

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

Наумова Е.С.

**Методические указания к
лабораторному практикуму курса
«Электротехника», по теме
«Исследование свойств линейных
электрических цепей постоянного тока»**

Учебно-методическое пособие

2019г.

УДК 621.3
Н34
ББК 31.21

Наумова Е.С.
Н34 Методические указания к лабораторному практикуму курса «Электротехника», по теме «Исследование свойств линейных электрических цепей постоянного тока» Учебно-методическое пособие. - Саров: СарФТИ, 2019г.

Пособие представляет собой набор справочных материалов, описание практических навыков и руководство по выполнению лабораторных работ.

© СарФТИ НИЯУ «МИФИ», 2019 г.

© Наумова Е.С., 2019 г.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт - филиал НИЯУ МИФИ

Факультет информационных технологий и электроники

Кафедра общетехнических дисциплин и электроники

Наумова Е.С.

Методические указания к лабораторному практикуму курса
«Электротехника», по теме «Исследование свойств линейных электрических
цепей постоянного тока»

УТВЕРЖДЕНО:

Заседанием кафедр ОТДЭ

Протокол № _____ от « ____ » 2019 г

Зав. кафедры ОТДЭ

_____ Ю.В. Батьков

Научно-методическим советом СарФТИ

А.П. Скрипник

г.Саров, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Общие указания	6
Краткие теоретические сведения	7
Электрическая энергия, ее роль и значение.....	7
Электрические цепи постоянного тока	8
Электрическая цепь и её элементы.....	8
Топологические понятия в электрической цепи.	9
Условно–положительные направления.....	10
Параметры элементов электрической цепи	10
Идеальные элементы электрических цепей	11
Основные режимы работы электрических цепей.....	13
Методы расчета и анализ электрических цепей	16
Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.....	16
Метод контурных токов.....	18
Метод эквивалентных преобразований.....	19
Метод двух узлов.....	20
Метод наложения	20
Программа предварительной подготовки к выполнению лабораторной работы по теме «Исследование свойств линейных электрических цепей постоянного тока»	22
Подготовка к работе	26
Техника безопасности при работе с электрическими установками	26
Порядок выполнения работы	28
Обработка результатов и оформление отчета	29
Список рекомендуемой литературы	31

Введение

Дисциплина «Электротехника», в соответствии с учебным планом, относится к дисциплинам базового цикла подготовки.

Предметом изучения курса являются: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; теория линейных и электрических цепей: цепи постоянного, синусоидального и несинусоидального токов; методы анализа линейных цепей с двухполюсными и многополюсными элементами; трехфазные цепи; переходные процессы в линейных и нелинейных цепях, цепях с распределенными параметрами и методы их расчета; нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного и переменного тока; аналитические и численные методы анализа нелинейных цепей; цепи с распределенными параметрами (установившийся и переходный режимы); теория электромагнитного поля, электростатическое поле; стационарное электрическое и магнитное поля; переменное электромагнитное поле.

Курс «Электротехника» является базой для специальных дисциплин, в которых изучают применение электрических и магнитных явлений для различных практических целей.

Целями освоения дисциплины «Электротехника» являются:

ознакомление студентов с основами теории и практики применения электрических и магнитных явлений во всех отраслях современной науки и техники;

теоретическая и практическая подготовка студентов к решению задач по расчету режимов работы электрических и магнитных цепей при постоянных и переменных токах;

подготовка студентов к анализу научно-технической информации, к использованию информационных технологий и к самостоятельной работе по принятию решения в рамках своей профессиональной компетенции.

Общие указания

Лабораторные занятия выступают как средство:

закрепления, углубления и расширения знаний, полученных на лекциях и при выполнении внеаудиторной самостоятельной работы;

подтверждения основных теоретических положений дисциплины;

овладения навыков экспериментов;

выявления склонностей и степени готовности студентов к самостоятельным исследованиям по темам выбранной специальности.

К задачам лабораторных работ как части изучения дисциплины относится владение следующими компетенциями:

знание основных естественнонаучных законов, умение применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области профессиональной деятельности, знанием теории управления, основ автоматики, электротехники;

готовность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов;

умение разрабатывать и оформлять техническую и эксплуатационную документацию, эффективно взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Краткие теоретические сведения

Введение

Электрическая энергия, ее роль и значение

В основном человек в своей жизнедеятельности потребляет тепловую, механическую, световую энергию. При этом возникает необходимость не только производить и потреблять эти виды энергии, но и передавать на значительные расстояния. Однако при этом значительная часть энергии теряется. Это означает преобразование энергии в основном в тепло, которое рассеивается в окружающем пространстве. Часто эти потери могут быть соизмеримы с общим объемом передаваемой энергии, т.е. КПД устройств передачи указанных видов энергии может быть весьма низким. Этот недостаток может быть исключен при передаче на значительные расстояния электрической энергии. Это обуславливает широкое применение электрической энергии в жизнедеятельности человека. Электрическая энергия позволяет быстро изменять ее параметры (ток, напряжение), что необходимо для работы многих устройств (быстродействующие системы автоматического управления, передачи и обработки информации, современные компьютеры и т.п.)

Кроме того, электрическую энергию можно легко преобразовать в другие виды энергии.

Электрические цепи постоянного тока

Основные понятия

Основными параметрами, характеризующими электрическую энергию, являются ток и напряжение, которые могут изменяться во времени по периодическому закону, либо быть постоянными. Соответственно все устройства и системы, связанные с использованием электроэнергии, разделяют на устройства (системы) постоянного тока и устройства (системы) переменного тока.

Электрические устройства постоянного тока используются довольно широко. Это источники питания технологических установок, которые не могут работать на переменном токе (электролиз, гальванические установки). Устройства постоянного тока широко используются в электрооборудовании космических объектов, транспорта, в системах автоматики, для питания теле- и радиоаппаратуры. Таким образом, техника постоянного электрического тока и в настоящее время является важной и развивающейся частью электроэнергетики. В этом разделе рассматриваются основные свойства и методы анализа цепей постоянного тока.

Электрическая цепь и её элементы

Электрическая цепь - это совокупность электротехнических устройств, предназначенных для генерирования, передачи и преобразования электрической энергии, соединенные между собой электрическими проводами. Например, аккумуляторная батарея, лампа и выключатель, соединенные между собой проводами, образуют электрическую цепь.

Отдельные электротехнические устройства, образующие электрическую цепь, называются элементами электрической цепи и делятся на 3 группы:

1. Генерирующие устройства (источники электрической энергии) – это элементы электрической цепи, преобразующие различные виды энергии (тепловую, химическую, световую, механическую) в электрическую энергию.

2. Приемные устройства (приемники электрической энергии) – это элементы электрической цепи, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии.

3. Вспомогательные устройства – это элементы электрической цепи, которые предназначены для управления, регулирования режимов работы, защиты, контроля и измерения параметров в электрической цепи и не связаны непосредственно с основным преобразованием энергии.

Все электротехнические устройства, являющиеся элементами электрических цепей имеют условные графические обозначения, установленные ГОСТом. Эти условные графические обозначения позволяют графически изображать электрическую цепь. Такое графическое изображение электрической цепи, содержащее условные изображения её элементов и показывающее их соединение, называется принципиальной схемой или схемой электрической цепи.

Топологические понятия в электрической цепи.

При анализе электрических цепей используют топологические понятия: ветвь, узел, контур.

Ветвь электрической цепи – это неразветвленный участок электрической цепи, во всех элементах которого замыкается один и тот же электрический ток.

Контур электрической цепи – замкнутая часть электрической цепи, образованная несколькими ветвями, ни одна из которых не повторяется.

В сложной электрической цепи может быть несколько ветвей, несколько узлов и несколько контуров.

Условно–положительные направления

Для расчета и анализа электрических цепей токи ветвей, напряжения на участках цепи, ЭДС источников принято обозначать в схеме их условно–положительными направлениями. При этом положительное направление ЭДС принимается от низкого электрического потенциала к высокому и обозначается стрелкой между двумя электрическими зажимами данного устройства.

Положительное направление напряжения принимается от высокого потенциала к низкому и обозначается стрелкой между соответствующими точками на схеме.

Положительное направление тока ветви обычно совпадает с положительным направлением напряжения на этой ветви и обозначается стрелкой.

Параметры элементов электрической цепи

При работе электрической цепи в каждом ее элементе происходят различные процессы, связанные с определенными явлениями.

В общем случае в любом элементе может создаваться разность электрических потенциалов, происходить необратимое преобразование электрической энергии в другие виды энергии, создаваться магнитное поле, обладающее магнитной энергией, и создаваться электрическое поле, обладающее энергией электрического поля.

Для характеристики интенсивности этих процессов, происходящих в элементах цепи, используют понятие параметров элемента.

Каждый параметр учитывает только одно явление (свойство) элемента.

Электродвижущая сила ЭДС (E) характеризует основное свойство источника электроэнергии создавать и поддерживать разность потенциалов на его зажимах. Единица ЭДС - вольт (В).

Активное сопротивление (R) характеризует свойство элементов поглощать электрическую энергию и преобразовывать её в другие виды энергии. Сопротивление связывает мощность этого преобразования с током элемента. Единица сопротивления - ом (Ом).

Индуктивность (L) характеризует свойство элемента цепи создавать магнитное поле и накапливать в нем энергию. Индуктивность связывает энергию магнитного поля с током элемента. Единица индуктивности – генри (Гн).

Емкость (C) характеризует свойство элемента цепи создавать электрическое поле и накапливать в нем энергию. Емкость связывает энергию электрического поля с напряжением элемента. Энергия электрического поля Единица емкости - фарад (Ф).

Идеальные элементы электрических цепей

Любое реальное электротехническое устройство (элемент электрической цепи) обладает несколькими параметрами.

Например, генератор переменного тока создает разность потенциалов на своих зажимах, создает переменное магнитное поле, при появлении тока в его обмотках в них возникают потери энергии, т.е. преобразование электроэнергии в тепло.

Поэтому такое устройство обладает определенной ЭДС E , индуктивностью L , сопротивлением R . Другие устройства также могут обладать одновременно несколькими параметрами. Поэтому при анализе удобно представить реальный элемент электрической цепи совокупностью

идеальных элементов, каждый из которых обладает одним параметром и отражает одно свойство реальных элементов.

Идеальные элементы

1. Идеальный источник ЭДС с параметром E
2. Идеальный резистивный элемент с параметром активное сопротивление R .
3. Идеальный индуктивный элемент с параметром индуктивность L
4. Идеальный емкостный элемент с параметром емкость C

В зависимости от степени проявления тех или иных процессов в реальном элементе он может быть представлен всеми четырьмя идеальными элементами с соответствующими параметрами, либо меньшим их количеством.

Аналогичным образом каждое реальное устройство в электрической цепи может быть представлено совокупностью тех или других идеальных элементов.

Графическое изображение электрической цепи с помощью идеальных элементов, отражающих свойства реальных устройств, называется схемой замещения или расчетной схемой электрической цепи.

При расчете электрической цепи возникает задача при заданном напряжении на приемнике электроэнергии определить ток в нем или наоборот. Для решения этой задачи необходимо знать соотношение тока и напряжения на каждом идеальном элементе, отражающем свойства приемников. Эти соотношения определяются параметрами идеальных элементов.

В цепях постоянного тока электрические и магнитные поля не оказывают влияния на величину тока в цепи. Исходя из формальных соотношений, связывающих токи и напряжения индуктивного и емкостного элементов, производные по времени от постоянного тока и постоянного напряжения равны нулю. Следовательно, напряжение на

индуктивном элементе и ток в емкостном элементе в цепи постоянного тока равны нулю. Поэтому идеальные индуктивный и емкостный элементы в схемах замещения цепей постоянного тока отсутствуют. Эта особенность цепей постоянного тока упрощает их расчет и анализ по сравнению с другими электрическими цепями.

Из физики известно, что за положительное направление тока принято направление движения положительных зарядов; за положительное направление ЭДС - направление действия сторонних сил на положительный заряд; за положительное направление напряжения - направление убывания потенциала.

Так как положительные заряды внутри источника движутся в направлении действия сторонних сил, а в приемнике в направлении убывания потенциала, то положительное направление ЭДС и тока источника, напряжения и тока приемника совпадают. Положительное направление напряжения на зажимах источника противоположно положительному направлению тока в нем.

Составляемая, с учетом вышесказанного, схема замещения отражает электромагнитные процессы, происходящие в элементах цепи, и позволяет провести ее расчет.

Основные режимы работы электрических цепей.

Различают четыре основных режима работы электрической цепи:
номинальный режим;
режим холостого хода;
режим короткого замыкания;
согласованный режим работы.

Номинальный режим характеризуется тем, что токи, напряжения, мощности всех элементов электрической цепи соответствуют их

номинальным значениям $I_{ном}$, $U_{ном}$, $P_{ном}$, установленным заводом-изготовителем. В этом режиме гарантируется надежная работа электрооборудования в течение длительного времени. Номинальные значения напряжения, тока и мощности берут за основу при расчетах электрических схем. По номинальному напряжению рассчитывают изоляцию проводов и отдельных устройств. По номинальному току определяют допустимый нагрев всех элементов. Номинальная мощность приемных устройств - это электрическая мощность, потребляемая при номинальном напряжении.

Режим холостого хода возникает при отключении нагрузки, при обрывах цепи. В этом режиме можно принять сопротивление приемника $R_{пр}$ бесконечно большим, а ток в цепи $I_x = 0$. Этот режим используется на практике для измерения E источника, которую определяют, подключив к его выходным зажимам электроизмерительный прибор – вольтметр.

Режим короткого замыкания создается при замыкании накоротко выходных зажимов источника или входных зажимов приемного устройства. В этом режиме можно принять сопротивление приемника R пр равным нулю. При этом напряжение на зажимах генератора также равно нулю. Тогда ток короткого замыкания определяется только небольшим внутренним сопротивлением источника и значительно превышает номинальный ток. Большой ток короткого замыкания приводит к быстрому чрезмерному нагреву генератора и выходу его из строя. В большинстве электротехнических устройств короткие замыкания нежелательны, т.к. возрастание тока ведет к резкому увеличению выделения тепла в токоведущих частях и, следовательно, к выходу из строя электроустановок. Поэтому режим короткого замыкания является аварийным режимом и недопустим при эксплуатации электротехнических устройств и электрических цепей.

Согласованный режим характеризуется максимально возможной мощностью передачи энергии от источника к потребителю. Это возможно только при определенном соотношении сопротивлений приемника и источника.

Методы расчета и анализ электрических цепей

Задачи расчета и анализа электрических цепей весьма разнообразны. Наиболее часто встречающиеся:

- определение токов, напряжений, мощностей различных элементов цепи при заданных параметрах этих элементов;
- определение параметров элементов, обеспечивающих получение требуемых токов, мощностей, напряжений;
- определение характера изменения значений различных величин или соотношений между ними при изменении параметров цепи.

Существует большое разнообразие сложных электрических цепей. Некоторые из них обладают определенными особенностями. Для расчета таких сложных электрических цепей существуют разные методы. Однако все методы используют основные законы электрических цепей.

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.

Задана схема замещения цепи и значения всех сопротивлений приемников и ЭДС источников. Требуется определить токи в каждой ветви, мощности каждого элемента цепи, составить баланс мощности.

Для решения такой задачи расчета электрической цепи используют основные законы электрических цепей: закон Ома, первый и второй законы Кирхгофа.

Порядок расчета:

1. Произвольно выбрать условно-положительные направления токов в ветвях.

2. Составить систему независимых уравнений с неизвестными токами. Число уравнений должно быть равно числу неизвестных токов ветвей. По I закону Кирхгофа составляют $(n - 1)$ уравнение для узлов, где n – полное число узлов в цепи. По второму закону Кирхгофа составляют $(a - n + 1 - b)$ уравнений, где a – число ветвей в цепи, b – число идеальных источников тока.

3. Решая полученную систему уравнений, определить токи ветвей.

Недостающие уравнения составляют по II закону Кирхгофа для контуров. Для этого выделяют независимые контуры и выбирают направление обхода каждого. Если ЭДС и токи контура совпадают с направлением его обхода, они принимаются положительными, если нет – отрицательными.

Решая систему уравнений, определяем значения токов в ветвях. Для проверки правильности решения системы уравнений можно воспользоваться составлением баланса мощностей всей цепи т.е. суммарная мощность, потребляемая всеми резисторами, должна равняться суммарной мощности, генерируемой всеми источниками. При определении мощности источника необходимо учитывать соответствие положительных направлений ЭДС E источника и тока в нем I : $P = (\pm)EI$. Если I и E совпадают по направлению, то в формуле следует подставить знак "плюс". Если эти направления встречны, то следует подставить "минус". В обоих случаях мощность источника может получиться как положительной, так и отрицательной в зависимости от значения тока. Если полученное значение мощности источника положительно, это означает, что источник генерирует электрическую энергию. Если полученное значение мощности источника отрицательно, это означает, что источник работает в режиме потребления электроэнергии. Рассмотренный метод, основанный на непосредственном применении законов Кирхгофа, позволяет рассчитать электрическую цепь любой сложности.

Недостаток этого метода в том, что он требует большого объема вычислений при решении системы уравнений.

Метод контурных токов.

Метод контурных токов позволяет свести задачу расчета электрической цепи к решению системы уравнений меньшего порядка. Это упрощает расчет и делает этот метод более предпочтительным по сравнению с методом непосредственного применения законов Кирхгофа.

Любая сложная цепь состоит из нескольких смежных контуров, каждый из которых имеет несмежные ветви, принадлежащие лишь данному контуру и смежные, входящие в состав соседних контуров. Метод контурных токов основан на допущении, что в каждом контуре имеется контурный ток, одинаковый для всех элементов этого контура. Положительные направления токов ветвей, как и раньше, выбираются в начале расчета произвольно. Положительные направления контурных токов также выбираются произвольно. Зная контурные токи легко определить реальные токи в ветвях. Например, для несмежных ветвей значения контурных токов и токов ветвей равны по величине, а знаки определяются в зависимости от выбранных направлений контурных токов и токов в ветвях. В смежных ветвях токи определяются алгебраической суммой контурных токов соседних контуров с учетом их положительных направлений.

Для составления системы уравнений по методу контурных токов составляются уравнения по II закону Кирхгофа для независимых контуров рассматриваемой цепи с учетом соотношения тока и напряжения на резисторах по закону Ома. В составленных уравнениях выразим токи ветвей через контурные токи. В левой части полученных уравнений объединим слагаемые с одинаковыми контурными токами. Таким образом

в полученной системе уравнений неизвестными являются контурные токи, коэффициенты при неизвестных и свободные члены определяются заданными параметрами элементов цепи. Решая эту систему уравнений можно определить контурные токи. Далее поочередно определяются токи ветвей.

Таким образом рассмотренный метод контурных токов также, как и предыдущий метод позволяет свести задачу расчета электрической цепи к решению системы уравнений, составленных по основным законам электрических цепей. Однако порядок системы уравнений оказывается существенно меньшим. Расчет мощностей и составление баланса мощности проводится аналогично описанному в предыдущем методе.

Метод эквивалентных преобразований

Некоторые сложные электрические цепи содержат несколько приемников, но только один источник. Такие цепи могут быть рассчитаны методом эквивалентных преобразований. В основе этого метода лежит возможность преобразования двух последовательно соединенных или параллельно соединенных резисторов и к одному эквивалентному. Для определения эквивалентного сопротивления следует воспользоваться основными законами электрических цепей.

Метод эквивалентных преобразований позволяет рассчитать сложную электрическую цепь, не сводя задачу к решению системы уравнений, а путем последовательных вычислений. Однако этот метод применим к цепям, содержащим лишь один источник ЭДС.

Метод двух узлов

Среди множества электрических цепей некоторые могут обладать определенными особенностями. Например, схема цепи может содержать параллельно соединенные источники энергии и приемники. В этой цепи могут содержаться другие элементы, подключенные параллельно к одним и тем же зажимам. Эта цепь будет содержать несколько ветвей и несколько контуров. Поэтому ее, как и ранее рассмотренные, следует отнести к категории сложных электрических цепей. Однако, ее особенность в том, что она содержит только два узла, между которыми подключены все параллельные ветви.

Для расчета такой цепи может использоваться метод двух узлов.

В общем случае каждая ветвь может содержать идеальный источник и резистор. Количество таких ветвей не ограничено.

Напряжение между двумя узлами цепи с несколькими параллельными ветвями равно отношению алгебраической суммы произведений ЭДС и проводимостей каждой ветви к сумме проводимостей всех ветвей.

Описанный метод позволяет рассчитать сложную электрическую цепь, не сводя задачу к решению системы уравнений, а путем последовательных вычислений. Однако этот метод применим к цепям, содержащим лишь два узла, к которым соединены несколько ветвей. Важно подчеркнуть, что в основе этого метода, как и рассмотренных ранее, используются основные законы электрических цепей: закон Ома, первый и второй законы Кирхгофа.

Метод наложения

Принцип наложения (суперпозиции) основан на независимости действия источников энергии: ток в любой ветви схемы равен

алгебраической сумме токов, возникающих в этой ветви от действия каждого отдельно работающего источника энергии. Поэтому для решения методом наложения схему разбивают на столько подсхем, сколько в ней источников энергии. В каждой подсхеме оставляют только один источник энергии. Остальные источники ЭДС закорачивают, источники тока разрывают. Полученные подсхемы решают методом эквивалентных преобразований. Токи в схеме вычисляют алгебраическим суммированием токов подсхем.

Принцип взаимности, применимый для электрических цепей с одним источником электрической энергии, заключается в следующем: если ЭДС E ветви m вызывает ток I_k в ветви k , то эта же ЭДС E , действуя в ветви k , вызовет в ветви m ток I_m , равный I_k .

Рассмотренные методы расчета сложных электрических цепей применимы не только к цепям постоянного тока, но и к цепям синусоидального тока с учетом их особенностей, которым посвящены отдельные разделы курса.

Программа предварительной подготовки к выполнению лабораторной работы по теме «Исследование свойств линейных электрических цепей постоянного тока»

Изучить:

материалы лекционных занятий по теме «Элементы и основные свойства электрических цепей», «Линейные электрические цепи постоянного тока»; раздел «Краткие теоретические сведения» данного пособия; решения задач практических занятий по темам «Основные понятия и законы электрических цепей», «Методы расчета линейных электрических цепей постоянного тока»;

прорешать задания самостоятельной работы студента по теме «Методы расчета линейных электрических цепей»;

ответить на вопросы

1. Каких основных правил нужно придерживаться при выполнении лабораторных работ?
2. Каковы основные правила техники безопасности при работе с электроустановками?
3. Какие характеристики нужно учитывать при подборе электроизмерительных приборов?
4. Каким образом можно менять входное напряжение цепи?
5. Какую зависимость называют вольт-амперной характеристикой элемента цепи?
6. Что такое схема замещения цепи?
7. Каковы характеристики линейных активных и пассивных элементов?
8. Что означают понятия: «ветвь», «узел» и «контур электрической схемы»?

9. Как вычислить токи в параллельных пассивных ветвях при известных сопротивлениях ветвей и токе неразветвлённого участка?
10. Как экспериментально определить величину сопротивления участка электрической цепи, ЭДС и внутреннее сопротивление источника?
11. Какое число уравнений необходимо составить по первому и второму законам Кирхгофа для расчёта сложной схемы?
12. Как определить знак и величину мощности источников ЭДС и тока при составлении баланса мощностей?
13. Как формулируют принцип наложения?
14. В каких случаях отдельные участки потенциальной диаграммы бывают параллельны друг другу?
15. Что изменится в потенциальной диаграмме при изменении направления обхода контура?
16. Какое преимущество даёт выполнение принципа взаимности?

Для данной схемы (рис.1):

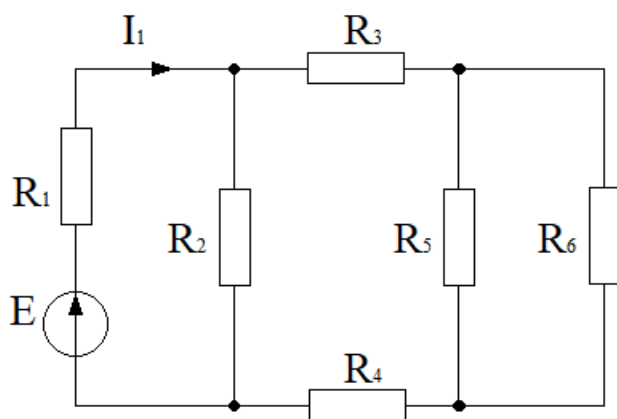


рис.1

составить систему уравнений по законам Кирхгофа, найти токи ветвей;
составить систему по методу контурных токов, найти токи ветвей.
(Значения параметров элементов схемы выдаются преподавателем).

Для данной схемы (рис.2):

составить систему уравнений по законам Кирхгофа, найти токи ветвей;
 составить систему по методу контурных токов, найти токи ветвей;
 найти токи методом наложения;
 (Значения параметров элементов схемы выдаются преподавателем).

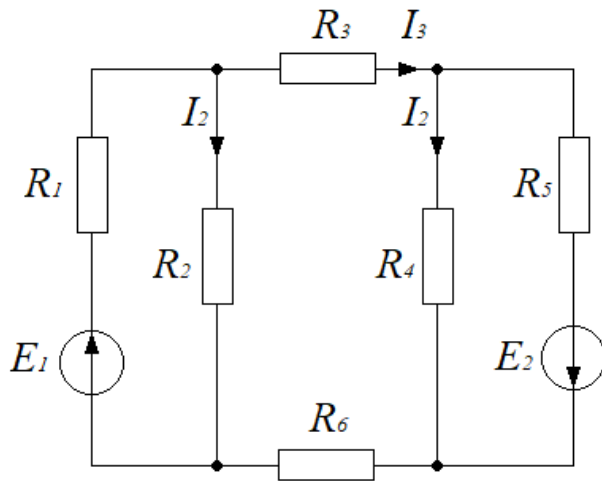


рис.2

Для данной схемы (рис.3):

составить систему уравнений по законам Кирхгофа, найти токи ветвей;
 составить систему по методу контурных токов, найти токи ветвей;
 найти токи методом наложения;
 (Значения параметров элементов схемы выдаются преподавателем).

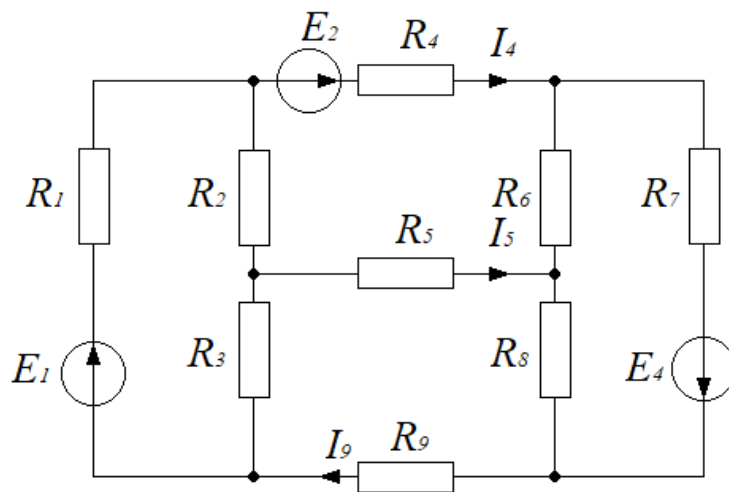


рис.3

При решении задач полезно придерживаться следующих рекомендаций:

четко представить постановку задачи (что дано, что необходимо определить);
составить схему замещения заданной цепи, если схема замещения дана,
разобраться в ее топологии;

составить план решения, при этом надо вспомнить, не была ли рекомендована в учебниках, задачниках, на лекциях целесообразная последовательность решения подобных;

при составлении уравнений предварительно сформулировать соответствующий закон или правило;

контролировать каждый шаг решения, анализировать промежуточные результаты.

Подготовка к работе

Техника безопасности при работе с электрическими установками

Тело человека обладает свойством электропроводности и при соприкосновении с двумя незащищенными элементами установки, находящейся под напряжением, становится звеном электрической цепи. Установлено, что как постоянный, так и переменный электрические токи при величине 0,05 А опасны для жизни, а при величине 0,1 – смертельны. Даже напряжение в несколько десятков вольт (40–60 В) при неблагоприятном стечении обстоятельств может вызвать поражение электрическим током. Об этом следует всегда помнить и соблюдать следующие меры предосторожности:

1. Прежде чем приступить к соединению устройств, расположенных на стенде, убедитесь, что контакты автоматов сетей разомкнуты, а указатели положения элементов регулирования лабораторных автотрансформаторов и источников питания расположены в позиции «Нуль».
2. Включайте автоматы сетей и проводите первое опробование цепей только с разрешения руководителя лабораторного занятия.
3. Убедитесь в исправности изоляции соединительных проводов. Не пользуйтесь проводами без наконечников или штырей.
4. При сборке цепей избегайте пересечения проводов и обеспечьте высокую плотность контактов всех разъёмных соединений. Неиспользованные провода уберите с монтажных панелей в отведённое для них место.
5. Не прикасайтесь к незащищенным элементам устройств, находящихся под напряжением.

6. Особую осторожность соблюдайте при исследовании участков цепей с последовательным соединением конденсаторов. Помните, что отключённый конденсатор может сохранить опасный остаточный заряд, и не забывайте разрядить его до включения в цепь.
7. Не оставляйте без наблюдения цепь, находящуюся под напряжением.
8. При работе с амперметрами нужно следить за тем, чтобы ток в них не превышал допустимого значения.
9. Прежде чем разобрать цепи или производить любые пересоединения в них, убедитесь, что контакты автоматов сети разомкнуты, источники питания отключены.
10. Обнаружив любую неисправность в электротехническом устройстве, находящемся под напряжением, немедленно отключите автомат сети и сообщите об этом руководителю лабораторного занятия.

Порядок выполнения работы

Получить индивидуальное задание для выполнения у преподавателя.

1. Начертить схему замещения разветвлённой цепи постоянного тока
2. Составить систему уравнений для электрической схемы замещения на основании законов Кирхгофа.
3. Составить уравнение баланса мощностей исследуемой цепи.
4. Начертить подсхемы с одним источником энергии для расчета токов методом наложения.
5. Записать эквивалентные сопротивления подсхем в общем виде.
6. Рассчитать токи исходной схемы по принципу наложения.
7. По результатам расчётов построить потенциальную диаграмму.
8. Составить таблицы для записи результатов измерений и вычислений.
9. Сделать выводы, основываясь на полученных результатах.
10. Сделать отчет по выполненной работе.

Обработка результатов и оформление отчета

11. Каждый студент составляет отчёт по выполняемой работе.
12. Отчет нужно оформлять на листах формата А4. Первой страницей отчета является титульный лист.
13. На титульном листе указывают название института, кафедры и лаборатории, номер и наименование работы, фамилию и инициалы студента, выполнившего работу, номер его академической группы.
14. В отчёте должна быть сформулирована цель лабораторной работы, приведены содержание рабочего задания, паспортные данные объекта исследования, схемы замещения исследуемых электрических цепей с включёнными измерительными приборами, таблицы с записью результатов эксперимента, графики зависимостей и векторные диаграммы, осциллограммы и решения задач.
15. Схемы и таблицы должны быть аккуратно оформлены. Особое внимание нужно уделить графикам зависимостей между величинами.
16. Графики следует вычерчивать по координатным сеткам. При построении графиков вдоль оси абсцисс в выбранном масштабе откладывают независимую переменную. Условное буквенное обозначение этой величины рекомендуют ставить под ось, а наименование единиц измерения – после обозначения величины. Вдоль оси ординат обозначение величин, единицы измерения и масштабные цифры ставят слева от оси. Если в одних координатных осях строят несколько графиков функций одной независимой, то следует провести дополнительные шкалы параллельно основным, каждую со своим масштабом.
17. Наименование единиц измерения дают без скобок.

18. Обозначения элементов схем замещения, буквенные обозначения электрических величин и единиц измерения должны соответствовать ГОСТ 19880–74 и ГОСТ 1494–77.
19. Отчёт следует закончить краткими выводами, в которых необходимо сформулировать результаты проведенного исследования.
20. При подготовке к защите лабораторных работ особое внимание необходимо уделять ответам на контрольные вопросы.

Список рекомендуемой литературы

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Учебное пособие– СПб: изд. «Лань», 2019;
2. Бычков Ю.А., Соловьева Е.Б., Золотницкий В.М. Введение в теоретическую электротехнику. Курс подготовки бакалавров. Учебное пособие. –Лань, 2016 г.
3. Аполлонский С.М. Теоретические основы электротехники. Практикум. Учебное пособие.-Лань, 2017 г.
4. Прянишников В.А. Теоретические основы электротехники. Курс лекций. Учебник для высших и средних учебных заведений.-Корона-Принт, 2016 г.
5. Потапов Л.А. Теоретические основы электротехники. Краткий курс. Учебное пособие.-Лань, 2016 г.