

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.03 Основы электротехники**  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности

11.02.17 Разработка электронных устройств и систем

Форма обучения: очная

Рабочая программа учебной дисциплины ОП.03 Основы электротехники разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем, утвержденного приказом Минобрнауки России № 392 от 02.06.2022г

Разработчик(и): Козина Т.Н., преподаватель высшей категории КСД ВВГУ

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии

Протокол № 9 от « 20 » 05 2026 г.

Председатель ЦМК  Т.Н. Козина  
*подпись*

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

|                                                                         |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ .....</b>                                       | <b>3</b>                               |
| <b>1. Общая характеристика .....</b>                                    | <b>4</b>                               |
| 1.1. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы..... | 4                                      |
| 1.2. Планируемые результаты освоения дисциплины .....                   | 4                                      |
| <b>2. Структура и содержание ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                        | <b>4</b>                               |
| 2.1. Трудоемкость освоения дисциплины .....                             | 4                                      |
| 2.2. Содержание дисциплины.....                                         | 5                                      |
| 2.3. Курсовой проект (работа) .....                                     | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| <b>3. Условия реализации ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                            | <b>11</b>                              |
| 3.1. Материально-техническое обеспечение.....                           | 11                                     |
| 3.2. Учебно-методическое обеспечение .....                              | 11                                     |
| <b>4. Контроль и оценка результатов освоения ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>        | <b>11</b>                              |

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

« ОП.03 Основы электротехники »  
(наименование дисциплины)

## 1.1. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Цель дисциплины «ОП.03 Основы электротехники»: формирование представления о современных способах получения, преобразования и использования электрической энергии.

Дисциплина «ОП.03 Основы электротехники»: включена в обязательную часть общепрофессионального цикла образовательной программы.

## 1.2. Планируемые результаты освоения дисциплины

Результаты освоения дисциплины соотносятся с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представленными в матрице компетенций выпускника (п. 4.3 ОПОП-П).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

| Код ОК | Уметь                                                                   | Знать                                                                                                                                                                                                                                                                | Владеть навыками |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| ОК.01  | рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств | основы работы с постоянным и переменным током;<br>основные понятия и законы теории электрических цепей;<br>физические процессы в электрических цепях;<br>методы расчета электрических цепей;<br>основы теории пассивных четырехполюсников, фильтров и активных цепей | -                |
| ОК.02  | анализировать и рассчитывать электрические цепи                         | цепи с распределенными параметрами;<br>электронные пассивные и активные цепи;<br>теорию электромагнитного поля;<br>статические, стационарные электрические и магнитные поля;<br>переменное электромагнитное поле                                                     | -                |

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Трудоемкость освоения дисциплины

| Наименование составных частей дисциплины   | Объем в часах | В т.ч. в форме практ. подготовки |
|--------------------------------------------|---------------|----------------------------------|
| Учебные занятия                            | 60            | -                                |
| Курсовая работа (проект)                   | -             | -                                |
| Самостоятельная работа                     | -             | -                                |
| Промежуточная аттестация в форме - экзамен | 10            | -                                |
| Всего                                      | 70            | -                                |

## 2.2. Содержание дисциплины

| Наименование разделов и тем                                                    | Содержание учебного материала, практических и лабораторных занятий |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Объем, ак. ч. /<br>в том числе<br>в форме<br>практической<br>подготовки,<br>ак. ч. | Коды компетенций,<br>формировани<br>ю которых<br>способствует<br>элемент<br>программы |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                              | 2                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                                                                                  | 4                                                                                     |
| Раздел 1. Электрические цепи постоянного тока                                  |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 18 час.                                                                            |                                                                                       |
| Тема 1.1<br>Проводники<br>и диэлектрики<br>в электрическом<br>поле             | Содержание учебного материала                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6                                                                                  | ОК.1, ОК.2                                                                            |
|                                                                                | 1.                                                                 | Электрическое поле и его основные характеристики. Закон Кулона.<br>Диэлектрическая проницаемость. Напряженность и потенциал электрического поля. Эквипотенциальные поверхности.<br>Электрическая емкость. Конденсаторы. Общая емкость при последовательном, параллельном и смешанном соединении конденсаторов                          |                                                                                    |                                                                                       |
|                                                                                | В том числе практических занятий                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 1.                                                                 | Рассчитать схему 3-х последовательно соединенных конденсаторов                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 2.                                                                 | Рассчитать схему 3-х параллельно соединенных конденсаторов                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 3.                                                                 | Рассчитать схему смешанно-соединенных конденсаторов                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 4.                                                                 | Рассчитать энергию батареи смешанно-соединенных конденсаторов                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | В том числе самостоятельная работа обучающихся                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |                                                                                       |
|                                                                                | решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |                                                                                       |
| Тема 1.2.<br>Простые<br>и сложные<br>электрические<br>цепи постоянного<br>тока | Содержание учебного материала                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6                                                                                  | ОК.1, ОК.2                                                                            |
|                                                                                | 1.                                                                 | Элементы электрических цепей. Электрическое сопротивление. Закон Ома.<br>Измерение потенциалов в электрической цепи. Потенциальная диаграмма.<br>Работа и мощность электрического тока. Режимы работы электрических цепей.<br>Схемы замещения электрических цепей. Последовательное, параллельное и смешанное соединение сопротивлений |                                                                                    |                                                                                       |
|                                                                                | В том числе практических занятий                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 5.                                                                 | Собрать схему 3-х последовательно соединенных резисторов, рассчитать полное сопротивление с помощью программы « <i>Electronics Workbench</i> »                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                  |                                                                                       |
|                                                                                | 6.                                                                 | Собрать схему 3-х параллельно соединенных резисторов, рассчитать полное                                                                                                                                                                                                                                                                | 1                                                                                  |                                                                                       |

|                                                       |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |            |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------|
|                                                       |                                                                                                            | сопротивление с помощью программы « <i>Electronics Workbench</i> »                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |            |
|                                                       | 7                                                                                                          | Собрать схему смешанного соединения резисторов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 |            |
|                                                       | 8.                                                                                                         | Рассчитать полное сопротивление с помощью программы « <i>Electronics Workbench</i> »                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 |            |
|                                                       | В том числе самостоятельная работа обучающихся: решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |            |
| Тема 1.3. Расчет электрических цепей постоянного тока | Содержание учебного материала                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6 | ОК.1, ОК.2 |
|                                                       | 1.                                                                                                         | Законы Кирхгофа. Неразветвленные и разветвленные электрические цепи. Расчёты электрических цепей методами узловых и контурных уравнений, эквивалентных сопротивлений (метод свертывания цепи). Расчёт электрических цепей методами преобразования треугольника и звезды сопротивлений, наложения токов, эквивалентного генератора, контурных токов и узловых потенциалов |   |            |
|                                                       | В том числе практических занятий                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4 |            |
|                                                       | 9.                                                                                                         | Экспериментальная проверка закона Ома. Измерения потенциалов в электрической цепи, построение потенциальной диаграммы                                                                                                                                                                                                                                                    | 1 |            |
|                                                       | 10.                                                                                                        | Исследование неразветвленной электрической цепи с переменным сопротивлением приемника энергии<br>Исследование последовательного и параллельного соединения в схеме из резисторов.                                                                                                                                                                                        | 1 |            |
|                                                       | 11.                                                                                                        | Изучение смешанного соединения резисторов. Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду<br>Изучение законов Кирхгофа для многоконтурных цепей                                                                                                                                                                                                        | 1 |            |
|                                                       | 12.                                                                                                        | Опытная проверка принципа наложения токов<br>Проведение опытной проверки метода эквивалентного генератора                                                                                                                                                                                                                                                                | 1 |            |
|                                                       | В том числе самостоятельная работа обучающихся: решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |            |
|                                                       | Раздел 2. Магнитное поле                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |            |
| Тема 2.1.                                             | Содержание учебного материала                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4 |            |

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| Магнитные цепи                                                  | 1. Основные параметры, характеризующие магнитное поле. Закон Ампера. Закон Био-Савара. Циркуляция магнитной индукции. Магнитные поля прямого провода, кольцевой и цилиндрической катушек. Магнитный поток. Магнитное потокоцепление. Индуктивность собственная и взаимная. Магнитные свойства вещества. Напряженность магнитного поля. Закон полного тока. Явление магнитного гистерезиса. Магнитные цепи. Расчет неразветвленной однородной магнитной цепи. Магнитное сопротивление. Расчет неразветвленной неоднородной магнитной цепи |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         | ОК.1, ОК.2 |
|                                                                 | В том числе практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
|                                                                 | В том числе самостоятельная работа обучающихся: решение задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
| Тема 2.2. Электромагнитная индукция и ЭДС самоиндукции          | Содержание учебного материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4       | ОК.1, ОК.2 |
|                                                                 | 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Силы Лоренца. Взаимодействие сил Лоренца и Кулона. Индуцированная ЭДС. Правило правой руки. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. Принцип действия трансформатора. Вихревые токи. Энергия электрического и магнитного полей |         |            |
|                                                                 | В том числе практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2       |            |
|                                                                 | 13.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Изучение явления взаимной индукции. Исследование работы трансформатора                                                                                                                                                                                                      | 2       |            |
|                                                                 | В том числе самостоятельная работа обучающихся: оформление отчетов по практическим занятиям                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
| Раздел 3. Электрические цепи переменного тока                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                             | 34 час. |            |
| Тема 3.1. Основные сведения о синусоидальном электрическом токе | Содержание учебного материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2       | ОК.1, ОК.2 |
|                                                                 | 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Получение синусоидальной ЭДС. Уравнения и графики синусоидальных величин. Векторные диаграммы. Действующая и средняя величины переменного тока                                                                                                                              |         |            |
|                                                                 | В том числе практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
|                                                                 | В том числе самостоятельная работа обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
| Тема 3.2.                                                       | Содержание учебного материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             | 10      |            |

|                                                                               |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
| Элементы и параметры электрических цепей переменного тока                     | 1.                                                                                                                | Цепи с активным сопротивлением, индуктивностью, емкостью. Графики и векторные диаграммы. Мгновенная, активная и реактивная мощности. Последовательное и параллельное соединение активного и реактивного сопротивлений в электрической цепи переменного тока                                               |          | ОК.1, ОК.2 |
|                                                                               | <b>В том числе практических занятий</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>8</b> |            |
|                                                                               | 14.                                                                                                               | Исследование реальной катушки индуктивности с последовательным соединением элементов схемы замещения                                                                                                                                                                                                      | 2        |            |
|                                                                               | 15.                                                                                                               | Исследование реальной катушки индуктивности с параллельным соединением элементов схемы замещения                                                                                                                                                                                                          | 2        |            |
|                                                                               | 16.                                                                                                               | Исследование реального конденсатора с последовательным соединением элементов схемы замещения                                                                                                                                                                                                              | 2        |            |
|                                                                               | 17.                                                                                                               | Исследование реального конденсатора с параллельным соединением элементов схемы замещения                                                                                                                                                                                                                  | 2        | ОК.1, ОК.2 |
| Тема 3.3.<br>Резонанс в электрических цепях. Фильтры                          | <b>В том числе самостоятельная работа обучающихся: решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |            |
|                                                                               | <b>Содержание учебного материала</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>6</b> |            |
|                                                                               | 1.                                                                                                                | Резонанс напряжений. Волновое сопротивление. Добротность контура. Резонанс токов. Волновая проводимость. Добротность контура. Общие сведения о пассивных и активных электронных цепях. Фильтры. Типы фильтров. Принцип работы пассивных фильтров                                                          |          |            |
|                                                                               | <b>В том числе практических занятий</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>4</b> |            |
|                                                                               | 18.                                                                                                               | Исследование цепи с резонансом напряжений                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2        |            |
|                                                                               | 19.                                                                                                               | Исследование цепи с резонансом токов                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2        | ОК.1, ОК.2 |
| Тема 3.4.<br>Символический метод расчёта электрических цепей переменного тока | <b>В том числе самостоятельная работа обучающихся: решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |            |
|                                                                               | <b>Содержание учебного материала</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>4</b> |            |
|                                                                               |                                                                                                                   | Выражения характеристик электрических цепей комплексными числами. Выражение синусоидальных величин комплексными числами. Комплексные сопротивления, проводимости, мощности. Основные уравнения электрических цепей в комплексной форме. Законы Кирхгофа. Расчёт электрических цепей символическим методом |          |            |

|                                                               |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
|                                                               | <b>В том числе практических занятий</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
|                                                               | <b>В том числе самостоятельная работа обучающихся</b>                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
| <b>Тема 3.5.</b><br>Трехфазные цепи                           | <b>Содержание учебного материала</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>8</b> | ОК.1, ОК.2 |
|                                                               |                                                                                                                   | Общие сведения о трехфазных системах. Получение трехфазной ЭДС. Соединение звездой при симметричной нагрузке. Фазные и линейные напряжения и токи.<br>Соединение треугольником при симметричной нагрузке. Фазные и линейные напряжения и токи.<br>Общие сведения о несимметричных трехфазных цепях. Основные причины появления несимметрии в трёхфазных системах. Трехфазные несимметричные цепи при соединении источника и приемника звездой. Смещение нейтрали. Роль нулевого провода.<br>Трехфазные несимметричные цепи при соединении приемника треугольником. Переменное, вращающееся электромагнитное поле. Мощность в трёхфазных несимметричных цепях |          |            |
|                                                               | <b>В том числе практических занятий</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>2</b> |            |
|                                                               | 20.                                                                                                               | Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1        |            |
|                                                               | 21.                                                                                                               | Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «треугольником»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1        |            |
|                                                               | <b>В том числе самостоятельная работа обучающихся:</b> решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
|                                                               |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
| <b>Тема 3.6.</b><br>Переходные процессы в электрических цепях | <b>Содержание учебного материала</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>4</b> | ОК.1, ОК.2 |
|                                                               |                                                                                                                   | Общие сведения о переходных процессах. Причины возникновения переходных процессов. Первый и второй законы коммутации. Включение и отключение катушки индуктивности в электрических цепях постоянного напряжения. Заряд и разряд конденсатора в цепи «RC».<br>Уравнения переходных токов и напряжений. Графики переходных процессов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |            |
|                                                               | <b>В том числе практических занятий</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>2</b> |            |
|                                                               | 22.                                                                                                               | Изучение переходных процессов заряда и разряда конденсатора                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2        |            |
|                                                               | <b>В том числе самостоятельная работа обучающихся:</b> решение задач, оформление отчетов по практическим занятиям |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |
|                                                               |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |

|                                 |           |  |
|---------------------------------|-----------|--|
| <b>Промежуточная аттестация</b> | 10        |  |
| Консультации                    | 4         |  |
| Экзамен                         | 6         |  |
| <b>Итого</b>                    | <b>70</b> |  |

### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Материально-техническое обеспечение

Кабинет технических средств обучения, оснащенный в соответствии с приложением 3 ОПОП-П.

Лаборатория электротехники, оснащенная в соответствии с приложением 3 ОПОП-П.

#### 3.2. Учебно-методическое обеспечение

##### 3.2.1. Основные печатные и/или электронные издания

###### 1. Наименование.

1. Аполлонский, С. М. Основы электротехники. Практикум / С. М. Аполлонский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 320 с. — ISBN 978-5-507-47193-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/340016>

2. Ватаев, А. С. Основы электротехники. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие для СПО / А. С. Ватаев, Г. А. Давидчук, А. М. Лебедев. — Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-4488-0870-8, 978-5-4497-0629-4. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/96967>

3. Кольниченко, Г. И. Основы электротехники / Г. И. Кольниченко, Я. В. Тарлаков, А. В. Сиротов [и др.]. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-8312-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/298511>

4. Потапов, Л. А. Основы электротехники: учебное пособие для СПО / Л. А. Потапов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 376 с. — ISBN 978-5-507-47587-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/393473>

5. Сильвашко, С. А. Основы электротехники: учебное пособие для СПО / С. А. Сильвашко. — Саратов: Профобразование, 2020. — 209 с. — ISBN 978-5-4488-0671-1. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92141>

### 4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Результаты обучения                                                                                                                                                                            | Показатели освоённости компетенций                                                                                                                                                                                                                                    | Методы оценки                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знает:</b><br>- основы работы с постоянным и переменным током;<br>- основные понятия и законы теории электрических цепей;<br>- физические процессы в электрических цепях;<br>методы расчета | четкость и правильность ответов на вопросы;<br>- логика изложения материала;<br>- ясность и аргументированность изложения собственного мнения<br>Актуальность темы, адекватность результатов поставленным целям, полнота ответов, точность формулировок, адекватность | Экспертное наблюдение выполнения практических работ и видов работ по практике<br>Диагностика (тестирование, контрольные работы) |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>электрических цепей;<br/>- основы теории пассивных четырехполусников, фильтров и активных цепей</p> <p><b>Умеет:</b></p> <p>- рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств</p>                                                                                                                         | <p>применения профессиональной терминологии.</p> <p>Правильность, полнота выполнения заданий, точность формулировок, точность расчетов, соответствие требованиям</p> <p>.</p>                                                                                                        |                                                                                                                                            |
| <p><b>Знает:</b></p> <p>- цепи с распределенными параметрами;<br/>- электронные пассивные и активные цепи;<br/>теорию электромагнитного поля;<br/>- статические, стационарные электрические и магнитные поля;<br/>- переменное электромагнитное поле</p> <p><b>Умеет:</b></p> <p>анализировать и рассчитывать электрические цепи</p> | <p>- скорость и точность выполнения задания;<br/>- соответствие выбранного алгоритма условию задачи;<br/>- способность грамотно и быстро проводить анализ и расчет электрических цепей;<br/>- обоснованность выбора применения методов и способов решения профессиональных задач</p> | <p>Экспертное наблюдение выполнения практических работ и видов работ по практике</p> <p>Диагностика (тестирование, контрольные работы)</p> |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
по учебной дисциплине

**ОП. 03 Основы электротехники**

программы подготовки специалистов среднего звена

11.02.17 Разработка электронных устройств и систем

Форма обучения: очная

Владивосток 2026

Контрольно-оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине ОП. 03 «Основы электротехники» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем, утвержденного приказом Минобрнауки России № 392 от 02.06.2022г

Разработчик(и): Козина Т.Н., преподаватель высшей категории КСД ВВГУ

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии

Протокол № 9 от « 20 » 05 2026 г.

Председатель ЦМК  Т.Н. Козина  
*подпись*

## 1. Общие положения

Комплекс оценочных средств (КОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины ОП.03 Основы электротехники

Формой аттестации по учебной дисциплине является дифференцированный зачет

КОС разработаны на основании:

- ФГОС СПО 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем
- основной образовательной программы по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем;
- программы учебной дисциплины ОП.03 Основы электротехники

## 2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

| Код ПК, ОК      | Умения                                                                  | Знания                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 01,<br>ОК 02 | рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств | основы работы с постоянным и переменным током;<br>основные понятия и законы теории электрических цепей;<br>физические процессы в электрических цепях;<br>методы расчета электрических цепей;<br>основы теории пассивных четырехполюсников, фильтров и активных цепей |
|                 | анализировать и рассчитывать электрические цепи                         | цепи с распределенными параметрами;<br>электронные пассивные и активные цепи;<br>теорию электромагнитного поля;<br>статические, стационарные электрические и магнитные поля;<br>переменное электромагнитное поле                                                     |

### 3. Перечень оценочных средств освоения учебной дисциплины

| Код контрольного задания | Функциональный признак (тип контрольного задания, наименование) оценочного средства                                                                                             | Краткая характеристика оценочного средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Представление оценочного средства в фонде    |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1                        | 2                                                                                                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4                                            |
| 1                        | Портфолио                                                                                                                                                                       | Целевая подборка работ студента, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Структура портфолио                          |
| 2                        | Проект<br><br>Практико-ориентированный или творческий учебный проект (курсовой, исследовательский, обучающий, сервисный, социальный, творческий, рекламно-презентационный т.п.) | Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся | Темы групповых и/или индивидуальных проектов |
| 3                        | Доклад, сообщение, презентация                                                                                                                                                  | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы                                                                                                                                                                                                                                                                        | Темы докладов, сообщений, презентаций        |
| 4                        | Экзаменационные материалы                                                                                                                                                       | Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Вопросы по темам/разделам дисциплины         |
| 5                        | Отчёт                                                                                                                                                                           | (по практикам, научно-исследовательской работе студентов, практическим занятиям, лабораторным работам) позволяют студенту обобщить знания, умения и навыки, ОК, ПК приобретенные за время прохождения базовых и профильных учебных производственных, научно-производственных практик, практических занятий, лабораторных работ. Отчеты готовятся индивидуально                                                                                                                         | Структура отчёта                             |

### 3.1 Оценка освоения учебной дисциплины

1 Оценка качества освоения учебной дисциплины осуществляется в двух основных направлениях:

- оценка уровня освоения знаний и умений;
- оценка освоения общих и профессиональных компетенций студента.

2 Общая оценка уровня освоения учебной дисциплины оценка общих и профессиональных компетенций студента включает в себя, текущую (полученную на занятии по окончании освоения действия каждой ДМ) и итоговую оценку (полученную на дифференцированном зачёте, по окончании освоения действий всего модуля учебной дисциплины).

3 Оценка уровня освоения знаний и умений учебной дисциплины осуществляется в соответствии системой оценивания, принятой СПО.

4 Оценка уровня освоения практического опыта практик осуществляется в соответствии системой оценивания, принятой СПО.

5 Оценка уровня освоения общих и профессиональных компетенций студента предусматривает уровень недифференцированного оценивания:

- компетенция освоена;
- компетенция не освоена.

6 Оценочная школа освоения общих и профессиональных компетенций предусматривает:

- компетенция освоена от 70% до 100%;
- компетенция не освоена от 70% до 0%

### 3.2 Критерии оценки уровня освоения учебной дисциплины

1 Уровень дифференцированного оценивания применения совокупности знаний умений, практического опыта студентов в баллах:

- 5 (*отлично*);
- 4 (*хорошо*);
- 3 (*удовлетворительно*);
- 2 (*неудовлетворительно*).

2 Уровень недифференцированного оценивания применения совокупности знаний умений, практического опыта студентов в баллах:

- *зачет*;
- *незачет*.

3 Оценка освоения учебной дисциплины выставляется в журнал по следующим критериям:

- 70%-80%- удовлетворительно;
- 80%-90%- хорошо;
- 90%-100%- отлично.

### 1.3 Критерии оценки письменных и графических работ

1 При дифференцированном оценивании применения совокупности знаний умений, практического опыта, освоения общих и профессиональных компетенций:

- 5 (*отлично*) ставится за 95-100% правильно выполненной работы;
- 4 (*хорошо*) ставится за 80-94% правильно выполненной работы;
- 3 (*удовлетворительно*) ставится за 51-79% правильно выполненной работы;
- 2 (*неудовлетворительно*) ставится за 0-50% правильно выполненной работы.

2 При недифференцированном оценивании применения совокупности знаний умений, практического опыта, освоения общих и профессиональных компетенций а:

- *зачет* ставится за 51-100% правильно выполненной работы;
- *незачет* ставится за 0-50% правильно выполненной работы.

#### 1.4 Критерии оценки устных ответов

- 1 При выставлении оценки учитывается глубина и прочность усвоения действия.
- 2 При выставлении оценки необходимо иметь в виду, что она не является средним арифметическим за каждый вопрос ответа, а обобщает применение совокупности знаний умений, практического опыта, освоения общих и профессиональных компетенций в комплексе.

3.5 При дифференцированном оценивании применения совокупности знаний умений, практического опыта, освоения общих и профессиональных компетенций:

- 5 (*отлично*) ставится студенту, глубоко и прочно усвоившему применение совокупности знаний умений, практического опыта, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагающему программный материал, умеющему тесно увязать теорию с практикой;

- 4 (*хорошо*) ставится студенту, твердо знающему применение совокупности знаний умений, практического опыта, грамотно и по существу излагающему программный материал, не допускающему существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяющему теоретические положения при решении практических задач;

- 3 (*удовлетворительно*) ставится студенту, который имеет знания только основного программного материала, но не усвоил его деталей, допускает серьезные неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает существенные затруднения в применении теоретических знаний при выполнении практических заданий;

- 2 (*неудовлетворительно*) ставится студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки, с трудом может применить теоретические знания при выполнении практических заданий или совершенно не владеет вопросами программного материала.

5.5.4 При недифференцированном оценивании применения совокупности знаний умений, практического опыта, освоения общих и профессиональных компетенций:

- *зачет* ставится за ответ, соответствующей любой положительной оценке;

- *незачет* ставится за ответ, соответствующий неудовлетворительной оценке.

#### 3.6 Классификация ошибок

1 За каждую допущенную в работе или ответе ошибку снимаются проценты в зависимости от вида ошибки.

2 Ошибка, повторяющаяся несколько раз в работе или ответе, считается за одну ошибку.

3 Ошибки подразделяются на:

- грубые ошибки;
- простые ошибки;
- описки (неточности), повлекшие за собой ошибки;
- простые описки (неточности).

#### 3.7 Критерии ошибок

1 *Грубая ошибка* – ошибка, искажающая научный факт. За каждую допущенную грубую ошибку снимается 20%.

2 *Простая ошибка* – неправильное применение научных фактов.. За каждую простую ошибку снимается 10%.

3 *Описка (неточность), повлекшая за собой ошибки* – неверная ошибочная запись (высказывание), которая в ходе выполнения работы (ответа) привела к неверному толкованию, описанию, ответу. За каждую такую опisku (неточность) снимается 5%.

4 *Простая описка (неточность)* – неверная ошибочная запись (высказывание), которая в ходе выполнения работы (ответа) не повлияла на результат. За каждую такую опisku (неточность) снимается 1%.

#### 3.8 Критерии оценки портфолио

Портфолио – это сборник разнообразных материалов по определенной тематике, сгруппированных по выделенным рубрикам.

Портфолио позволяет оценить прирост знаний учащегося, развитие когнитивных компетентностей, сформированность умений (в том числе прикладных), развитость коммуникативных умений, сформированность умений самоконтроля и самооценки.

Содержание портфолио свидетельствует об очевидном прогрессе обучающихся в плане развития перечисленных выше умений и компетенций.

Наличие обязательных рубрик. Содержание (оглавление) портфолио с перечислением его основных элементов. Каждый элемент портфолио должен быть датирован, чтобы проследить динамику роста знаний и формирования компетенций обучающегося в учебном процессе.

5 (*Отлично*) – ставится студенту при наличии дополнительных рубрик (поисковых, ситуативных, описательных), демонстрирующих полезность портфолио для обучающегося.

4 (*Хорошо*) - ставится обучающемуся при наличии ко всему перечисленному выше в портфолио дополнительных рубрик, но не всегда явно выражена их полезность для обучающегося, недостаточно выражена оригинальность, творчество в оформлении портфолио.

3 (*Удовлетворительно*) - ставится обучающемуся при наличии сопроводительного письма владельца портфолио с описанием цели, предназначения и краткого содержания портфолио.

## 5. Примеры оценочных средств для проведения текущей аттестации

### 5.1 Вопросы для устного опроса (собеседование)

1. Физические процессы возникновения электрического тока.
2. Параметры электрического тока
3. Источники электрической энергии
4. Составные элементы электрической цепи
5. Закон Ома для участка цепи
6. Закон Ома для полной цепи
7. Изображение электрических цепей и их элементов
8. Режимы работы электрической цепи
9. Работа и мощность электрического тока
10. Эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов
11. Эквивалентное сопротивление при параллельном соединении резисторов
12. Смешанное соединение сопротивлений
13. Применение законов Кирхгофа при расчете сложных электрических цепей
14. Определение потерь напряжения в проводах
15. Основные характеристики магнитного поля
16. Закон полного тока
17. Измерение мощности потерь в ферромагнитном сердечнике
18. Самоиндукция, взаимная индукция
19. Устройство и область применения однофазных трансформаторов
20. Принцип действия однофазного трансформатора
21. Режимы работы трансформаторов
22. Основные характеристики магнитного поля.
23. Ферромагнетизм, ферромагнитные материалы.
24. Активное сопротивление в цепях переменного тока
25. Индуктивное сопротивление в цепях переменного тока
26. Емкостное сопротивление в цепях переменного тока
27. Активная мощность
28. Последовательное соединение катушки и конденсатора
29. Цепь переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением.
30. Параллельное соединение катушки и конденсатора
31. Резонанс в электрических цепях переменного тока
32. Получение трехфазной ЭДС
33. Области применения трехфазных устройств
34. Высшие гармоники в трехфазной цепи
38. Определение коэффициента мощности
36. Электрические цепи при несинусоидальном периодическом напряжении на входе цепи
37. Расчет действующего значения несинусоидального тока
38. Расчет активной и полной мощности
39. Нелинейные электрические цепи
40. Переходные процессы в линейных электрических цепях
41. Соединение приемников энергии звездой
42. Соединение приемников энергии треугольником

### 5.2 Примерные практические работы

Задача 1 Электродвигатель, потребляющий мощность  $10 \text{ кВт}$ , подключен к сети с напряжением  $225 \text{ В}$ . Определить силу тока электродвигателя.

Задача 2 В цепи питания нагревательного прибора, включенного под напряжение  $220\text{ В}$ , сила тока  $5\text{ А}$ . Определить мощность прибора и стоимость энергии израсходованной прибором за 4 часа работы. Стоимость  $1\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  электрической энергии  $2,50\text{ руб}$ .

Задача 3 Определить количество тепла, выделенного прибором в течение 1 часа при сопротивлении прибора  $r = 88\text{ Ом}$  и напряжении на его зажимах  $U = 220\text{ В}$ .

Задача 4 В сеть напряжением  $120\text{ В}$  включены последовательно обмотка электродвигателя с сопротивлением  $r_1 = 24\text{ Ом}$  и реостат с сопротивлением  $r_2$ , которое можно изменить от 0 до  $96\text{ Ом}$ . Определить, в каких пределах можно регулировать силу тока в цепи.

Задача 5 К сети напряжением  $220\text{ В}$  подключены: электродвигатель, потребляющий мощность  $5,5\text{ кВт}$ , и 11 ламп накаливания мощностью по  $100\text{ Вт}$ . Определить ток в подводящих проводах.

Задача 6 Определить эквивалентное сопротивление 10 параллельно включенных ламп накаливания, если номинальная мощность лампы  $200\text{ Вт}$ , а номинальное напряжение  $220\text{ В}$ .

Задача 7 Вычислить, с какой силой магнитное поле, созданное током, действует на проводник, если магнитная индукция поля  $B = 1,5\text{ тл}$ , рабочая длина проводника  $l = 0,4\text{ м}$  и по нему протекает ток  $I = 50\text{ а}$ .

Задача 8 Вычислить магнитную индукцию поля, если оно действует на проводник с силой  $6\text{ н}$ . Рабочая длина проводника, помещенного в магнитное поле, составляет  $0,5\text{ м}$ , а сила тока, протекающая в нем,  $30\text{ а}$ .

Задача 9 Определить силу  $F$  притяжения электромагнита, если индукция  $B = 1,2\text{ Т}$ , а сечение полюсов  $200\text{ см}^2$  ( $0,02\text{ м}^2$ )

Задача 10 Обмотка, намотанная на цилиндрический каркас длиной  $l = 0,3\text{ м}$ , состоит из 1800 витков и по ним протекает ток  $I = 0,2\text{ а}$ . Вычислить напряженность магнитного поля внутри этой катушки.

Задача 11 Магнитная индукция стали  $B = 1,5\text{ тл}$ , площадь поперечного сечения сердечника, изготовленного из этой стали,  $0,003\text{ м}^2$ . Вычислить магнитный поток, пронизывающий этот сердечник.

Задача 12 Магнитная индукция  $B = 2\text{ тл}$ . Проводник длиной  $l = 0,4\text{ м}$  движется под углом  $90^\circ$  к магнитным линиям со скоростью  $v = 15\text{ м/сек}$ . Определить индуцируемую в нем э. д. с.

Задача 13 На цилиндр каркаса без сердечника намотано в один слой 500 витков проволоки. Длина каркаса катушки  $l = 0,24\text{ м}$ , а ее диаметр  $d = 0,02\text{ м}$ . Определить индуктивность этой катушки, если магнитная проницаемость воздуха, окружающего катушку,  $\mu_1 = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ гн/м}$ .

Задача 14 В катушке, обладающей индуктивностью  $L = 5\text{ гн}$ , протекает электрический ток, сила которого изменяется за 2 сек на  $10\text{ а}$ . Вычислить, какая э. д. с. самоиндукции возникает в катушке.

Задача 15 Первая ветвь параллельного соединения состоит из сопротивления  $18\text{ ом}$ . Вторая ветвь состоит из трех последовательно включенных сопротивлений по  $12\text{ ом}$ . Определить общее сопротивление разветвления.

Задача 16 Восемь проводников сопротивлением по  $10\text{ ом}$  каждый соединены в четыре одинаковые параллельные группы. Определить общее сопротивление цепи.

Задача 17 Проводник сопротивлением  $7\text{ ом}$  включен последовательно с разветвлением, состоящим из четырех проводников в  $2, 4, 6$  и  $8\text{ ом}$ . Определить общее сопротивление цепи.

Задача 18 Разветвление из трех параллельно включенных сопротивлений в  $3, 8$  и  $6\text{ ом}$  включено последовательно с другим разветвлением, состоящим из четырех сопротивлений в  $2, 7, 6$  и  $3\text{ ом}$ . Определить общее сопротивление цепи.

Задача 19 Три проводника соединены между собой параллельно. Сопротивление первого проводника  $3\text{ ом}$ , второго  $4\text{ ом}$ , третьего  $6\text{ ом}$ . Ток, протекающий по первому проводнику, равен  $2\text{ а}$ . Определить общий ток.

Задача 20 Напряжение сети  $12\text{ в}$ . Общий ток, потребляемый четырьмя параллельно включенными одинаковыми лампами, равен  $8\text{ а}$ . Определить сопротивление каждой лампы.

Задача 21 Группа из трех параллельно соединенных проводников в 2,9 и 6 *ом* соединена последовательно с другой группой из четырех параллельно соединенных проводников в 2, 4, 6 и 3 *ом*. Напряжение сети равно 30 *в*. Определить ток в каждом проводнике.

Задача 22 Провод с активной длиной 20 см (0,2 м) и током 300 А расположен в однородном магнитном поле с индукцией 1,2 Т.

Определить электромагнитную силу, действующую на провод, если он расположен в плоскости, перпендикулярной полю.

Задача 23 Определить работу при перемещении провода длиной 30 см (0,3 м) на расстояние 20 см (0,2 м) в плоскости, перпендикулярной полю, если поле однородно с индукцией 1,5 Т, а ток в проводе 200 А.

Задача 24 Цилиндрическая катушка с сердечником из неферромагнитного материала  $\mu = 1$ , с числом витков 2000 имеет длину 30 см (0,3 м) и диаметр 5 см (0,05 м). Определить магнитный поток катушки при токе в ней 5 А.

Задача 25 Определить силу  $F$  притяжения электромагнита, если индукция  $B = 1,2$  Т, а сечение полюсов 200 см<sup>2</sup> (0,02 м<sup>2</sup>)

Задача 26 Длина катушки 30 см (0,3 м), диаметр ее 5 см (0,05 м), число витков 2000. Сердечник немагнитный ( $\mu_a = \mu_0$ ). Определить индуктивность катушки.

Задача 27 Конденсатор емкостью 80 мкФ включен в сеть с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Определить:  $x_C$ ,  $I$  и  $W_m$ .

Задача 28 Показания счетчика активной энергии в начале и конце месяца были соответственно 2326 и 2476 кВт.ч. Показания реактивного счетчика были соответственно 1673 и 1773 квар.ч. Определить среднее значение коэффициента мощности.

## 6. Примеры оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### Билет № 1

1. Назначение однофазного трансформатора
2. Физические процессы возникновения электрического тока
3. Задача Электродвигатель, потребляющий мощность 10 кВт, подключен к сети с напряжением 225 В. Определить силу тока электродвигателя.

### Билет № 2

1. Строение вещества и его взаимодействие с электромагнитным полем
2. Устройство однофазного трансформатора
3. Задача В цепи питания нагревательного прибора, включенного под напряжение 220 В, сила тока 5 А. Определить мощность прибора и стоимость энергии израсходованной прибором за 4 часа работы. Стоимость 1 кВт.ч электрической энергии 2,50 руб.

### Билет № 3

1. Режимы работы электрической цепи
2. Принцип действия однофазного трансформатора
3. Задача Определить количество тепла, выделенного прибором в течение 1 часа при сопротивлении прибора  $r = 88$  Ом и напряжении на его зажимах  $U = 220$  В.

### Билет № 4

1. Потери энергии и КПД трансформатора
2. Эквивалентное сопротивление при параллельном соединении резисторов
3. Задача В сеть напряжением 120 В включены последовательно обмотка электродвигателя с сопротивлением  $r_1 = 24$  Ом и реостат с сопротивлением  $r_2$ , которое можно изменить от 0 до 96 Ом. Определить, в каких пределах можно регулировать силу тока в цепи.

## Билет № 5

1. Назначение трёхфазного трансформатора
2. Работа и мощность электрического тока
3. Задача К сети напряжением 220 В подключены: электродвигатель, потребляющий мощность 5,5 кВт, и 11 ламп накаливания мощностью по 100 Вт. Определить ток в подводящих проводах.

## Билет № 6

1. Эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов
2. Устройство трёхфазного трансформатора
3. Задача Определить эквивалентное сопротивление 10 параллельно включенных ламп накаливания, если номинальная мощность лампы 200 Вт, а номинальное напряжение 220 В.

## Билет № 7

1. Смешанное соединение сопротивлений
2. Режимы работы трёхфазного трансформатора
3. Задача Вычислить, с какой силой магнитное поле, созданное током, действует на проводник, если магнитная индукция поля  $B=1,5$  тл, рабочая длина проводника  $l=0,4$  м и по нему протекает ток  $I=50$  а.

## Билет № 8

1. Параметры электрического тока
2. Закон Ома для полной цепи
3. Задача Вычислить магнитную индукцию поля, если оно действует на проводник с силой 6 н. Рабочая длина проводника, помещенного в магнитное поле, составляет 0,5 м, а сила тока, протекающая в нем, 30 а.

## Билет № 9

1. Источники электрической энергии
2. Устройство и область применения однофазных трансформаторов
3. Задача Определить силу  $F$  притяжения электромагнита, если индукция  $B = 1,2$  Т, а сечение полюсов  $200 \text{ см}^2$  ( $0,02 \text{ м}^2$ )

## Билет № 10

1. Вольтамперные характеристики линейных и нелинейных элементов
2. Самоиндукция, взаимная индукция
3. Задача Обмотка, намотанная на цилиндрический каркас длиной  $l=0,3$  м, состоит из 1800 витков и по ним протекает ток  $I=0,2$  а. Вычислить напряженность магнитного поля внутри этой катушки.

## Билет № 11

1. Виды магнитных цепей
2. Составные элементы электрической цепи
3. Задача Магнитная индукция стали  $B=1,5$  тл, площадь поперечного сечения сердечника, изготовленного из этой стали,  $0,003 \text{ м}^2$ . Вычислить магнитный поток, пронизывающий этот сердечник.

## Билет № 12

1. Закон Ома для участка цепи
2. Работа и мощность электрического тока

3. Задача Три проводника соединены между собой параллельно. Сопротивление первого проводника 3 ом, второго 4 ом, третьего 6 ом. Ток, протекающий по первому проводнику, равен 2 а. Определить общий ток.

Билет № 13

1. Закон Ома для полной цепи
2. Режимы работы трансформаторов
3. Задача Магнитная индукция  $B=2$  тл. Проводник длиной  $l=0,4$  м движется под углом  $90^\circ$  к магнитным линиям со скоростью  $v=15$  м/сек. Определить индуцируемую в нем э. д. с.

Билет № 14

1. Физические элементы реальной электрической цепи
2. Последовательное соединение катушки и конденсатора
3. Задача На цилиндр каркаса без сердечника намотано в один слой 500 витков проволоки. Длина каркаса катушки  $l=0,24$  м, а ее диаметр  $d=0,02$  м. Определить индуктивность этой катушки, если магнитная проницаемость воздуха, окружающего катушку,  $\mu l = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  гн/м.

Билет № 15

1. Смешанное соединение сопротивлений
2. Применение законов Кирхгофа при расчете сложных электрических цепей
3. Задача В катушке, обладающей индуктивностью  $L=5$  гн, протекает электрический ток, сила которого изменяется за 2 сек на 10 а. Вычислить, какая э. д. с. самоиндукции возникает в катушке.

Билет № 16

1. Цепь переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением.
2. Виды магнитных цепей
3. Задача Первая ветвь параллельного соединения состоит из сопротивления 18 ом. Вторая ветвь состоит из трех последовательно включенных сопротивлений по 12 ом. Определить общее сопротивление разветвления.

Билет № 17

1. Параметры электрического тока
2. Закон полного тока
3. Задача Восемь проводников сопротивлением по 10 ом каждый соединены в четыре одинаковые параллельные группы. Определить общее сопротивление цепи.

Билет № 18

1. Метод контурных токов
2. Режимы работы трансформаторов
3. Задача Проводник сопротивлением 7 ом включен последовательно с разветвлением, состоящим из четырех проводников в 2, 4, 6 и 8 ом. Определить общее сопротивление цепи.

Билет № 19

1. Работа и мощность электрического тока
2. Параллельное соединение катушки и конденсатора
3. Задача Разветвление из трех параллельно включенных сопротивлений в 3, 8 и 6 ом включено последовательно с другим разветвлением, состоящим из четырех сопротивлений в 2, 7, 6 и 3 ом. Определить общее сопротивление цепи.

## Билет № 20

1. Принцип действия однофазного трансформатора
2. Активное сопротивление в цепях переменного тока
3. Задача Напряжение сети 12 в. Общий ток, потребляемый четырьмя параллельно включенными одинаковыми лампами, равен 8 а. Определить сопротивление каждой лампы.

## Билет № 21

1. Резонанс в электрических цепях переменного тока
2. Закон Ома для полной цепи
3. Задача Группа из трех параллельно соединенных проводников в 2,9 и 6 ом соединена последовательно с другой группой из четырех параллельно соединенных проводников в 2, 4, 6 и 3 ом. Напряжение сети равно 30 в. Определить ток в каждом проводнике.

## Билет № 22

1. Составные элементы электрической цепи
2. Эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов
3. Задача Провод с активной длиной 20 см (0,2 м) и током 300 А расположен в однородном магнитном поле с индукцией 1,2 Т. Определить электромагнитную силу, действующую на провод, если он расположен в плоскости, перпендикулярной полю.

## Билет № 23

1. Закон полного тока
2. Применение законов Кирхгофа при расчете сложных электрических цепей
3. Задача Определить работу при перемещении провода длиной 30 см (0,3 м) на расстояние 20 см (0,2 м) в плоскости, перпендикулярной полю, если поле однородно с индукцией 1,5 Т, а ток в проводе 200 А.

## Билет № 24

1. Получение трехфазной ЭДС
2. Режимы работы трансформаторов
3. Задача Цилиндрическая катушка с сердечником из неферромагнитного материала  $\mu = 1$ , с числом витков 2000 имеет длину 30 см (0,3 м) и диаметр 5 см (0,05 м). Определить магнитный поток катушки при токе в ней 5 А.

## Билет № 25

1. Области применения трехфазных устройств
2. Виды магнитных цепей
3. Задача Определить силу  $F$  притяжения электромагнита, если индукция  $B = 1,2$  Т, а сечение полюсов  $200 \text{ см}^2$  (0,02 м<sup>2</sup>)

## Билет № 26

1. Основные характеристики магнитного поля
2. Принцип действия однофазного трансформатора
3. Задача Длина катушки 30 см (0,3 м), диаметр ее 5 см (0,05 м), число витков 2000. Сердечник немагнитный ( $\mu_a = \mu_0$ ). Определить индуктивность катушки.

## Билет № 27

1. Высшие гармоники в трехфазной цепи
2. Эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов
3. Задача Конденсатор емкостью 80 мкФ включен в сеть с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Определить:  $X_C$ .

## Билет № 28

1. Составные элементы электрической цепи
2. Соединение приемников энергии треугольником
3. Задача Показания счетчика активной энергии в начале и конце месяца были соответственно 2326 и 2476 кВт.ч. Показания реактивного счетчика были соответственно 1673 и 1773 квар.ч. Определить среднее значение коэффициента мощности.

## Билет № 29

1. Определение коэффициента мощности
2. Соединение приемников энергии звездой
3. Задача Напряжение сети 12 в. Общий ток, потребляемый четырьмя параллельно включенными одинаковыми лампами, равен 8 а. Определить сопротивление каждой лампы.

## Билет № 30

1. Нелинейные электрические цепи
2. Измерение мощности потерь в ферромагнитном сердечнике
3. Задача Напряжение сети 12 в. Общий ток, потребляемый четырьмя параллельно включенными одинаковыми лампами, равен 8 а. Определить сопротивление каждой лампы.

**Темы групповых и/или индивидуальных творческих заданий/проектов\*\***

по дисциплине Основы электротехники  
(наименование дисциплины)

**Групповые творческие задания (проекты):**

- 1 Разработать и оформить Информационный стенд «Условные обозначения элементов электрической цепи»
- 2 Оформить стенд «Техника безопасности в кабинете «Лаборатория электротехники и электроники»

.....

**Наименование учебной дисциплины: Основы электротехники**

Отчёт по Практическим работам

Тема:

«Последовательное и параллельное соединение сопротивлений»

Практическая работа № 1

«Опытное изучение законов Кирхгофа»

Практическая работа № 2

«Опытная проверка принципа наложения токов»

Практическая работа № 3

«Определение потери напряжения в проводах»

Практическая работа № 4

---

\*\*Кроме курсовых проектов (работ)

«Цепь переменного тока с индуктивностью и емкостью. Реактивная мощность»

Практическая работа № 5

«Последовательное соединение катушки и конденсатора»

Практическая работа № 6

«Параллельное соединение катушки и конденсатора»

Практическая работа № 7

«Соединение приемников энергии звездой»

Практическая работа № 8

«Соединение приемников электрической энергии треугольником»

Практическая работа № 9

Основные требования:

Требования к структуре и оформлению отчёта:

В отчете должна быть сформулирована цель проведенной работы и представлены следующие материалы:

- 1) схемы экспериментов;
- 2) расчет заданного варианта;
- 3) рассчитанные характеристики и подтверждающие их экспериментальные характеристики, построенные в одних осях координат;
- 4) сравнительные таблицы экспериментальных и расчетных данных;
- 5) все остальные экспериментальные характеристики;
- 6) выводы.

Требования к защите отчёта:

Отчет оформляется шариковой ручкой. Схемы вычерчиваются карандашом. Графики строятся на листах миллиметровой бумаги карандашом и вклеиваются в отчет.

При выполнении лабораторных работ в программе Electronic Workbench отчет может быть напечатан на принтере.

Опытные точки могут иметь разброс. Экспериментальные кривые проводят плавно, максимально приближая к экспериментальным точкам. На графиках приводят название, обозначают, к какому опыту они относятся, и указывают постоянные величины, определяющие условия опыта. На осях координат надо обязательно указать, какая величина по ним отложена, в каких единицах она измеряется, и нанести деления. Цена деления должна быть удобной для работы.

| Коды и наименования проверяемых компетенций или их сочетаний | Показатели оценки результата                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Оценка                                         |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ОК 1; ОК 2                                                   | <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные определения и законы теории электрических цепей;</li> <li>- учитывать на практике свойства цепей с распределенными параметрами и нелинейных электрических цепей;</li> <li>- различать непрерывные и дискретные сигналы и их параметры.</li> </ul> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные характеристики, параметры и элементы электрических цепей при гармоническом воздействии в установившемся режиме;</li> </ul> | <p><b>Освоено</b></p> <p><b>Не освоено</b></p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | - свойства основных электрических RC и RLC-цепочек, цепей с взаимной индукцией;<br>- трехфазные электрические цепи;<br>- понятие линейного четырехполюсника;<br>- основные свойства фильтров;<br>- непрерывные и дискретные сигналы;<br>- спектр дискретного сигнала и его анализ;<br>- цифровые фильтры |  |
|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |

|       |                                                                                                                                                                                                    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 1. | После завершения обучения студент будет уметь понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.                                               |
| ОК 2. | После завершения обучения студент будет уметь организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. |

### Портфолио

по учебной дисциплине — **«Основы электротехники»**  
(наименование МДК ,дисциплины)

**1 Название портфолио .....**

**2 Структура портфолио (инвариантные и вариативные части):**

- 2.1 Личные данные студента;
  - 2.2 Содержание;
  - 2.3 Тетрадь с конспектами;
  - 2.4 Журнал лабораторных работ;
  - 2.5 Внеаудиторные работы;
  - 2.6 Копии статей из журналов и книг, прочитанных учащимися по данной теме;
  - 2.7 Работы над ошибками, выполненные в аудитории и дома.
- Заметки преподавателя:

### Практическая работа № 1. Схемы соединения резисторов. Закон Ома

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное исследование цепей с различным соединением резисторов, освоение основных расчетных приемов по определению токов и напряжений на участках цепи на основе Закона Ома.

#### 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ.

1. При выполнении работы используется панель постоянного тока, находящаяся в левой части стенда. В ее состав входят миллиамперметры и вольтметр магнитоэлектрической системы, которые указывают не только количественное значение измеряемой величины, но и направление тока или полярность напряжения (рис. 1).

2. Различают несколько способов соединения резисторов:

- последовательное  $R_1 + R_2 + R_3 = R$ ;
- параллельное  $1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = R$ ;
- смешанное.

3. Каждая точка электрической цепи характеризуется потенциалом. Он определяется относительно какой-либо условной точки, потенциал которой условно принимают равным нулю. При этом для пассивной ветви  $ab$ , имеющей сопротивление  $R_{ab}$ , ток, протекающий от  $a$  к  $b$ ,

$$I_{ab} = U_{ab}/R_{ab}$$

(закон Ома для участка цепи).

Для активной ветви, в которой имеется ЭДС  $E_{ab}$ , направленная от  $a$  к  $b$ ,

$$I_{ab} = E_{ab}/R_0 + R_{ab}.$$

### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

3.1. Изучить на лабораторном стенде панель постоянного тока, записать величины сопротивлений входящих в нее резисторов и определить основные характеристики приборов (пределы измерения и класс точности).

3.2. Начертить схему проведения эксперимента.

3.2.1. Замена последовательного соединения резисторов одним эквивалентным. Рассчитайте полное сопротивление резисторов.

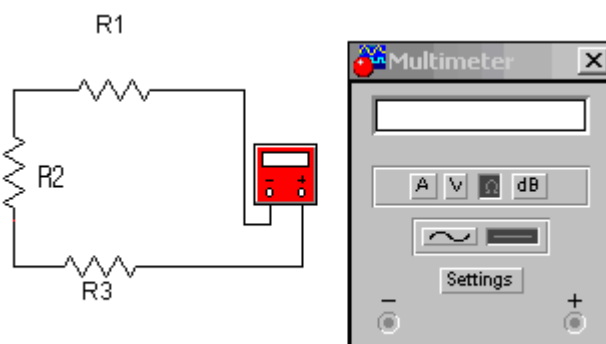


Рис. 1. Последовательное соединение трех резисторов.

3.2.2. Замена параллельного соединения резисторов одним эквивалентным. Рассчитайте полное сопротивление резисторов

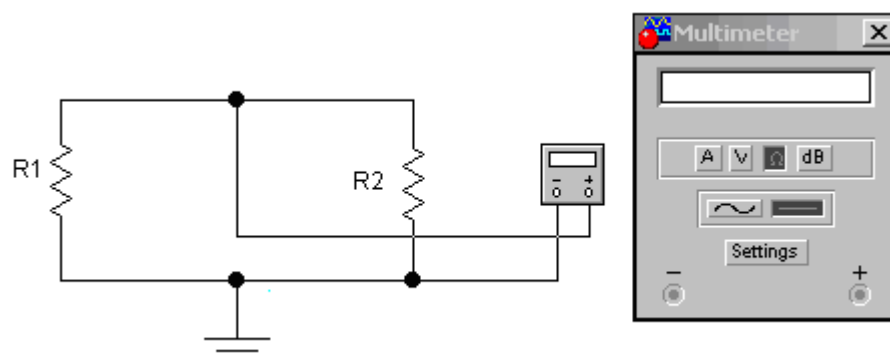


Рис. 2. Параллельное соединение резисторов

3.2.3. Закон Ома для участка цепи. Рассчитайте ток в цепи

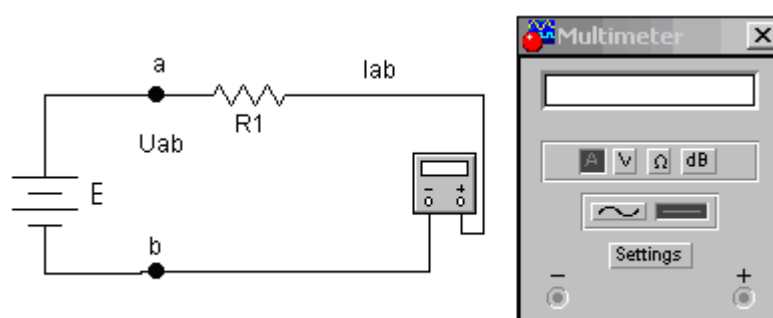


Рис. 3. Закон Ома для участка цепи

3.2.4. Закон Ома для цепи. Рассчитайте ток в цепи.

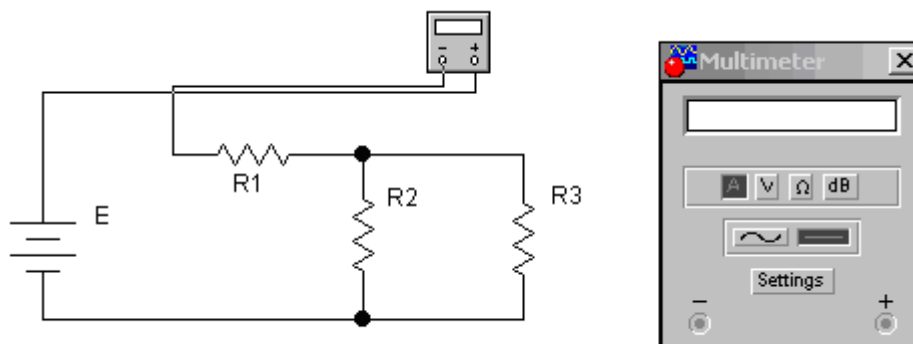


Рис. 4. Закон Ома для замкнутой цепи

Исходные данные для проведения практической работы

| Гр. | Рис.1 |    |    | Рис.2 |    | Рис.3 |    | Рис.4 |    |    |    |
|-----|-------|----|----|-------|----|-------|----|-------|----|----|----|
|     | R1    | R2 | R3 | R1    | R2 | Eв    | R1 | E     | R1 | R2 | R3 |
| 1   | 1     | 2  | 3  | 1     | 2  | 2     | 2  | 2     | 1  | 2  | 3  |
| 2   | 2     | 3  | 5  | 3     | 5  | 6     | 4  | 4     | 2  | 4  | 6  |
| 3   | 3     | 4  | 6  | 4     | 7  | 8     | 6  | 6     | 5  | 3  | 1  |

|   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |
|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|
| 4 | 5 | 4 | 7 | 12 | 8  | 10 | 8  | 8  | 2 | 5 | 4 |
| 5 | 6 | 5 | 8 | 6  | 4  | 12 | 6  | 10 | 4 | 3 | 2 |
| 6 | 7 | 9 | 3 | 7  | 2  | 14 | 10 | 12 | 6 | 2 | 5 |
| 7 | 9 | 8 | 5 | 10 | 1  | 16 | 12 | 16 | 3 | 7 | 1 |
| 8 | 4 | 9 | 6 | 9  | 11 | 18 | 20 | 18 | 2 | 4 | 8 |

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

4.1. Назовите элементы электрической цепи и процессы, происходящие в основных элементах цепи.

4.2. Что такое ток, плотность тока, ЭДС и напряжение в электрической цепи?

4.3. Запишите математическое выражение закона Ома для участка цепи и замкнутой цепи.

4.4. Запишите зависимость электрического сопротивления от длины, сечения проводника и температуры.

4.5. Проанализируйте закон сохранения энергии для замкнутой электрической цепи и уравнение баланса мощностей для нее.

4.6. Охарактеризуйте режимы работы электрической цепи: холостой ход, короткое замыкание, режим максимальной отдачи мощности источником.

4.7. Дайте характеристику источников электрической энергии и потребителей.

4.8. Каковы признаки и особенности последовательного и параллельного соединения потребителей?

4.9. Как определяются сопротивления при преобразовании звезды в эквивалентный треугольник и наоборот?

### **Практическая работа № 2. Исследование разветвленной линейной электрической цепи постоянного тока. Закон Кирхгофа**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Экспериментальное исследование характеристик цепи, построение потенциальной диаграммы, освоение основных расчетных приемов по определению токов и напряжений на участках цепи.

#### **2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ**

Величина тока в неразветвленной электрической цепи с несколькими источниками определяется отношением алгебраической суммы ЭДС всех источников к полному сопротивлению цепи.

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

Напряжение на зажимах источника, работающего в режиме потребителя, больше, чем ЭДС самого источника на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении этого источника

$$U_{\text{потр}} = E_{\text{потр}} + IR_{\text{потр}}$$

Напряжение на клеммах источника, работающего в режиме генератора, меньше, чем ЭДС источника на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении этого источника:

$$U_{\text{ген}} = E_{\text{ген}} - IR_{\text{ген}}$$

Напряжение на любом участке

$$U = E \pm IR$$

Потенциальная диаграмма представляет собой график изменения потенциалов точек цепи от величины сопротивлений участков между этими точками.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма токов в ветвях, соединенных в один узел, равна нулю. Токи, входящие в узел, принято считать положительными, а выходящие – отрицательными.

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме падений напряжений на всех участках этой цепи, т.е.

$$\sum E = \sum IR$$

ЭДС источника, совпадающая с выбранным направлением обхода контура, считается положительной, а не совпадающая – отрицательной.

#### Метод свертывания

Схема упрощается по возможности до такой, в которой применим закон Ома.

#### Метод наложения

1. В каждой ветви рассматриваемой цепи направление тока выбирается произвольно.
2. Количество расчетных схем цепи равно количеству источников в исходной схеме.
3. В каждой расчетной схеме действует только один источник, а остальные источники заменяются их внутренними сопротивлениями.
4. В каждой расчетной схеме методом свертывания определяют частичные токи каждой ветви.
5. Искомые токи каждой ветви рассматриваемой схемы определяются как алгебраическая сумма частичных токов в этой ветви.

#### Метод контурных токов

Является одним из основных методов расчета сложных цепей. Он заключается в том, что вместо токов в ветвях определяются на основании 2-го закона Кирхгофа так называемые контурные токи. При этом исключаются уравнения 1-го закона Кирхгофа. Уравнения могут быть записаны, если приписать каждой ячейке некоторый контурный ток, совпадающий с током внешних ветвей.

#### Метод узловых потенциалов

Этот метод позволяет уменьшить число уравнений Кирхгофа за счет исключения уравнений 2-го закона. На схеме принимаем потенциал точки О равным нулю.

### Метод эквивалентного генератора

Метод расчета тока в выделенной ветви, основанный на замене активного двухполюсника эквивалентным генератором, принято называть методом эквивалентного генератора, а также методом холостого хода и короткого замыкания.

Рекомендуется такая последовательность расчета тока этим методом:

1. Найти напряжение на зажимах разомкнутой ветви 12;
2. Определить входное сопротивление  $R_{вх}$  всей схемы по отношению к зажимам 12 при закороченных источниках ЭДС и разомкнутых ветвях с источниками тока;
3. Подсчитать ток по формуле

$$I = U_{12}/R + R_{вх},$$

если сопротивление ветви 12 равно нулю ( $R = 0$ ), то для нее имеет место режим короткого замыкания, а протекающий в ней ток есть ток короткого замыкания

$$I = U_{12}/R_{вх}$$

Потенциальной диаграммой называют график, на котором по оси абсцисс откладывают сопротивления резисторов, а по оси ординат – потенциалы соответствующих точек электрической схемы. Сопротивления резисторов откладывают поочередно друг за другом в том порядке, в котором они следуют при обходе исследуемого участка цепи.

### Баланс мощностей

При протекании токов по сопротивлениям в последних выделяется теплота. На основании закона сохранения энергии количество теплоты, выделяющееся в единицу времени в сопротивлениях схемы, должно равняться энергии, доставляемой за то же время источником питания. Уравнение энергетического баланса при питании только от источников ЭДС имеет вид

Когда схема питается не только от источников ЭДС, но и от источников тока, т.е. к отдельным узлам схемы подтекают и от них утекают токи источников тока, при составлении уравнения энергетического баланса необходимо учесть и энергию, доставляемую источниками тока. Допустим, что к 1-му узлу схемы подтекает ток, а от 2-го узла он утекает. Доставляемая источником тока мощность равна  $P = U_{12}I$ .

Тогда общий вид уравнения энергетического баланса имеет вид.

$$\sum I^2 R = \sum EI + \sum U_{12}I$$

### 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Для схемы составить для всех узлов и ветвей уравнения Законов Кирхгофа.

2. Определить токи в ветвях, используя законы Кирхгофа или метод контурных токов.
3. Построить потенциальную диаграмму.
4. Составить баланс мощностей.

#### 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ

1. Изучить схему постоянного тока, записать величины сопротивлений входящих в нее резисторов и определить основные характеристики приборов (пределы измерения и класс точности).
2. Начертить схему проведения эксперимента.

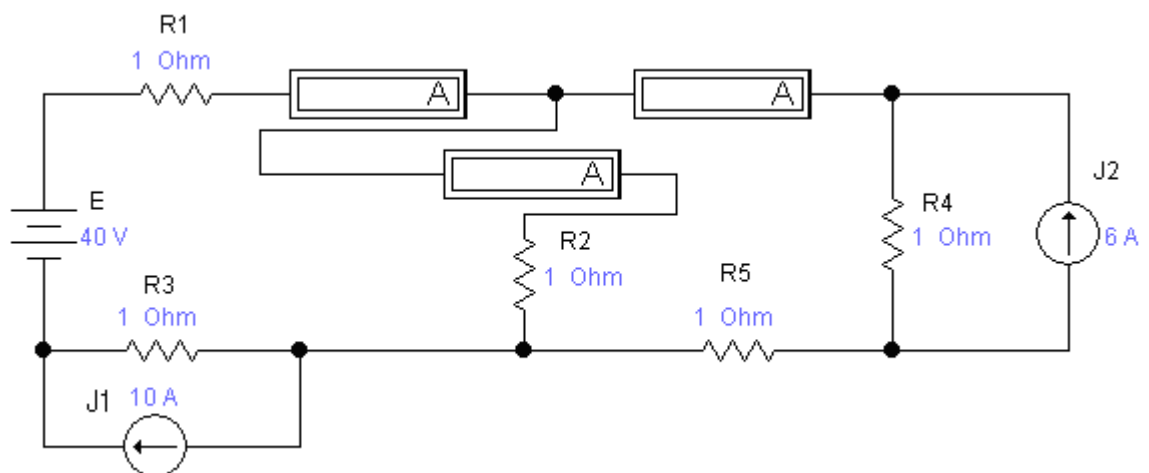


Рис. 1. Схема цепи постоянного тока

3. Собрать схему проведения эксперимента и произвести замеры.
4. Сравнить результаты расчета и эксперимента.
5. На миллиметровой бумаге построить потенциальную диаграмму.
6. Подготовить бланк отчета.

## Исходные данные для проведения практической работы

| Гр. | E  | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> |
|-----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------------|
| 1   | 6  | 2  | 5  | 4  | 3  | 1  | 1              | 5              |
| 2   | 8  | 4  | 3  | 4  | 1  | 3  | 2              | 3              |
| 3   | 10 | 6  | 2  | 1  | 3  | 5  | 2              | 6              |
| 4   | 12 | 1  | 7  | 4  | 5  | 1  | 4              | 5              |
| 5   | 5  | 3  | 4  | 6  | 2  | 1  | 3              | 1              |
| 6   | 7  | 5  | 1  | 2  | 2  | 1  | 6              | 4              |
| 7   | 9  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  | 2              | 7              |
| 8   | 11 | 6  | 3  | 4  | 2  | 2  | 3              | 5              |

## 2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется узлом и контуром электрической цепи?
2. Могут ли токи в ветвях и потенциалы точек иметь отрицательное значение?
3. Как построить потенциальную диаграмму?
4. Как используются законы Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей?
5. Дайте определение первого и второго законов Кирхгофа.
6. В чем заключается метод контурных токов?

### Практическая работа № 3. Исследование многоконтурной системы постоянного тока

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное исследование сложных многоконтурных систем постоянного тока и приобретение навыков расчета таких цепей.

#### 2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Для схемы составить для всех узлов и ветвей уравнения Законов Кирхгофа.
2. Определить токи в ветвях, используя любой из методов
3. Составить баланс мощностей.

#### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ

1. Начертить схему проведения эксперимента, предварительно подключив необходимые приборы.
2. Изучить схему постоянного тока, записать величины сопротивлений входящих в нее резисторов и определить основные характеристики приборов (пределы измерения и класс точности).
3. Проведение работы.
4. Сравнить результаты расчета и эксперимента, сделать вывод.

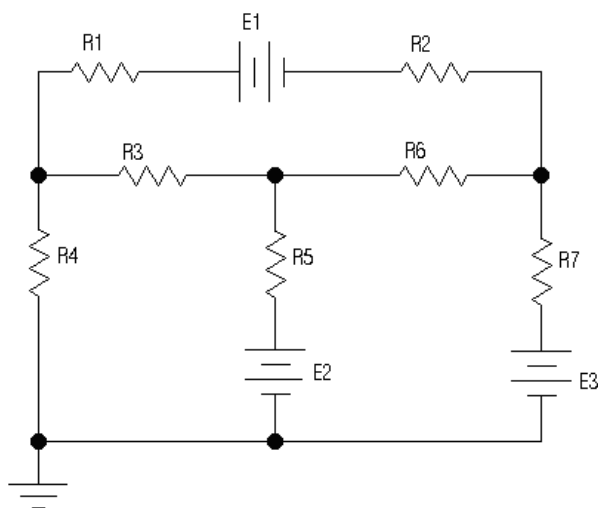


Рис. 1. Схема многоконтурной цепи постоянного тока  
Исходные данные для проведения практической работы

| Гр. | R1 | R2 | R4 | R5 | R6 | E1  | E2 | E3 | E4 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| 1   | 10 | 10 | 7  | 5  | 15 | 100 | 30 | 10 | 6  |
| 2   | 5  | 15 | 6  | 4  | 12 | 60  | 10 | 24 | 12 |
| 3   | 15 | 5  | 4  | 8  | 20 | 120 | 24 | 6  | 3  |
| 4   | 3  | 10 | 2  | 5  | 15 | 50  | 8  | 16 | 9  |
| 5   | 10 | 4  | 3  | 6  | 12 | 80  | 20 | 6  | 3  |
| 6   | 12 | 12 | 8  | 7  | 18 | 120 | 60 | 12 | 10 |
| 7   | 16 | 10 | 4  | 15 | 5  | 100 | 12 | 60 | 24 |
| 8   | 8  | 5  | 2  | 6  | 6  | 110 | 12 | 24 | 12 |

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что называется узлом и контуром электрической цепи?
2. Могут ли токи в ветвях и потенциалы точек иметь отрицательное значение?
3. Как построить потенциальную диаграмму?
4. Как по потенциальной диаграмме определить напряжение между двумя точками?
5. Как используются законы Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей?
6. Дайте определение первого и второго законов Кирхгофа.
7. В чем заключается метод контурных токов?

#### Практическая работа № 4. Резистивный элемент в цепи синусоидального тока

##### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с основными свойствами резистивного элемента в цепи синусоидального тока.

##### 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

Резистивный элемент - это такой идеализированный элемент, в котором происходит только необратимое преобразование электромагнитной энергии в тепло или другие виды энергии, а запасание энергии в электрическом и электромагнитных полях отсутствует. Наиболее близкие к этим свойствам характеристики имеют угольные резисторы, реостаты, лампы накаливания.

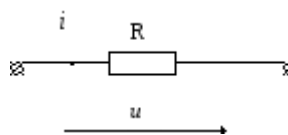


Рис. 1. Резистивный элемент

Основные уравнения для них - закон Ома:  $u = Ri$  или  $I = Gu$ .

В первом выражении коэффициент пропорциональности - электрическое сопротивление:  $R = u/i$ , Ом. Обратная величина  $G = i/u = 1/R$ , См называется электрической проводимостью.

В теории линейных цепей принимают  $R$  и  $G$  постоянными, не зависящими от тока, напряжения и других факторов. В реальных элементах это допущение выполняется приближенно. Линейные алгебраические соотношения между током и напряжением можно представить графически в виде прямой, проходящей через начало координат, с угловым коэффициентом, равным значению сопротивления. При этом кривые напряжения и тока на активном сопротивлении оказываются подобными - их ординаты пропорциональны в любой момент времени.

Сопротивление в цепи переменного тока

Если по сопротивлению протекает ток  $i = I_m \sin \omega t$ , то напряжение на его зажимах

$u = Ri = RI_m \sin \omega t = U_m \sin \omega t$ , где  $U_m = RI_m$ , или для действующих значений  $U = RI$ .

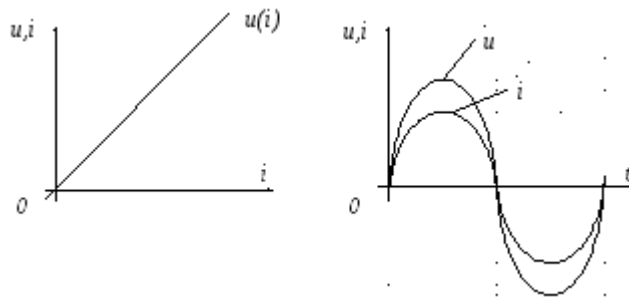


Рис. 2. Характеристики резистивного элемента

Мгновенная мощность  $p = ui = Ri^2 = U_m I_m \sin^2 \omega t$  характеризует скорость преобразования электрической энергии в тепловую. Она всегда положительна, т.е. от генератора всегда отбирается энергия:

$$p = U_m I_m / 2 - U_m I_m \cos^2 \omega t / 2 = UI - UI \cos^2 \omega t$$

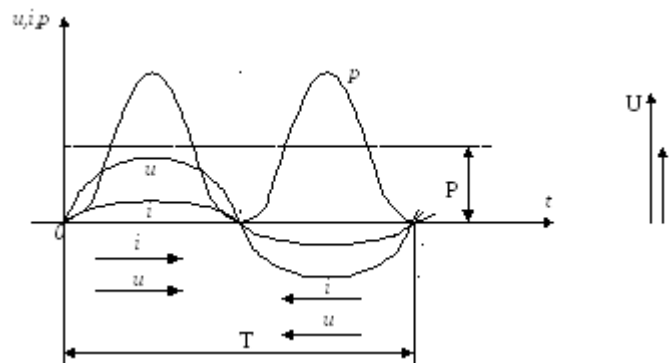


Рис. 3. Волновые и векторные диаграммы резистивного элемента

Средняя за период, или активная мощность, характеризует среднюю скорость преобразования энергии  $P = UI = RI^2 = U^2/R$ .

Сопротивление принято называть активным, так как на нем выделяется активная мощность.

### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

- 3.1. Изучить описание работы.
- 3.2. Подготовить бланк отчета и миллиметровую бумагу для снятия осциллограмм.
- 3.3. Собрать схему по рис. 4.
- 3.4. Подключить приборы.
- 3.5. Установить частоту и действующее значение сигнала генератора соответственно 50-100 Гц и 10 В.
- 3.6. Измерить и записать в таблицу значения напряжений  $U_R$ .
- 3.7. Присоединить осциллограф к цепи и одновременно пронаблюдать изменения напряжения и тока на элементе. Зарисовать осциллограмму.
- 3.8. Сделать выводы.

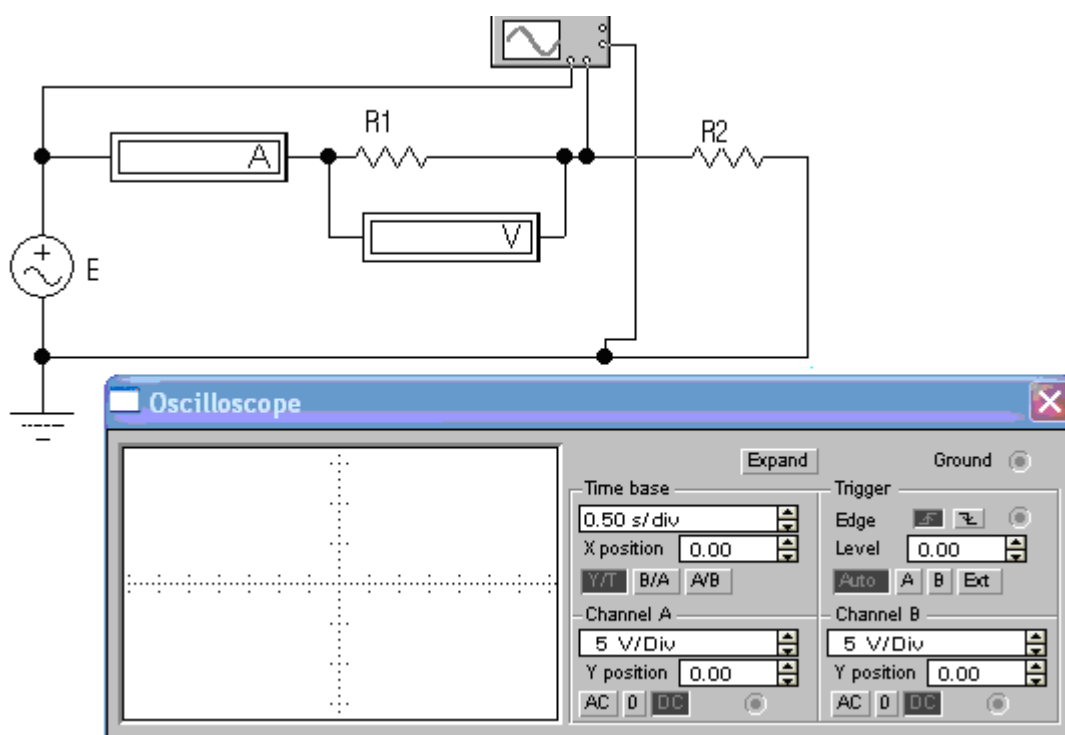


Рис. 4. Экспериментальная схема

Исходные данные к экспериментальной схеме:

| Гр. | 1  | 2  | 3  | 4   | 5 | 6  | 7  | 8  |
|-----|----|----|----|-----|---|----|----|----|
| R1  | 25 | 15 | 7  | 15  | 7 | 20 | 50 | 5  |
| R2  | 10 | 15 | 3  | 30  | 3 | 20 | 45 | 11 |
| U   | 10 | 24 | 16 | 110 | 5 | 12 | 36 | 48 |

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1. Что называется резистивным элементом?
- 4.2. Как активное сопротивление зависит от частоты?
- 4.3. От чего зависит величина сопротивления?
- 4.4. Зависит ли от частоты проводимость?
- 4.5. Каков угол между током и напряжением на активном сопротивлении?
- 4.6. Определить физический смысл активного сопротивления.
- 4.7. По активному сопротивлению протекает ток  $I = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ . Напишите выражения для мгновенного значения напряжения на этом элементе.

## Практическая работа № 5. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с основными свойствами индуктивного элемента в цепи синусоидального тока.

### 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

1. При протекании тока  $i$  по индуктивному элементу цепи (катушке) возникает магнитный поток  $\Phi$ .

Пусть число витков катушки равно  $w$ , тогда величина  $\psi = w\Phi$  называется потокоцеплением, а отношение  $L = \psi/i$  называется индуктивностью катушки.

По закону электромагнитной индукции на зажимах катушки выделяется напряжение  $u(t) = d\psi/dt = L di/dt$ .

Пусть по катушке протекает синусоидальный ток  $i = I_m \sin \omega t$ , тогда на ней будет существовать напряжение

$$u = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (1)$$

Амплитуда этого напряжения  $U_m = \omega L I_m$  по фазе опережает ток на 90 градусов.

$$\text{Величина } X_L = U_m/I_m = \omega L \quad (2)$$

называется индуктивным сопротивлением. Как видно из (2), это сопротивление пропорционально частоте.

В комплексной форме соотношение (1) можно записать следующим образом:

$$\underline{U} = j\omega L \underline{I} = jX_L \underline{I},$$

где множитель  $j$  показывает, что напряжение опережает ток по фазе на 90 градусов.

2. В последовательной цепи  $R, L$  (рис. 1) напряжение  $U_R$  совпадает по фазе с током, а напряжение  $U_L$  опережает его на  $90^\circ$ . Это показано на векторной диаграмме (рис. 2), из которой видно, что напряжения  $U_R$  и  $U_L$  складываются векторно  $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_L$ , а действующее значение суммарного напряжения равно  $U^2 = U_R^2 + U_L^2$ .

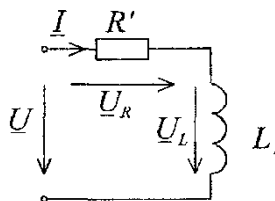


Рис. 1. Схема последовательного соединения  $R$  и  $L$

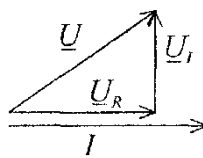


Рис. 2. Векторная диаграмма

Для определения разности фаз двух кривых на экране осциллографа следует воспользоваться тем, что период колебаний соответствует  $2\pi$  рад, или  $360^\circ$ . Отсчитав величины  $p$  и  $q$  в делениях шкалы, на экране осциллографа (рис. 3), можно определить разность фаз из пропорции  $\varphi = 360^\circ p/q$  или  $\varphi = 2\pi p/q$

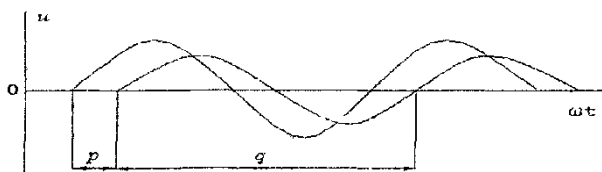


Рис. 3. Определение разности фаз двух величин

## 2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Изучить описание работы.
2. Подготовить бланк отчета и миллиметровую бумагу для снятия осциллограмм.
3. Собрать схему по рис.4.
4. Подключить приборы.
5. Установить частоту соответственно 50 Гц.
6. Измерить и записать в таблицу значения напряжений  $U_R$ ,  $U_L$ .
7. Присоединить осциллограф к цепи и одновременно пронаблюдать изменения напряжений  $U_R$ ,  $U_L$ . Зарисовать осциллограмму.
8. Присоединить осциллограф к цепи для одновременного наблюдения напряжений  $U_R$ ,  $U_L$ . Измерить (в делениях шкалы осциллографа) отрезки  $p, q$ . Записать их в таблицу.
9. Увеличить частоту сигнала в 10 раз и при напряжении 10 В повторить все измерения (п.п.3.6.-3.8).
10. Вычислить значения тока  $I$ , индуктивного сопротивления  $X_L$ , индуктивности  $L$  и угла  $\varphi$  для обоих значений частоты.
11. Построить векторные диаграммы (в масштабе) для обеих частот.

| Наименование величин                   | Частота 50Гц | Частота 500 Гц |
|----------------------------------------|--------------|----------------|
| 1. Напряжение источника $U$ , В        |              |                |
| 2. Напряжение на индукт. $U_L$ ,В      |              |                |
| 3. Напряжение на резисторе $U_R$ ,В    |              |                |
| 4. Угловая частота $\omega$ , $c^{-1}$ |              |                |
| 5. $p$ , дел                           |              |                |
| 6. $q$ , дел                           |              |                |

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| 7. Ток I, A                         |  |  |
| 8. Индукт. сопротивление $X_L$ , Ом |  |  |
| 9. Индуктивность L, мГн             |  |  |
| 10. $\varphi = \arctg(U_L/U_R)$     |  |  |
| 11. $\varphi = (p/q)360^\circ$      |  |  |

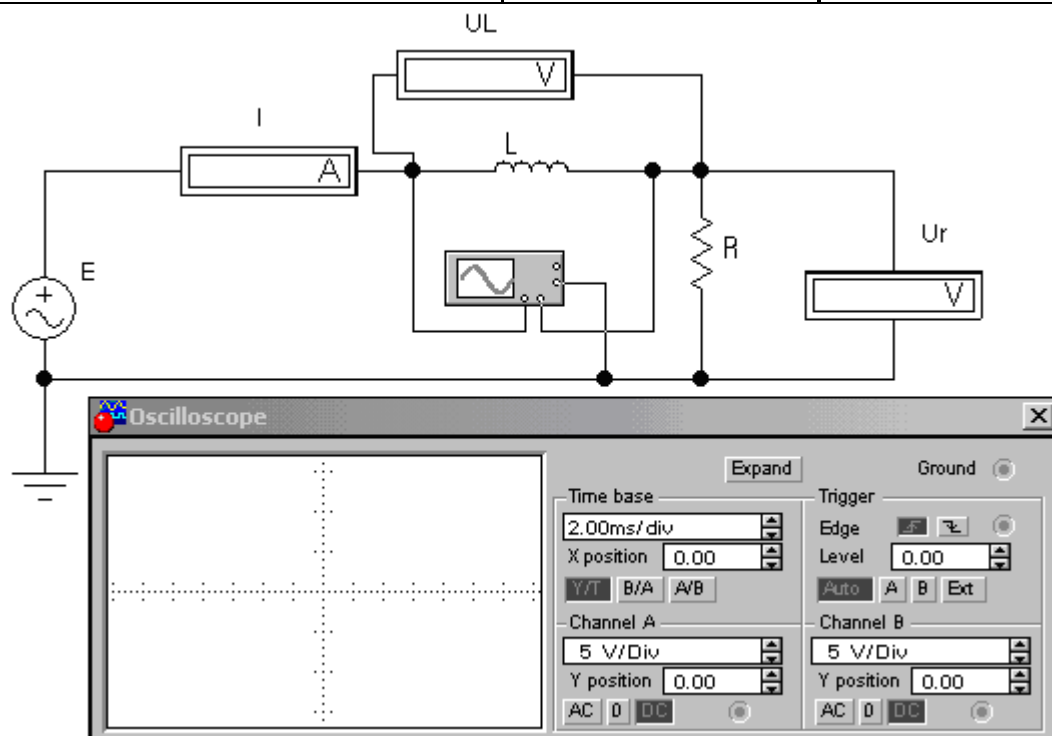


Рис. 4. Экспериментальная схема

Исходные данные к экспериментальной схеме:

| Гр.    | 1 | 2   | 3   | 4 | 5 | 6   | 7 | 8   |
|--------|---|-----|-----|---|---|-----|---|-----|
| R(кОм) | 1 | 0,3 | 0,6 | 2 | 5 | 0,5 | 1 | 0,2 |
| L(Гн)  | 1 | 0,5 | 2   | 1 | 3 | 0,3 | 5 | 0,4 |

## 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется индуктивным сопротивлением?
2. Как индуктивное сопротивление зависит от частоты?
3. Зависит ли от частоты индуктивность?
4. Что такое угол  $\varphi$  и как определить его экспериментально?
5. По катушке протекает ток  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_1)$ . Напишите выражения для мгновенного значения напряжения на катушке.

## Практическая работа № 6. Емкостный элемент в цепи синусоидального тока

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с основными свойствами емкостного элемента в цепи синусоидального тока.

### 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

1. Если к емкостному элементу (конденсатору) приложено напряжение  $u$ , то на его обкладках возникает заряд  $q$ . Отношение  $C = q/u$  называется емкостью конденсатора.

Ток в конденсаторе связан с изменением его разряда:  $i = dq/dt = Cdu/dt$ .

Пусть к конденсатору приложено синусоидальное напряжение  $u = U_m \sin \omega t$ , тогда ток в нем определяется как

$$i = \omega C U_m \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (1)$$

Амплитуда этого тока  $I_m = \omega C U_m$ , а по фазе он опережает напряжение на  $90^\circ$ .

$$\text{Величина } X_c = U_m / I_m = 1 / \omega C \quad (2)$$

называется емкостным сопротивлением. Как видно из (2), это сопротивление обратно пропорционально частоте.

В комплексной форме соотношение (1) можно записать следующим образом:

$$\underline{I} = j\omega C \underline{U}, \text{ откуда } \underline{U} = -j(1/\omega C) \underline{I}.$$

Здесь множитель  $-j$  показывает, что напряжение отстает от тока по фазе на  $90^\circ$ .

В последовательной цепи  $R, C$  (рис. 1) напряжение  $U_R$  совпадает по фазе с током, а напряжение  $U_C$  отстает от него на  $90^\circ$ . Это показано на векторной диаграмме (рис. 2), из которой видно, что напряжения  $U_R$  и  $U_C$  складываются векторно:  $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C$ , а действующее значение равно  $U^2 = U_R^2 + U_C^2$ .

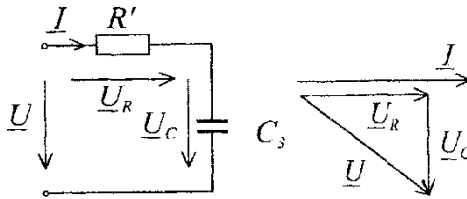


Рис. 1. Схема эксперимента

Рис. 2. Векторная диаграмма

Ток  $I$  опережает напряжение  $U$  на угол  $\varphi$ , который можно определить из векторной диаграммы.

Чтобы отличать углы  $\varphi$  при отстающем токе от углов при опережающем токе, в первом случае их считают положительными, а во втором – отрицательными. Поэтому в цепи  $R, C$

$$\varphi = -\arctg(U_C/U_R).$$

Угол  $\varphi$  можно также определить и с помощью осциллографа  $\varphi = 2\pi p/q$ .

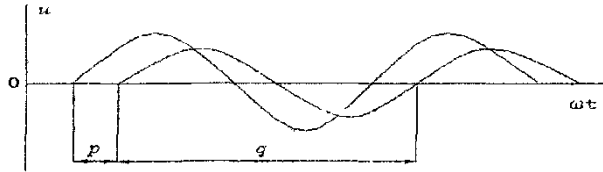


Рис. 3. Определение разности фаз двух величин

#### ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Изучить описание работы.
2. Подготовить бланк отчета и миллиметровую бумагу для снятия осциллограмм.
3. Собрать схему по рис.4.
4. Подключить приборы.
5. Установить частоту и действующее значение сигнала генератора соответственно 50 Гц и 10 В.
6. Измерить и записать в таблицу значения напряжений  $U_R$ ,  $U_C$  (предварительно рассчитать). Предварительно проделать работу при  $R=0,0\Omega$ .
7. Присоединить осциллограф к цепи и одновременно пронаблюдать изменения напряжений  $U_R$ ,  $U_C$ . Зарисовать осциллограмму.
8. Присоединить осциллограф к цепи для одновременного наблюдения напряжений  $U_R$ ,  $U_C$ . Измерить (в делениях шкалы осциллографа) отрезки  $p$ ,  $q$ . Записать их в таблицу.
9. Увеличить частоту сигнала в 10 раз и при напряжении 10 В повторить все измерения (пп.3.6.-3.8).
10. Вычислить значения тока  $I$ , емкостного сопротивления  $X_C$ , емкости  $C$  и угла  $\varphi$  для обоих значений частоты.
11. Построить векторные диаграммы (в масштабе) для обеих частот.
12. Сделайте вывод по работе.

| Наименование величин                 | Частота 50 Гц | Частота 500 Гц |
|--------------------------------------|---------------|----------------|
| 1. Напряжение источника $U$ , В      |               |                |
| 2. Напряжение на емкости $U_C$ , В   |               |                |
| 3. Напряжение на резисторе $U_R$ , В |               |                |
| 4. Угловая частота $\omega$ , рад/с  |               |                |
| 5. $p$ , дел                         |               |                |

|                                       |  |  |
|---------------------------------------|--|--|
| 6. $q$ , дел                          |  |  |
| 7. Ток $I$ , А                        |  |  |
| 8. Емкостное сопротивление $X_C$ , Ом |  |  |
| 9. Емкость $C$ , $\mu\text{F}$        |  |  |
| 10. $\varphi = \arctg(U_C/U_R)$       |  |  |
| 11. $\varphi = 2\pi\rho/q$            |  |  |

Исходные данные к экспериментальной схеме:

| гр               | 1 | 2   | 3   | 4 | 5   | 6   | 7    | 8   |
|------------------|---|-----|-----|---|-----|-----|------|-----|
| $C(\mu\text{F})$ | 1 | 0,8 | 2   | 1 | 3   | 6   | 5    | 4   |
| $R(\text{КОм})$  | 1 | 0,3 | 0,6 | 2 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,2 |

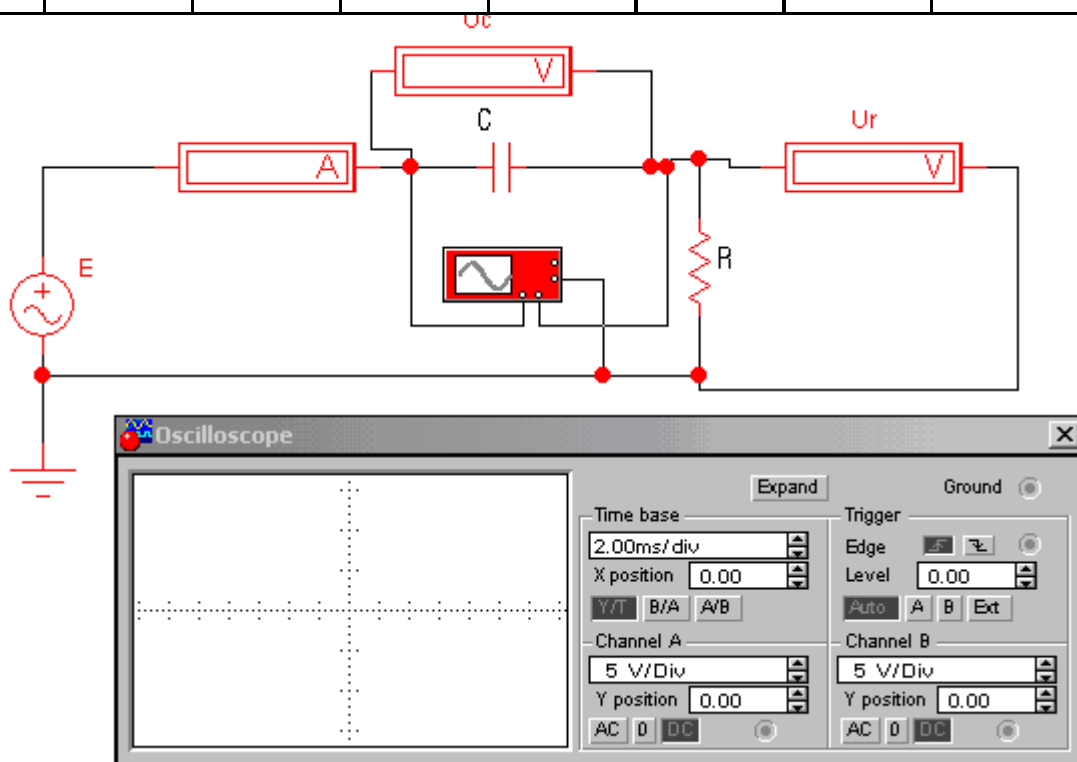


Рис. 4. Экспериментальная схема

### 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется емкостным сопротивлением?
2. Как емкостное сопротивление зависит от частоты?
3. Зависит ли емкость от частоты?
4. Каковы основные отличия реактивных сопротивлений от активных?
5. Выделяется ли тепло в конденсаторе при протекании тока?
6. По емкости протекает ток  $i = I_m \sin(\omega t + \psi_1)$ . Напишите выражения для мгновенного значения напряжения на конденсаторе.

## Практическая работа № 7. Исследование последовательной цепи синусоидального тока

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение амплитудных и фазовых соотношений в последовательной цепи, содержащей резистор, конденсатор и индуктивную катушку.

### 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

1. На рис.1. изображена схема последовательного соединения элементов цепи синусоидального тока

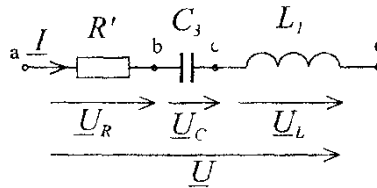


Рис.1. Схема последовательного соединения элементов

Напряжение  $\underline{U}$  равно векторной сумме напряжений на элементах цепи:

$\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C + \underline{U}_L$ . Здесь  $\underline{U}_R = RI$ ;  $\underline{U}_C = -jI/\omega C$ ;  $\underline{U}_L = j\omega LI$ , поэтому

$$\underline{U} = (R + j(\omega L - 1/\omega C))\underline{I}.$$

Отсюда следует соотношение между действующими значениями тока и напряжения:

$$I = U / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

Полное сопротивление цепи

$$Z = U/I = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

При частоте  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$  наступает режим резонанса, т.е. режим, при котором ток и напряжение на входе цепи совпадают по фазе, а реактивная часть входного сопротивления равна нулю. В последовательной цепи этот режим называется резонансом напряжений. Векторные диаграммы цепи при различных частотах приведены на рис 2.

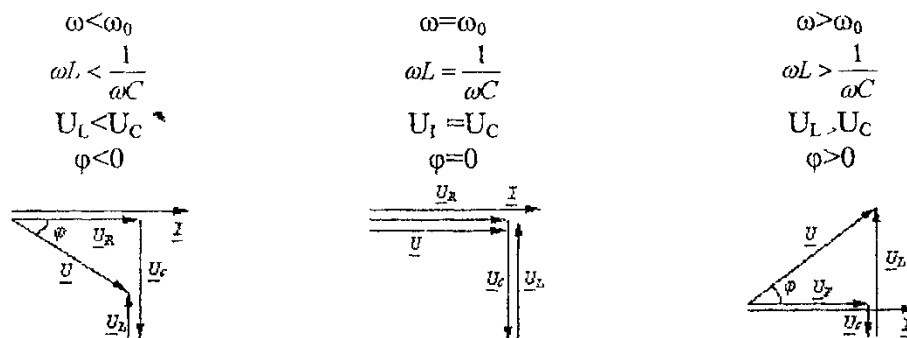


Рис. 2. Векторные диаграммы цепи при различных частотах

Из векторных диаграмм видно, что при частотах, отличных от резонансной, угол можно найти по формуле

$$\varphi = \arctg(U_{LC}/U_R),$$

где  $U_{LC}$  - напряжение на элементах L и C (т.е. между точками b и d на рис. 1).

### 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

3.1. Исходные данные в таблицах и на схемах рис. 3 – 5.

3.2. По исходным данным определить напряжения на элементах и ток в цепи.

3.3. Для случаев RC, RL, RLC построить векторные диаграммы.

3.4. Определить активную, реактивную и полную мощности исходных схем.

### 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

4.1. Изучить описание работы.

4.2. Подготовить бланк отчета и предварительное домашнее задание и миллиметровую бумагу для снятия осциллограмм.

4.3. Собрать схему.

4.4. Подключить приборы.

4.5. Установить частоту и действующее значение и фазу сигнала генератора.

4.6. Установить необходимые значения сопротивлений.

4.7. Снять показания приборов, определить фазу напряжения и тока.

4.8. Сравнить с расчетными, сделать выводы по каждой из схем.

4.9. Зарисовать показания осциллографа, сделать выводы.

4.10. Сделать вывод по работе.

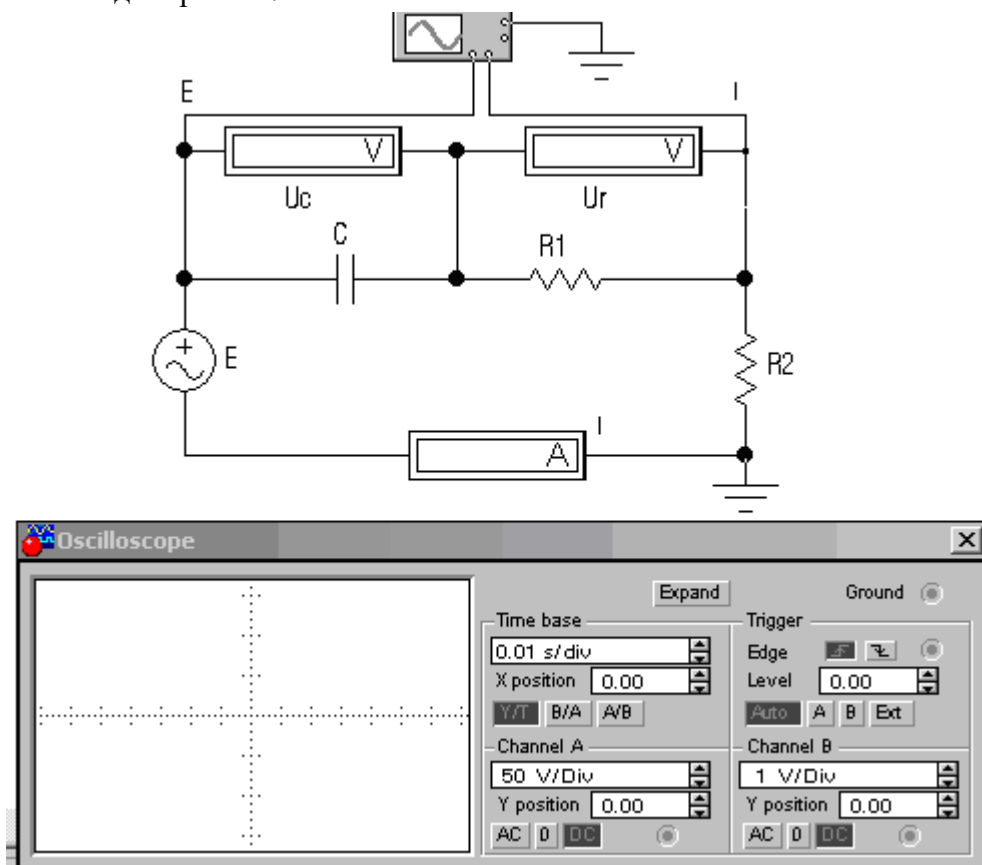


Рис. 3. Схема исследования RC-цепочки

Исходные данные к экспериментальной схеме:  $U=10\text{В}$ ,  $f=50\text{Гц}$

| Гр               | 1   | 2   | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $C(\mu\text{F})$ | 1   | 5   | 10   | 0,3 | 6   | 4   | 2   | 3   |
| $R1(\text{кОм})$ | 0,5 | 1   | 0,6  | 2   | 0,5 | 3   | 1,5 | 2,2 |
| $R2(\text{кОм})$ | 0,1 | 0,8 | 0,03 | 1   | 0,1 | 1,5 | 0,5 | 0,8 |

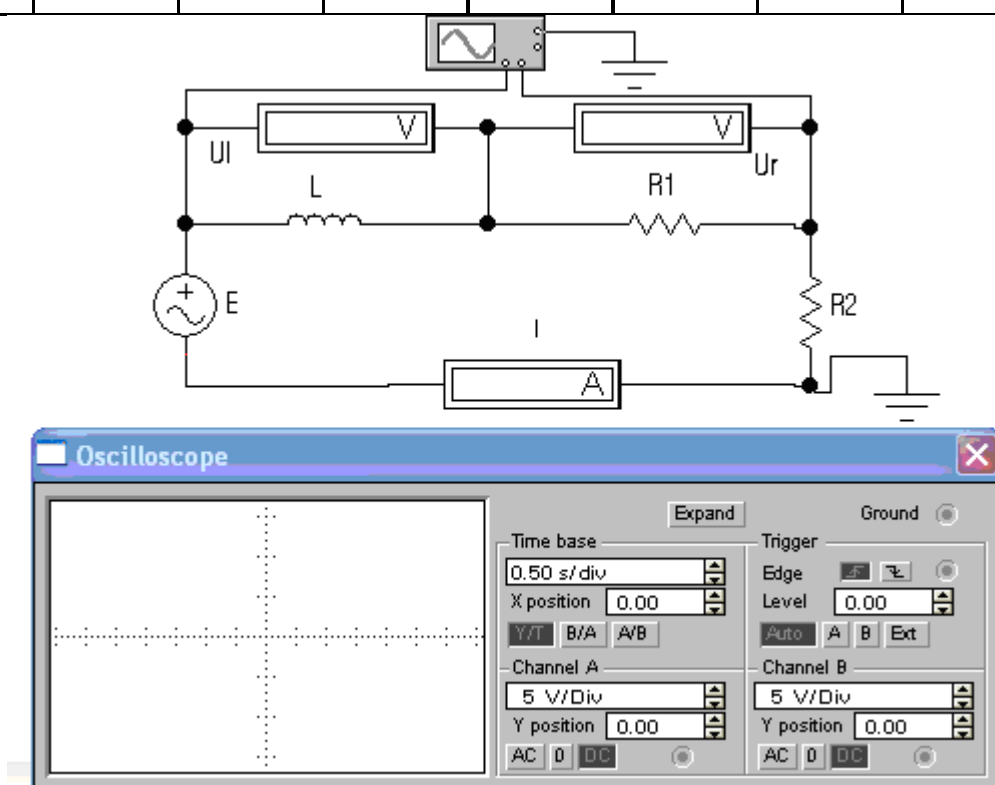


Рис.4. Схема исследования RL-цепочки

Исходные данные к экспериментальной схеме:  $U=10\text{В}$ ,  $f=50\text{Гц}$

| гр               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6 | 7   | 8 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|---|
| $L, \text{Гн}$   | 1   | 1,5 | 2   | 3   | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| $R1(\text{кОм})$ | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1   | 2 | 1,5 | 3 |
| $R2(\text{кОм})$ | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 1   | 1 | 2   | 2 |

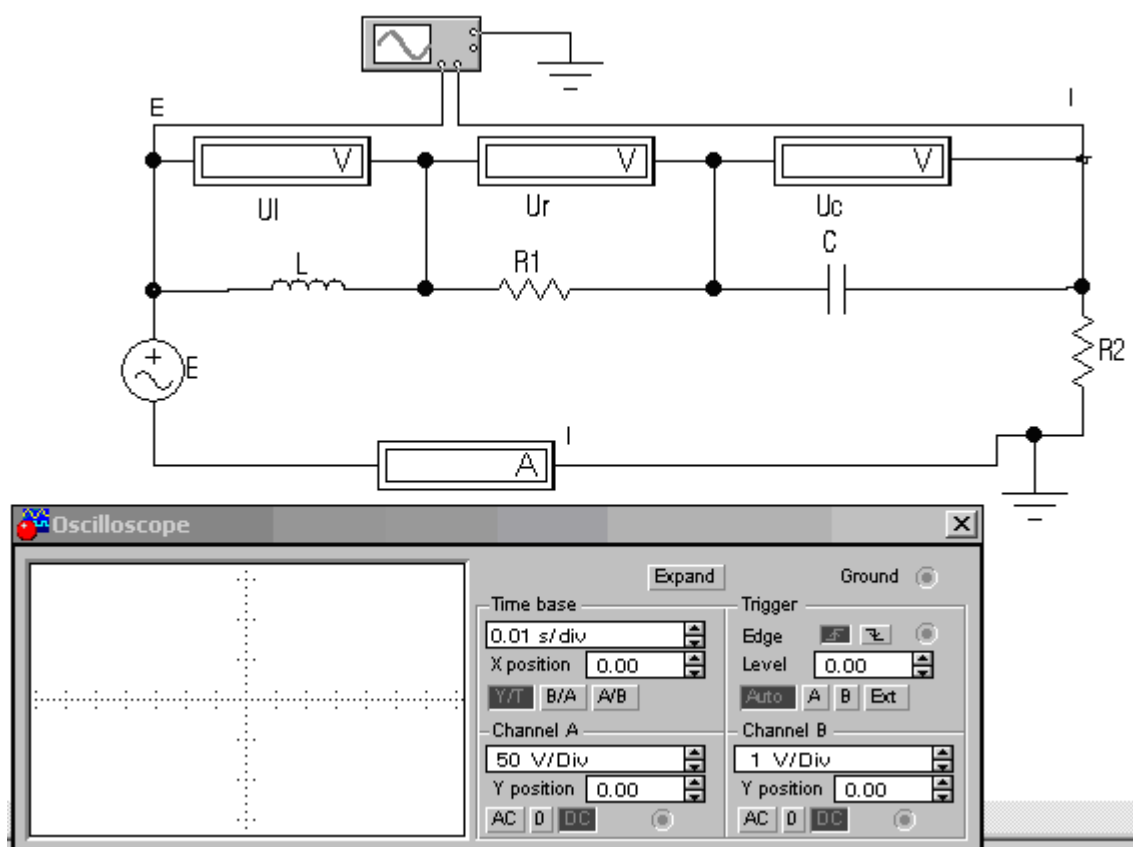


Рис.5. Схема исследования RLC - цепочки

Исходные данные к экспериментальной схеме:  $U=10\text{В}$ ,  $f=50\text{Гц}$

| Гр               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8   |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| $L(\text{Гн})$   | 5   | 4   | 3   | 2   | 0,1 | 0,5 | 0,3  | 0,2 |
| $C(\mu\text{F})$ | 5   | 6   | 8   | 10  | 15  | 10  | 10   | 12  |
| $R1(\text{кОм})$ | 0,5 | 0,8 | 1   | 1   | 0,4 | 0,2 | 0,15 | 0,3 |
| $R2(\text{кОм})$ | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,05 | 0,2 |

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Полное сопротивление при последовательном соединении RLC элементов.
2. Модуль полного сопротивления при последовательном соединении RLC элементов.
3. Фаза полного сопротивления при последовательном соединении RLC элементов.
4. Формула Эйлера.
5. Как перевести значение тока из комплексной формы в показательную и наоборот.
6. Что называется резонансным режимом цепи синусоидального тока?
7. В цепи, изображенной на рис.1,  $U_R = 4\text{В}$ ,  $U_L = 10\text{В}$ ,  $U_C = 7\text{В}$ . Чему равны напряжение  $U$  и угол  $\varphi$ ?

## Практическая работа № 8, 9. Исследование трехфазных цепей

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование амплитудно-фазовых соотношений для ЭДС в трехфазном генераторе. Измерение линейных и фазных напряжений. Исследование амплитудно-фазовых соотношений между токами и напряжениями в 3-х фазных цепях при различных соединениях фаз генератора и нагрузки:

- а) соединение звезда-звезда с нулевым проводом;
- б) соединение звезда-звезда;
- с) соединение звезда-треугольник.

Исследование несимметричных режимов. Измерение мощности в трехфазных цепях.

### 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

Многофазная цепь – это совокупность нескольких электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одной и той же частоты, отличающиеся друг от друга по фазе и создаваемые общим источником электрической энергии. Отдельные электрические цепи, образующие многофазную систему, называют фазами, число цепей, входящих в систему, называют числом фаз.

Совокупность ЭДС, действующих в многофазной системе, называют многофазной системой ЭДС, а совокупность токов, протекающих в этих цепях, – трехфазной системой токов.

Многофазный генератор состоит из  $m$  обмоток, сдвинутых друг относительно друга на некоторые углы. Вращая их с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле, получим  $m$ -многофазный генератор синусоидальных ЭДС, сдвинутых по фазе на углы, равные углам между обмотками.

Многофазная система называется несвязанной, если ее составляющие электрически не соединены между собой, в противном случае система называется связанной.

Существует два основных способа связывания многофазных систем: соединение звездой и соединение многоугольником (треугольником). Соединение звездой выполняют, объединяя начала всех его фаз в одну общую точку, называемую нейтральной точкой. Связь между генератором и нагрузкой может осуществляться при помощи проводов А, В, С, идущих от концов всех обмоток (соединение звезда-звезда), а иногда и от нейтральной точки генератора (звезда-звезда с нейтральным проводом). При этом провода, идущие от обмоток, называют линейными, а провод, идущий от нейтральной точки, – нейтральным. Соединение обмоток генератора многоугольником осуществляют, соединяя начало обмотки каждой фазы с концом обмотки следующей фазы.

ЭДС, индуцируемые в обмотках генератора, напряжения на зажимах этих обмоток и токи в них называют фазными, а напряжения между соседними линейными проводами и токи в них называют линейными.

Для трехфазной системы

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin \left[ \omega t - \frac{2\pi}{3} \right]$$

$$e_C = E_m \sin \left[ \omega t - \frac{4\pi}{3} \right] = E_m \sin \left[ \omega t + \frac{2\pi}{3} \right]$$

$$\underline{E}_A = E$$

$$\underline{E}_B = \underline{E}_A e^{-j\frac{2\pi}{3}} = E e^{j\frac{4\pi}{3}} = E e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$\underline{E}_C = \underline{E}_A e^{-j\frac{4\pi}{3}} = E e^{j\frac{2\pi}{3}} = E e^{-j\frac{4\pi}{3}}$$

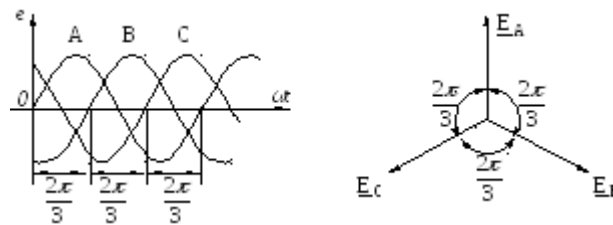


Рис. 1. Волновая и векторные диаграммы трехфазной системы генератора

Соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями определяются типом соединения и типом нагрузки – симметричной или несимметричной (однородной или неоднородной, равномерной или неравномерной).

Для симметричной нагрузки  $Z_a = Z_b = Z_c$ ,  $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$ .

При равномерной нагрузке модули сопротивлений равны:  $Z_a = Z_b = Z_c$ ,  $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$ .

При однородной нагрузке  $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$ ,  $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$ . Фазный угол каждой фазы  $\varphi_\phi = \arctg(X_\phi/R_\phi)$ , где  $X_\phi$ ,  $R_\phi$  - реактивная и активная составляющая комплексного сопротивления нагрузки соответствующей фазы.

**Звезда-звезда с нулевым проводом при любой нагрузке:**

фазные токи  $\underline{I}_a = \underline{U}_a/Z_a$ ,  $\underline{I}_b = \underline{U}_b/Z_b$ ,  $\underline{I}_c = \underline{U}_c/Z_c$ ;

ток в нейтральном проводе  $\underline{I}_0 = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c$ ;

линейное напряжение  $U_\pi = U_\phi \sqrt{3}$ .

**Звезда – звезда с нулевым проводом при симметричной нагрузке:**

фазные токи  $I_a = I_b = I_c = U_\phi/Z_\phi$ , ток в нейтральном проводе  $I_0=0$ .

**Звезда-звезда без нулевого провода при любой нагрузке:**

Напряжение смещения нейтрали

$$\underline{U}_{ON} = \frac{\underline{U}_A \underline{Y}_A + \underline{U}_B \underline{Y}_B + \underline{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N}.$$

**Звезда-звезда без нулевого провода при симметричной нагрузке:**

$$\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_\phi + \underline{Z}} = \underline{Y}_B = \underline{Y}_C, \quad \underline{Y}_N = \frac{1}{\underline{Z}_N}, \quad \underline{U}_{ON} = \frac{\underline{Y}_A(\underline{U}_A + \underline{U}_B + \underline{U}_C)}{3\underline{Y}_A + \underline{Y}_N} = 0.$$

Тогда  $\underline{I}_N = 0$  и нейтральный провод не нужен.

Токи в фазных проводах:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_{ON}}{\underline{Z}_\phi + \underline{Z}} = \underline{U}_A \underline{Y}_A,$$

$$\underline{I}_B = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_{ON}}{\underline{Z}_\phi + \underline{Z}} = \underline{U}_B \underline{Y}_A,$$

$$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C - \underline{U}_{ON}}{\underline{Z}_\phi + \underline{Z}} = \underline{U}_C \underline{Y}_A$$

одинаковые по величине и последовательно смещены по фазе на  $120^\circ$ , то есть

$$\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0.$$

Линейные токи равны фазным.

Несмотря на заметное удорожание линии электропередачи при использовании нейтрального провода, его тем не менее в потребительской сети применяют вследствие возможной не симметрии системы. При этом сечение нулевого провода берут или равным сечению линейного провода, или даже меньшим.

**Звезда-треугольник при любой нагрузке:**

фазные напряжения  $\underline{U}_\phi = \underline{U}_{ab} = \underline{U}_{bc} = \underline{U}_{ca}$ ;

линейные напряжения  $\underline{U}_\phi = \underline{U}_\Delta$ ;

линейные токи  $\underline{I}_a = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca}$ ,  $\underline{I}_b = \underline{I}_{bc} - \underline{I}_{ab}$ ,  $\underline{I}_c = \underline{I}_{ca} - \underline{I}_{bc}$ .

**Звезда-треугольник при симметричной нагрузке:**

линейные токи  $\underline{I}_\Delta = \underline{I}_\phi \sqrt{3}$ ,  $\underline{I}_\Delta = \underline{I}_a = \underline{I}_b = \underline{I}_c$ ;

фазные токи  $\underline{I}_\phi = \underline{I}_{ab} = \underline{I}_{bc} = \underline{I}_{ca} = \underline{U}_\phi / \underline{Z}$ .

**Мощность в трехфазной системе:**

$$\text{Активная } P_A + P_B + P_C = P, P = 3U_\phi I_\phi \cos\phi = \sqrt{3}UI \cos\phi, U_\phi I_\phi = \frac{U_o I_o}{\sqrt{3}},$$

$$P = 3U_\phi I_\phi \cos\phi = \sqrt{3}UI \cos\phi, \text{ где индекс } L \text{ (линейные величины) обычно опускается.}$$

При симметричной нагрузке фаз  $P = 3P_\phi$ . Система, обладающая таким свойством, называется уравновешенной.

Реактивная мощность  $Q = Q_A + Q_B + Q_C$  или при симметричной нагрузке

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin\phi = \sqrt{3}UI \sin\phi.$$

$$\text{Полная мощность при симметричной нагрузке } S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{3} \cdot UI, S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Измерение мощности в трехфазной системе можно проводить тремя и двумя ваттметрами. Схема с тремя ваттметрами предполагает наличие нулевого провода, а схема с двумя ваттметрами (схема Арона) более универсальна: показания ваттметров в этой схеме определяется по формулам

$$P_1 = U_L I_L \cos(\phi - 30^\circ); P_2 = U_L I_L \cos(\phi + 30^\circ); \phi = \arctg \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2};$$

$$\text{при симметричной нагрузке } P_1 + P_2 = U_L I_L \cos\phi; P_1 - P_2 = U_L I_L \sin\phi$$

### 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

3.1 Соединение звезда-звезда с симметричной нагрузкой (рис. 2,3).

3.1.1 По исходным данным определить значения линейных и фазных токов и напряжений:

3.1.2. По полученным значениям п.3.1.1 определить активную, реактивную и полную мощности нагрузки.

3.1.3. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

3.2. Соединение звезда-звезда с несимметричной нагрузкой (рис.4).

3.2.1. Повторить пп.3.1.1.-3.1.3.

3.3. Соединение звезда-треугольник с симметричной нагрузкой (рис.5).

3.3.1. По исходным данным определить значения линейных и фазных токов и напряжений:

3.3.2. Повторить пп. 3.1.2-3.1.3.

3.4. Соединение звезда-треугольник с несимметричной нагрузкой (рис.6).

3.4.1. Повторить пп. 3.1.1-3.1.3.

### 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Изучить описание работы.
2. Подготовить бланк отчета и миллиметровую бумагу для снятия осциллограмм.
3. Собрать схему.
4. Подключить приборы.
5. Установить частоту и действующие значение и фазу сигнала генераторов.
6. Установить необходимые значения сопротивлений каждой из фаз.
7. Снять показания приборов.
8. Сравнить с расчетными, сделать выводы по каждому из соединений.
9. Зарисовать показания осциллографа, сделать выводы.
10. Сделать вывод по работе.

Исходные данные к схемам рис.2,3  $f=50\text{Гц}$

| Гр.                       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8    |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| $E_A=E_B=E_C$             | 220 | 220 | 220 | 110 | 110 | 110 | 36   | 36   |
| $C_A=C_B=C_C(\text{мФ})$  | 10  | 15  | 25  | 10  | 15  | 25  | 5    | 10   |
| $R_A=R_B=R_C(\text{кОм})$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 500М | 800М |

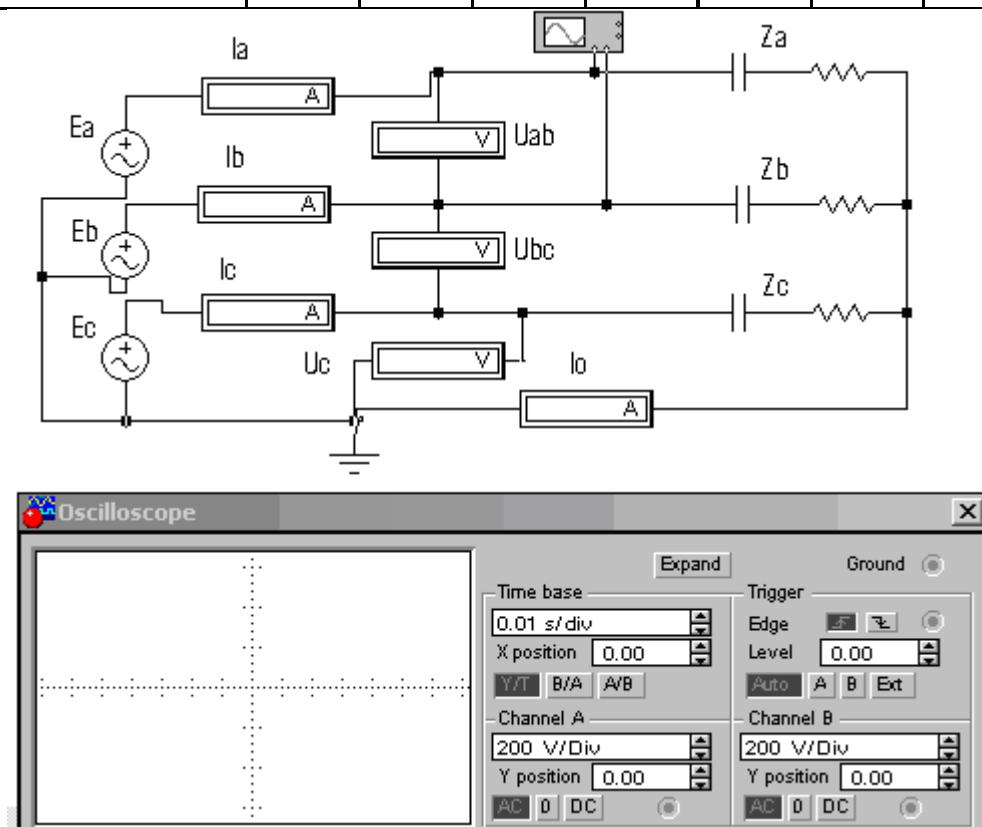


Рис. 2.Схема моделирования системы звезда-звезда с симметричной нагрузкой (осциллограф измеряет линейное напряжение)

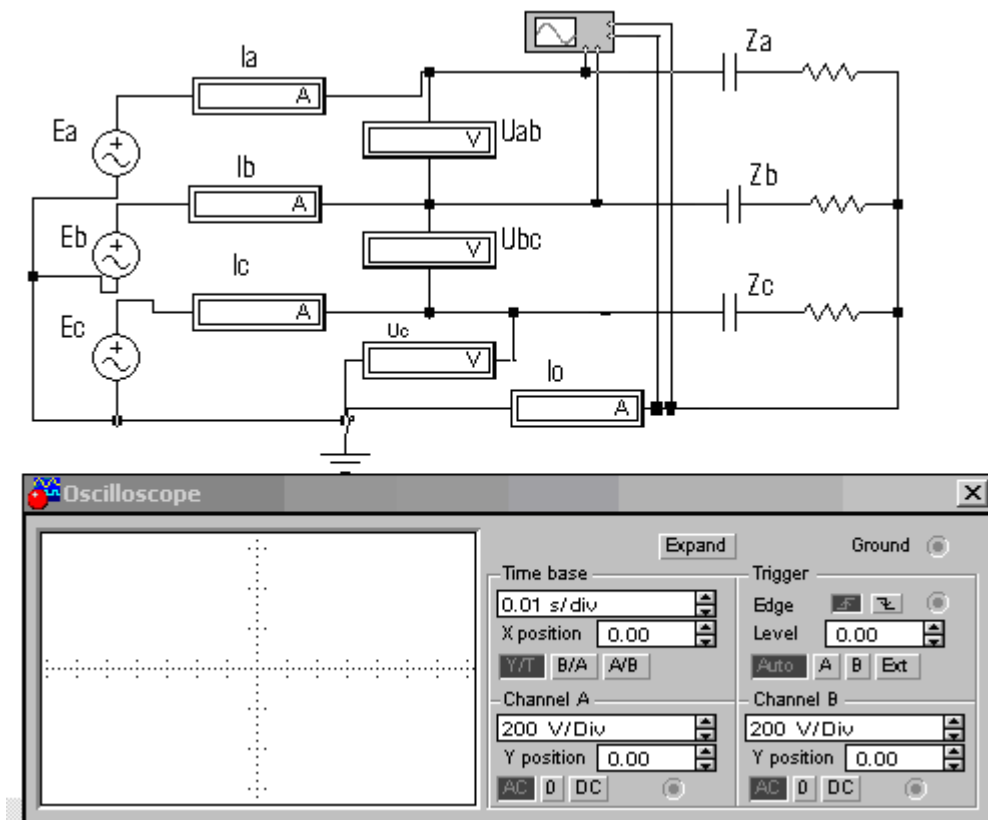


Рис. 3.Схема моделирования системы звезда-звезда с симметричной нагрузкой (осциллограф измеряет фазное и линейное напряжения)

Исходные данные к схеме рис.4,  $f=50\text{Гц}$

| Гр.                   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7     | 8     |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| $E_A=E_B=E_C$         | 220 | 220 | 220 | 110 | 110 | 110 | 36    | 36    |
| $C_A=C_B(\text{mF})$  | 10  | 15  | 25  | 10  | 15  | 25  | 5     | 10    |
| $C_c(\text{mF})$      | 15  | 20  | 25  | 15  | 20  | 25  | 15    | 25    |
| $R_A(\text{кОм})$     | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 500М  | 800М  |
| $R_B=R_c(\text{кОм})$ | 1   | 1,5 | 2   | 1   | 1,5 | 2   | 1000М | 1200М |

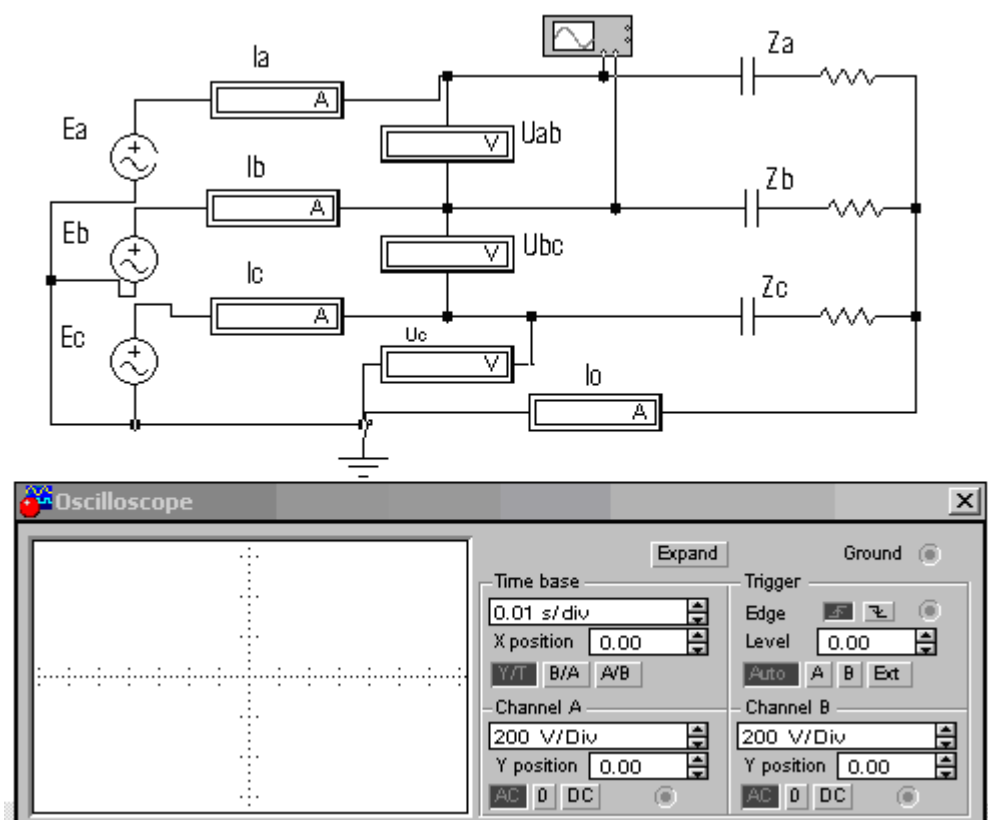


Рис.4. Схема моделирования системы звезда-звезда с несимметричной нагрузкой

Исходные данные к схемам рис.5,  $f=50\text{Гц}$

| Гр.                               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| $E_A=E_B=E_C$                     | 220 | 220 | 220 | 110 | 110 | 110 | 36 | 36 |
| $C_{AB}=C_{BC}=C_{CA}(\text{mF})$ | 10  | 15  | 25  | 25  | 30  | 50  | 50 | 25 |
| $R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}(\text{Om})$ | 100 | 200 | 300 | 150 | 100 | 50  | 25 | 15 |

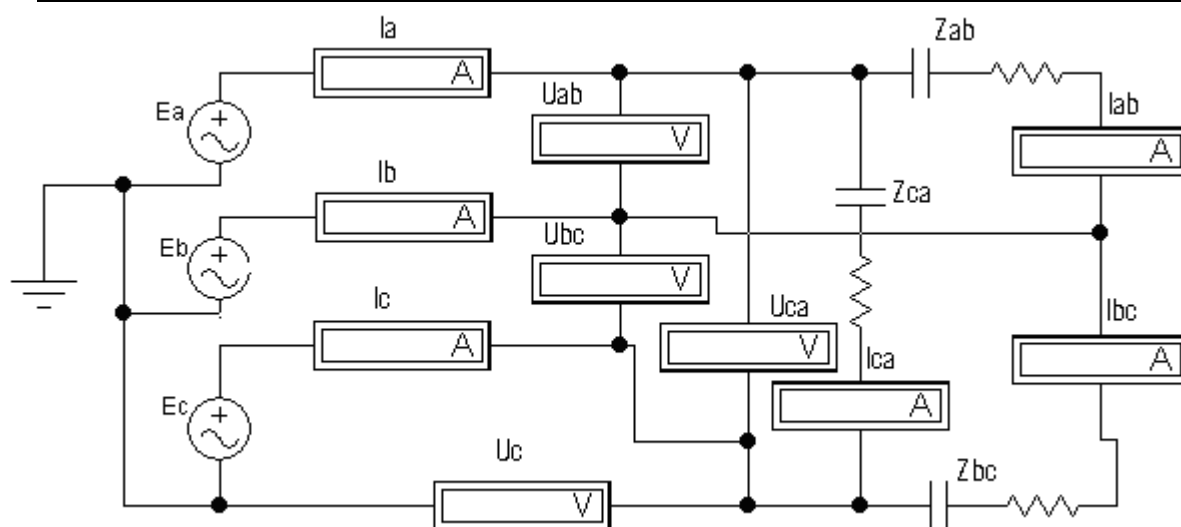


Рис. 5.Схема моделирования системы звезда – треугольник с симметричной нагрузкой  
Исходные данные к схеме рис.4,  $f=50\text{Гц}$

| Гр.                        | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| $E_A=E_B=E_C$              | 220 | 220 | 220 | 110 | 110 | 110 | 36 | 36  |
| $C_{AB}=C_{BC}(\text{mF})$ | 10  | 15  | 20  | 15  | 25  | 30  | 15 | 35  |
| $C_{CA}(\text{mF})$        | 15  | 25  | 30  | 10  | 15  | 25  | 25 | 50  |
| $R_{AB}(\Omega)$           | 150 | 200 | 210 | 50  | 80  | 100 | 40 | 80  |
| $R_{BC}=R_{CA}(\Omega)$    | 200 | 210 | 250 | 100 | 120 | 150 | 80 | 120 |

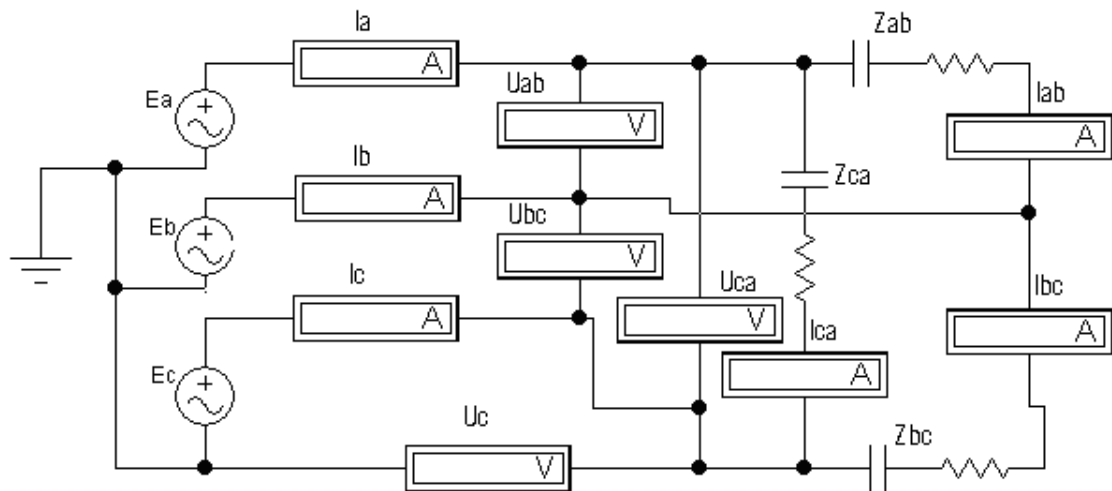


Рис.6.Схема моделирования звезда – треугольник с несимметричной нагрузкой

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение многофазной системы.
2. Что такое трехфазная система и какие схемы соединения источников ЭДС с потребителями применяются. Достоинства и недостатки различных схем соединения.
3. Составьте выражения для мгновенных значений фазных ЭДС и их комплексов для двух, четырех систем.
4. Какая нагрузка называется симметричной, равномерной и однородной.
5. Укажите соотношения между фазовыми и линейными токами и напряжениями в различных схемах соединения.
6. Как изменяются при симметричной нагрузке мгновенное значение в каждой фазе и суммарная мгновенная мощность.
7. Что понимают под смещением нейтрали, в каких случаях это возникает и как определить?
8. Необходимость нейтрального провода.
9. Что понимают под активной, реактивной и полной мощностями 3-х фазной системы. Приведите расчетные формулы.
10. Зарисуйте схему измерения мощности тремя ваттметрами.
11. Зарисуйте схему Арона.
12. Как изменяется мощность потребляемая симметричной нагрузкой при переключении ее со звезды в треугольник?