

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

Кафедра электроники и Электротехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ  
к.ф-м.н. Корель И. И.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Электротехника

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

Курс: 2, семестр : 3

Физико-технический факультет,

|    |                                                                                                      | Семестр    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 3          |
| 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.                                                        | 0          |
| 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 контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э          |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №937 от 07.08.2014 г. , дата утверждения: 25.08.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭЭ, протокол заседания кафедры №9 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Давыденко О. Б.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Харитонов С. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                                                                                                                            |
| 31. знать современные тенденции развития электротехники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 32. знать основные принципы в электрических цепях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения:</b> |
| 33. знать принципиальные основы эксплуатации физической аппаратуры и оборудования.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| у5. уметь эксплуатировать физическую аппаратуру и оборудование в рамках своей профессиональной деятельности.                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                           | Формы организации занятий                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Электротехника</b>                                                                                                                                     |                                                                           |
| <b>ПК.1.31 знать современные тенденции развития электротехники.</b>                                                                                       |                                                                           |
| 1. Способы отражения реальных физических явлений в виде различных электрических схем замещения                                                            | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| 2. О различных математических моделях электромагнитных устройств и подходах, используемых при моделировании важнейших электромагнитных процессов          | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 3. Излагать основной теоретический материал с объяснением, с приведением примеров, используя при изложении язык слов, формул и образов (графики и схемы). | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| <b>ПК.1.32 знать основные принципы в электрических цепях.</b>                                                                                             |                                                                           |
| 4. Основные определения, теоремы и законы теории цепей с конечным числом сосредоточенных и распределенных элементов.                                      | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| 5. Об общих подходах к анализу стационарного состояния, установившихся и переходных процессов в электрических цепях.                                      | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.2.33 знать принципиальные основы эксплуатации физической аппаратуры и оборудования.</b>                                                             |                                                                           |
| 6. Методы измерения основных величин электротехники.                                                                                                      | Лабораторные работы; Самостоятельная работа                               |
| 7. Провести как натурный, так и компьютерный эксперимент при исследовании электрических цепей; обрабатывать полученные результаты экспериментов.          | Лабораторные работы                                                       |
| 8. Об основных положениях и требованиях по организации проведения экспериментальных исследований                                                          | Лабораторные работы                                                       |
| <b>ПК.2.у5 уметь эксплуатировать физическую аппаратуру и оборудование в рамках своей профессиональной деятельности.</b>                                   |                                                                           |
| 9. Навыки практической работы с современной измерительной аппаратурой, методами проведения измерений и исследований, обработки полученных результатов     | Лабораторные работы; Самостоятельная работа                               |
| 10. Использовать для анализа электрических цепей современные компьютерные программные продукты                                                            | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 11. В письменной и устной форме правильно (логично) оформить результаты теоретического и экспериментального исследования                                  | Практические занятия; Лабораторные работы; 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: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |      |                               |                                     |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния линейной электрической цепи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |      |                               |                                     |
| 1. Введение. Определение электрической цепи и её элементов. Основные аксиомы теории электрических цепей (законы Кирхгофа.). Задачи теории цепей.                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                    | 2    | 1, 2, 4, 5                    | Проработка теоретического материала |
| 2. Анализ стационарного состояния линейной цепи. Топологические и компонентные уравнения цепи. Анализ цепи методами токов и напряжений её элементов. Формулы деления напряжения и тока. Применение принципа суперпозиции. Определения пассивной и активной ветвей. Анализ цепи методом контурных токов. Анализ цепи методом узловых напряжений. Анализ цепи с использованием теорем об активном двухполюснике. | 0                    | 6    | 1, 2, 4, 5                    | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния нелинейной электрической цепи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                      |      |                               |                                     |
| 3. Анализ стационарного состояния нелинейной цепи. Анализ цепи методами токов и напряжений элементов. Анализ цепи с использованием теорем об активном двухполюснике.                                                                                                                                                                                                                                           | 0                    | 2    | 1, 2, 4, 5                    | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Анализ гармонического процесса в линейной электрической цепи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                      |      |                               |                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |               |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|-------------------------------------|
| 4. Анализ гармонического процесса в линейной электрической цепи. Временной анализ гармонического процесса. Топологические и компонентные уравнения цепи в комплексной форме. Комплексная мощность компонента цепи. Анализ цепи методами токов и напряжений её ветвей. Анализ цепи методами контурных токов и узловых напряжений. Комплексные характеристики активного и пассивного двухполюсников. Фазовый резонанс в пассивном двухполюснике. Анализ цепей с индуктивными связями. Формирование уравнений цепи с индуктивно связанными катушками. Устранение ("развязка") индуктивной связи пары катушек. Мощность в цепи переменного тока. Анализ стационарного состояния и гармонического процесса в линейной электрической цепи на персональном компьютере | 0 | 8 | 1, 2, 3, 4, 5 | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Анализ периодического негармонического процесса в линейной электрической цепи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |               |                                     |
| 5. Спектральный анализ периодических негармонических процессов в линейных электрических цепях. Частотный анализ периодического негармонического процессов в линейной электрической цепи. Представление периодических негармонических функций задающих напряжений и токов цепи рядами Фурье. Вычисление различных значений мощности компонента цепи. Баланс мощностей компонентов цепи. Резонанс при несинусоидальных э. д. с. и токах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0 | 2 | 1, 2, 5       | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Основы теории линейных проходных четырехполюсников</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |               |                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |               |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|-------------------------------------|
| 6. Основы теории линейных проходных четырёхполюсников. Комплексные характеристики автономных и неавтономных четырёхполюсников. Методы определения значений параметров неавтономных четырёхполюсников. Свойства параметров неавтономных четырёхполюсников. Комплексный анализ симметричной однородной пассивной цепной схемы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 | 2 | 2, 4, 5       | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |               |                                     |
| 7. Понятие об установившихся и переходных процессах. Причины, вызывающие переходные процессы. Переменные состояния цепи. Начальные значения переменных состояния цепи и их определение. Классический анализ переходного процессов в линейной электрической цепи. Классический (временной) анализ переходных процессов в цепях первого порядка с источниками постоянного и гармонического напряжения и тока. Выражения входных и передаточных операторных характеристик цепи (неавтономного двух-полюсника и нагруженного неавтономного четырёхполюсника). Представление переменных состояния цепи суперпозицией их установившихся (принужденных) и свободных составляющих. Постоянная времени цепи первого порядка. Определение постоянных интегрирования. Алгоритм классического анализа переходных процессов в цепи первого порядка. | 0 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5 | Проработка теоретического материала |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |               |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|-------------------------------------|
| <p>8. Классический (временной) анализ переходных процессов в цепях второго порядка (RLC) с источниками постоянного и гармонического напряжения и тока.</p> <p>Формирование уравнений состояния цепи в форме Коши. Стартовые значения переменных состояния цепи и их определение.</p> <p>Представление переменных состояния цепи суперпозицией их принужденных и свободных составляющих. Зависимость характера переходного процесса от вида корней характеристического уравнения. Постоянная времени цепи второго порядка. Определение постоянных интегрирования. Алгоритм классического (временного) анализа переходных процессов в цепи второго порядка.</p> | 0 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5 | Проработка теоретического материала |
| <p><b>Дидактическая единица: Операторный анализ переходных процессов в линейных электрических цепях.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |               |                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |                |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------|-------------------------------------|
| <p>9. Операторный анализ переходного и неустановившегося процессов в линейной электрической цепи. Изображение единичной ступенчатой функции (функции Хэвисайда <math>(t)</math>), единичной импульсной функции (функции Дирака <math>(t)</math>), экспоненциальной и гармонической функций времени. Топологические и компонентные уравнения цепи в операторной форме. Операторная схема замещения цепи. Операторный анализ переходных процессов в цепи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами токов и напряжений ее элементов (используя принцип суперпозиции и эквивалентные преобразования компонентов цепи);</li> <li>- методами контурных токов и узловых напряжений цепи.</li> </ul> <p>Анализ переходного процесса в цепи с использованием теорем об активном двухполюснике в операторной форме. Отыскание оригинала по изображению (используя таблицу изображений основных элементарных функций и теорему разложения). Комбинированный метод анализа переходного процесса в цепи с источниками гармонического напряжения и тока.</p> | 0 | 2 | 1, 10, 2, 4, 5 | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Переходные характеристики двух- и четырёхполюсников. Анализ переходного процесса интегралом Дюамеля.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |                |                                     |
| <p>10. Анализ неустановившегося и переходного процесса в цепи интегралами наложения (Дюамеля и Дирака). Понятие о временных входных и передаточных характеристиках линейного неавтономного четырёхполюсника: переходная ступенчатая <math>h(t)</math> и переходная импульсная <math>h(t)</math> характеристики четырёхполюсника. Взаимосвязь временных и операторных характеристик. Определение неустановившихся и переходных напряжений и токов компонентов цепи интегралами наложения (Дюамеля и Дирака).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0 | 2 | 1, 10, 2, 5    | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Анализ установившихся процессов в линейной электрической цепи с распределёнными элементами.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |                |                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |                |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------|-------------------------------------|
| 11. Понятие о распределенном элементе электрической цепи. Дифференциальные (телеграфные) уравнения однородной линии. Общие решения дифференциальных уравнений отрезка однородной линии.                                                                                            | 0 | 2 | 10, 2, 3, 4, 5 | Проработка теоретического материала |
| 12. Анализ стационарного состояния отрезка однородной линии с потерями. Анализ гармонического процесса в отрезке однородной линии с потерями: в согласованном отрезке линии, в короткозамкнутом и разомкнутом отрезках линии, в отрезке линии при произвольной пассивной нагрузке. | 0 | 2 | 1, 10, 2, 4, 5 | Проработка теоретического материала |
| <b>Дидактическая единица: Анализ гармонического процесса в отрезке линии без потерь</b>                                                                                                                                                                                            |   |   |                |                                     |
| 13. Анализ гармонического процесса в отрезке однородной линии без потерь: в согласованном отрезке линии, в короткозамкнутом и разомкнутом отрезках линии, в отрезке линии при произвольной пассивной нагрузке.                                                                     | 0 | 2 | 1, 2, 4, 5     | Проработка теоретического материала |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                                    | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 3</b>                                                                          |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния линейной электрической цепи</b>   |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1. Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи л/р № 4. | 0                    | 3    | 11, 5, 6, 7, 8, 9             | Экспериментальное исследование распределения токов и потенциалов в разветвленной цепи при воздействии нескольких источников.<br>Экспериментальное подтверждение принципа суперпозиции, взаимности. определение параметров эквивалентного источника. |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния нелинейной электрической цепи</b> |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. Нелинейные резистивные элементы и цепи л/р № 27.                                        | 0                    | 3    | 11, 2, 6, 7, 8, 9             | Экспериментальное получение вольт-амперной характеристики нелинейного резистивного элемента. Расчет цепи с нелинейными резистивными элементами.                                                                                                     |
| <b>Дидактическая единица: Анализ гармонического процесса в линейной электрической цепи</b> |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                       |   |   |                          |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения л/р №6.                   | 0 | 3 | 10, 11, 2, 5, 6, 7, 8, 9 | Исследуется двухполюсник, представляющий собой комбинацию пассивных элементов. Экспериментально определяются параметры схемы замещения пассивного двухполюсника. |
| 4. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками л/р №11.               | 0 | 3 | 11, 2, 5, 6, 7, 8, 9     | Определяются одноименные зажимы индуктивно-связанных катушек, коэффициент связи, их параметры. Исследуется согласное и встречное включения катушек.              |
| 5. Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях л/р № 29.             | 0 | 3 | 10, 11, 6, 7, 8, 9       | Подготовка задачи для решения на компьютере, ввод исходных данных и интерпретация результатов анализа                                                            |
| <b>Дидактическая единица: Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях</b> |   |   |                          |                                                                                                                                                                  |
| 6. Исследование процессов заряда и разряда конденсатора л/р №23.                                      | 0 | 3 | 11, 6, 7, 8, 9           | Исследуются переходные процессы в цепи, содержащей резистор и конденсатор. Приобретаются навыки применения электронного осциллографа.                            |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                                                                | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                        |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                        |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния линейной электрической цепи</b>                                 |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                        |
| 1. Анализ стационарного состояния линейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов               | 0                    | 3    | 1, 10, 2, 4, 5                | Методы прямого использования законов Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, преобразования, эквивалентного генератора, взаимности. Использование линейных соотношений в цепях |
| <b>Дидактическая единица: Анализ стационарного состояния нелинейной электрической цепи</b>                               |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                        |
| 2. Анализ стационарного состояния нелинейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов.            | 0                    | 2    | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5         | Расчет нелинейных цепей по эквивалентным линейным схемам замещения. Применение в графоаналитических расчетах методов эквивалентного генератора и двух узлов.                           |
| <b>Дидактическая единица: Анализ гармонического процесса в линейной электрической цепи</b>                               |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                        |
| 3. Комплексный анализ гармонических процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов | 0                    | 3    | 10, 2, 3, 4, 5                | Расчет цепи при последовательно-параллельном соединении элементов. Векторные диаграммы. Расчет мощности. Расчет цепей символическим методом.                                           |

|                                                                                                                                                                                          |   |   |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Комплексный анализ гармонических процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов                                                                 | 0 | 2 | 10, 11, 2, 3, 4, 5    | Расчет цепей при наличии взаимной индуктивности. Резонанс в цепях                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Дидактическая единица: Основы теории линейных проходных четырехполюсников</b>                                                                                                         |   |   |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5. Комплексный анализ гармонических процессов в электрических цепях, содержащих линейные проходные четырехполюсники                                                                      | 0 | 2 | 1, 10, 2, 4, 5        | Определение первичных и вторичных параметров четырехполюсника. Расчет параметров схем замещения.                                                                                                                                                                                             |
| <b>Дидактическая единица: Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях</b>                                                                                    |   |   |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6. Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов                                                                   | 0 | 2 | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5 | Расчет начальных условий. Расчет цепей первого порядка классическим методом при постоянном и гармоническом воздействии.                                                                                                                                                                      |
| <b>Дидактическая единица: Операторный анализ переходных процессов в линейных электрических цепях.</b>                                                                                    |   |   |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 7. Операторный анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов. Расчет цепей первого порядка методом наложения (интеграл Дюамеля) | 0 | 2 | 1, 10, 2, 4, 5        | Расчет цепей первого порядка операторным методом. Расчет цепей второго порядка комбинированным методом. Расчет цепей первого порядка методом наложения (интеграл Дюамеля). Определение реакции цепи на единичное воздействие (переходных характеристик) классическим и операторным методами. |
| <b>Дидактическая единица: Анализ гармонического процесса в отрезке линии без потерь</b>                                                                                                  |   |   |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8. Комплексный анализ гармонического процесса в отрезке однородной линии без потерь                                                                                                      | 0 | 2 | 1, 10, 2, 4, 5        | Определение первичных и вторичных параметров линии с потерями. Расчет линии без потерь: в согласованном отрезке линии, в короткозамкнутом и разомкнутом отрезках линии и при произвольной пассивной нагрузке. Расчет некоторых согласующих устройств.                                        |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Контрольные работы          | 10, 11, 2, 4, 5               | 6                  | 1                    |
| <p>Контрольная работа 1. Анализ гармонического процесса в линейной электрической цепи., подробная информация приведена в приложении №3 : Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</a> Основы теории цепей. Практический курс : [учебное пособие / Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2011. - 346 с. : ил., схемы</p> |                             |                               |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                    |    |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|----|---|
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | РГЗ                                 | 1, 10, 11, 2, 4, 5 | 15 | 4 |
| <p>РГЗ часть 1 Анализ стационарного состояния линейной электрической цепи;<br/>часть 2 Анализ переходного процесса в линейной электрической цепи.</p> <p>На выполнение каждой части расчётно-графической работы отводится четыре недели. Работа выполняется на сброшюрованных листах белой бумаги формата А4 и сдаётся на проверку преподавателю, ведущему практические занятия. Защита каждой части расчётно-графической работы заключается в решении в присутствии преподавателя двух типовых задач по теме защищаемой работы.</p> <p>Проверенная работа хранится на кафедре до конца текущего учебного семестра., подробная информация приведена в приложении №4 : 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. Сапсалева, 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> 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> 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> Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</a></p> |                                     |                    |    |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Подготовка к занятиям               | 1, 11, 2, 3, 4, 5  | 6  | 0 |
| <p>Подготовка к лабораторным занятиям.</p> <p>В процессе работы каждый студент заготавливает бланки протоколов формата А4, содержащие необходимые схемы, таблицы и формулы; после заполнения во время лабораторной работы эти бланки превращаются в отчёт, подлежащий защите.</p> <p>Подготовка к практическому занятию.</p> <p>Изучение необходимого теоретического материала по теме занятия.</p> <p>Для закрепления теоретического материала, подготовке к практическим и лабораторным занятиям, выполнения отчетов по лабораторным работам по дисциплине во внеучебное время студентам предоставляется возможность пользования библиотекой НГТУ, учебно-методической литературой, имеющейся в фондах кафедры. При выполнении РГР, домашней контрольной работы, решении индивидуальных домашних задач, подготовке к очередной лабораторной работе или оформлении отчёта по выполненной лабораторной работе студенты могут пользоваться консультациями преподавателя, выдавшего задание на соответствующую самостоятельную работу.: 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> Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                    |    |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Дополнительная учебная деятельность | 10, 2, 4, 5, 9     | 8  | 1 |

Темы индивидуальных домашних задач:

1. Анализ стационарного состояния линейных электрических цепей.
2. Анализ стационарного состояния нелинейных электрических цепей.
3. Анализ гармонического процесса в линейных электрических цепях (без индуктивно связанных катушек).
4. Анализ гармонического процесса в линейных электрических цепях с индуктивно связанными катушками.
5. Вычисление значений первичных и вторичных параметров проходных неавтономных четырёхполюсников.
6. Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными элементами.
7. Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными элементами интегралами Дюамеля, либо интегралами Дирака.
8. Анализ гармонического процесса в электрических цепях с распределёнными элементами.

Каждая задача выполняется в течение двух недель. Задача оформляется от руки, либо выполняется на компьютере на листах чистой бумаги формата А4 или двойных тетрадных листах в клеточку.

Решённые задачи, проверенные преп, подробная информация приведена в приложении №6 :

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. Сапсалева, 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) 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. Сапсалева, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа:

<http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf> Резонансные режимы работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям с использованием персонального компьютера и программы Multisim для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсалева и др.]. - Новосибирск, 2012. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000174599](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174599) 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) Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000230291](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291) Основы теории цепей. Практический курс : [учебное пособие / Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2011. - 346 с. : ил., схемы

|   |                         |                          |    |   |
|---|-------------------------|--------------------------|----|---|
| 5 | Подготовка к аттестации | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6 | 28 | 1 |
|---|-------------------------|--------------------------|----|---|

, подробная информация приведена в приложении №2 : 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. Сапсалева, 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) Резонансные режимы работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям с использованием персонального компьютера и программы Multisim для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев и др.]. - Новосибирск, 2012. - 30, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000174599](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174599) 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) Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000230291](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291) Основы теории цепей. Практический курс : [учебное пособие / Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2011. - 346 с. : ил., схемы

## 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; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ |
| Консультирование              | e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ; Чат         |
| Размещение учебных материалов | e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС         |

Таблица 5.2

### Активные и интерактивные формы проведения занятий

| №                                                                    | Наименование активных форм |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1                                                                    | Проблемный метод           |
| <b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение методов решения задач |                            |

## 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: 3</b>                         |           |                   |
| Лабораторная: Лабораторная                | 9         | 18                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Контролирующие материалы (отчет по лабораторной работе) 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> "                                                                                                                                                    |           |           |
| <b>Практические занятия: Практика</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>5</b>  | <b>12</b> |
| Контролирующие материалы (индивидуальные домашние задачи) приводятся в "Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</a> "                                                                 |           |           |
| <b>Контрольные работы: Контрольная работа</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>4</b>  | <b>7</b>  |
| Контролирующие материалы (задачи) приводятся в "Резонансные режимы работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям с использованием персонального компьютера и программы Multisim для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсальев и др.]. - Новосибирск, 2012. - 30, [2] с. : ил. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174599">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174599</a> " |           |           |
| <b>РГЗ: РГЗ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>12</b> | <b>23</b> |
| Контролирующие материалы (задачи) приводятся в "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> " |           |           |
| <b>Экзамен: Экзамен</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>20</b> | <b>40</b> |
| Контролирующие материалы (вопрос по теории, задачи) приводятся в "Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</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 |             |            |         |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------|---------|
|                       |                                                                                                              | Защита ЛР      | Контр. раб. | Защита РГЗ | Экзамен |
| ПК.1                  | з1. знать современные тенденции развития электротехники.                                                     | +              | +           | +          | +       |
|                       | з2. знать основные принципы в электрических цепях.                                                           |                | +           | +          | +       |
| ПК.2                  | з3. знать принципиальные основы эксплуатации физической аппаратуры и оборудования.                           | +              |             |            | +       |
|                       | у5. уметь эксплуатировать физическую аппаратуру и оборудование в рамках своей профессиональной деятельности. | +              | +           | +          | +       |

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

## 7. Литература

### Основная литература

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г. И. Атабеков. - СПб. [и др.], 2010. - 591, [1] с.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Атабеков. - 7-е изд. — Санкт-Петербург : изд-во «Лань», 2009. — 592 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com>. - Загл. с экрана.
3. Попов В. П. Основы теории цепей : учебник для вузов по направлению "Радиотехника" / В. П. Попов. - М., 2007. - 574, [1] с. : ил.
4. Данилов И. А. Общая электротехника : учебное пособие для бакалавров / И. А. Данилов. - М., 2012. - 673 с. : ил., табл.

### Дополнительная литература

1. Основы теории цепей : учебник для электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Г. В. Зевеке [и др.]. - М., 1989. - 528 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. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. - М., 2012. - 701 с. : ил., табл.

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".
5. Сапсалева А. В. Основы теории цепей : курс лекций / А. В. Сапсалева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 114, [1] с. : ил.
6. 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. Сапсалева, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf>
7. 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)
8. ЭБС Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 1993. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com>. - Загл. с экрана.

#### *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. Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000230291](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291)
3. Основы теории цепей. Практический курс : [учебное пособие / Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2011. - 346 с. : ил., схемы
4. Резонансные режимы работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям с использованием персонального компьютера и программы Multisim для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсалева и др.]. - Новосибирск, 2012. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000174599](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174599)

5. Основы теории цепей : методическое руководство к лабораторным работам с использованием персонального компьютера и программы Multisim / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. И. Полевский, А. В. Сапсалева, Е. Г. Касаткина]. - Новосибирск, 2010. - 55, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3764.pdf>
6. 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. Сапсалева, 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)

## *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 MathCAD 14
- 2 Autodesk AutoCAD
- 3 Multisim AcademicEdition
- 4 Операционная система Windows XP

## **9. Материально-техническое обеспечение**

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                                                                  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | расчет и защита расчетно графических заданий, выполнение лабораторных работ |

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

Кафедра электроники и электротехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ  
к.ф-м.н., доцент И.И. Корель  
“ ” Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

# Электротехника

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Электротехника** 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.1/НИ<br>способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин | з7. знать основные принципы в электрических цепях                | Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях л/р № 29. Анализ стационарного состояния линейной цепи. Топологические и компонентные уравнения цепи. Анализ цепи методами токов и напряжений её элементов. Формулы деления напряжения и тока. Применение принципа суперпозиции. Определения пассивной и активной ветвей. Анализ цепи методом контурных токов. Анализ цепи методом узловых напряжений. Анализ цепи с использованием теорем об активном двухполюснике. Анализ стационарного состояния линейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов. Анализ стационарного состояния нелинейной цепи. Анализ цепи методами токов и напряжений элементов. Анализ цепи с использованием теорем об активном двухполюснике. Анализ стационарного состояния нелинейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками л/р №11. Исследование процессов заряда и разряда конденсатора л/р №23. Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи л/р № 4. Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов | Контрольная работа пп.1-6<br><br>Отчеты по лабораторным работам № 4,6,7,11,23,29<br><br>РГЗ часть 1, 2 | Экзамен, вопросы 1-45                     |

|         |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                              |                       |
|---------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|         |                                                         | <p>Комплексный анализ гармонических процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов</p> <p>Комплексный анализ гармонического процесса в отрезке однородной линии без потерь</p> <p>Нелинейные резистивные элементы и цепи л/р № 27. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения л/р №6.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                              |                       |
| ПК.1/НИ | з8. знать современные тенденции развития электротехники | <p>Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях л/р № 29. Анализ стационарного состояния линейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов</p> <p>Анализ стационарного состояния нелинейных электрических цепей с конечным числом сосредоточенных элементов.</p> <p>Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками л/р №11.</p> <p>Исследование процессов заряда и разряда конденсатора л/р №23. Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи л/р № 4.</p> <p>Классический анализ переходных процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов</p> <p>Комплексный анализ гармонических процессов в линейных электрических цепях с конечным числом сосредоточенных элементов</p> <p>Комплексный анализ гармонического процесса в отрезке однородной линии без потерь</p> <p>Нелинейные резистивные элементы и цепи л/р № 27. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения л/р №6.</p> | <p>Контрольная работа пп.1-6</p> <p>Отчеты по лабораторным работам № 4,6,7,11,23,29</p> <p>РГЗ часть 1,2</p> | Экзамен, Вопросы 1-45 |

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ.

Форма проведения и содержание экзамена приведены в паспорте Экзамена.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1. Требования к выполнению лабораторных работ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте лабораторной 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.1/НИ, 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 экзамена**

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

**1. Методика оценки**

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам, включающим теоретический вопрос и две задачи до получения *числового результата*.

Билет формируется по следующему правилу: теоретический вопрос выбирается из перечня вопросов (см. п. 4), выносимых на экзамен, одна задача – на методы решения (цепь постоянного или переменного тока, вопросы 2-8, см. п. 4), список тем для второй задачи приведен в п.4. Темы задач не должны совпадать с темой вопроса. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4.) и по сути решения задач.

Продолжительность экзамена – 2.5 часа.

**Форма экзаменационного билета**

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Физико-технический факультет

**Билет**

к экзамену по дисциплине «Электротехника», семестр 3

- 
1. Теоретический вопрос.
  2. Практический вопрос (задача №1 на методы решения).
  3. Практический вопрос (задача №2 на тему см. п.4).

Утверждаю: зав. кафедрой ЭЭ \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись)

Дата \_\_\_\_\_ 201\_ г.

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, при решении задач допускает принципиальные ошибки, оценка составляет **0-19 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, при решении задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет **20-29 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задач, оценка составляет **30-35 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет **36-40 баллов**.

## 3. Шкала оценки

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все виды работ предусмотренные учебным планом дисциплины и набравшие в течение семестра **не меньше 30 баллов из 60 возможных**. Текущий и итоговый рейтинг студента за семестр определяется числом и качеством выполнения учебных заданий по всем обязательным и дополнительным видам работ.

### **Обязательные виды работ**

#### ***Расчетно- графическое задание***

Максимальный рейтинг за РГЗ (23 балла) выставляется за качественное выполнение всех частей РГЗ, сдачу его в установленный срок и успешную защиту

#### ***Лабораторные работы***

Каждая из выполненных, сданных и защищенных *в срок* лабораторных работ оценивается в 3 балла максимум. Максимальный рейтинг за цикл из шести лабораторных работ -18 баллов.

#### ***Практические занятия***

В течение семестра студент получает на практических занятиях 8 индивидуальных домашних задач. Максимальным баллом (1.5 балла) оценивается индивидуальная задача при наличии проверки и пояснений расчета. Максимальный рейтинг по практическим занятиям (за восемь задач)  $8 \cdot 1.5 = 12$  баллов.

#### ***Дополнительные баллы***

Студент может получить в течение семестра дополнительные баллы за качество оформления и выполнения отчетов по лабораторным работам, за решение дополнительных задач на консультации в присутствии преподавателя, за качество полного конспекта лекций, за полезную активность и оригинальность ответов на практических и лекционных занятиях .

Выполнение всех лабораторных работ и расчетно-графических заданий является обязательным.

Виды работ и соответствующие им (максимально возможные) баллы рейтинга указаны в таблице

| Вид учебной деятельности            |         | Выполнение | Отчет | Защита | Сумма баллов за работу (макс) | Весовой коэф-т | Итоговый балл за работу | Колич-во работ | Макс. сумма по видам деятельности | Макс. сумма за семестр |
|-------------------------------------|---------|------------|-------|--------|-------------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|------------------------|
|                                     |         | Баллы      |       |        | –                             |                |                         |                | Баллы                             |                        |
| Расчетно- графическое задание (РГЗ) | Часть 1 | 40         |       | 60     | 100                           | 0,12           | 12                      | 1              | 23                                | 100                    |
|                                     | Часть 2 | 40         |       | 60     | 100                           | 0,11           | 11                      | 1              |                                   |                        |
| Контрольная работа                  |         | 40         |       | 60     | 100                           | 0.07           | 7                       | 1              | 7                                 |                        |
| Лабораторные работы                 |         | 1          | 1     | 1      | 3                             | 1              | 3                       | 6              | 18                                |                        |
| Практические занятия                |         | 1.5        |       | -      | 1.5                           | 1              | 1.5                     | 8              | 12                                |                        |
| Экзамен                             |         |            |       |        |                               |                |                         |                | 40                                |                        |

### **Аттестация студентов по курсу (экзамен)**

На экзамене по курсу Электротехника студенту предлагаются один теоретический вопрос и две задачи до получения *числового результата*. Продолжительность экзамена – 2.5 часа.

| Экзамен                  |            |                     |                               |                        |
|--------------------------|------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| Составная часть экзамена | Выполнение | Весовой коэффициент | Макс. сумма за пункт экзамена | Макс. сумма за экзамен |
|                          | Баллы      |                     |                               |                        |
| 1.Теория                 | 1          | 8                   | 8                             | 40                     |
| 2. Задача №1             | 2          |                     | 16                            |                        |
| 3. Задача №2             | 2          |                     | 16                            |                        |

- Экзамен считается сданным, если студент набрал не менее 20 баллов из 40 возможных.
- **Итоговая оценка за семестр** определяется совокупностью баллов набранных в течение семестра и на экзамене, выставляется в «буквенной форме» (15-уровневая шкала ECTS) и в традиционной (четырёхуровневая шкала либо «зачтено»), в соответствии с таблицей

| Диапазон значений | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |  |
|-------------------|-------------|-----------------------------------------|--|
| 87÷100            | A+= 98÷100  | Отлично                                 |  |
|                   | A = 93÷97   |                                         |  |
|                   | A- = 90÷92  |                                         |  |
|                   | B+= 87÷89   |                                         |  |
| 76÷86             | B = 83÷86   |                                         |  |
|                   | B- = 80÷82  |                                         |  |

|       |            |                     |            |
|-------|------------|---------------------|------------|
|       | C+= 77÷79  | Хорошо              | Зачтено    |
|       | 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. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электротехника»

1. Источники и потребители (приемники) электрической энергии. Понятия о пассивных и активных элементах и участках цепей. Схемы замещения реальных источников.
2. Идеализированные пассивные элементы электрических цепей. Определения сопротивления, проводимости, емкости и индуктивности. Зависимости между током, напряжением, мощностью и энергией для идеализированных пассивных элементов.
3. Применение законов Кирхгофа для анализа сложных цепей. Определение числа независимых уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа.
4. Закон Ома для активной ветви. Метод узловых потенциалов (формирование узловых уравнений, вытекающее из законов Кирхгофа и непосредственно по заданной схеме. Случай вырожденных ветвей с источниками ЭДС).
5. Метод контурных токов (понятие о контурном токе, формирование контурных уравнений, вытекающее из законов Кирхгофа, и непосредственно по схеме, формирование определителей по схеме, случай вырожденных ветвей с источниками тока).
6. Принцип и метод суперпозиции (наложения). (Формулировка и доказательство принципа; частичный ток, его знак в алгебраической сумме; исключение из схемы источника напряжения или источника тока в частичных схемах)
7. Эквивалентные преобразования схем (условие эквивалентности; «свертывание» параллельных активных и пассивных ветвей). Эквивалентные преобразования треугольника и звезды сопротивлений (условия эквивалентности, формулы взаимных преобразований).
8. Теорема об автономном (активном) двухполюснике (формулировка и доказательство теоремы (эквивалентный генератор). Метод эквивалентного активного двухполюсника.
9. Нелинейные резистивные цепи (определение; примеры вольтамперных характеристик; графические методы расчета; привести примеры использования нелинейных сопротивлений для стабилизации напряжения).
10. Нелинейные резистивные цепи (метод линеаризации, статистическое и динамическое сопротивление, возможности эквивалентных преобразований и применения метода эквивалентного генератора в цепях, содержащих нелинейные сопротивления).
11. Гармонические воздействия и их изображения с помощью векторных диаграмм и комплексных чисел (тригонометрическая форма записи гармонического воздействия, амплитуда, частота, начальная фаза. Векторная диаграмма и комплексные числа как способы изображения гармонических процессов).
12. Символический метод расчета (комплексное изображение гармонической функции, компонентные уравнения цепей в комплексной форме. Комплексные схемы замещения).

13. Пассивный двухполюсник в цепи переменного тока и две его схемы замещения (последовательная и параллельные схемы и их взаимные преобразования; как определить расчетным путем и в эксперименте знак угла комплексного входного сопротивления).
14. Мощность в цепях гармонического тока (выражение для мгновенной и средней за период мощности. Выражение мощности в комплексной форме. Баланс мощностей. Треугольник мощностей.)
15. Передача энергии от источника к нагрузке. Согласование нагрузки и источника (условие передачи максимальной мощности, к.п.д. согласованного режима, достоинства и недостатки этого режима для энергетических и неэнергетических устройств).
16. Последовательное соединение катушки и резистора (цепь R-L), конденсатора и резистора (цепь R-C) в цепи гармонического тока (уравнения в дифференциальной и комплексной формах, графические изображения процессов, энергетические процессы в цепи, треугольник сопротивлений).
17. Анализ последовательной цепи R-L-C (дифференциальное и комплексное уравнения, векторная диаграмма, случай резонанса напряжений).
18. Резонанс в электрических цепях (общий случай, признаки резонанса, резонанс напряжений, резонанс токов; рассмотреть в качестве примера резонанс токов в случае параллельного соединения катушки и конденсатора).
19. Индуктивно связанные цепи (эДС и напряжения взаимной индукции. Коэффициент связи. Разметка зажимов катушек. Уравнения двух ветвей с индуктивными связями в дифференциальной и в комплексной формах).
20. Последовательное соединение индуктивно связанных ветвей (согласное и встречное включение, эквивалентное сопротивление, эквивалентная индуктивность).
21. “Развязывание” индуктивных связей (смысл и назначение “развязывания”, математическая модель и схема цепи с исключенными взаимными индуктивностями; правило и пример “развязывания”). Воздушный (линейный) трансформатор (определение, основные соотношения, уравнения, векторная диаграмма).
22. Топологические графы и матрицы инцидентий (определение топологического направленного графа, узловая и контурная матрицы инцидентий; проверка правильности составления узловой и контурной матриц инцидентий, рассмотреть на примере).
23. Линейные цепи с негармоническими источниками. Методы расчета. Индуктивность и емкость в цепях с негармоническими источниками. Максимальные, действующие и средние значения несинусоидальных периодических ЭДС, напряжений и токов. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных периодических кривых.
24. Линейные цепи с негармоническими источниками. Активная мощность негармонического режима. Баланс мощностей. Мощность искажения. Резонанс в несинусоидальных цепях.
25. Четырехполюсники. Уравнения пассивных четырехполюсников, выраженные через первичные параметры ( $Z$ ,  $Y$ ,  $A$ ,  $B$  - параметры). Схемы замещения проходных пассивных четырехполюсников.
26. Четырехполюсники. Определение значений первичных параметров экспериментальным и аналитическим путем.
27. Характеристические (вторичные) параметры четырехполюсника (характеристическое сопротивление, характеристическая постоянная передачи четырехполюсника (мера передачи). Физический смысл и единицы измерения коэффициентов затухания и фазы).
29. Четырехполюсники. Уравнения в гиперболических функциях. Передаточные функции четырехполюсника.
30. Цепные схемы или каскадное соединение четырехполюсников. Однородная цепная схема.
31. Цепи с распределенными параметрами (длинные линии). Погонные параметры. Дифференциальные (телеграфные) уравнения длинной линии. Уравнения линии в комплексной форме (при гармоническом источнике).

32. Цепи с распределенными параметрами. Общие решения дифференциальных уравнений (распределение напряжения и тока в функции координат  $x$  и  $y$ ).
33. Линия, как четырехполюсник. Волновые процессы в линии с потерями (прямо- и обратно- бегущие волны). Коэффициент отражения волны. Входное сопротивление линии при произвольной нагрузке, холостом ходе, коротком замыкании, согласованный режим.
34. Волновое сопротивление линии. Линия, согласованная с нагрузкой.
35. Линия без искажений (условие Хэвисайда, коэффициенты, меры приближения реальных линий к неискажающим).
36. Линия без потерь (уравнения линии без потерь, распределение действующих значений напряжений, токов и входного сопротивления. Режим бегущих волн в линии без потерь.
37. Режим стоячих волн в линии без потерь (виды нагрузки, уравнения линии, входное сопротивление). Распределение действующих значений напряжений, токов и входного сопротивления вдоль линии при холостом ходе и коротком замыкании.
38. Переходные процессы. Законы коммутации и их использование в анализе переходных процессов (формулировка и обоснование законов коммутации; возможность вычисления начальных значений напряжений и токов в схеме; нулевые и ненулевые начальные условия).
39. Классический метод анализа переходных процессов. Принужденный и свободный режимы.
40. Заряд и разряд конденсатора в цепи постоянного тока.
41. Включение и выключение цепи постоянного тока с катушкой индуктивности.
42. Включение цепи - колебательного контура на постоянное и синусоидальное напряжения
43. Операторный метод анализа переходных процессов (преобразование Лапласа и изображение типичных электротехнических функций; операторные сопротивления и операторные схемы; учет ненулевых начальных условий).
44. Метод переменных состояния (нормальная форма уравнений электрического состояния цепи – форма Коши; переменные состояния цепи; матричная форма уравнений; алгоритм составления уравнений; возможности численного решения уравнений).
45. Определение реакции цепи при помощи переходной характеристики и интеграла наложения (Дюамеля). Определение переходной характеристики по известной схеме цепи. Определение реакции цепи при воздействии сигналов произвольной формы.

## **Темы задачи №2**

- Нелинейные цепи постоянного тока (вопросы 910)
- Резонанс в цепях гармонического тока (вопрос 18)
- Цепи с индуктивными связями (вопросы 19-21)
- Четырехполюсники (вопросы 26-27)
- Линии с распределенными параметрами (вопросы 31,32,36,37)
- Переходные процессы в цепях первого порядка(вопросы 39-41,43)

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме

#### Анализ линейной электрической цепи при гармоническом воздействии

*Выполнение контрольной работы имеет целью практическое освоение студентами методов расчета и анализа установившихся режимов в линейных цепях синусоидального тока.*

Все пункты задания выполняются письменно в виде домашней контрольной работы. Пояснительная записка к контрольной работе выполняется на листах формата А4 (в печатном варианте или написанном вручную).

К выполнению Контрольной работы следует приступать после изучения необходимого материала по данной теме из рекомендованной литературы. В начале следует привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. Решение должно сопровождаться необходимыми комментариями и схемами. При оформлении решения не следует приводить выводы формул уравнений, имеющиеся в учебной литературе. Формулы следует писать в общем виде, затем числовая подстановка и ответ с указанием единиц измерения. Графики и диаграммы вычерчивать на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны откладываемые значения и единицы их измерения. Вариант контрольной работы определяется преподавателем.

#### ***Оцениваемые позиции***

- выполнение и представление пояснительной записки к контрольной работе определённой формы в установленные сроки
- выполнение всех пунктов задания
- правильность расчетов
- индивидуальная письменная защита в аудитории, состоящая в решении двух задач.

### 2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

- Контрольная работа считается **невыполненной**, если не приведен расчет всех пунктов задания. Оценка составляет **0 -49** баллов.
- Контрольная работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если она выполнена, но с ошибками, из двух задач, предлагаемых на защиту, решена одна. Оценка составляет **50-72** балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если она выполнена с незначительными ошибками, алгоритм решения задач, предлагаемых на защиту верен, есть ошибки в числовой подстановке. Оценка составляет **73-86** балла.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГР выполнена без ошибок, задачи, предлагаемые на защиту, решены верно до числового результата. Оценка составляет **87-100** 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.

| Вид учебной деятельности | Выполнение Отчет | Защита | Сумма баллов за работу | Весовой коэффициент | Кол-во работ | Макс. сумма по видам деятельности | Макс. сумма за семестр |
|--------------------------|------------------|--------|------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------------|------------------------|
|                          | Баллы            |        |                        | –                   | –            | Баллы                             |                        |
| Контрольная работа       | 40               | 60     | 100                    | 0.07                | 1            | 7                                 | 7                      |

- Максимальный балл проставляется за качественное выполнение контрольной работы и сдачу ее в установленный срок.
- Баллы, полученные за работу по 100-балльной шкале, умножаются на весовой коэффициент.
- Досрочная сдача (не менее чем за неделю до установленного срока) правильно выполненной контрольной работы поощряется дополнительно 1÷2 баллами.
- Задержка в сдаче работы оценивается штрафом 1 балл за каждую неделю опоздания.
- В случае возврата контрольной работы на доработку и исправления оценка может быть снижена на 1÷3 балла.
- Контрольная работа считается **сданной**, если студент набрал **не менее 4 баллов из 7 возможных**.
- В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример задания к контрольной работе

#### ***Контрольная работа***

#### **Анализ линейной электрической цепи при гармоническом воздействии**

#### **Задание**

1. По индивидуальной карточке исходных данных составить схему электрической цепи.
2. Произвести разметку зажимов индуктивно связанных катушек.
3. Составить системы уравнений по законам Кирхгофа в дифференциальной форме для мгновенных значений и в алгебраической форме для комплексных.

4. Выполнить «развязку» индуктивных связей в цепи.
5. Рассчитать токи в ветвях символическим методом. Записать мгновенные значения токов.
6. Определить показания ваттметров. Составить баланс мощности для ИСХОДНОЙ «неразвязанной» схемы.

Примечание:

- 1) Положительные направления токов (во всех ветвях принять слева направо) сохранять при любом методе расчета.
- 2) Итоги всех расчетов свести в таблицу на первой странице отчета и здесь же приклеить карточку данных задания

- Карточка задания

| Контрольная работа по Электротехнике                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $e_1=141\sin(500t+90^\circ)$ В,<br>$e_3=141\sin(500t-315^\circ)$ В<br>$r_3=40.0$ Ом $L_1=0.100$ Гн $C_2=50$ мкФ<br>$L_{кат2}=0.140$ Гн. Намотка кат. 2 правая<br>$L_{кат3}=0.160$ Гн. Намотка кат. 3 левая<br>$M(2-3)=0.140$ Гн.<br>Нагрузка: $C_H=9.524$ мкФ, сое-ние тр-к |

- Электрическая схема, составленная по данным карточки

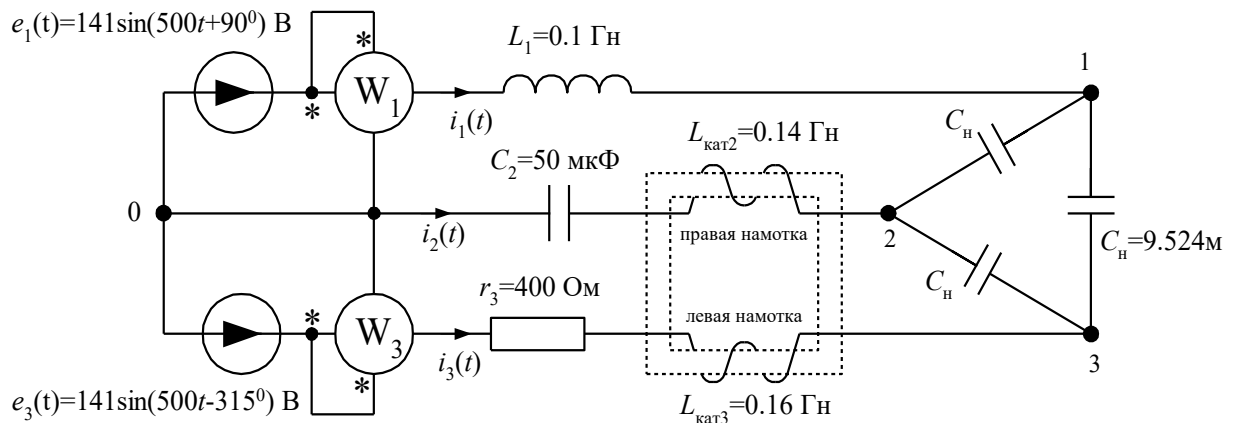


Таблица результатов вычислений

| Вычисленные значения |                  |                   |                       |                      |          |       |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------|-------|
| $Z_1$                | $Z_2$            | $Z_3$             | $\underline{U}_{020}$ | $I_1$                | $I_2$    | $I_3$ |
| Ом                   |                  |                   |                       | А                    |          |       |
| Алгебраическая форма |                  |                   | Показательная форма   |                      |          |       |
|                      |                  |                   |                       |                      |          |       |
| Баланс мощностей     |                  |                   |                       | Показания ваттметров |          |       |
| $P_{\text{ген}}$     | $Q_{\text{ген}}$ | $P_{\text{потр}}$ | $Q_{\text{потр}}$     | $P_{W1}$             | $P_{W2}$ |       |
| Вт                   |                  |                   |                       |                      |          |       |
|                      |                  |                   |                       |                      |          |       |

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Расчетно-графическое задание (РГЗ) состоит из двух частей. В рамках РГЗ, часть 1 студенты должны освоить различные методы расчета линейных электрических цепей постоянного тока. Выполнение части 2 РГЗ имеет целью практическое освоение студентами методов расчета и анализа переходных режимов в линейных цепях синусоидального тока.

#### *Структурные части РГЗ:*

Часть 1. Анализ линейной электрической цепи постоянного тока.

Часть 2. Переходный процесс в цепи с сосредоточенными параметрами.

К выполнению РГЗ следует приступать после изучения необходимого материала по данной теме из рекомендованной литературы. В начале каждой задачи следует привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. Решение должно сопровождаться необходимыми комментариями и схемами. При оформлении решения не следует приводить выводы формул уравнений, имеющиеся в учебной литературе. Формулы следует писать в общем виде, затем числовая подстановка и ответ с указанием единиц измерения. Графики и диаграммы вычерчивать на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны откладываемые значения и единицы их измерения. Вариант РГЗ определяется преподавателем

Все части РГЗ выполняются на листах формата А4 (в печатном варианте или написанном вручную).

#### *Оцениваемые позиции*

- выполнение и представление пояснительной записки к РГЗ определённой формы в установленные сроки
- выполнение всех пунктов задания
- правильность расчетов
- индивидуальная письменная защита в аудитории, состоящая в решении двух задач.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **невыполненной**, если не все пункты задания к РГЗ представлены, или выполнены с грубыми ошибками, оценка **неудовлетворительно** (составляет 0- 49 баллов).
- Работа считается **выполненной на пороговом** уровне, если пункты задания РГР выполнены формально, с ошибками, из двух задач, предлагаемых на защиту решена одна, оценка **удовлетворительно** (50-72 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* (73-86 баллов).
- Работа считается **выполненной на продвинутом** уровне, если РГР выполнена без ошибок, задачи, предлагаемые на защиту решены верно до числового результата, оценка *отлично* (87-100 баллов).

### **Примечание**

Баллы приведены для каждой из частей РГЗ и должны быть умножены на весовой коэффициент согласно таблице, приведенной ниже(см. п. 3).

## **3. Шкала оценки**

Максимально возможные баллы за выполнение РГР, входящие в общий рейтинг, указаны в нижеприведенной таблице.

| .Вид учебной деятельности          |         | Выполнение | Отчет | Защита | Сумма баллов за работу | Кол-во работ | Весовой коэффициент | Макс. балл рейтинга | Макс. сумма за РГЗ |
|------------------------------------|---------|------------|-------|--------|------------------------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                                    |         | Баллы      |       |        |                        | —            | —                   |                     | Баллы              |
| Расчетно-графическое задание (РГЗ) | Часть 1 | 40         | 60    | 100    | 1                      | 0.12         | 12                  | 23                  |                    |
|                                    | Часть 2 | 40         | 60    | 100    | 1                      | 0.11         | 11                  |                     |                    |

- Максимальный балл проставляется за качественное выполнение РГЗ и сдачу его в установленный срок.
- Баллы, полученные за работу по 100-балльной шкале, умножаются на весовой коэффициент.
- Досрочная сдача (не менее чем за неделю до установленного срока) правильно выполненного задания поощряется дополнительно 1÷2 баллами.
- Задержка в сдаче задания оценивается штрафом 1 балл за каждую неделю опоздания.
- В случае возврата задания на доработку и исправления оценка за РГЗ может быть снижена на 1÷3 балла.
- Расчетно-графическое задание считается *сданным*, если студент набрал *не менее 12 баллов из 23 возможных*.
- В общей оценке по дисциплине баллы за РГР учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## **4. Типовое задание на РГЗ**

## Задание к расчетно-графической работе

### Часть 1 Анализ линейной электрической цепи постоянного тока

Для расчета задания студент получает индивидуальную карточку, примерный вид которой представлен на рис.1. Электрическая схема, составленная по данным этой карточки, показана на рис.2.

| Задание по ТОЭ №1 вариант № 110                                |              |        |      |
|----------------------------------------------------------------|--------------|--------|------|
| Ветвь №                                                        | Узлы нач-кон | R (Ом) | E(В) |
| 1                                                              | 1-2          | 700.00 | 0.0  |
| 2                                                              | 3-4          | 500.00 | 0.0  |
| 3                                                              | 1-6          | 0.00   | 2.0  |
| 4                                                              | 3-2          | 600.00 | 0.0  |
| 5                                                              | 3-5          | 630.00 | 0.0  |
| 6                                                              | 4-2          | 600.00 | 5.0  |
| 7                                                              | 5-1          | 270.00 | 0.0  |
| 8                                                              | 6-4          | 0.00   | 0.0  |
| Источник тока $I_k(2-3)=7\text{ мА}$<br>φ-принять равным нулю. |              |        |      |

Рис.1

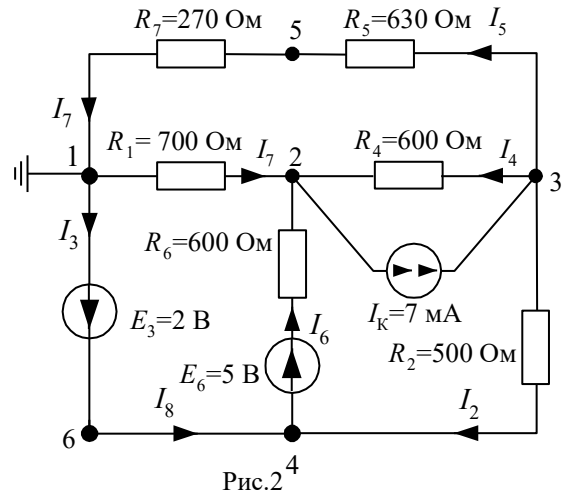


Рис.2

При выполнении расчетно-графической работы часть 1 студенты должны

1. По индивидуальной карточке исходных данных составить схему электрической цепи.
2. Рассчитать токи ветвей методом контурных токов.
3. Проверить расчет по законам Кирхгофа и составить баланс мощностей активных и пассивных элементов *исходной* схемы цепи.
4. Вычислить значение токов ветвей методом узловых потенциалов (напряжений), считая опорным узел, указанный в индивидуальной карточке.
5. Результаты анализа проверить составлением балансов токов ветвей *независимых* узлов *исходной* схемы цепи.
6. Вычислить значение тока в ветви № 4 *исходной* схемы методом эквивалентного источника, рассматривая схему относительно указанной ветви как активный двухполюсник.

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

Найти переходный ток на входе цепи второго порядка, изображенной на схеме, и построить график его изменения в функции времени.

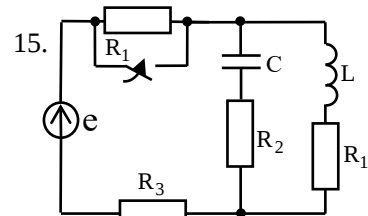
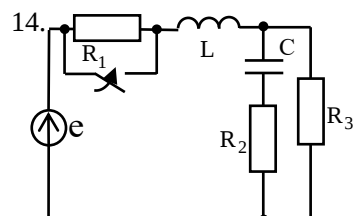
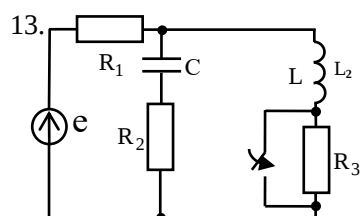
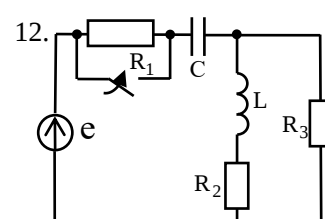
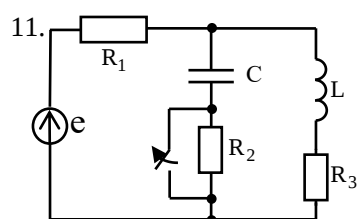
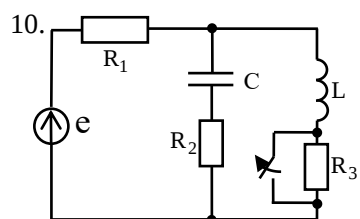
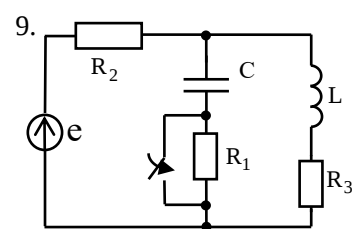
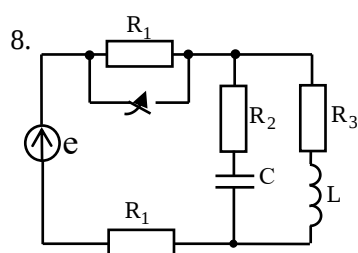
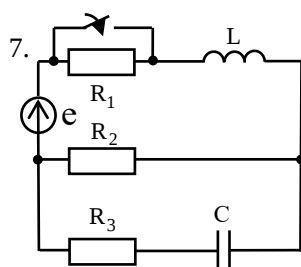
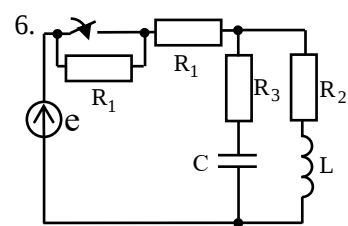
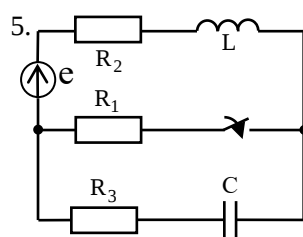
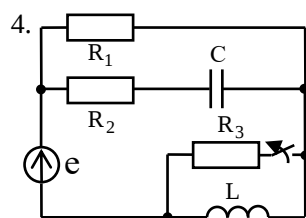
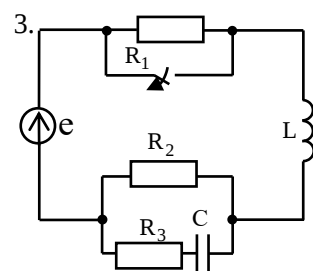
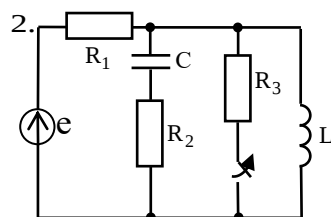
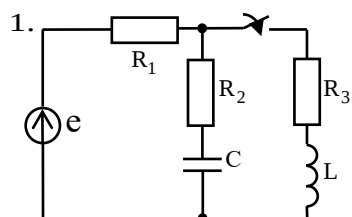
ЭДС источника задана в виде  $e(t) = E_m \cos(10^6 t + \Psi_e)$

Примечания:

- 1) Принужденную составляющую тока рекомендуется найти методом комплексных амплитуд (т.е. символическим методом), а свободную составляющую – операторным.
- 2) Если наибольшее значение свободной составляющей окажется значительно меньшим по сравнению с амплитудой принужденной составляющей, то допускается раздельное построение этих составляющих на чертеже в разных масштабах (без суммирования).

Задание: 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.

## Варианты схем



## **Паспорт лабораторных работ**

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

### **1. Методика оценки**

Цикл лабораторных работ выполняется на компьютеризированном лабораторном стенде, включает шесть обязательных работ по следующим темам.

- 1) Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи л/р № 4.
- 2) Нелинейные резистивные элементы и цепи л/р №27.
- 3) Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения л/р №6.
- 4) Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками л/р №11.
- 5) Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях л/р № 29.
- 6) Исследование процессов заряда и разряда конденсатора л/р № 23.
- 7) \*Компьютерный анализ переходных процессов л/р № 31.
- 8) \*Исследование переходных процессов в цепи с двумя реактивными элементами л/р № 25.

*Примечание: работы, помеченные (\*), выполняются факультативно.*

### ***Подготовка к лабораторной работе***

1. Изучить по лекциям и рекомендованной литературе указанные разделы.
2. Внимательно изучить описание к лабораторной работе.
3. Составить заготовку отчета.
4. При вычерчивании схем электрических цепей, пользоваться обозначениями, принятыми в учебных пособиях по электротехнике последних изданий.
5. Подготовить ответы на вопросы для самостоятельной проверки знаний.

### ***Требования к отчету***

Отчет по работе составляется каждым студентом и должен содержать:

1. номер и наименование работы;
2. цель работы;
3. исследуемые схемы;
4. таблицы измерений и вычислений;
5. расчетные формулы и материалы расчета;  
графики, построенные по результатам экспериментов, с указанием масштабов по осям.
6. выводы по работе.

### ***Оцениваемые позиции:***

- подготовка к работе (заготовка протокола и ответы на контрольные вопросы)
- выполнение работы

- оформление протокола
- защита работы

## 2. Критерии оценки

Цикл лабораторных работ считается **невыполненным**, если не выполнено более двух и защищено менее половины выполненных работ. Оценка составляет **0 - 8** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **пороговом** уровне, если выполнено не менее шести, из них защищено более половины, работ. Оценка составляет **9 – 12** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **базовом** уровне, если все работы выполнены, и не трех из них успешно защищены. Оценка составляет **13 - 16** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **продвинутом** уровне, если все работы выполнены и успешно защищены в срок, в отчетах приводится анализ полученных результатов. Оценка составляет **17 - 18** баллов.

## 3. Шкала оценки

Формирование рейтинга студента в ходе выполнения лабораторных работ приведено в таблице. Указано их количество, весовой коэффициент «К», на который следует умножать сумму полученных (или максимально возможных) баллов, а также максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр.

| Вид учебной деятельности | Выполнение | Отчет | Защита | Сумма баллов за работу (макс) | Кол-во работ | Весовой коэффициент | Макс. сумма за семестр |
|--------------------------|------------|-------|--------|-------------------------------|--------------|---------------------|------------------------|
|                          | баллы      |       |        |                               | –            | –                   | баллы                  |
| Лабораторные работы      | 1          | 1     | 1      | 3                             | 6            | 1                   | 18                     |

- Каждая из выполненных, сданных и защищенных *в срок* лабораторных работ оценивается в **6** баллов максимум. Максимальное число баллов за все лабораторные работы:  **$3 \times 6 \times 1 = 18$  баллов**.
- За выполнение факультативных пунктов лабораторной работы добавляется **1** балл. Защита и сдача лабораторной работы после срока, небрежность оформления отчета приводят к уменьшению рейтинга на **1÷2** балла (за работу).
- Цикл лабораторных работ считается **выполненным**, если студент набрал не менее 9 баллов из 18 возможных.
- В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Пример содержания лабораторной работы

## Лабораторная работа

### НЕЛИНЕЙНЫЕ РЕЗИСТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЦЕПИ

#### Цель работы:

1. Экспериментально получить вольт-амперные характеристики нелинейных резистивных элементов.
2. Научиться рассчитывать цепи постоянного тока с нелинейными резистивными элементами.

#### Объект и средства исследования

Объектом исследования является электрическая цепь с ограничительным резистором  $R_{огр} = 220 \text{ Ом}$ , включенным последовательно с лампой накаливания или со стабилитроном, и переменный резистор, подключаемый параллельно нелинейному элементу. Лампа накаливания (СМН-10), стабилитрон (КС456 А) и переменный резистор (СП4-2М 1 кОм) - из набора миниблоков.

Для измерений используются виртуальные вольтметр и амперметр, выведенные на коннектор, или комбинированные цифровые приборы. Значения токов и напряжений также находятся косвенным путем; их рассчитывают с помощью метода эквивалентного источника, используя законы Ома и Кирхгофа.

Исследуемая цепь со стабилитроном, представляет собой параллельный электронный ключ и может быть использована в реальных условиях в качестве простейшего параметрического стабилизатора напряжения или формирователя однополярных импульсов напряжения.

Вместо постоянного напряжения на вход схемы может быть подано синусоидальное напряжение электронного низкочастотного генератора. В этом случае схема будет работать в режиме формирователя однополярных трапецеидальных выходных импульсов.

#### Общие сведения

Зависимость напряжения элемента электрической цепи от тока  $U(I)$  или наоборот  $I(U)$  называется его вольтамперной характеристикой.

У линейных резисторов вольтамперная характеристика представляет собой прямую линию  $U = RI$  (рис. 27.1). У нелинейных элементов (лампы накаливания, электрическая дуга, диоды, транзисторы и другие электронные приборы) эта зависимость более сложная и часто неоднозначная.

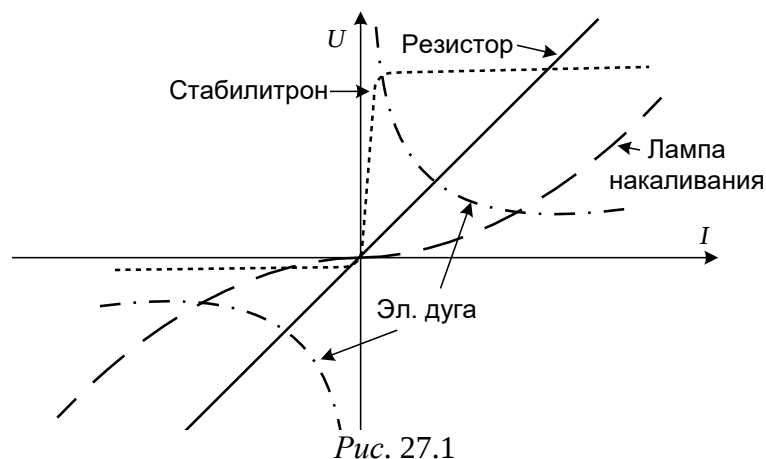


Рис. 27.1

Две принципиальные схемы для снятия вольтамперных характеристик на постоянном токе изображены на рис. 27.2а) и 27.2б). В них используется регулируемый источник постоянного напряжения, а резистор  $R_{огр}$  в этих схемах служит для ограничения тока в цепи при малых сопротивлениях исследуемых элементов.

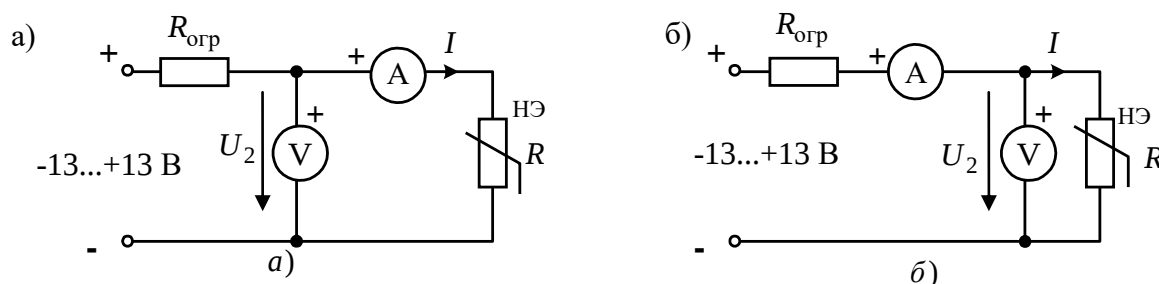


Рис. 27.2

Схема (а) называется схемой измерения с погрешностью по напряжению. Она используется в том случае, когда сопротивление испытуемого элемента велико по сравнению с сопротивлением амперметра. Тогда показание вольтметра близко к напряжению на элементе, хотя фактически он измеряет сумму напряжений на данном элементе и амперметре.

Вторая схема (б) называется схемой измерения с погрешностью по току. Здесь амперметр фактически измеряет сумму токов в данном элементе и вольтметре. Эта схема используется, если сопротивление испытуемого элемента мало по сравнению с сопротивлением вольтметра. Тогда ток вольтметра гораздо меньше тока в испытуемом элементе и им можно пренебречь.

В данной работе по схеме (а) снимаются вольтамперные характеристики лампы накаливания и прямая ветвь характеристики стабилитрона. По схеме (б) снимаются обратная ветвь характеристики стабилитрона.

### Рабочее задание

1. Соберите цепь (рис. 27.2.а) для снятия вольтамперной характеристики лампы накаливания. Монтажная схема изображена на рис. 27.3. **Обратите внимание, что вольтметр и амперметр в этой схеме своими положительными клеммами подключены к точке «А».**
2. Изменяя ток в цепи, как показано в табл. 27.1, запишите в таблицу соответствующие значения напряжения на лампе и на рис. 27.4 постройте график вольтамперной характеристики лампы накаливания.

Т а б л и ц а 27.1

|                |     |     |     |     |   |    |    |    |    |
|----------------|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|
| $I, \text{mA}$ | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| $U, \text{V}$  |     |     |     |     |   |    |    |    |    |

3. Замените лампу накаливания стабилитроном, соблюдая полярность, показанную на рис. 27.3, и снимите его вольтамперную характеристику, устанавливая либо напряжения, либо токи, указанные в табл. 27.2. **Для увеличения точности при отрицательных напряжениях и токах вольтметр должен быть подключён к точке «В», а при положительных – к точке «А».** График вольтамперной характеристики стабилитрона постройте также на рис. 27.4. Часть характеристики, соответствующей обратному включению р-п перехода стабилитрона, построить в первом квадранте, а другую ее часть, соответствующую прямому включению – в третьем.

Т а б л и ц а 27.2

|                |     |     |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| $I, \text{mA}$ | -40 | -20 | 0 |   |   |   |   | 4 | 10 | 20 | 40 |
| $U, \text{V}$  |     |     |   | 1 | 2 | 3 | 4 |   |    |    |    |

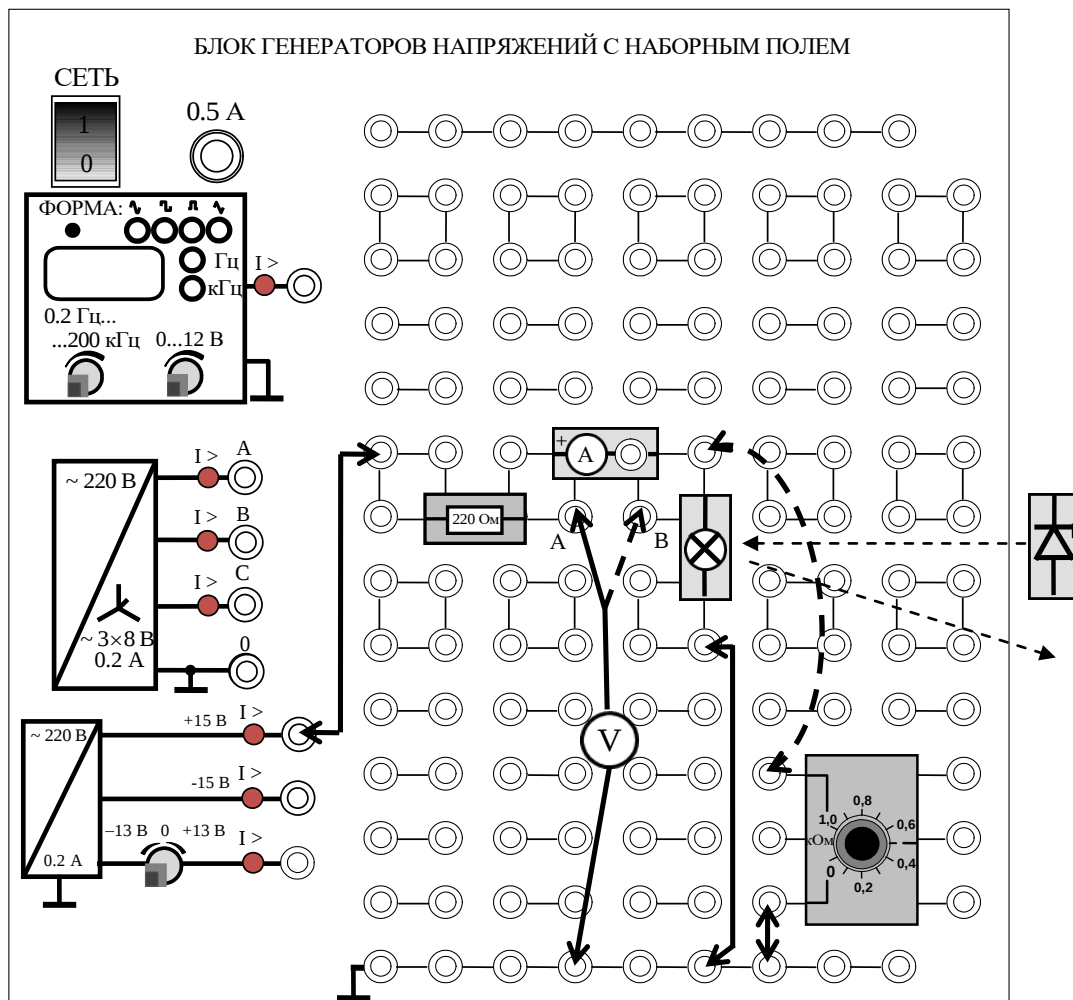


Рис. 27.3

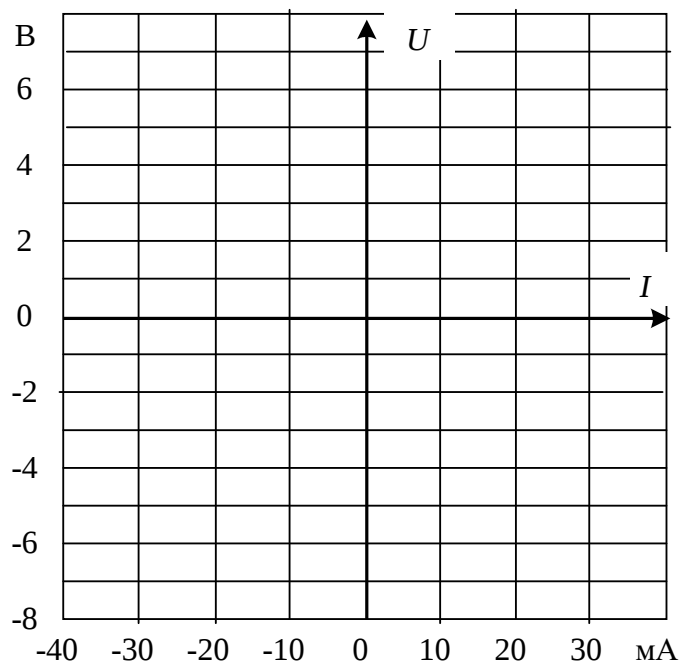


Рис. 27.4

4. В первом квадранте ВАХ стабилитрона построить «опрокинутую» ВАХ токоограничивающего резистора  $R_{огр}$  (нагрузочную прямую) для одного из

предыдущих значений входного напряжения, превышающего напряжение электрического пробоя стабилитрона ( $U > 4 \text{ В}$ ). Определить из графиков напряжение и ток нелинейного элемента для выбранного напряжения  $U$  и сравнить полученный результат с экспериментальными данными.

5. При обратном включении, параллельно к стабилитрону включить нагрузку - переменный резистор, установив его сопротивление в 2 -3 раза превышающим значение  $R_{\text{огр}}$ .
6. Для входного напряжения, выбранного в п.4, измерить напряжение на нагрузке. Рассчитать остальные параметры нелинейной электрической цепи и результаты занести в таблицу 27.3.

**Результаты расчета цепи со стабилитроном**

**Т а б л и ц а 27.3**

| $U_{\text{вх}}$ | $U_{\text{огр}}$ | $U_2$ | $I_{\text{вх}}$ | $I_{\text{стаб}}$ | $I_{\text{нагр}}$ | $R_2$ |
|-----------------|------------------|-------|-----------------|-------------------|-------------------|-------|
| В               | В                | В     | мА              | мА                | мА                | Ом    |
|                 |                  |       |                 |                   |                   |       |

**Результаты расчета цепи с лампой накаливания**

**Т а б л и ц а 27.4**

| $U_{\text{вх}}$ | $U_{\text{огр}}$ | $U_2$ | $I_{\text{вх}}$ | $I_{\text{лампы}}$ | $I_{\text{нагр}}$ | $R_2$ |
|-----------------|------------------|-------|-----------------|--------------------|-------------------|-------|
| В               | В                | В     | мА              | мА                 | мА                | Ом    |
|                 |                  |       |                 |                    |                   |       |

7. Заменить в схеме стабилитрон на лампу накаливания. Измерить напряжение на лампе накаливания. Рассчитать остальные параметры нелинейной электрической цепи и результаты занести в таблицу 27.4. Сравнить опытные и расчетные данные.
8. Установить в схеме со стабилитроном входное напряжение, на (20 – 25)% превышающее значение  $U_{\text{вх}}$  в таблице 27.3. Определить коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора под нагрузкой. Этот коэффициент равен изменению напряжения  $U_{\text{вх}}$ , деленному на изменение напряжения  $U_{\text{стаб}}$ :

$$k_{\text{стаб}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{\Delta U_2}. \text{ Объяснить полученные результаты.}$$

9. Отключить источник постоянного тока. Подать на схему *синусоидальное напряжение с генератора низкой частоты*.
10. С помощью двухлучевого осциллографа измерить входное напряжение и напряжение на стабилитроне.
11. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений в режиме холостого хода и под нагрузкой. Объяснить изменения формы выходного напряжения.

## Методические указания и рекомендации

При расчете электрических цепей любой сложности с одним нелинейным элементом наиболее часто используются методы эквивалентного генератора и пересечения характеристик. Суть первого метода.

1. Разрывается ветвь, содержащая нелинейный элемент. Измеряется или рассчитывается напряжение в точках разрыва  $U_{\text{хх}}$ , которое, в дальнейшем именуется как ЭДС эквивалентного генератора холостого хода  $E_{\text{э}} = U_{\text{хх}}$ .
2. Измеряется или рассчитывается сопротивление относительно точек разрыва, которое, в дальнейшем, именуется внутренним сопротивлением эквивалентного источника  $R_{\text{э}} = R_{\text{вх}}$ . При расчете схема преобразуется в пассивную, для чего все

источники ЭДС в цепи должны быть замкнуты, а источники тока - разомкнуты. При опытным определении  $R_{вх}$  точки разрыва соединяют через амперметр и фиксируют ток короткого замыкания -  $I_{кз}$ . Тогда  $R_{вх} = E_{э} / I_{кз}$ .

3. Исходная схема заменяется эквивалентной (рис. 27.5). Для расчета тока в ее ветви удобней всего использовать метод пересечения характеристик, который заключается в графическом решении уравнения  $U_{нэ} = E_{э} - IR_{э}$ . Правая часть уравнения линейная и представляет собой прямую линию. Применительно к решаемой задаче, метод состоит в следующем.

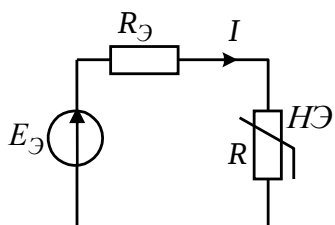


Рис. 27.5

В первом квадранте, где построена ВАХ стабилитрона, полученная при его обратном включении, на оси абсцисс откладывается ток короткого замыкания  $I_{кз} = E_{э} / R_{э}$ , а на оси ординат  $-E_{э}$ . Данные точки соединяются прямой, представляющую собой «зеркальную» ВАХ резистивного элемента  $R_{э}$ . Точка пересечения характеристик линейной части уравнения и нелинейного элемента является решением задачи.

### Программа домашней подготовки к выполнению работы

- По учебным пособиям и конспекту лекций повторить или изучить следующие вопросы:
  - понятие о линейных и нелинейных резистивных элементах электрических цепей и их характеристиках;
  - графические методы анализа нелинейных цепей.
- Заготовить бланк отчета по работе и миллиметровую бумагу для графиков.
- В заготовке протокола работы привести контрольные вопросы и ответы на них.

### Контрольные вопросы

- Какие электрические цепи называются нелинейными?
- Что называется статическим и дифференциальным сопротивлениями нелинейного элемента?
- Какой участок ВАХ стабилитрона соответствует максимальному, а какой – минимальному дифференциальному сопротивлению?
- Что называется нагрузочной прямой (кривой) и как она строится?
- В каком случае и каким образом можно заменить при расчете нелинейное сопротивление линейным сопротивлением и источником ЭДС?
- В каком случае и каким образом можно заменить при расчете нелинейное сопротивление линейным сопротивлением и источником тока?
- Чем ограничиваются максимум и минимум входного напряжения в параметрическом стабилизаторе напряжения?
- Что нужно изменить в исследуемой схеме формирователя импульсов, чтобы получить на выходе импульсы отрицательной полярности?

## Паспорт «Индивидуальные домашние задачи»

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

### 1. Методика оценки

С целью осуществления непрерывного мониторинга работы студента и улучшения усвоения материала в течение семестра, студент получает на практических занятиях индивидуальные задачи, которые выполняются письменно как домашняя контрольная работа.

Контрольная работа включает 8 индивидуальных задач по следующим темам.

1. Анализ двухполюсников в цепи постоянного тока (2-3 неделя).
  2. Расчет разветвленной цепи постоянного тока (4-5 неделя).
  3. Анализ простых электрических цепей переменного тока (6-7 неделя).
  4. Расчет электрических цепей переменного тока (8-9 неделя).
  5. Анализ электрических цепей в резонансном режиме (10-11 неделя).
  6. Переходный процесс в цепи первого порядка с сосредоточенными параметрами (источник постоянного тока) (12-13 неделя).
  7. Переходный процесс в цепи первого порядка с сосредоточенными параметрами (источник постоянного тока) (14-15 неделя).
  8. Цепи с распределенными параметрами (16-17 неделя).
- Срок сдачи заданий указан в скобках.

#### *Оцениваемые позиции*

- Правильность расчетов
- Оптимальный выбор метода решения
- Наличие пояснений к расчетам и необходимых схем
- Проверка расчетов

### 2. Критерии оценки

Контрольная работа (из восьми задач) оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если без существенных ошибок выполнено менее четырех задач из восьми. Оценка составляет **0 - 5** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если без существенных ошибок выполнено более четырех задач из восьми обязательных. Оценка составляет **6- 8** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок. Оценка составляет **9 - 10** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок, при решении задач использованы оригинальные подходы, приводится анализ результатов решения. Оценка составляет **11 - 12** баллов.

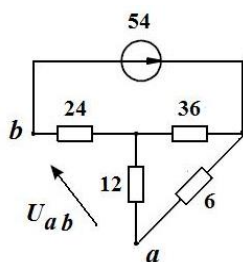
### 3. Шкала оценки

Максимальным баллом (1.5 балла) оценивается индивидуальная задача при наличии проверки и пояснений расчета. Выполнение задачи несколькими способами, оригинальное решение поощряется дополнительными баллами 0.1÷1 балл. Максимальный рейтинг по индивидуальным домашним задачам (за восемь задач):  $8 \cdot 1.5 = 12$  баллов.

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

### 4. Пример варианта контрольной работы из восьми индивидуальных домашних задач

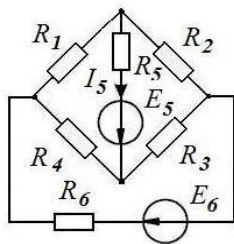
#### 1. Анализ двухполюсников в цепи постоянного тока.



ЭДС источника напряжения задана в вольтах, сопротивления в Омах.

1. Определить напряжение  $U_{ab}$  и сопротивление  $R_{ab}$ . Вместо источника напряжения включить источник тока  $J = 0,5$  А. Определить те же величины.

#### 2. Расчет разветвленной цепи постоянного тока



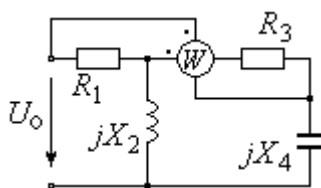
$E_5 = 4$  В;  $E_6 = 6$  В;  
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3$  Ом;  $R_5 = 2$  Ом;  
 $R_6 = 7$  Ом.  
Определить: ток  $I_5$ .

#### 3. Анализ простых электрических цепей гармонического тока.

Цепь состоит из последовательного соединенных активного сопротивления  $R$ , индуктивности  $L = 0,142$  Гн и емкости  $C$ . Напряжение на зажимах цепи 120 В, ток цепи 4 А, активная мощность 240 Вт, частота 50 Гц.

Определить активное сопротивление и емкость. Объяснить, почему существует два значения емкости, удовлетворяющих условию.

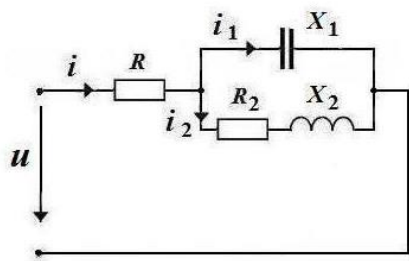
#### 4. Анализ гармонического процесса в линейных электрических цепях



$U_0 = 120$  В,  
 $R_1 = 10$  Ом,  $X_2 = 40$  Ом,  $R_3 = 20$  Ом,  $X_4 = -20$  Ом.

Найти показание ваттметра в цепи

#### 5. Анализ электрических цепей в резонансном режиме

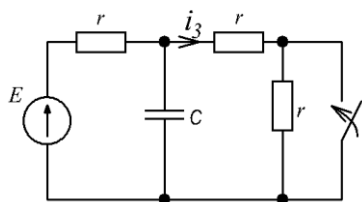


$R_1 = 10 \text{ Ом}; R_2 = X_2; I_1 = 10 \text{ A.}$

$I_2 = 14,1 \text{ A}; U = 200 \text{ В.}$

Определить входной ток  $I$ , и параметры  $R_2, X_1, X_2$ , если цепь настроена в резонанс.

**6. Переходный процесс в цепи первого порядка с сосредоточенными параметрами (источник постоянного тока)**



Дано:

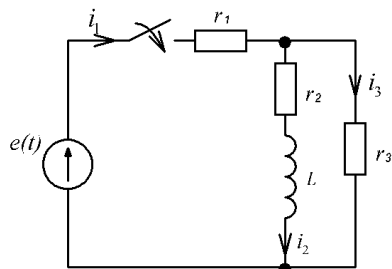
$E = 200(\text{В});$

$r = 30(\text{Ом});$

$C = 500(\text{мкФ}).$

Определить  $i_3(t)$  в переходном режиме классическим методом.

**7. Переходный процесс в цепи с сосредоточенными параметрами (источник гармонического тока)**



Дано:

$e(t) = 200 \sin(100t + \frac{\pi}{2})(\text{В});$

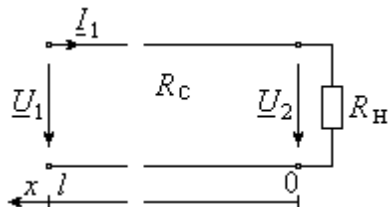
$r_1 = 30(\text{Ом});$

$r_2 = r_3 = 2(\text{Ом});$

$L = 0,1(\text{Гн}).$

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

**8. Анализ гармонического процесса в электрических цепях с распределенными параметрами (длинные линии)**



Напряжение  $u_2(t) = u(0, t)$  в конце отрезка однородной линии без потерь длиной  $l = 4 \text{ (м)}$  изменяется по закону  $u_2(t) = 120 \sin 3 \cdot 10^8 t \text{ (В)}$ . Запишите выражения мгновенных значений напряжения  $u_1 = u(l, t)$  и тока  $i_1 = i(l, t)$  в начале отрезка, если:

- значения сопротивления нагрузки  $R_{\text{н}}$  и характеристического сопротивления линии  $R_c = 100 \text{ Ом}$  одинаковы
- сопротивление нагрузки  $R_{\text{н}} = 0,5 R_c$