круговой диаграммы сопротивлений и проводимостей или аналитически определите минимальные значения длины несогласованного участка  $l_1$  отрезка однородной линии без потерь и длины  $l_2$  короткозамкнутого шлейфа, при которых участок  $l - l_1$  отрезка линии с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50$  Ом окажется согласованным с пассивной нагрузкой сопротивлением  $Z_H = 100 + j50$  Ом на частоте 300 МГц.

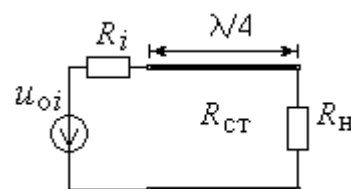


15.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль разомкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной, если известно выражение  $u(l, t)$  напряжения в начале отрезка.

16.1. Напряжение в начале разомкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l = 1.25$  м с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50$  Ом аппроксимируется выражением  $u(l, t) = 10 \sin(3\pi 10^8 t - \pi/3)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в сечении отрезка на расстоянии 0.4 м от его конца.

16.2. Выведите формулы, определяющие значения параметров элементов согласующего устройства в виде четвертьволнового трансформатора и последовательного короткозамкнутого шлейфа.

17.1. Определите значение характеристического сопротивления  $R_c$  согласующего трансформатора в виде четвертьволнового отрезка однородной линии без потерь, если  $u_{oi} = 20\sqrt{2} \sin(2\pi 10^6 t)$  В,  $R_i = 100$  Ом,  $R_H = 400$  Ом. Запишите выражения распределений вдоль отрезка линии действующих значений напряжения и тока.



17.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь длиной, замкнутом на катушку сопротивлением, если известно выражение  $u(l, t)$  напряжения в начале отрезка.

18.1. К двухпроводной линии передачи гармонических колебаний напряжения и тока подключён параллельно (в качестве опоры) короткозамкнутый отрезок линии без потерь длиной 1 м с параметрами:  $L_0 = 5.63$  мкГн/м,  $C_0 = 10$  пФ/м. Определите:

- значения частот, при которых будут проявляться изоляционные свойства опоры;
- значения частот, которые опора не будет пропускать в нагрузку.

18.2. Выведите формулы, определяющие значения параметров элементов согласующего устройства в виде четвертьволнового трансформатора и параллельного разомкнутого шлейфа.

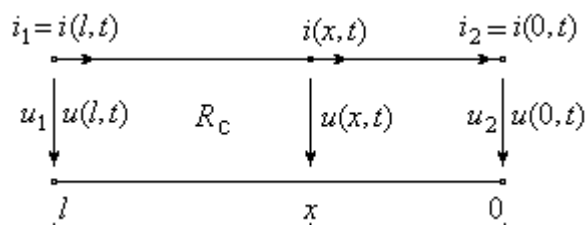
19.1. В результате измерения распределения действующих значений напряжения  $U(x)$  вдоль однородного отрезка линии без потерь с характеристическим сопротивлением 400 Ом было установлено, что первый минимум  $U_{min} = 12$  В находится на расстоянии 0.4 м от конца отрезка, а первый максимум  $U_{max} = 16$  В — на расстоянии 0.9 м. Определите значение  $Z_H$  сопротивления нагрузки.

19.2. Запишите условия сопряжения напряжений и токов элементов согласующего устройства в виде последовательного шлейфа.

20.1. В результате измерения распределения действующих значений напряжения  $U(x)$  вдоль однородного отрезка линии без потерь с характеристическим сопротивлением 400 Ом было установлено, что первый максимум  $U_{max} = 16$  В находится на расстоянии 0.1 м от конца отрезка, а первый минимум  $U_{min} = 12$  В — на расстоянии 0.6 м. Определите значение  $Z_H$  сопротивления нагрузки.

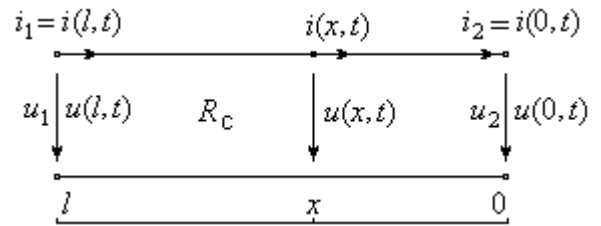
20.2. Запишите выражения волн напряжения  $u(x, t)$  и тока  $i(x, t)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь длиной, замкнутом на катушку сопротивлением  $\omega L = R_c$ , если известно выражение  $i(l, t)$  тока в начале отрезка.

21.1. Напряжение в конце отрезка однородной линии без потерь длиной 400 м с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50$  Ом определяется выражением  $u(0, t) = 42.4 \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в начале отрезка, если  $i(0, t) = 2G_c u(0, t)$ .



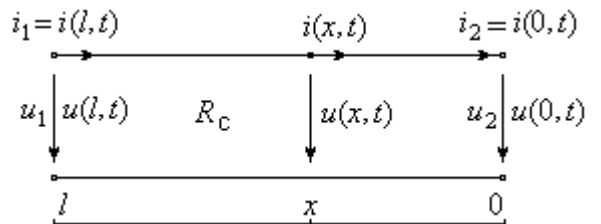
21.2. Запишите выражения и качественно изобразите совмещённые графики распределений действующих значений напряжения  $U(x)$  и тока  $I(x)$  вдоль разомкнутого отрезка однородной линии без потерь длиной  $l$ , если известно действующее значение тока  $I(l)$  в начале отрезка.

22.1. Напряжение в конце отрезка однородной линии без потерь длиной 400 м с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50 \text{ Ом}$  определяется выражением  $u(0, t) = 41.4 \cos(2\pi 10^6 t)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в начале отрезка, если  $i(0, t) = 0.5 G_c u(0, t)$ .



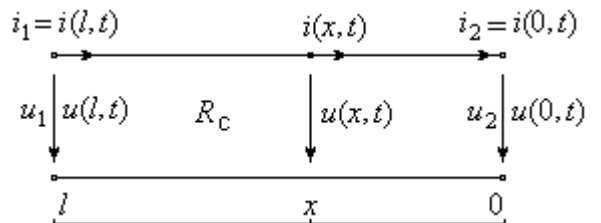
22.2. Запишите выражения и качественно изобразите совмещённые графики распределений вещественной и мнимой составляющих сопротивления  $\underline{Z}(x)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь при его произвольной пассивной нагрузке.

23.1. Напряжение в конце отрезка однородной линии без потерь длиной 400 м с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50 \text{ Ом}$  определяется выражением  $u(0, t) = 41.4 \cos(2\pi 10^6 t)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в начале отрезка, если  $i(0, t) = C u'(0, t)$ , причём  $C = G_c / \omega$ .



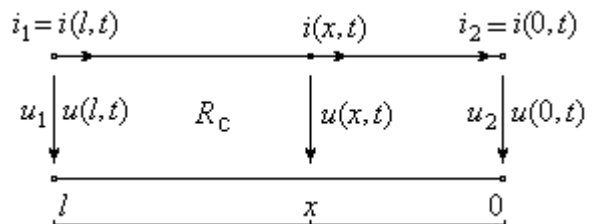
23.2. Запишите выражения и качественно изобразите совмещённые графики распределений вещественной и мнимой составляющих сопротивления  $\underline{Z}(x)$  вдоль разомкнутого отрезка однородной линии без потерь.

24.1. Напряжение в конце отрезка однородной линии без потерь длиной 400 м с характеристическим сопротивлением  $R_c = 50 \text{ Ом}$  определяется выражением  $u(0, t) = 41.4 \cos(2\pi 10^6 t)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в начале отрезка, если  $u(0, t) = L i'(0, t)$ , причём  $L = R_c / \omega$ .



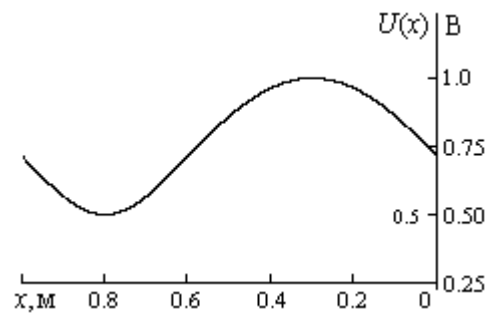
24.2. Выведите формулы, определяющие значения параметров элементов согласующего устройства в виде последовательного короткозамкнутого шлейфа.

25.1. Напряжение в конце отрезка однородной линии без потерь длиной 35 м с первичными параметрами  $L_0 = 1.57 \text{ мкГн/м}$ ,  $C_0 = 7.1 \text{ пФ/м}$  определяется следующим выражением  $u(0, t) = 10 \sin(2\pi 10^8 t)$  В. Запишите выражения напряжения и тока в начале отрезка, если  $i(0, t) = G_c u(0, t)$ .



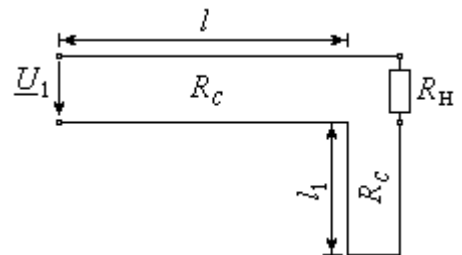
25.2. Выведите формулы, определяющие значения параметров элементов согласующего устройства в виде параллельного разомкнутого шлейфа.

26.1. Определите значение сопротивления нагрузки  $Z_n$  однородного отрезка линии без потерь с характеристическим сопротивлением  $R_c = 75$  Ом, если распределение действующего значения напряжения  $U(x)$  вдоль отрезка линии имеет вид, показанный на рисунке.



26.2. Запишите выражения и качественно изобразите графики распределений вещественной и мнимой составляющих проводимости  $\underline{Y}(x)$  вдоль отрезка однородной линии без потерь при его произвольной пассивной нагрузке.

27.1. Вычислите значение входного сопротивления однородного отрезка линии без потерь длиной  $l = 190$  см с характеристическим сопротивлением  $R_c = 600$  Ом, который нагружен ветвью, образованной последовательно включёнными сосредоточенным резистором сопротивлением  $R_n = 500$  Ом и короткозамкнутым шлейфом длиной  $l_1 = 10$  см, если длина волн напряжения и тока  $\lambda = 120$  см.



27.2. Запишите выражения и качественно изобразите совмещённые графики распределений вещественной и мнимой составляющих проводимости  $\underline{Y}(x)$  вдоль разомкнутого отрезка однородной линии без потерь.

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теория электрических цепей (дополнительные разделы)», 4 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны показать умение использовать методы расчета передаточных характеристик четырехполюсников (часть 1) и методов расчета и анализа переходных режимов в линейных цепях синусоидального тока (часть 2).

### Обязательные структурные части РГЗ

#### Часть 1. Частотные характеристики четырехполюсника

Задание служит для освоения студентами методов расчета передаточных характеристик четырехполюсников, представляющих собой безындуктивный фильтр. Задание предусматривает аналитический вывод зависимостей модуля коэффициента передачи по напряжению (АЧХ) и его аргумента (ФЧХ), построение их характеристик и последующий анализ.

Для расчета студент получает индивидуальный вариант задания. Один из вариантов электрической схемы приведен на рис. 1.

#### СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

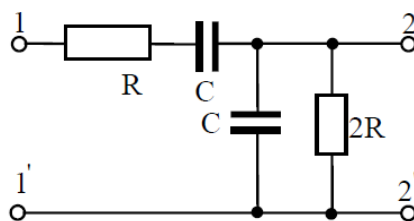


Рис. 1

1. Выбрать вариант схемы четырехполюсника и параметры его элементов по двум формулам:

$$N_1 = n - 20 \cdot \left( \text{floor} \left( \frac{n-1}{20} \right) \right),$$

$$N_2 = n + k - 5 \cdot \left( \text{floor} \left( \frac{n+k-1}{5} \right) \right),$$

где  $N_1$  - номер варианта схемы,

$N_2$  - номер строки заданных параметров,

$n$  - порядковый номер фамилии студента в списке группы,

$k$  - условный номер группы, установленный преподавателем для всех индивидуальных работ по данному курсу,

$\text{floor}(x)$  - целая часть числа  $x$  (функция применяется в программе MathCAD).

2. Изобразить схему своего четырехполюсника при холостом ходе (выходные зажимы 2 – 2' разомкнуты).

3. Получить выражение для комплексной передаточной функции (коэффициента передачи по напряжению) при холостом ходе

$$\underline{K}(\omega) = \dot{U}_2 / \dot{U}_1.$$

4. Получить выражения для амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и фазочастотной характеристики (ФЧХ):

$K(\omega) = U_2 / U_1$  - модуль комплексной частотной характеристики (АЧХ);

$\arg(\underline{K}(\omega))$  - аргумент комплексной частотной характеристики (ФЧХ).

5. Построить амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики.

6. Установить границы полосы пропускания фильтра (*напоминание*: на границе полосы пропускания отклик – в данном случае модуль АЧХ – составляет  $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$  от своего наибольшего значения).

7. Заключение (сформулировать особенности работы заданной схемы в качестве фильтра при гармоническом воздействии. Обратить внимание на легко проверяемые точки частотных характеристик при  $\omega = 0$  и  $\omega = \infty$ , изобразить схемы замещения исследуемого четырехполюсника при  $\omega = 0$  и  $\omega = \infty$ ).

## **Часть 2. Переходный процесс в цепи с сосредоточенными параметрами**

Задание имеет целью практическое освоение студентами методов расчета и анализа переходных режимов в линейных цепях синусоидального тока.

Для расчета студент получает индивидуальный вариант задания. Один из вариантов электрической схемы приведен на рис. 2.

### **СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ**

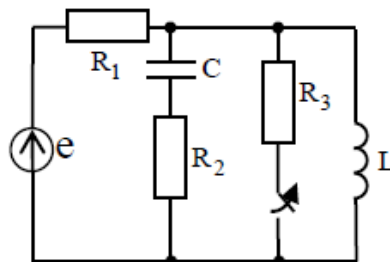


Рис. 2

Найти переходный ток в ветви с источником ЭДС схемы, изображенной на рисунке, и построить график его изменения в функции времени. ЭДС источника задана в виде  $e(t) = E_m \cos(10^6 t + \Psi_e)$ .

### **Примечания:**

1. Принужденную составляющую тока рекомендуется найти методом комплексных амплитуд (т.е. символическим методом), а свободную составляющую – операторным.

2. Если наибольшее значение свободной составляющей на порядок меньше амплитуды принужденной составляющей, то допускается раздельное построение графика этих составляющих в разных масштабах без их суммирования.

3. Вариант задания выбирается по двум формулам:

3.1. Номер схемы  $N_{cx} = n - 15 \cdot \text{floor}[(n-1)/15]$ ;

3.2. Номер строки цифровых данных  $N_s = (n+k) - 14 \cdot \text{floor}\left[\frac{(n+k)-1}{14}\right]$ ,

где  $n$  – порядковый номер студента в списке группы,  $k$  – условный номер группы (задается преподавателем),  $\text{floor}[x]$  – целая часть числа  $x$ .

Оцениваемые позиции: полнота и правильность расчётов, аккуратность оформления, срок сдачи работы.

## 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если часть пунктов РГР не выполнены, либо выполнены с существенными ошибками, или, при формально выполненном задании, на защите РГР студент не показал знаний, необходимых для выполнения пунктов задания, оценка **неудовлетворительно** (0 - 12 баллов).
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если РГР выполнена, но с ошибками, из двух задач, предлагаемых на защиту решена одна, оценка **удовлетворительно** (13 - 17 баллов).
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если РГР выполнена с незначительными ошибками, алгоритм решения задач, предлагаемых на защиту верен, есть ошибки в числовой подстановке, оценка **хорошо** (18 - 22 балла).
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГР выполнена без ошибок, задачи, предлагаемые на защиту, решены верно до числового результата, оценка **отлично** (23 - 26 балла).

## 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Лабораторные работы | 6                      | 6                                                  | 36                                               |
| Контрольные работы  | 1                      | 18                                                 | 18                                               |
| РГЗ                 | 1                      | 26                                                 | 26                                               |
| Зачет               | 1                      | 20                                                 | 20                                               |

## 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

### Часть 1. Частотные характеристики четырехполюсника

### Варианты схем

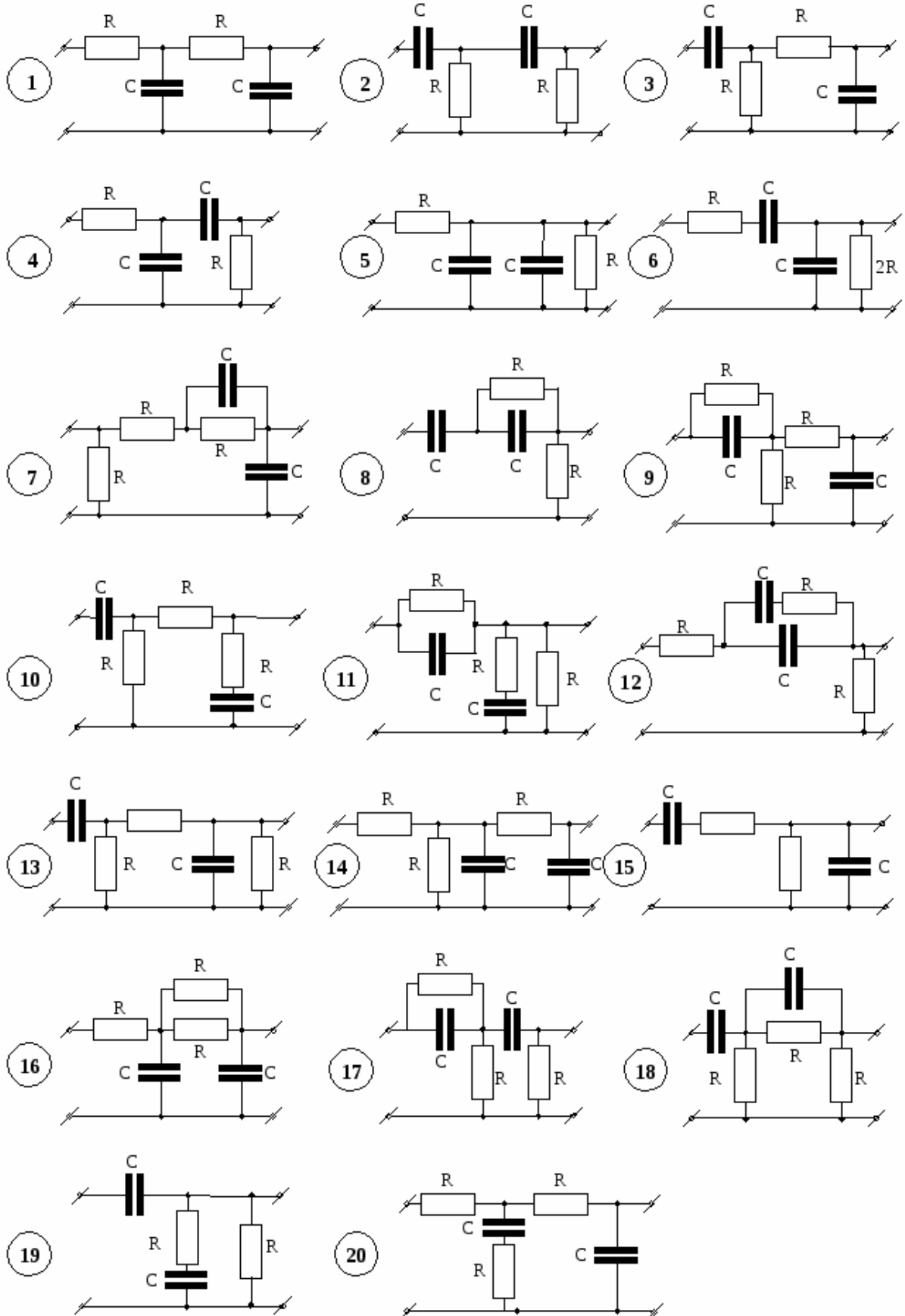
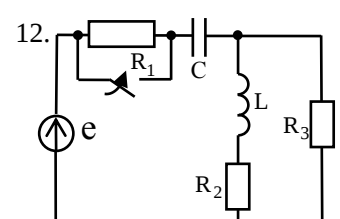
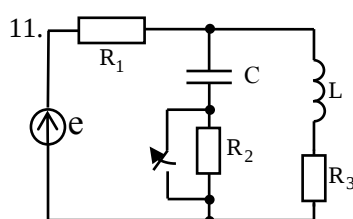
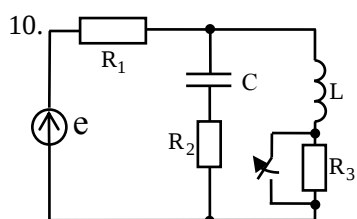
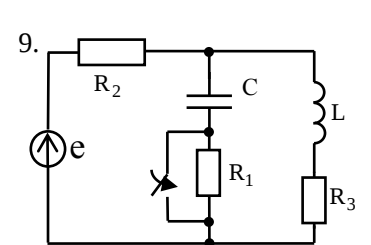
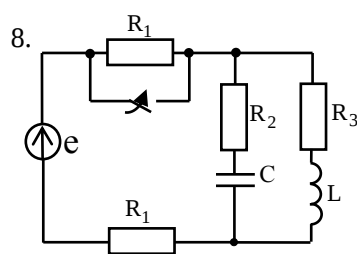
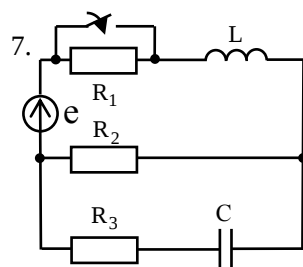
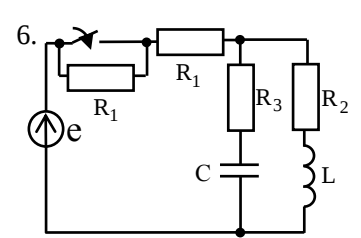
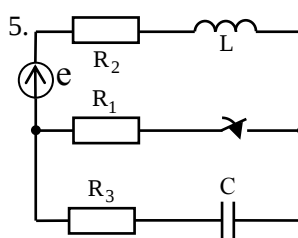
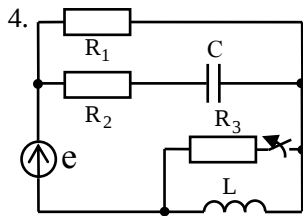
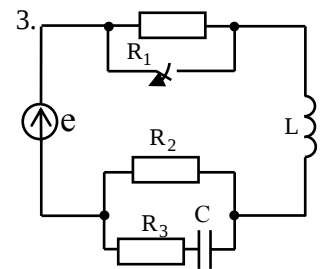
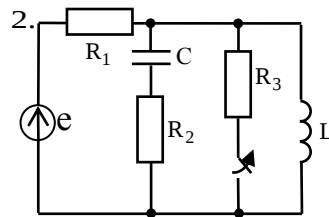
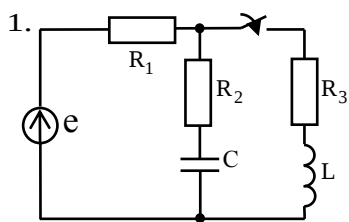


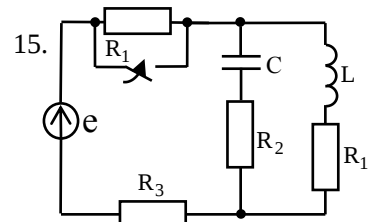
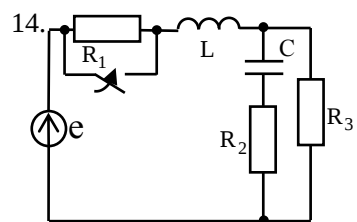
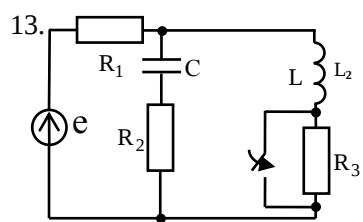
Таблица параметров

| № строки | $R$ , кОм | $C$ , нФ |
|----------|-----------|----------|
| 1        | 1         | 100      |
| 2        | 2         | 75       |
| 3        | 3         | 50       |
| 4        | 4         | 25       |
| 5        | 5         | 10       |

Часть 2. Переходный процесс в цепи с сосредоточенными параметрами

Варианты схем





**Таблица параметров**

| $N/N$ | $E_m$ | $\Psi_e$ | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $L$ | $C$ |
|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-----|-----|
|       | В     | град     | кОм   | кОм   | кОм   | мГн | нФ  |
| 01    | 1     | 60       | 3     | 2     | 2.5   | 1   | 1   |
| 02    | 2     | 80       | 4     | 1     | 1.5   | 1.2 | 2.5 |
| 03    | 3     | 40       | 2     | 1.5   | 2     | 2   | 1.5 |
| 04    | 4     | 60       | 2.5   | 2     | 3     | 1.5 | 2   |
| 05    | 5     | 70       | 5     | 2.5   | 3.5   | 4   | 0.5 |
| 06    | 6     | 85       | 3.5   | 4     | 5     | 2   | 0.4 |
| 07    | 7     | 120      | 4.5   | 2     | 3     | 2.5 | 1.5 |
| 08    | 8     | 135      | 4     | 2     | 4     | 2   | 0.6 |
| 09    | 9     | 45       | 3.5   | 1.5   | 2.5   | 2   | 1   |
| 10    | 10    | 20       | 5     | 2.5   | 1.5   | 3   | 1.5 |
| 11    | 11    | 30       | 3.5   | 1.5   | 3.5   | 2.5 | 2   |
| 12    | 12    | 40       | 4.5   | 2.5   | 4     | 2   | 0.4 |
| 13    | 13    | 150      | 3     | 1.5   | 2     | 4   | 0.5 |
| 14    | 14    | 50       | 9     | 4     | 2     | 5   | 0.2 |