

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Блинова Светлана Павловна
Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе
Дата подписания: 12.12.2024 06:41:03
Уникальный программный ключ:
1cafd4e102a27ce11a87a2a1ceb20237f5a03ce5

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
учебной дисциплины
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

Для специальности:
13.02.01 Тепловые электрические станции

Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электротехника и электроника», для специальности 13.02.01 Тепловые электрические станции

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

Разработчик: А.В. Петухова, преподаватель.

Рассмотрены на заседании цикловой комиссии: Автоматизация технологических процессов и электромеханических дисциплин

Утверждены методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

Протокол заседания методического совета № 4 от «31» 01 2024 г.

Зам. директора по УР



С.П. Блинова

Предисловие

Лабораторный практикум по электротехнике способствует более глубокому и детальному изучению предмета. На лабораторных работах студенты учатся производить расчет параметров электрических цепей, собирать простейшие электрические схемы, работать с электроизмерительными приборами, пользоваться справочной литературой, соблюдать требования техники безопасности при работе с электрическими установками.

Методические указания содержат описание семи лабораторных работ, предусмотренные учебной программой для специальностей среднего специального образования, общие указания к проведению лабораторных работ, инструктаж по технике безопасности, описание лабораторного стенда.

Правила выполнения лабораторных работ

Для рационального использования лабораторного оборудования учебная группа делится на две подгруппы по 15-16 человек в каждой. Подгруппа делится на учебные бригады по 2-3 человека. Бригады выполняют работу при максимальном участии в ней всех членов. В последующих лабораторных работах обязанности членов бригады должны меняться.

Задание к лабораторной работе учащиеся получают за несколько дней до ее проведения.

Предварительная подготовка учащихся к каждой лабораторной работе заключается в изучении содержания работы, порядка её выполнения, повторении теоретического материала, связанного с данной работой, оформлении отчета. Отчет оформляется дома в рабочей тетради, в которую учащиеся вносят тему, цель работы, принципиальные электрические схемы, перечень оборудования, таблицы для занесения в них результатов измерения во время проведения работы.

Перед началом работы преподаватель контролирует подготовку учащихся к выполнению лабораторной работы, задавая несколько вопросов по цели, порядку выполнения и теории данной работы.

С разрешения преподавателя учащиеся приступают к практическому выполнению задания. Перед сборкой электрической цепи следует ознакомиться с техническими данными приборов и оборудования, используемых в данной работе. Собранная электрическая цепь должна быть наглядной и понятной. Главные цепи, по которым протекает ток, необходимо соединять проводниками одного цвета, а ответвления к подключаемым параллельно приборам и участкам - проводниками другого цвета. Сначала соединяются все последовательные участки главной цепи, а затем присоединяются ответвления.

Включение собранной цепи производится только после проверки ее преподавателем. В процессе выполнения задания показания контрольно-измерительных приборов, учащиеся заносят в подготовленные в рабочей тетради таблицы, а по окончании работы до разборки цепи данные наблюдений предъявляют преподавателю для контрольной проверки. Если результаты наблюдений будут признаны неудовлетворительными, то опыты повторяются. По указанию преподавателя цепь разбирается, а ее элементы (приборы, аппараты, проводники и др.) убираются в места их хранения.

Отчет должен содержать:

- 1 Тему лабораторной работы
- 2 Цель лабораторной работы
- 3 Принципиальные электрические схемы по данной работе
- 4 Перечень применяемого оборудования
- 5 Таблицы опытных и расчетных данных
- 6 Расчетные формулы и примеры расчетов
- 7 Заданные графики, векторные диаграммы
- 8 Выводы по работе

Расчетная часть работы выполняется на занятии. Графическая часть работы и завершение оформления отчета учащиеся выполняют дома. На следующем занятии учащиеся предъявляют оформленный отчет для проверки преподавателю, без чего они не допускаются к выполнению очередной лабораторной работы. Отчет должен быть выполнен тщательно и аккуратно.

При сдаче отчета преподаватель опрашивает студентов в объеме материала законченной работы, после чего работа засчитывается.

Учащиеся, выполнившие все, предусмотренные графиком лабораторные работы и сдавшие своевременно отчеты по ним, получают зачет по предмету.

Вводный инструктаж по технике безопасности при работе в электротехнической лаборатории

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) для помещений без повышенной опасности поражения током, к которым относится лаборатория Электротехники, безопасным считается напряжение до 42 В . Сопротивление тела человека определяется, главным образом, сопротивлением кожного покрова и равно $200\text{-}500\text{ кОм}$. Увлажнение или повреждение кожи снижает сопротивление до $600\text{-}800\text{ Ом}$; большое влияние оказывает также общее состояние организма и нервной системы. Таким образом, при указанном напряжении через человека, находящегося в нормальном состоянии протекает ток - $0,1\text{-}0,3\text{ мА}$. Сила тока в 50 мА может привести к травме, а в 100 мА - к смертельному исходу. Следует иметь в виду, что при токе даже менее 50 мА мышцы кистей рук непроизвольно сокращаются и токоведущая часть может оказаться зажатой в кулаке и тогда не удастся разжать руку, и ток протекает по телу. В некоторых лабораторных работах используется напряжение 127 В или даже 220 В , поэтому меры предосторожности имеет особо важное значение.

Основные правила техники безопасности следующие:

- 1 В лаборатории необходимо соблюдать тишину и порядок, бережно обращаться с электрооборудованием, соблюдать чистоту на рабочем месте.
- 2 Перед началом сборки цепи следует убедиться в том, что выключатели находятся в отключенном состоянии.
- 3 Учащимся категорически запрещается производить какие-либо переключения на главном распределительном щите лаборатории.
- 4 Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправными клеммами, проводов с поврежденной изоляцией, неисправных реостатов, патронов ламп, тумблеров и т.п.
- 5 Собранную цепь проверяет руководитель; ее можно включить только по его разрешению и в его присутствии.
- 6 Перед включением цепи следует убедиться, что никто не прикасается к оголенным токоведущим частям.
- 7 Все необходимые переключения нужно производить только при отключенном напряжении. Любое изменение в цепи должно быть проверено преподавателем.
- 8 Во время работы электроустановки запрещается касаться токоведущих частей во избежание электрической травмы.
- 9 Если во время работы возникнет какое-либо повреждение, в результате чего появится дым, специфический запах или накаляются проводники, то нужно быстро отключить напряжение и сообщить преподавателю о случившемся.
- 10 Если кто-либо попадает под напряжение и не сможет сам оторваться от токоведущих частей, то не пытайтесь оттащить его. Вы сами будете поражены током.

**Быстро ОТКЛЮЧИТЕ НАПРЯЖЕНИЕ НАЖАТИЕМ
КНОПКИ "АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ".**

Сообщите преподавателю о случившемся, а при необходимости вызовите врача. До прибытия врача немедленно окажите пострадавшему медицинскую помощь согласно инструкции (искусственное дыхание, непрямой массаж сердца и др.).

11 Учащийся допускается к лабораторной работе после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

Учащийся, нарушивший правила, удаляется из лаборатории и сдает внеочередной зачет по правилам техники безопасности.

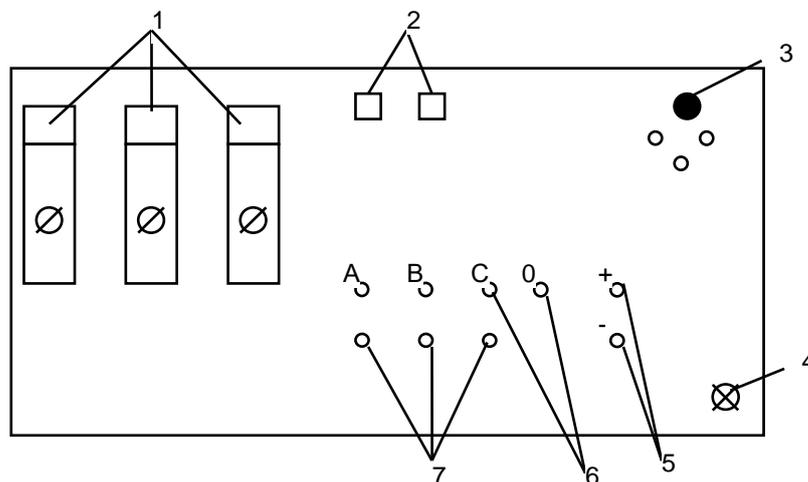
Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Теоретические основы электротехники» в средних и высших специальных учебных заведениях электротехнических специальностей

Технические данные

- | | |
|---|---------------|
| 1 Питание стенда от трехфазной сети переменного тока: | |
| частота, Гц | 50 ± 1 |
| напряжение $U_{Л}/U_{Ф}$, В | 380/220 ± 10% |
| 2 Напряжение для проведения лабораторных работ: | |
| выпрямленное | 30 В ± 13% |
| переменное $U_{Л}/U_{Ф}$ | 52/30 В ± 13% |
| 3 Мощность стенда, ВА | 300 |

Лабораторный стенд состоит из двух основных узлов: стола и поворотного барабана. Для удобства работ поворотный барабан уже находится в рабочем состоянии. Общий вид лицевой панели поворотного барабана показан на рисунке 1.



1 – три мультиметра типа М92-А для измерения токов, напряжений, сопротивлений в исследуемых цепях; 2 – автоматические выключатели (однофазный и трехфазный) для защиты электрических цепей от перегрузки; переменный резистор; 3 – нелинейный элемент – лампа МН-26; 4 – гнезда для подключения к постоянному напряжению; 5 – гнезда для подключения к переменному однофазному напряжению; 6 – гнезда для подключения к переменному трехфазному напряжению

Рисунок 1 – Общий вид лицевой панели поворотного барабана

Необходимые для проведения лабораторных работ схемы размещены в сменных блоках и выполнены графически на их лицевых панелях. Учащиеся собирают исследуемую схему, используя необходимые блоки и комплект соединительных проводов.

Перечень блоков для проведения лабораторных работ

- 1 Блок резисторов - № 1, 2, 3
- 2 Блок конденсаторов - № 4
- 3 Блок линейных элементов - № 5
- 4 Блок сухих элементов - № 6

В комплект соединительных проводов входят провода соединительные со штекерами:

- | | |
|---------------|------------------|
| 1 Однолучевые | 3 Трёхлучевые |
| 2 Двухлучевые | 4 Четырёхлучевые |

Руководство по эксплуатации мультиметра серии M92-A

Мультиметр предназначен для контроля и измерения постоянного и переменного напряжения, постоянного и переменного тока, сопротивления, проверки диодов, транзисторов.

Работа с мультиметром

1 Включите мультиметр и проверьте батарею, если батарея разряжена, на дисплее появится рисунок . Если этого не произойдет, продолжайте.

2 Знак треугольник с восклицательным знаком внутри и «молнией» снаружи, рядом с гнездами щупов означает, что напряжение или ток на входе не должны превышать указанные значения. Это необходимо для предупреждения повреждения внутренних цепей.

3 Переключатель пределов перед работой должен быть установлен на тот предел, на котором Вы собираетесь работать.

Измерение постоянного напряжения

- 1 Соедините черный щуп с гнездом *COM*, а красный – с гнездом *V/Ω*.
- 2 Установите переключатель на нужный предел *V-*, и присоедините щупы к источнику или нагрузке.

Измерение переменного напряжения

- 1 Соедините черный щуп с гнездом *COM*, а красный – с гнездом *V/Ω*.
- 2 Установите переключатель на нужный предел *V~*, и присоедините щупы к источнику или нагрузке.

Измерение постоянного тока

1 Соедините черный щуп с гнездом *COM*, а красный – с гнездом *mA* для измерения тока до *200 mA*. Для измерения тока более *200 mA*, но менее *10 A* переключите красный щуп в гнездо *10 A*.

2 Установите переключатель пределов на нужный предел *A=*, и присоедините щупы последовательно с контролируемой цепью. Полярность красного щупа будет выведена на дисплей одновременно с величиной тока.

Измерение переменного тока

1 Соедините черный щуп с гнездом СОМ, а красный – с гнездом для измерения тока до 200 мА . Для измерения тока более 200 мА , но менее 10 А переключите красный щуп в гнездо 10 А .

2 Установите переключатель пределов на нужный предел $A\sim$, и включите щупы последовательно с проверяемой нагрузкой.

Примечание

1 Если порядок измеряемой величины заранее не известен, начните с самого большого предела и переключайте предел в сторону уменьшения.

2 Если индицируется только «1» в старшем разряде, то это указание на перегрузку мультиметра. Надо переключиться на более высокий предел.

3 Не подавайте напряжение или ток выше указанных на мультиметре пределов, т.к. есть опасность повреждения внутренних цепей.

4 Будьте осторожны, чтобы не коснуться высоковольтных цепей.

Измерение сопротивления

1 Соедините черный щуп с гнездом СОМ, а красный – с гнездом V/Ω .

2 Установите переключатель на предел Ω , который будет использоваться, и присоедините щупы к измеряемому сопротивлению.

Примечание

1 Если значение проверяемого сопротивления превышает максимальную величину выбранного предела, на дисплее выводится сигнал перегрузки - «1», в старшем разряде, выберите более высокий предел.

2 При разомкнутых щупах, на дисплее будет выведена цифра «1», как при перегрузке.

Когда проверяется сопротивление в схеме, убедитесь, что проверяемая цепь отключена от питания и все конденсаторы разряжены.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Ознакомление с порядком выполнения лабораторных работ, техникой безопасности, стендами, аппаратурой и электроизмерительными приборами

Цели работы: ознакомиться с техникой безопасности, устройством стенда, аппаратурой и электроизмерительными приборами, с условными обозначениями их на схемах, правилами отсчета показаний; ознакомиться с правилами пользования мультиметром серии М 92; получить общее представление о сборке электрических цепей.

Основные теоретические положения

Электрическая цепь представляет собой совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока. В электрической цепи происходит преобразование энергий: механическая и химическая переходят в электрическую, а электрическая - в тепловую, световую, механическую и др. В состав цепи могут входить источники электрической энергии, потребители, соединительные провода, аппараты управления, защиты и сигнализации, электроизмерительные приборы, преобразующие устройства и т.д.

Электрические цепи могут быть неразветвленными и разветвленными. Разветвленные - состоят из двух или нескольких ветвей.

Ветвью называется участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же ток. Узлом называется точка соединения трех и более ветвей.

Все элементы электрической цепи в схемах согласно ГОСТу имеют условные обозначения.

Электрические цепи обязательно содержат источники электрической энергии. Часто на схемах сами источники не изображают, а обозначают зажимы электрической сети, от которой питается цепь. Городская, электрическая сеть имеет переменное напряжение 220 В и не всегда пригодна для нормальной работы исследуемой цепи. Для регулирования напряжения обычно применяют лабораторный автотрансформатор (ЛАТР). Перемещая движок по его обмотке, можно изменять выходное напряжение от 0 до 250 В . Если в лабораторных условиях требуется постоянное напряжение, то используют аккумуляторы или выпрямители. Для лабораторных работ применяют также трехфазную систему напряжений.

В качестве потребителей электрической энергии можно использовать лампы накаливания и реостаты, в которых электрическая энергия переходит в тепловую и световую. Сопротивление реостата регулируют от нуля до максимума с помощью движка. На табличке каждого реостата указаны номинальное сопротивление и номинальная сила тока. Следует иметь в виду, что действительное значение сопротивления может отличаться на $10 - 20\%$ от номинального в обе стороны. Конденсаторы соединяют в батарею параллельно и применяют в качестве нагрузки. Чем больше конденсаторов в батарее, тем больше ее емкость.

Важным потребителем является индуктивная катушка. Индуктивность можно изменять, перемещая катушку относительно ферромагнитного сердеч-

ника. Чем меньше витков в катушке и чем дальше она находится от сердечника, тем меньше индуктивность.

Для защиты от перегрузок и коротких замыканий применяют автоматические выключатели или плавкие предохранители (в схемах лабораторных работ они не указываются). Предохранители разрывают цепь за сотые доли секунды после возникновения короткого замыкания. За это время элементы цепи еще не успевают перегреться.

Существует множество электроизмерительных приборов для контроля и исследования работы электрических цепей. В учебной лаборатории применяют только некоторые амперметры, миллиамперметры, мультиметры, вольтметры, ваттметры и др. Приборы бывают щитовые и переносные, предназначенные для измерения на постоянном или переменном токе. Они могут быть одно- или многопредельными и иметь различные конструктивные особенности.

Задание

- 1 Прослушать инструктаж по ТБ и оформить соответствующую запись в журнале по технике безопасности.
- 2 Ознакомиться со всеми приборами стенда, с описанием стенда.
- 3 Ознакомиться с руководством по эксплуатации мультиметра.
- 4 Измерить Э.Д.С. всех источников.
- 5 Собрать цепь (рисунок 1.1 и 1.2) и показать ее товарищам по бригаде для проверки, а затем преподавателю.

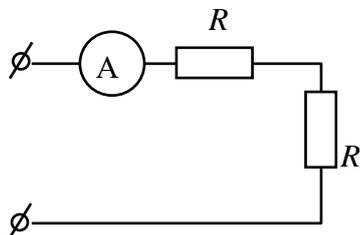


Рисунок 1.1

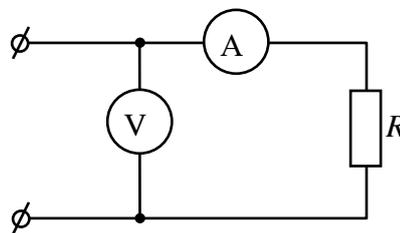


Рисунок 1.2

Обработка результатов опыта

По лабораторной работе сделать выводы относительно:

- 1 Соблюдения правил безопасности при работе в лаборатории.
- 2 Назначения элементов, составляющих электрическую цепь.
- 3 Последовательность действий при сборке цепи.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Из каких элементов состоит электрическая цепь и каково их назначение?
- 3 Что называется, узлом и ветвью электрической цепи?
- 4 Каков порядок сборки электрической цепи?
- 5 Как поступить, если стрелка амперметра с односторонней шкалой отклоняется влево от нулевой отметки?
- 6 Как поступить, если вдруг стрелка вольтметра отклонится за последнее правое деление шкалы?

- 7 Начертите схему включения амперметра, вольтметра.
- 8 Какие гнезда мультиметра используются для измерения напряжения?
- 9 Какие гнезда мультиметра используются для измерения тока?
- 10 Какие гнезда мультиметра используются для измерения сопротивления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

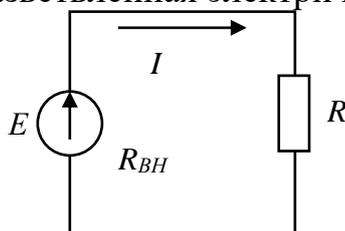
Проверка закона Ома в электрической цепи постоянного тока

Цель работы: практически убедиться в физической сущности закона Ома для участка и всей цепи.

Основные теоретические положения

Расчет и анализ любых электрических цепей может быть произведен с помощью основных законов электрических цепей: закона Ома, первого и второго законов Кирхгофа.

На рисунке 2.1 дана неразветвленная электрическая цепь, где



E - электродвижущая сила источника энергии; R_{BH} - внутреннее сопротивление источника; R - сопротивление приемника энергии, то есть внешнее сопротивление цепи; I - сила тока в цепи.

Рисунок 2.1 - Неразветвленная электрическая цепь

Все перечисленные величины связаны друг с другом законом Ома, который формулируется следующим образом: Сила тока I в цепи с одной ЭДС прямо пропорциональна этой ЭДС и обратно пропорциональна полному сопротивлению R_{OB} цепи:

$$I = \frac{E}{R_{OB}}. \quad (2.1)$$

Полное сопротивление цепи равно сумме внутреннего сопротивления R_{BH} источника электроэнергии и сопротивления внешней цепи R , то есть:

$$R_{OB} = R_{BH} + R. \quad (2.2)$$

ЭДС источника:

$$E = IR_{OB} = I(R_{BH} + R) = IR_{BH} + IR, \quad (2.3)$$

где $IR_{BH} = U_{BH}$ - внутреннее падение напряжение;

$IR = U$ - внешнее падение напряжение на зажимах генератора.

Таким образом, ЭДС генератора равна сумме внутреннего падения напряжения в нем и напряжения на его зажимах.

$$E = U_{BH} + U. \quad (2.4)$$

Ток на участке цепи можно определить следующим образом:

$$I = \frac{U_{BH}}{R_{BH}} \quad \text{или} \quad I = \frac{U}{R}. \quad (2.5)$$

Эти формулы выражают закон Ома для участка цепи: Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна падению напряжения на этом участке и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Закон Ома справедлив для линейных цепей ($R = const$).

Приборы и оборудование:

- 1 стенд;
- 2 соединительные провода;
- 3 мультиметр М92 - 2 шт.;
- 4 реостат - 1 шт.

Задание

- 1 Собрать электрическую схему согласно рисунка 2.2. Установить движок реостата в среднее положение. Включить источник питания

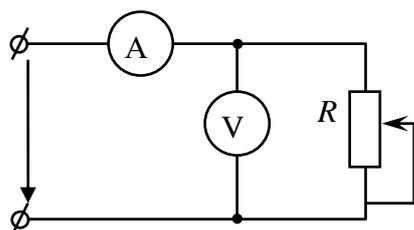


Рисунок 2.2 - Схема для проверки закона Ома

- 2 Измерить ток и напряжение на внешнем участке цепи, используя мультиметры. Измерить ЭДС источника, разомкнув цепь питания и подключив мультиметр к зажимам источника. Данные занести в таблицу 2.1. (опыт 1).

- 3 Передвигая движок реостата, повторить опыт еще два раза, данные наблюдений записать в таблицу 2.1 (опыт 2, 3).

Таблица 2.1 – Таблица опытных и расчетных данных

Номер опыта	Измерить			Вычислить			
	E, B	I, A	U, B	$R, Ом$	$R_{BH}, Ом$	U_{BH}, B	$I_{ВЫЧ}, A$
1							
2							

Обработка результатов опыта

- 1 Определить сопротивление внутреннего и внешнего участков цепи, используя уравнения:

$$R_{BH} = \frac{E - U}{I} ; \quad R = \frac{U}{I} . \quad (2.6)$$

- 2 Найти внутреннее падение напряжения U_{BH} источника.
- 3 Используя расчетные значения R_{BH} и R , определить $I_{ВЫЧ}$ по закону Ома для всей цепи.
- 4 По лабораторной работе сделать выводы относительно:
 - выполнение закона Ома для участка и для всей электрической цепи;
 - влияние сопротивления R внешнего участка цепи на ток в цепи и напряжение источника электрической энергии.
- 5 Выводы записать в отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Сформулируйте закон Ома для участка и для всей электрической цепи.
- 2 Какие электрические цепи называются линейными?
- 3 Какое сопротивление называется внутренним, внешним?
- 4 Чему равна ЭДС источника электроэнергии?
- 5 Почему при отключении внешней цепи напряжение источника равно его ЭДС?
- 6 Какие элементы электрической цепи обладают электрическим сопротивлением?
- 7 От чего зависит напряжение на участке цепи?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Исследование электрических цепей с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель работы: проверка на опыте особенностей последовательного и параллельного соединения резисторов.

Основные теоретические положения

Последовательное соединение резисторов - это такое соединение, когда к концу первого резистора присоединяется начало второго, к концу второго - начало третьего и т.д. Для последовательного соединения характерно то, что ток на всех участках цепи одинаков, а падение напряжения на отдельных сопротивлениях пропорциональны их величинам:

$$U_1 = I \cdot R_1; \quad U_2 = I \cdot R_2; \quad U_3 = I \cdot R_3. \quad (3.1)$$

Каждое сопротивление можно найти по формулам:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I}. \quad (3.2)$$

Эквивалентное сопротивление участка цепи равно сумме сопротивлений каждого резистора:

$$R_{ЭКВ} = R_1 + R_2 + R_3. \quad (3.3)$$

Общее напряжение на зажимах цепи равно сумме падений напряжений на каждом резисторе:

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (3.4)$$

Если же к концам участка вместо трех резисторов подключить эквивалентный резистор с сопротивлением $R_{ЭКВ}$ и подать такое же напряжение U , то в участке установится ток такой же силы I , что и при последовательном соединении резисторов:

$$I = \frac{U}{R_{ЭКВ}}. \quad (3.5)$$

Следовательно: $R_{ЭКВ} = \frac{U}{I}$.

Мощность резисторов можно определить по формулам:

$$P_1 = I \cdot U_1 = I^2 \cdot R_1 = \frac{U_1^2}{R_1}; \quad (3.6)$$

$$P_2 = I \cdot U_2 = I^2 \cdot R_2 = \frac{U_2^2}{R_2} \quad (3.7)$$

и т.д.

Мощность всего участка с последовательным соединением резисторов:

$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U^2}{R_{\text{ЭКВ}}}. \quad (3.8)$$

Параллельное соединение резисторов - это такое соединение, когда начала всех резисторов, соединены в одну точку, а концы в другую.

Для параллельного соединения характерно одинаковое падение напряжения на каждом резисторе и на всем участке: $U = U_1 = U_2 = U_3$.

Сила тока в ветвях обратно пропорциональна сопротивлениям:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R_2}; I_3 = \frac{U}{R_3}. \quad (3.9)$$

Каждое сопротивление можно найти по формулам:

$$R_1 = \frac{U}{I_1}; R_2 = \frac{U}{I_2}; R_3 = \frac{U}{I_3} \quad (3.10)$$

Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов всех ветвей:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3.11)$$

Эквивалентное сопротивление двух резисторов:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (3.12)$$

трех резисторов:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3} \quad (3.13)$$

Проводимость-величина обратная сопротивлению, следовательно:

$$G_1 = \frac{1}{R_1}; \quad G_2 = \frac{1}{R_2}; \quad G_3 = \frac{1}{R_3}; \quad G_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} \quad (3.14)$$

Эквивалентная проводимость: $G_{\text{ЭКВ}} = G_1 + G_2 + G_3$.

Мощность резисторов при параллельном соединении можно рассчитать по формулам:

$$P_1 = I_1 \cdot U = I_1^2 \cdot R_1 = \frac{U^2}{R_1} \quad \text{и т.д.} \quad (3.15)$$

Баланс мощностей цепи рассчитывается так:

$$P_{\text{И}} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3.16)$$

где P_1, P_2, P_3 - мощность потребителей,

$P_{\text{И}} = EI$ - мощность источника энергии.

Приборы и оборудование:

- 1 стенд;
- 2 соединительные провода;
- 3 мультиметр М92 - 3 шт.;

4 блок резисторов 3 шт.

Задание

1 Собрать цепь из последовательно соединенных блоков резисторов, согласно рисунку 3.1. и показать ее преподавателю для проверки.

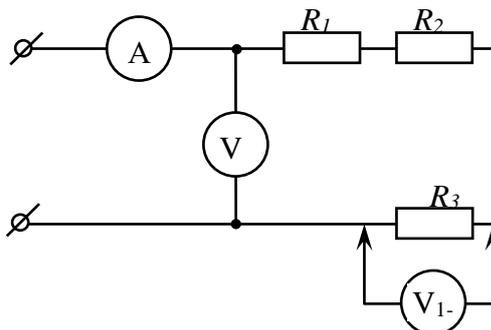


Рисунок 3.1 - Схема для исследования цепи с последовательным соединением резисторов

2 Включить цепь. Измерить силу тока в цепи, падение напряжения на каждом участке при двух-трех значениях сопротивлений блоков резисторов, результаты внести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Таблица опытных и расчетных данных

Измерить					Вычислить							
$I,$ A	$U,$ B	$U_1,$ B	$U_2,$ B	$U_3,$ B	$R_1,$ Om	$R_2,$ Om	$R_3,$ Om	$R_{ЭKB},$ Om	$P,$ Bm	$P_1,$ Bm	$P_2,$ Bm	$P_3,$ Bm

3 Собрать цепь из параллельно соединенных блоков резисторов, согласно рисунка 3.2. и показать ее преподавателю для проверки.

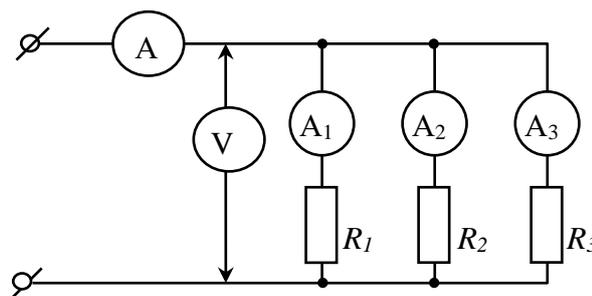


Рисунок 3.2 - Схема для исследования цепи с параллельным соединением резисторов

Приборы и оборудование:

- 1 стенд;
- 2 соединительные провода;
- 3 мультиметр М92 - 3 шт.;
- 4 вольтметр $0 - 75B$ - 1 шт.;
- 5 амперметр $0 - 1A$ - 1 шт.;
- 6 блок резисторов - 3 шт.

4 Включить цепь. Измерить силу тока в ветвях при двух-трех значениях сопротивлений блоков, результаты внести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Таблица опытных и расчетных данных

Измерить					Вычислить												
$U, В$	$I, А$	$I_1, А$	$I_2, А$	$I_3, А$	$R_{ЭКВ}, Ом$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$G_{ЭКВ}, См$	$G_1, См$	$G_2, См$	$G_3, См$	$P, Вт$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$P_3, Вт$	

Обработка результатов опытов

1 Для цепи с последовательным соединением рассчитать сопротивление и мощность каждого блока резисторов, эквивалентное сопротивление, а также мощность всей цепи, результаты записать в таблицу 3.1. Проверить баланс мощностей.

2 Для цепи с параллельным соединением рассчитать сопротивление, проводимость и мощность каждого блока резисторов, и всей цепи, результаты записать в таблицу 3.2. Проверить баланс мощностей.

3 По лабораторной работе сделать выводы относительно:

- распределение напряжения на резисторах при последовательном соединении
- распределение тока в ветвях при параллельном соединении
- подтверждение 1-го и 2-го законов Кирхгофа
- причины неполного совпадения расчетных и опытных результатов

4 Выводы записать в отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Что называют последовательным и параллельным соединением?
- 3 Запишите формулы расчета эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении.
- 4 Сформулируйте и запишите закон Ома для участка и для всей цепи.
- 5 На каком из двух последовательно соединенных разных по величине резисторов будет больше падение напряжения?
- 6 В какой из двух параллельных ветвей, имеющих разное сопротивление, будет больше ток?
- 7 Как рассчитать проводимость ветвей и эквивалентную проводимость при параллельном соединении резисторов?
- 8 Как рассчитать эквивалентную проводимость для последовательного соединения резисторов?
- 9 По каким формулам можно найти мощность, потребляемую резистором?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Исследование смешанного соединения резисторов в электрических цепей

Цель работы: проверка на опыте особенностей смешанного соединения резисторов.

Основные теоретические положения

Смешанным соединением называется последовательно-параллельное соединение резисторов или участков цепи, каждый из которых может состоять из последовательно или параллельно соединенных резисторов.

При (работе) расчете цепи со смешанным соединением резисторов пользуются обычно способом последовательного упрощения схемы.

Эквивалентное сопротивление резисторов рассчитывается по формулам:

а) для последовательного соединения резисторов

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_{2,3}; \quad (4.1)$$

б) для параллельного соединения резисторов

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}. \quad (4.2)$$

Падение напряжения на отдельных сопротивлениях резисторов при последовательном соединении будет равно:

$$U_1 = I \cdot R_1; \quad U_2 = I \cdot R_2; \quad U_3 = I \cdot R_3. \quad (4.3)$$

Падение напряжения на каждом из последующих сопротивлений резистора при последовательном соединении, меньше данного напряжения в цепи на величину падения напряжения на предыдущем резисторе:

$$U_2 = U - I_1 \cdot R_1. \quad (4.4)$$

При параллельном соединении характерно одинаковое падение напряжения на каждом резисторе: $U_2 = U_3$.

Согласно закону Ома ток в смешанной цепи прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален эквивалентному сопротивлению:

$$I = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} \quad \text{или} \quad I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad (4.5)$$

Токи в параллельных ветвях:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2};$$
$$I_3 = \frac{U_3}{R_3}. \quad (4.6)$$

Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме токов всех ветвей:

$$I_1 = I_2 + I_3. \quad (4.7)$$

При последовательном соединении мощность резисторов можно определить по формулам:

$$P_1 = I_1 \cdot U_1 = I_1^2 \cdot R_1 = \frac{U_1^2}{R_1}. \quad (4.8)$$

Мощность всего участка с последовательным соединением резисторов:

$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U^2}{R_{\text{ЭКВ}}}. \quad (4.9)$$

Мощность резисторов при параллельном соединении можно рассчитать по формулам:

$$P_2 = I_2 \cdot U_2 = I_2^2 \cdot R_2 = \frac{U_2^2}{R_2}; \quad (4.10)$$

$$P_3 = I_3 \cdot U_3 = I_3^2 \cdot R_3 = \frac{U_3^2}{R_3}.$$

Баланс мощностей равен:

$$P_{II} = P_1 + P_2 + P_3, \quad (4.11)$$

где P_1, P_2, P_3 - мощность потребителей,

$P_{II} = EI$ - мощность источника энергии.

Проводимость эквивалентная равна:

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}}. \quad (4.12)$$

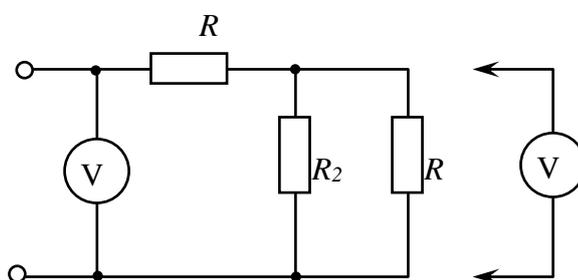


Рисунок 4.1 - Схема для исследования цепи со смешанным соединением резисторов

Приборы и оборудование:

- 1 стенд;
- 2 соединительные провода;
- 3 блок резисторов - 3 шт.;
- 4 мультиметр М92 - 2 шт.

Задание

- 1 Собрать цепь согласно рисунка 4.1, и показать ее преподавателю для проверки.
- 2 Включить цепь, установить разное сопротивление на блоках.
- 3 Произвести измерения напряжений и сопротивлений с помощью мультиметра. Результаты внести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Таблица опытных и расчетных данных

Измерить						Вычислить													
U, B	U_1, B	U_2, B	U_3, B	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_{\text{ЭКВ}}, Ом$	$G_{\text{ЭКВ}}, См$	$G_1, См$	$G_2, См$	$G_3, См$	I_1, A	I_2, A	I_3, A	$R_1, Ом$	$P, Вт$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$P_3, Вт$	

Обработка результатов опытов

1 Для цепи со смешанным соединением рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, проводимость каждого участка и общую проводимость, силу тока на каждом участке цепи, общий ток, мощность каждого блока резисторов и всей цепи. Результаты записать в таблицу 4.1. Проверить баланс мощностей.

- 2 По лабораторной работе сделать выводы относительно:
- распределение напряжения на резисторах при последовательном соединении
 - распределение тока в ветвях при параллельном соединении
 - подтверждение 1-го и 2-го законов Кирхгофа
 - причины неполного совпадения расчетных и опытных результатов
 - как изменяется общее сопротивление при последовательном соединении резисторов?
 - как изменяется общее сопротивление при параллельном соединении резисторов?

3 Выводы записать в отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Какое соединение называют смешанным соединением?
- 3 Запишите формулы расчета эквивалентного сопротивления при смешанном соединении резисторов.
- 4 Что физически выражает 1-ый закон Кирхгофа?
- 5 Сформулируйте и запишите закон Ома для участка цепи и для всей цепи.
- 6 В какой из двух параллельных ветвей, имеющих разное сопротивление, будет протекать больший ток?
- 7 Как изменяется $R_{ЭКВ}$, I_2 , I_3 , U_2 , U_3 при исключении из цепи R_1 ?
- 8 Как изменяется $R_{ЭКВ}$, I_1 , I_2 , U_1 , U_2 при исключении из цепи R_3 ?
- 9 При каком способе соединения эквивалентное сопротивление цепи увеличивается (уменьшается)?
- 10 Запишите две – три формулы для расчета U_{23} .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Опытное изучение законов Кирхгофа в применении к многоконтурной цепи

Цель работы: проверка на опыте законов Кирхгофа и сопоставление опытных результатов с расчетными.

Основные теоретические положения

Первый закон Кирхгофа: «Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю» или «Сумма токов, направленных к узлу электрической цепи, равна сумме токов, направленных от узла»

Второй закон Кирхгофа: «Алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре равна алгебраической сумме падений напряжений в этом контуре».

Оба закона Кирхгофа можно проверить на одной и той же электрической цепи. Внутренним сопротивлением источников можно пренебречь.

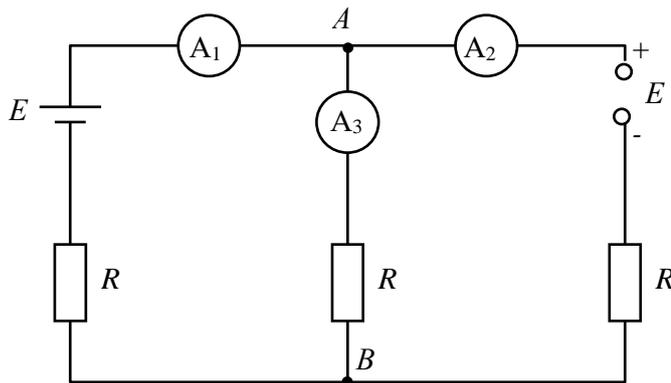


Рисунок 5.1 - Сложная электрическая цепь

Приборы и оборудование:

- 1 источник постоянного напряжения (батарейка) - 3 шт.
- 2 стенд;
- 3 соединительные провода;
- 4 блок резисторов - 3 шт.;
- 5 мультиметр М92 - 3 шт.

Задание

- 1 Составить программу опытов по рабочей схеме и ознакомить с ней преподавателя.
- 2 Собрать цепь согласно рисунка 5.1, и показать ее преподавателю для проверки.
- 3 Произвести измерения согласно составленной программе. Результаты внести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Таблица опытных и расчетных данных

Измерить							Вычислить			
$E_1,$ B	$E_2,$ B	$I_1,$ A	$I_2,$ A	$I_3,$ A	$U_1,$ B	$U_2,$ B	$U_3,$ B	$R_1,$ $Ом$	$R_2,$ $Ом$	$R_3,$ $Ом$

Обработка результатов опытов

- 1 По измеренным значениям напряжения и силы тока рассчитать сопротивления блоков резисторов.
- 2 Проверить по первому закону Кирхгофа баланс токов для одного узла.
- 3 Проверить по второму закону Кирхгофа баланс напряжений и ЭДС для всех контуров цепи.
- 4 По лабораторной работе сделать выводы относительно:
 - опытного подтверждения первого закона Кирхгофа;
 - опытного подтверждения второго закона Кирхгофа;
 - причин неполного совпадения опытных результатов с теорией.
- 5 Выводы записать в отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 В чем заключается смысл первого закона Кирхгофа?
- 3 Какие токи считаются положительными, а какие отрицательными?
- 4 Какие ЭДС и падения напряжения считаются положительными, а какие отрицательными?
- 5 В чем заключается смысл второго закона Кирхгофа?
- 6 Сколько контуров в приведенной схеме?
- 7 Запишите уравнения по второму закону Кирхгофа для всех контуров приведенной схемы.
- 8 Как изменится уравнение, составленное по второму закону Кирхгофа, если обходить контур в обратном направлении?
- 9 Как выбирается знак при записи падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника?
- 10 В каком случае мощность источника в уравнение баланса мощностей записывается со знаком минус?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Исследование последовательного соединения активного сопротивления и индуктивности

Цель работы: изучить неразветвленную цепь переменного тока, содержащую активное и реактивное сопротивления; построить векторную диаграмму цепи, а также треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей.

Основные теоретические сведения

В цепи, содержащей активное сопротивление и индуктивность, вектор активного напряжения совпадает с вектором тока (рис. 6.1), а вектор индуктивного напряжения опережает ток на угол 90° градусов:

$$\begin{aligned}i &= I_m \sin \omega t; \\u_A &= U_{m_A} \sin \omega t; \\u_L &= U_{m_L} \sin (\omega t + 90^\circ).\end{aligned}\tag{6.1}$$

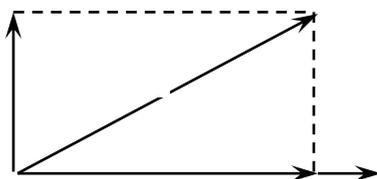


Рисунок 6.1 - Векторная диаграмма цепи с активным и индуктивным сопротивлениями

Полное напряжение опережает вектор тока на угол φ и равно геометрической сумме напряжений на отдельных участках цепи

$$U_0 = \sqrt{U_A^2 + U_L^2}. \quad (6.2)$$

Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{U_0}{I_0} \quad (6.3)$$

содержит активную и индуктивную составляющие:

$$R = \frac{U_A}{I}; \quad X_L = \frac{U_L}{I} = 2\pi fL. \quad (6.4)$$

Полная мощность цепи

$$S = U_0 \cdot I_0 = \sqrt{P^2 + Q_L^2}; \quad (6.5)$$

где $P = U_A \cdot I_0$ - активная мощность;

$Q_L = U_L \cdot I_0$ - индуктивная мощность.

Применяя закон Ома, можно записать формулы расчета мощностей:

$$\begin{aligned} S &= I_0^2 \cdot Z = \frac{U_0^2}{Z}; \\ P &= I_0^2 \cdot R = \frac{U_A^2}{R}; \\ Q_L &= I_0^2 \cdot X_L = \frac{U_L^2}{X_L}. \end{aligned} \quad (6.6)$$

На основе векторной диаграммы можно построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей (рис. 6.2).

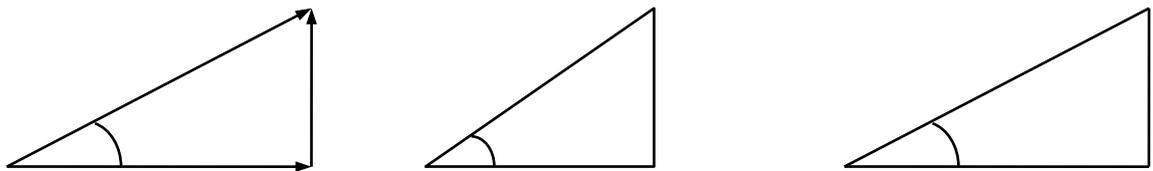


Рисунок 6.2 - Треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей

Все эти треугольники подобны, причем в противоположность треугольникам напряжений треугольник сопротивлений состоит из отрезков, а не из векторов, т.к. сопротивление скалярная величина.

Силу тока в цепи можно определить по закону Ома:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}. \quad (6.7)$$

Если считаться с активным сопротивлением катушки индуктивности, то общее сопротивление и напряжение на катушке соответственно равны:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_L^2} = \frac{U_k}{I}; \quad (6.8)$$

$$U_K = \sqrt{U_{AK}^2 + U_L^2},$$

где $U_{AK} = IR_K$ активная составляющая напряжения на катушке;

$U_L = IX_L$ индуктивная составляющая напряжения на катушке.

Величина угла φ определяется из прямоугольных треугольников, рассмотренных ранее, по формулам

$$\cos \varphi = \frac{U_A}{U} = \frac{R}{Z} = \frac{P}{S} \quad (6.9)$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_A} = \frac{X_L}{R} = \frac{Q_L}{P}, \quad (6.10)$$

откуда $\varphi^0 = \operatorname{arctg} \varphi$ или $\varphi^0 = \operatorname{arccos} \varphi$.

Приборы и оборудование:

- 1 мультиметр – 3 шт;
- 2 катушка индуктивности -1 шт;
- 3 блок резисторов – 1 шт;
- 4 стенд;
- 5 соединительные провода.

Задание

- 1 Собрать цепь согласно рисунку 6.3. и показать ее преподавателю для проверки.

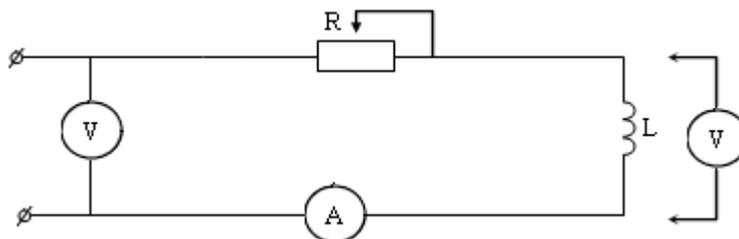


Рисунок 6.3 - Схема установки

- 2 Включить цепь.
- 3 При трех значениях активного сопротивления, провести измерения. Результаты записать в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты опытов и расчетов

Измерить						Вычислить									
$U_K, В$	$U_A, В$	$U_0, В$	$I_0, А$	$R_K, Ом$	$R, Ом$	$P, Вт$	$X_L, Ом$	$Z, Ом$	$L, Гн$	$Z_K, Ом$	$\cos\varphi$	$U_{AK}, В$	$U_L, В$	$S, ВА$	$Q_L, ВАР$

Обработка результатов опыта

1 По результатам опытов рассчитать напряжения, сопротивления, индуктивность, мощность, угол сдвига фаз, и его тригонометрические функции. Результаты занести в таблицу 6.1.

2 С учетом масштабов построить векторную диаграмму действующих значений тока и напряжения для исследуемой цепи.

3 С учетом масштабов построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей.

4 Сделать вывод относительно характера изменения сопротивлений, силы тока, мощностей, угла, $\cos\varphi$ при изменении активного сопротивления реостата. Вывод записать в отчет.

Содержание отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цель работы;
- 3 схема установки;
- 4 перечень оборудования;
- 5 таблица 6.1;
- 6 расчет данных для построения треугольников;
- 7 построение в масштабе векторной диаграммы цепи;
- 8 построение в масштабе треугольников напряжения, сопротивления и мощностей;
- 9 выводы по работе.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Изобразите векторные диаграммы для активно-индуктивной нагрузки.
- 3 Как рассчитать полное сопротивление цепи, если известны активное и индуктивное сопротивления, соединенные последовательно?
- 4 Запишите формулу для расчета активной мощности в цепи с активно-индуктивной нагрузкой.
- 5 Запишите формулу для расчета реактивной мощности в цепи с активно-индуктивной нагрузкой.

6 Изобразите треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей цепи с активно-индуктивной нагрузкой.

7 Запишите формулы для расчета косинуса угла сдвига фаз между векторами напряжения и тока.

8 Запишите формулы для расчета силы тока в цепи, содержащей реальную катушку индуктивности.

9 Каковы особенности энергетических процессов в цепи с реальной катушкой?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

Исследование последовательного соединения активного сопротивления и емкости

Цель работы: изучить неразветвленную цепь переменного тока, содержащую активное сопротивление и емкость; построить векторную диаграмму цепи и треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей.

Основные теоретические сведения

В цепи, содержащей активное сопротивление и емкость, вектор активного напряжения совпадает с вектором тока (рис. 7.1), а вектор емкостного напряжения отстает от тока на угол 90° градусов:

$$\begin{aligned}i &= I_m \sin \omega t; \\u_A &= U_{m_A} \sin \omega t; \\u_C &= U_{m_C} \sin (\omega t - 90^\circ).\end{aligned}\tag{7.1}$$

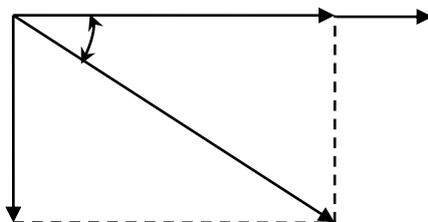


Рисунок 7.1 - Векторная диаграмма цепи с емкостным и активным сопротивлениями

Полное напряжение равно геометрической сумме напряжений на отдельных участках цепи

$$U_0 = \sqrt{U_A^2 + U_C^2}\tag{7.2}$$

и отстает от тока на угол φ .

Полное сопротивление цепи

$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{R^2 + X_C^2}\tag{7.3}$$

содержит активную и емкостную составляющие:

$$R = \frac{U_A}{I_0}; \quad (7.4)$$

$$X_c = \frac{U_c}{I_0} = \frac{1}{2\pi fC}.$$

Полная мощность цепи

$$S = U_0 I_0 = \sqrt{P^2 + Q_c^2}, \quad (7.5)$$

где $P = U_A \cdot I_0$ - активная мощность;

$Q = U_c \cdot I_0$ - емкостная мощность.

Применяя закон Ома, можно записать формулы для расчета мощностей:

$$\begin{aligned} S &= I_0^2 \cdot Z = \frac{U_0^2}{Z}; \\ P &= I_0^2 \cdot R = \frac{U_A^2}{R}; \\ Q_c &= I_0^2 \cdot X_c = \frac{U_c^2}{X_c}. \end{aligned} \quad (7.6)$$

На основе векторной диаграммы можно построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей (рис. 7.2).

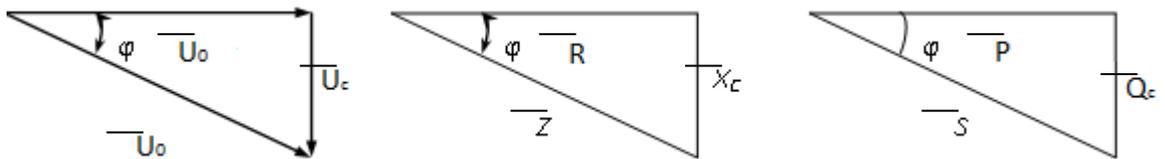


Рисунок 7.2 - Треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей

Все эти треугольники подобны, причем в противоположность треугольникам напряжений треугольник сопротивлений состоит из отрезков, а не из векторов, т.к. сопротивление – величина скалярная.

Силу тока в цепи можно определить по закону Ома:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}. \quad (7.7)$$

Приборы и оборудование:

- 1 мультиметр – 3 шт;
- 2 блок резисторов – 1 шт;
- 3 батарея конденсаторов – 1 шт;
- 4 стенд;
- 5 соединительные провода.

Задание

- 1 Собрать схему согласно рисунка 7.3, показать ее преподавателю для проверки.

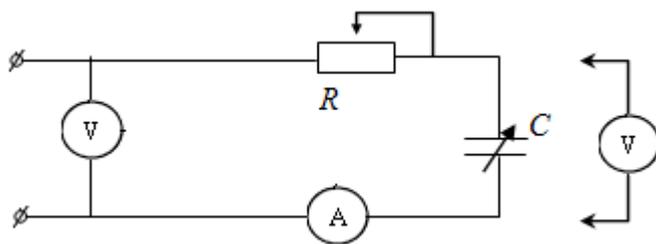


Рисунок 7.3 - Схема установки

- 2 Включить цепь.
- 3 При трех значениях емкости измерить силу тока, общее напряжение и емкостное напряжение. Результаты записать в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 - Результаты опытов и расчетов

Измерить					Вычислить									
U_0, B	U_C, B	I_0, A	$C, мкФ$	$R, Ом$	$X_C, Ом$	$Z, Ом$	$C, мкФ$	$\cos \varphi$	φ	$\sin \varphi$	U_A, B	$P, Вт$	$S, ВА$	$Q_C, ВАР$

Обработка результатов опыта

- 1 По результатам опыта рассчитать активное напряжение, сопротивление, емкость, мощности, угол сдвига фаз и его тригонометрические функции. Результаты занести в таблицу 7.1
- 2 Сравнить опытные и расчетные значения емкостей.
- 3 С учетом масштабов построить векторную диаграмму действующих значений тока и напряжения для исследуемой цепи.
- 4 С учетом масштабов построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей.
- 5 Сделать вывод относительно:
 - характера изменения сопротивлений, силы тока, мощностей, угла, при изменении емкости цепи;
 - неполного совпадения опытных и расчетных значений емкости.
- 6 Выводы записать в отчет.

Содержание отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цель работы;
- 3 схема установки;
- 4 перечень оборудования;
- 5 таблицу 7.1;
- 6 расчет данных для построения треугольников;

- 7 построение в масштабе треугольников напряжений, сопротивлений, мощности;
- 8 построение в масштабе векторной диаграммы цепи;
- 9 выводы по работе.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Изобразите векторную диаграмму для активно-емкостной нагрузки.
- 3 Как рассчитать полное сопротивление цепи, если известны активное и емкостное сопротивления, соединенные последовательно?
- 4 Запишите формулу для расчета активной мощности в цепи с активно-емкостной нагрузкой.
- 5 Запишите формулу для расчета реактивной мощности в цепи с активно-емкостной нагрузкой.
- 6 Изобразите треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей для цепи с активно-емкостной нагрузкой.
- 7 Запишите формулы для расчета косинуса угла сдвига фаз между векторами напряжения и тока.
- 8 Запишите формулы для расчета силы тока в цепи, содержащей реальный конденсатор.
- 9 Какие особенности энергетических процессов в цепи с реальным конденсатором?

Лабораторная работа 8

Определение параметров и исследование работы электрической цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности, резистора, конденсатора

Цель работы: получение навыков определения параметров индуктивной катушки и конденсатора; изучение режимов работы цепи при последовательном соединении катушки индуктивности, резистора и конденсатора; овладение навыками построения векторных диаграмм.

Основные теоретические сведения

В цепи, содержащей активное сопротивление, индуктивность и емкость (рис. 8.1), вектор активного напряжения $\overline{U_A}$ совпадает по фазе с током в цепи, вектор напряжения на индуктивности $\overline{U_L}$ опережает ток на угол 90 градусов, а вектор напряжения на емкости $\overline{U_C}$ отстает от тока на угол 90 градусов (рис. 8.2).

Полное напряжение равно геометрической сумме напряжений на отдельных участках цепи:

$$U_o = \sqrt{U_A^2 + U_x^2}, \quad (8.1)$$

общее реактивное напряжение

$$U_x = U_L - U_C \quad (8.2)$$

или

$$U_x = \sqrt{U_o^2 - U_A^2}. \quad (8.3)$$

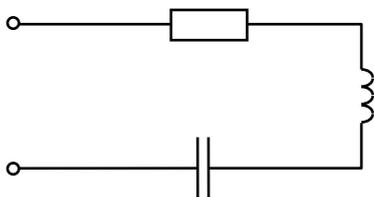


Рисунок 8.1 - Последовательное соединение активного сопротивления индуктивности и емкости

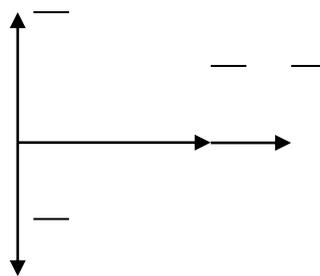


Рисунок 8.2 - Векторная диаграмма цепи

Полная мощность в цепи равна

$$S = I_o \cdot U_o. \quad (8.4)$$

Напряжение на активном сопротивлении

$$U_A = \frac{P}{I_o}. \quad (8.5)$$

Полное сопротивление цепи

$$Z = \frac{U_o}{I_o}, \quad (8.6)$$

так как

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (8.7)$$

то

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (8.8)$$

или

$$Q = U_x \cdot I. \quad (8.9)$$

Активное сопротивление цепи

$$R = \frac{U_A}{I_o}. \quad (8.10)$$

Так как общее реактивное напряжение $U_x = U_L - U_C$ то $U_L = U_x + U_C$, таким образом, зная U_L , мы можем найти X_L

$$X_L = \frac{U_L}{I_o} \quad (8.11)$$

или

$$X_L = 2\pi fL, \quad (8.12)$$

где $f = 50$ Гц, L – индуктивности катушки.

$$X_C = \frac{U_C}{I_o}, \quad (8.13)$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{X_c 2\pi f}. \quad (8.14)$$

Угол сдвига фаз между общим напряжением и током можно найти через функции \sin , \cos , tg :

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad (8.15)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_c}{Z}; \quad (8.16)$$

$$\varphi = \arccos \varphi \quad (8.17)$$

или $\varphi = \operatorname{arctg} \varphi. \quad (8.18)$

Задание

- 1 Составить схему проведения лабораторной работы, включив в нее все необходимые приборы.
- 2 Собрать цепь, согласно составленной схеме и показать ее преподавателю для проверки.
- 3 Включить цепь.
- 4 Установить поочередно три значения активного сопротивления.
- 5 Провести измерения, результаты записать в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 - Результаты опытов и расчетов

Измерить					Вычислить											
U_C, B	U_A, B	U_0, B	I_0, A	$R, Ом$	$X_L, Ом$	$X_C, Ом$	$Z, Ом$	$C, мкФ$	$L, мГн$	$\cos \varphi$	φ	U_L, B	$P, Вт$	$S, ВА$	$Q, ВАР$	

Обработка результатов опыта

- 1 По результатам опыта рассчитать R , U_L , S , Q , X_L , X_C , C , L , P , угол сдвига фаз, тригонометрические функции. Результаты занести в таблицу 8.1.
- 2 С учетом масштабов построить векторную диаграмму действующих значений тока напряжений для исследуемой цепи.
- 3 С учетом масштабов построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей.
- 4 Сделать вывод относительно характера изменения сопротивлений, силы тока, мощностей, угла, при изменении активного сопротивления цепи. Выводы записать в отчет.

Содержание отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цель работы;
- 3 схема установки;
- 4 перечень оборудования;
- 5 таблицу 8.1.;

- 6 расчет данных для построения треугольников;
- 7 построение в масштабе треугольников напряжений, сопротивлений, мощности;
- 8 построение в масштабе векторной диаграммы цепи;
- 9 выводы по работе.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какое сопротивление называется реактивным? Формула реактивного сопротивления.
- 2 Что называется, сдвигом фаз в цепи с R, C, L ?
- 3 Чему равно мгновенное значение приложенного к цепи напряжения?
- 4 Изобразите векторные диаграммы для цепи с R, C, L .
- 5 Запишите формулу для расчета активной мощности цепи.
- 6 Запишите формулу для расчета реактивной мощности цепи.
- 7 Изобразите треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей.
- 8 Каковы особенности энергетических процессов в цепи с R, C, L ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

Исследование цепи трехфазного тока при соединении приемников треугольником

Цель работы: изучение трехфазной цепи при симметричной и несимметричной нагрузках соединенных в треугольник; изучение методов расчета трехфазных цепей при соединении потребителей в треугольник.

Основные теоретические сведения

При соединении потребителей треугольником (рисунок 9.1) конец первой фазы соединяют с началом второй, конец второй - с началом третьей, конец третьей – с началом первой. К узловым точкам подводятся линейные провода.

При соединении треугольником линейные напряжения равны фазным $U_L = U_\phi$.

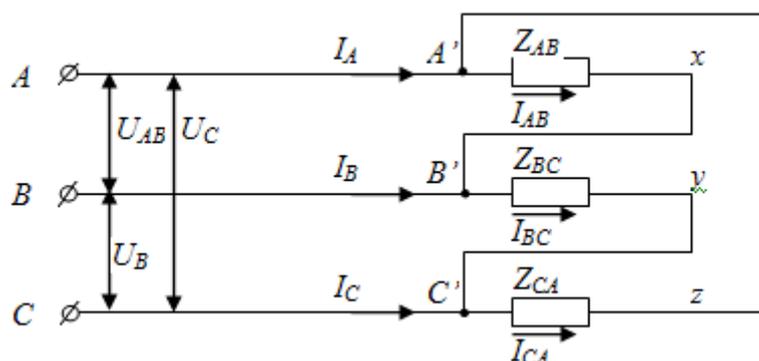


Рисунок 9.1 - Соединение потребителей треугольником в трехфазной цепи

При любой нагрузке соотношение между фазными и линейными токами может быть определено из уравнения первого закона Кирхгофа.

Для узла A'' (рисунок 6.1) составим уравнения для мгновенных и комплексных значений токов:

$$i_A + i_{CA} - i_{AB} = 0; \quad (9.1)$$

$$\overset{\circ}{I}_A + \overset{\circ}{I}_{CA} - \overset{\circ}{I}_{AB} = 0. \quad (9.2)$$

Далее выразим комплексное значение линейного тока I_A

$$\overset{\circ}{I}_A = \overset{\circ}{I}_{AB} - \overset{\circ}{I}_{CA}. \quad (9.3)$$

Комплексы линейных токов I_B и I_C получим аналогичным образом

$$\overset{\circ}{I}_B = \overset{\circ}{I}_{BC} - \overset{\circ}{I}_{AB}, \quad (9.4)$$

$$\overset{\circ}{I}_C = \overset{\circ}{I}_{CA} - \overset{\circ}{I}_{BC}. \quad (9.5)$$

При симметричной нагрузке активные, реактивные и полные сопротивления в фазах равны между собой.

$$Z_{AB} = Z_B = Z_{CA}, R_{AB} = R_{BC} = R_{CA}, X_{AB} = X_{BC} = X_{CA}. \quad (9.6)$$

Сдвиги фаз между фазными напряжениями и соответствующими фазными токами

$$\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA}. \quad (9.7)$$

Фазные токи так же равны между собой

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}. \quad (9.8)$$

Линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз:

$$I_A = \sqrt{3}I_{AB}, \quad I_B = \sqrt{3}I_{BC}, \quad I_C = \sqrt{3}I_{CA}. \quad (9.9)$$

При несимметричной нагрузке:

$$Z_{AB} \neq Z_{BC} \neq Z_{CA}, \varphi_{AB} \neq \varphi_{BC} \neq \varphi_{CA}, I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}. \quad (9.10)$$

Частные случаи несимметричной нагрузки:

1 отключение нагрузки одной из фаз (рисунок 9.2), при этом режим работ двух других фаз не изменяется;

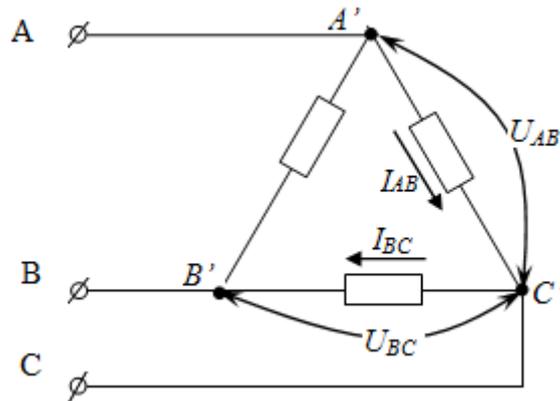


Рисунок 9.2 - Схема отключения нагрузки одной из фаз

2 обрыв линейного провода (рисунок 9.3), к фазе BC подводится линейное напряжение U_{BC} ; фазы AB и BC включены последовательно на это же линейное напряжение, режим работы фаз изменяется;

В

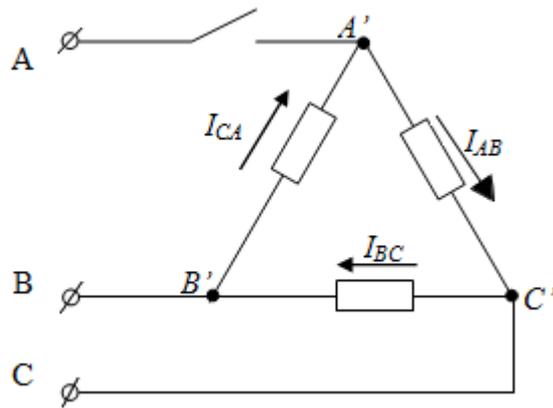


Рисунок 9.3 - Схема обрыва линейного провода

Приборы и оборудование:

- 1 мультиметр – 3 шт;
- 2 вольтметр $0 - 100 В$ – 1 шт;
- 3 амперметр $0 - 1 А$ – 1 шт;
- 4 блок резисторов – 3 шт.

Задание

- 1 Собрать схему согласно рисунок 9.4. и предъявить преподавателю для проверки.

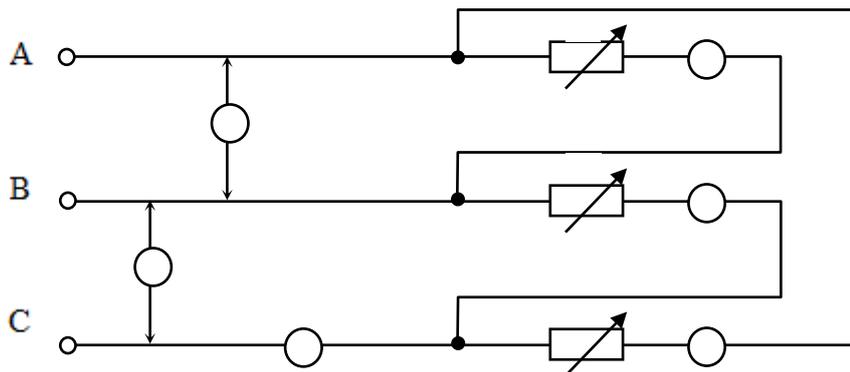


Рисунок 9.4 - Схема установки

- 2 Установить наибольшую равномерную нагрузку фаз, измерить фазные напряжения, фазные токи и ток линии C . Записать в таблицу 6.1. показания приборов.
- 3 Произвести отключение одной из фаз. Произвести те же измерения.
- 4 Оборвать линейный провод A и произвести измерения.
- 5 Замкнуть линейный провод A , установить произвольную неравномерную нагрузку Z_{CA} . Произвести измерения.

Обработка результатов опыта

- 1 По данным таблицы 6.1. определить соотношения между фазными и линейными токами.
- 2 По данным опыта построить векторную диаграмму напряжений и токов для всех режимов.
- 3 Сделать вывод о режимах работы фаз при различных нагрузках.

Таблица 9.1 - Результаты опытов и расчетов

Род нагрузки	Измерить							Вычислить								
	U_{AB}, B	U_{BC}, B	I_C, A	I_{AB}, A	I_{BC}, A	I_{CA}, A	$Z_{CA}, Ом$	$P_{AB}, Вт$	$P_{BC}, Вт$	$P_{CA}, Вт$	I_A, A	I_B, A	U_{CA}, B	$\frac{I_A}{I_{AB}}$	$\frac{I_B}{I_{BC}}$	$\frac{I_C}{I_{CA}}$
Симметричная																
Несимметричная																
Отключ. фаза																
Отключ. линия																

Содержание отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цель работы;
- 3 схема установки рис. 9.4;
- 4 перечень оборудования;
- 5 таблица 9.1;
- 6 формулы и расчеты;
- 7 Построение в масштабе векторной диаграммы токов для всех режим работы цепи;
- 8 Выводы по работе.

Вопросы для самопроверки

- 1 Как соединить потребители трехфазного тока треугольником?
- 2 Какая нагрузка в цепи трехфазного тока называется симметричной?
- 3 Какие существуют соотношения между линейными и фазными электрическими величинами при соединении потребителей треугольником?
- 4 Как отразится перегорание одного из линейных предохранителей на эксплуатации трех групп ламп накаливания, соединенных треугольником?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10

Исследование цепи трехфазного тока при соединении приемников звездой

Цель работы: изучение и экспериментальное исследование трехфазной цепи при соединении потребителей в звезду; изучение методов расчета трехфазных цепей при соединении потребителей в звезду.

Основные теоретические сведения

При соединении приемников **звездой** (рисунок 10.1) условные концы X, Y, Z всех фаз нагрузки соединяются в одну точку, называемую нейтральной точкой N'. К началам фаз A', B', C' присоединяются провода, по которым подводится от источника электроэнергия.

Соединения приемников может быть выполнено как с нейтральным проводом (рисунок 10.1), так и без него (рисунок 10.2).

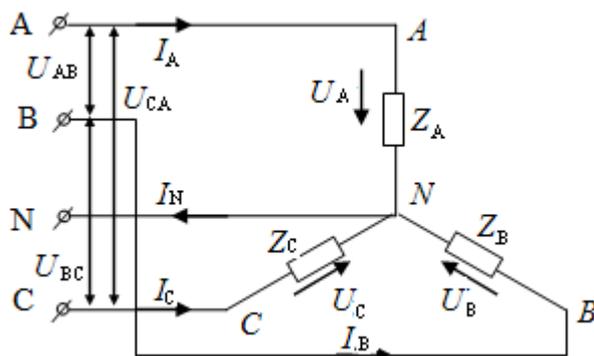


Рисунок 10.1 - Четырехпроводная схема соединения потребителей звездой

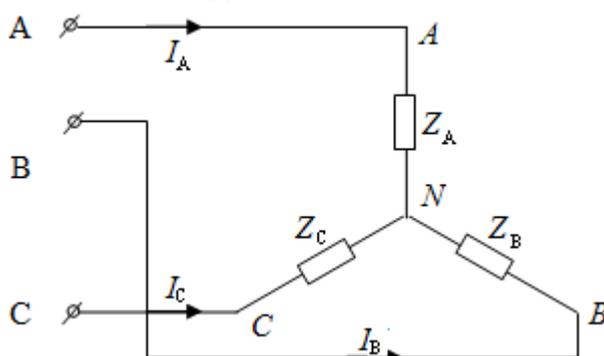


Рисунок 10.2 - Трехпроводная схема соединения потребителей звездой
Токи, протекающие по проводам линии, называются **линейными**, по отдельным фазам потребителя – **фазными**

$$I_{л} = I_{\phi}. \quad (10.1)$$

Фазные токи определяются по закону Ома

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}, \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B}, \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C}. \quad (10.2)$$

Ток в нейтральном проводе определяется по I закону Кирхгофа

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C. \quad (10.3)$$

Линейное напряжение больше фазного в $\sqrt{3}$ раз только при симметричной нагрузке

$$U_{л} = \sqrt{3}U_{\phi}. \quad (10.4)$$

При неравномерной нагрузке (несимметричной) фазные и линейные напряжения связаны следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B; \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_B - \dot{U}_C, \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A.\end{aligned}\tag{10.5}$$

Сопротивления фаз находятся по закону Ома

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A}, \quad Z_B = \frac{U_B}{I_B}, \quad Z_C = \frac{U_C}{I_C}.\tag{10.6}$$

При симметричной нагрузке активные, реактивные и полные комплексные сопротивления всех фаз равны

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C; R_A = R_B = R_C; X_A = X_B = X_C.\tag{10.7}$$

Сдвиги фаз между фазными напряжениями и соответствующими фазными токами так же равны между собой

$$\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C.\tag{10.8}$$

Система с нейтральным проводом

Так как

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C,\tag{10.9}$$

то изменение любого фазного тока будет влиять только на ток в нейтральном проводе.

При обрыве фазы режим работы двух других фаз не нарушается.

Система без нейтрального провода

Без нейтрального провода сумма фазных токов равна нулю

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0.\tag{10.10}$$

При обрыве фазы цепь превращается в однофазную, две другие фазы работают при последовательном включении и оказываются включенными под линейное напряжение.

При коротком замыкании фазы две другие фазы окажутся под линейными напряжениями.

Приборы и оборудование:

- 1 мультиметр – 3 шт;
- 2 амперметр 0 - 1 А – 1 шт;
- 3 вольтметр 0 - 100 В – 1 шт;
- 4 блок резисторов – 3 шт.

Задание

- 1 Собрать схему согласно рисунка 10.3. и показать преподавателю для проверки.

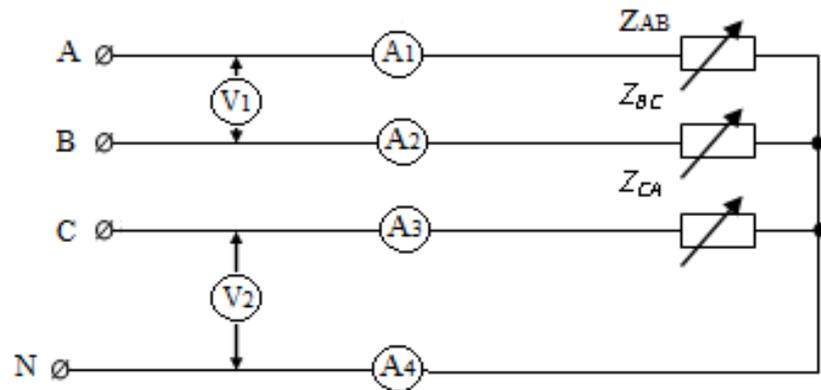


Рисунок 10.3 - Схема установки

- 2 Измерить и записать в таблицу 10.1. величины:
 - фазные токи;
 - фазные и линейные напряжения;
 - ток в нейтральном проводе.
- 3 Разомкнуть нейтральный провод и провести соответствующие измерения.
- 4 Отключить нагрузку одной из фаз и произвести измерения (при включенном и выключенном нейтральном проводе).
- 5 Замкнуть одну из фаз на коротко и произвести все измерения (при включенном и выключенном нейтральном проводе).
- 6 Установить произвольную нагрузку во всех фазах и произвести измерения (при включенном и выключенном нейтральном проводе).

Обработка результатов опыта

- 1 По данным таблицы 10.1. определить соотношения между линейными и фазными напряжениями.
- 2 Построить векторные диаграммы напряжений и токов при всех нагрузках.
- 3 Сделать вывод о режимах работы фаз при различных нагрузках.

Содержание отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цели работы;
- 3 схема установки рис. 10.3;
- 4 таблица 10.1;
- 5 вычисления соотношений между фазными и линейными напряжениями;
- 6 векторные диаграммы напряжений и токов для всех режимов работы.

Таблица 10.1 - Результаты опытов и расчетов

Род нагрузки		Измерить										Вычислить			
		I_A, A	I_B, A	I_C, A	U_A, B	U_B, B	U_C, B	U_{AB}, B	U_{BC}, B	U_{CA}, B	I_N, A	U_N, B	$\frac{U_{AB}}{U_A}$	$\frac{U_{BC}}{U_B}$	$\frac{U_{AC}}{U_C}$
Симметричная	с нейтр. проводом														
	без нейтр. провода														
Несимметричная	с нейтр. проводом														
	без нейтр. провода														
Отключена фаза	с нейтр. проводом														
	без нейтр. провода														
Короткое замыкание	с нейтр. проводом														
	без нейтр. провода														

Вопросы для самопроверки

- 1 Какая трехфазная система напряжений называется симметричной?
- 2 Как соединить приемники трехфазного тока звездой?
- 3 Какие существуют соотношения между линейными и фазными электрическими величинами при соединении приемников звездой?
- 4 В каких случаях можно обойтись без нейтрального провода?
- 5 Роль нейтрального провода.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11

Исследование работы однофазного трансформатора

Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия однофазного трансформатора; определить коэффициент трансформации и КПД трансформатора в различных режимах; построить внешнюю характеристику трансформатора и зависимость его КПД от коэффициента загрузки.

Основные теоретические сведения

Трансформатор – статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток однофазного напряжения в переменный ток другого напряжения (рис. 11.1). Трансформатор состоит из ферромагнитного сердечника и двух обмоток. Обмотка, соединенная с источником питания, называется первичной, другая, соединенная с нагрузкой, – вторичной.

Для определения важнейших параметров трансформатора (тока холостого хода, потерь в меди и стали, активного, реактивного и полного сопротивлений) служат опыты: рабочего хода, холостого хода и короткого замыкания.

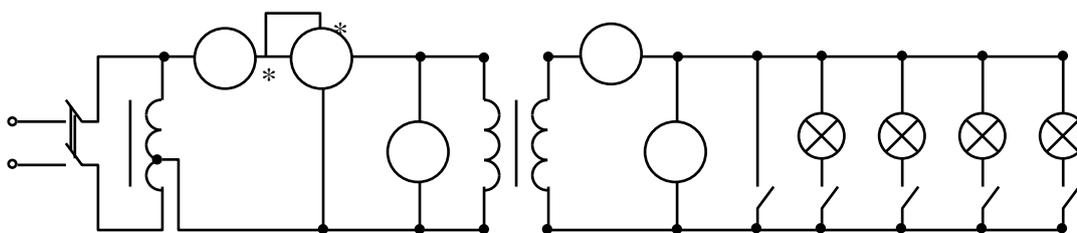


Рисунок 11.1 - Схема для исследования однофазного трансформатора

При опыте холостого хода к первичной обмотке подводится номинальное напряжение $U_{1н}$.

Из данного опыта определяют коэффициент трансформации

$$K_v = \frac{U_1}{U_{2_0}}, \quad (11.1)$$

где U_{2_0} - напряжение холостого хода;

P_0 – потери в стали сердечника трансформатора – это потери на гистерезис и вихревые токи (показания ваттметра W_1).

Потери в меди при холостом ходе можно пренебречь, так как $I_2 = 0$, а ток холостого хода I_{1_0} составляет 3-10 % от номинального тока I_{1_n} .

При опыте короткого замыкания к первичной обмотке подводится такое пониженное напряжение, при котором в обеих обмотках устанавливаются номинальные для них токи I_{1_n} и I_{2_n} . Это пониженное напряжение называется напряжением короткого замыкания U_K и составляет 2,5 – 10 % от U_{1_n} .

Из опыта короткого замыкания определяют:

- внутреннее падение напряжения на трансформаторе;
- потери в меди обмоток трансформатора P_M (показания ваттметра W_I);

$$P_M = P_K = I_{1_n}^2 R_1 + I_{2_n}^2 R_2 = I_{1_n}^2 R_K, \quad (11.2)$$

где R_1 – активное сопротивление первичной обмотки;

R_2 – активное сопротивление вторичной обмотки;

I_{1_n} – номинальный ток в первичной обмотке;

I_{2_n} – номинальный ток во вторичной обмотке.

- активное, реактивное и полное сопротивления трансформатора;
- полное сопротивление фазы трансформатора при опыте короткого замыкания

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K}; \quad (11.3)$$

- активное сопротивление короткого замыкания трансформатора

$$R_K = \frac{P_K}{I_K^2}; \quad (11.4)$$

- индуктивное сопротивление короткого замыкания трансформатора

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}; \quad (11.5)$$

- коэффициент трансформации

$$K_I = \frac{I_2}{I_1}. \quad (11.6)$$

При опыте рабочего хода вторичное напряжение трансформатора изменяется в некоторых пределах в зависимости от величины и характера нагрузки. Характер нагрузки меняется при изменении сопротивления лампового реостата.

Коэффициент загрузки трансформатора и КПД трансформатора определяют по следующим формулам:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2_n}}; \quad (11.7)$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + P_K}. \quad (11.8)$$

Потери в стали P_0 мало зависят от нагрузки, поэтому их можно считать постоянными. Потери же в меди (в обмотках трансформатора) пропорциональны квадрату тока в обмотках, т.е. зависят от нагрузки, поэтому и КПД зависит

от величины и характера нагрузки. В общем виде он определяется следующим образом

$$\eta = \frac{\beta S_H \cos \varphi_2}{\beta S_H \cos \varphi_2 + P_0 + P_K \beta^2}, \quad (11.9)$$

где S_H – номинальная полная мощность трансформатора,

$$S_H \approx U_1 I_1 \approx U_2 I_2, \quad (11.10)$$

$\beta S_H \cos \varphi_2$ активная мощность, отдаваемая трансформатором во вторичную цепь с учетом коэффициента загрузки β ;

P_0 и P_K – активные мощности соответственно при холостом ходе и коротком замыкании;

$\cos \varphi_2$ косинус угла сдвига фаз между током и напряжением

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_1}{U_1 I_1}. \quad (11.11)$$

Процентное изменение напряжения трансформатора определяется следующим выражением:

$$\Delta U = \frac{U_{2H} - U_2}{U_{2H}} \times 100 \%, \quad (11.12)$$

где U_{2H} – номинальное вторичное напряжение, за которое принимается напряжение холостого хода U_{20} .

Приборы и оборудование:

- 1 источник питания (сеть переменного тока);
- 2 исследуемый однофазный трансформатор;
- 3 лабораторный автотрансформатор ЛАТР;
- 4 вольтметр – 2 шт;
- 5 амперметр – 2 шт;
- 6 ваттметр;
- 7 ламповый реостат;
- 8 двухполюсный и однополюсный выключатели;
- 9 соединительные провода.

Задание

1 Собрать схему согласно рисунка 11.1. и показать ее преподавателю для проверки.

2 Провести опыт холостого хода: S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 разомкнуть, S_1 замкнуть. К первичной обмотке подвести ЛАТРОм номинальное напряжение. Результаты записать в таблицу 11.1.

Таблица 11.1 - Результаты опытов и расчетов

Измерить				Вычислить	
U_1, B	U_{20}, B	I_{10}, A	P_0, Bm	K_U	$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_1 I_{10}}$

3 Провести опыт короткого замыкания. Установить ручку ЛАТРа в нулевое положение. S_1 замкнуть, S_2 замкнуть, S_3, S_4, S_5, S_6 разомкнуть. Повышать U_1 с помощью ЛАТРа до тех пор, пока $U_1 = U_{1н} = 55В$, результаты записать в таблицу 11.2.

Таблица 11.2 - Результаты опытов и расчетов

Измерить				Вычислить			
$I_{1н}, A$	I_2, A	U_K, B	$P_K, Вт$	K_I	$Z_K, Ом$	$R_K, Ом$	$X_K, Ом$

4 Исследовать работу трансформатора под нагрузкой: S_1 замкнуть, S_2 разомкнуть. Нагрузку подключать с помощью выключателей S_3, S_4, S_5, S_6 , равную 25%, 50%, 75%, 100% номинальной ($\beta = 0,25; 0,5; 0,75; 1,0$). Результаты измерений записать в таблицу 11.3.

Таблица 11.3 - Результаты опытов и расчетов

Измерить						Вычислить		
β	I_1, A	U_1, B	$P_1, Вт$	I_2, A	U_2, B	η	$\Delta U, \%$	$\cos \varphi_2$
0,25								
0,5								
0,75								
1,0								

Обработка результатов опыта

1 По измеренным значениям напряжения U_1, U_2 , силы тока I_1 и мощности P_0 вычислить коэффициент трансформации K_U и $\cos \varphi_0$.

2 По измеренным значениям напряжения U_K , силы тока $I_{1н}, I_2$ и мощности P_K вычислить коэффициент трансформации K_I , полное сопротивление фазы трансформатора Z_K , активное и индуктивное сопротивления короткого замыкания трансформатора R_K и X_K .

3 Вычислить КПД трансформатора, процентное изменение напряжения для $\beta = 0,25; 0,5; 0,75; 1,0$.

4 Построить внешнюю характеристику трансформатора $U_2=f(I_2)$ и график зависимости КПД трансформатора от коэффициента загрузки $\eta=f(\beta)$ при $U_1=const; f=const; \cos \varphi_2=1$.

5 Сделать вывод относительно:

- цели проведения опытов холостого хода и короткого замыкания;
- влияния нагрузки на величину вторичного напряжения, КПД трансформатора и коэффициент мощности;
- причин неполного совпадения опытных и расчетных данных.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие величины определяются в режимах холостого хода и короткого замыкания?
- 2 Почему с повышением нагрузки U_2 уменьшается?
- 3 Почему с повышением I_2 повышается I_1 ?
- 4 Как определить потери в меди?
- 5 От каких величин зависят потери в стали и потери меди?
- 6 Что называют коэффициентом трансформации?
- 7 Что называют внешней характеристикой трансформатора и как ее получить?
- 8 Как определить КПД трансформатора?

Список использованных источников

- 1 Бутырин П.А. Электротехника: учебник для учреждений нач. проф. образования / П.А. Бутырин, О.В. Толчеев, Ф.Н. Шакирзянов: под ред. П.А. Бутырина, - 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2015.
- 2 Частоедов Л. А. «Электротехника», Програмир. учебное пособие для техникумов ж-д. транспорта – 3-е издание, переработано и дополнено. – М.: Высшая школа, 2014 г.
- 3 Данилов И.А., Иванов П.М. «Общая электротехника с основами электроники»: Учебное пособие для студентов электротехнических специальностей средних специальных учебных заведений. 4-е издание. – М.: Высшая школа, 2016 г.
- 4 Лоторейчук, Е.А. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014.
- 5 Прошин В.М. Электротехника: учебник для нач. проф. образования - 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
- 6 Мурзин Ю.М., Волков Ю.И. Электротехника: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2016.
- 7 Кацман, М.И. Электрические машины и электропривод автоматических устройств [Текст]: учеб. для электротехн. спец. техникумов. - М.: Высш. шк., 2016.