

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Брасовский промышленно-экономический техникум

Е.Г. Чапурина

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие

Брянская область 2015

УДК 372.862
ББК 74.57
Ч 19

Чапуринa, Е.Г. **Основы электротехники: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ** / Е.Г. Чапурина. – Локоть: Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015.- 36 с.

В пособии приведен перечень лабораторных работ по всем разделам рабочей программы дисциплины, определены объем времени на их выполнение, формы выполнения и контроля. К каждому виду работы даны методические указания и рекомендации по выполнению приведенных в пособии заданий, а также примеры их выполнения.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

Рецензенты:

Астахова О.М., преподаватель технических дисциплин (Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Другова Г.Е., методист (Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Рекомендовано к изданию решением учебно-методическим советом филиала ФГБОУ ВО «Брянский аграрный университет» - Брасовский промышленно-экономический техникум от 25.05.2015 года, протокол № 5.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015

© Чапурина Е.Г., 2015

Содержание:	стр.
Введение.....	4
Перечень лабораторных занятий по дисциплине	5
Критерии выполнения студентом лабораторных заданий.....	6
Лабораторные работы:	
№1 Соединение резисторов.....	7
№2 Измерение мощности и энергии в цепях однофазного переменного тока.....	13
№3 Составление цепи переменного тока с активным, индуктивным, емкостным сопротивлением.....	17
№4 Составление неразветвленной цепи переменного тока.....	21
№5 Исследование режимов однофазного трансформатора.....	28
№6 Определение потерь напряжения и мощности в проводах линий электропе- редач.....	35
Перечень рекомендуемой литературы.....	37

ВВЕДЕНИЕ

Прочность, осознанность и действенность знаний обучающихся наиболее эффективно обеспечивается при помощи активных методов. Среди них важное место занимают практические занятия по решению задач и конкретных правовых ситуаций. Следует подчеркнуть, что само содержание учебной программы при ограничении времени требует не столько запоминания, сколько развития умений и навыков самостоятельной работы с учебной литературой .

Решая эти задачи, организуется проведение лабораторных занятий, в ходе которых разбираются и вырабатываются навыки применения полученных знаний.

Методические рекомендации направлены на оказание методической помощи студентам при проведении лабораторных занятий.

Для решения предлагаемых ситуаций и выполнения задания лабораторной работы требуется хорошо знать изучаемый материал, а также пользоваться дополнительной литературой и Интернет-ресурсами.

При выполнении лабораторных работ необходимым является наличие умения анализировать, сравнивать, обобщать, делать выводы. Решение задачи должно быть аргументированным, ответы на задания представлены полно и аргументировано.

Данные методические рекомендации преследуют следующие цели:

- расширение и углубление знаний, полученных студентами при изучении теоретического материала данной темы;

- обучение студентов правильно применять полученные знания для решения практических задач.

Для достижения этих целей, а также в связи с необходимостью повышения эффективности и качества учебного процесса, теоретические положения систематизируются с конкретными примерами и конкретными ситуациями.

**Перечень лабораторных занятий по дисциплине
«Основы электротехники»**

№ темы	Содержание лабораторных занятий	Количество часов
1.2	Соединение резисторов;	2
1.3	Измерение мощности и энергии в цепях однофазного переменного тока;	2
1.4	Составление цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением; Составление неразветвленной цепи переменного тока;	2 2
2.1	Исследование режимов однофазного трансформатора;	2
5.3	Определение потерь напряжения и мощности в проводах линий электропередач;	2
	Итого	12

Критерии выполнения студентом лабораторных заданий

№ п/п	Оцениваемые навыки	Метод оценки	«Отлично»	«Неудовлетворительно»
1.	Отношение к работе, умение организовать работу	Наблюдение руководителя, просмотр материалов	Работа выполнена в срок. Студент точно понимает цель задания. Работа выполнена с минимальной помощью или без нее	Демонстрирует безразличие к выполняемой работе. Требуется постоянное напоминание для выполнения, не выполняет требования задания. Требуется дополнительная проверка, подтверждающая самостоятельность выполнения
2.	Качественное наполнение структурных разделов работы	Проверка лабораторной работы	Содержание разделов соответствует их названию. Собрана полная, необходимая информация. Правильно реализует алгоритмы решения по исходным данным	Содержание разделов не соответствует их названию. Использованная информация и исходные данные отрывисты и второстепенны. Полученные результаты не внушают доверия и требуют дополнительной проверки
3.	Умение использовать полученные знания и навыки при реализации задания лабораторной работы	Проверка работы, собеседование	Свободно использует полученные знания для лабораторной работы,	Не способен применить полученные ранее знания (даже после консультаций) из соответствующих дисциплин для решения конкретных задач практической работы. Не способен использовать знания из одного раздела при решении задач последующих разделов
4.	Достаточность объема используемой литературы и правовых источников	Проверка работы, собеседование	При подготовке и выполнении лабораторной работы использован достаточный объем учебной литературы и правовых источников	При подготовке и выполнении лабораторной работе учебная литература и правовые источники не использовались или использовались недостаточно
5.	Умение обобщать, анализировать и делать выводы	Проверка работы, собеседование	Работа выполнена в соответствии с методикой, действующей нормативной базой	Работа выполнена с ошибками, использована устаревшая нормативная база
6.	Уровень общей профессиональной грамотности	Проверка работы	Умелое использование профессиональной терминологии, содержит ссылки на правовые источники	Неумение пользоваться профессиональной терминологией, отсутствие ссылок на правовые источники
7.	Оформление работы	Проверка работы	Студент демонстрирует аккуратность соблюдения применяемых методов и приемов, имеются все данные	Работа выполнена и оформлена небрежно, без соблюдения установленных требований

Лабораторная работа № 1 тема 1.2.

Тема: Соединение резисторов.

Цель: Проверка опытным путем формул, на основании которых выполняются расчеты электрических цепей.

Оборудование:

тетрадь для лабораторных работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

1.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 1

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Оборудование.
4. Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).
5. Расчеты – окончательная запись результатов работы.
6. Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1. разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с

их техническими данными;

2. пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

3. сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

При выполнении работы следует помнить, что значительное число приемников, включенных в электрическую цепь (электрические лампы, электронагревательные приборы и др.), можно рассматривать как некоторые элементы, имеющие определенное сопротивление. Это обстоятельство дает нам возможность при составлении и изучении электрических схем заменять конкретные приемники резисторами с определенными сопротивлениями. Различают следующие способы соединения резисторов (приемников электрической энергии): последовательное, параллельное и смешанное.

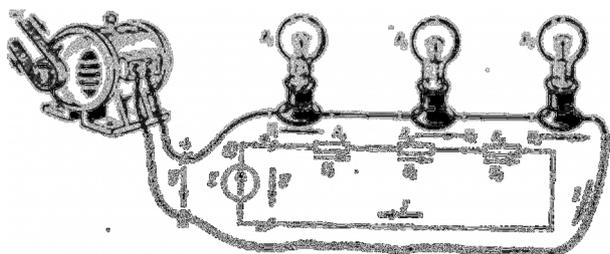


Рис. 25. Схемы последовательного соединения приемников

При последовательном соединении нескольких резисторов конец первого резистора соединяют с началом второго, конец второго — с началом третьего и т.д. При таком соединении по всем элементам последовательной цепи проходит один и тот же ток I . Если принять, что в источнике $R_0 = 0$, то для трех последовательно соединенных резисторов согласно второму закону Кирхгофа можно написать:

$$E = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR_{\text{эк}}$$

где $R_{\text{эк}} = R_1 + R_2 + R_3$.

Следовательно, эквивалентное сопротивление последовательной цепи равно сумме сопротивлений всех последовательно соединенных резисторов. Так как напряжения на отдельных участках цепи согласно закону Ома: $U_1 = IR_1$; $U_2 = IR_2$, $U_3 = IR_3$ и в данном случае $E = U$, то для рассматриваемой цепи

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Следовательно, напряжение U на зажимах источника равно сумме напряжений на каждом из последовательно включенных резисторов. Из указанных формул следует также, что напряжения распределяются между последовательно соединенными резисторами пропорционально их сопротивлениям:

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

т.е. чем больше сопротивление какого-либо приемника в последовательной цепи, тем больше приложенное к нему напряжение.

В случае если последовательно соединяются несколько, например n , резисторов с одинаковым сопротивлением R_1 , эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{эк}}$ будет в n раз больше сопротивления R_1 , т. е. $R_{\text{эк}} = nR_1$. Напряжение U_1 на каждом резисторе в этом случае в n раз меньше общего напряжения U :

$$U_1 = U/n.$$

При последовательном соединении приемников изменение сопротивления одного из них тотчас же влечет за собой изменение напряжения на других связанных с ним приемниках. При выключении или обрыве электрической цепи в одном из приемников и в остальных приемниках прекращается ток. При параллельном соединении нескольких приемников они включаются между двумя точками электрической цепи, образуя параллельные ветви (рис. 26).

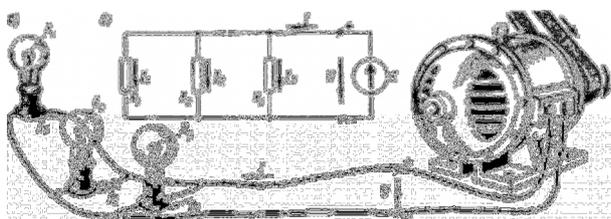


Рис. 26. Схемы параллельного соединения приемников

Заменяя лампы резисторами с сопротивлениями R_1 , R_2 , R_3 , получим схему, показанную на рис. 26. При параллельном соединении ко всем резисторам приложено одинаковое напряжение U . Поэтому согласно закону Ома:

$$I_1=U/R_1; I_2=U/R_2; I_3=U/R_3.$$

Ток в неразветвленной части цепи согласно первому закону Кирхгофа $I = I_1+I_2+I_3$, или

$$I = U / R_1 + U / R_2 + U / R_3 = U (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) = U / R_{\text{эк}}$$

Следовательно, эквивалентное сопротивление рассматриваемой цепи при параллельном соединении трех резисторов определяется формулой

$$1/R_{\text{эк}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Вводя в формулу вместо значений $1/R_{\text{эк}}$, $1/R_1$, $1/R_2$ и $1/R_3$ соответствующие проводимости $G_{\text{эк}}$, G_1 , G_2 и G_3 , получим: эквивалентная проводимость параллельной цепи равна сумме проводимостей параллельно соединенных резисторов:

$$G_{\text{эк}} = G_1 + G_2 + G_3$$

Таким образом, при увеличении числа параллельно включаемых резисторов результирующая проводимость электрической цепи увеличивается, а результирующее сопротивление уменьшается. Из приведенных формул следует, что токи распределяются между параллельными ветвями обратно пропорционально их электрическим сопротивлениям или прямо пропорционально их проводимостям. Например, при трех ветвях

$$I_1 : I_2 : I_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3 = G_1 + G_2 + G_3$$

В этом отношении имеет место полная аналогия между распределением токов по отдельным ветвям и распределением потоков воды по трубам. Приведенные формулы дают возможность определить эквивалентное сопротивление цепи для различных конкретных случаев. Например, при двух параллельно включенных резисторах результирующее сопротивление цепи

$$R_{\text{эк}}=R_1R_2/(R_1+R_2)$$

при трех параллельно включенных резисторах

$$R_{\text{эк}}=R_1R_2R_3/(R_1R_2+R_2R_3+R_1R_3)$$

При параллельном соединении нескольких, например n , резисторов с одинаковым сопротивлением R_1 результирующее сопротивление цепи $R_{эк}$ будет в n раз меньше сопротивления R_1 , т.е.

$$R_{эк} = R_1 / n$$

Проходящий по каждой ветви ток I_1 , в этом случае будет в n раз меньше общего тока:

$$I_1 = I / n$$

При параллельном соединении приемников, все они находятся под одним и тем же напряжением, и режим работы каждого из них не зависит от остальных. Это означает, что ток, проходящий по какому-либо из приемников, не будет оказывать существенного влияния на другие приемники.

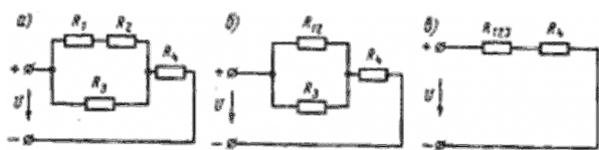


Рис. 27. Схемы смешанного соединения приемников

Смешанным соединением называется такое соединение, при котором часть резисторов включается последовательно, а часть — параллельно. Например, в схеме рис. 27, а имеются два последовательно включенных резистора сопротивлениями R_1 и R_2 , параллельно им включен резистор сопротивлением R_3 , а резистор сопротивлением R_4 включен последовательно с группой резисторов сопротивлениями R_1 , R_2 и R_3 . Эквивалентное сопротивление цепи при смешанном соединении обычно определяют методом преобразования, при котором сложную цепь последовательными этапами преобразовывают в простейшую. Например, для схемы рис. 27, а вначале определяют эквивалентное сопротивление R_{12} последовательно включенных резисторов с сопротивлениями R_1 и R_2 : $R_{12} = R_1 + R_2$. При этом схема рис. 27, а заменяется эквивалентной схемой рис. 27, б. Затем определяют эквивалентное сопротивление R_{123} параллельно включенных сопротивлений и R_3 по формуле

$$R_{123} = R_{12} R_3 / (R_{12} + R_3) = (R_1 + R_2) R_3 / (R_1 + R_2 + R_3).$$

После этого находят эквивалентное сопротивление всей цепи суммированием сопротивлений R_{123} и последовательно включенного с ним сопротивления R_4 :

$$R_{\text{эк}} = R_{123} + R_4 = (R_1 + R_2) R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) + R_4$$

Последовательное, параллельное и смешанное соединения широко применяют для изменения сопротивления пусковых реостатов при пуске э. п. с. постоянного тока.

Последовательность выполнения работы:

Записать технические данные резисторов и применяемых электроизмерительных приборов и источников питания.

Собрать электрическую схему согласно рисункам в инструкционной карте.

Установить движки реостата в положение наибольшего сопротивления .Включить питание.

Изменяя значение сопротивления резисторов так, чтобы ток в цепи не превышал 3А, для двух – трех случаев измерить вольтметром напряжение на каждом из трех участков цепи и общее напряжение.

Выполнить расчеты.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. Что называется электрической цепью?
2. Что является источником электрической энергии?
3. Что называют «электрическим током проводимости»; «током переноса»; «током смещения»?
4. Для чего служит величина, называемая электродвижущей силой? Чему она равна?
5. Сформулировать закон Ома для участка цепи и для всей цепи;
6. Как определить удельное сопротивление материала?
7. Какие есть способы соединения сопротивлений?
8. Сформулировать закон Ленца- Джоуля;
9. Как определить потери напряжения в проводах?

Лабораторная работа № 2 тема 1.3.

Тема: Измерение мощности и энергии в цепях однофазного переменного тока;

Цель: Измерение мощности и энергии в цепях однофазного переменного тока и опытное определение постоянной счетчика и его погрешности измерения;

Приобретение навыков в сборке электрических схем с применением электроизмерительных приборов.

Оборудование:

тетрадь для практических работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 2

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1.Название работы.

2.Цель работы.

3.Оборудование.

4.Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).

5.Расчеты – окончательная запись результатов работы.

6.Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1.разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;

2.пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

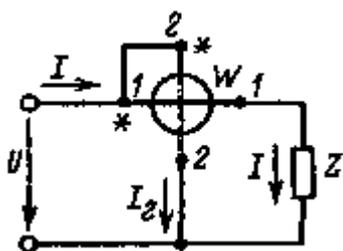
3.сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

При выполнении работы следует помнить, что для измерения мощности P служат ваттметры электродинамической системы; схема включения ваттметра изображена на рис.



Неподвижная обмотка 1—1 прибора называется токовой и включается в цепь последовательно. Подвижная обмотка 2—2 называется обмоткой напряжения и включается в цепь параллельно.

Ток I_2 в обмотке напряжения 2—2 пропорционален напряжению U , контролируемой цепи и совпадает с ним по фазе¹, а ток I_1 равен току I нагрузки. Момент, действующий на подвижную обмотку, равен

$$M_{\text{вр}} = CUI \cos \varphi = CP,$$

где C — коэффициент пропорциональности.

Поскольку противодействующий момент $M_{\text{пр}}$ пропорционален углу поворота α стрелки, отклонение стрелки пропорционально измеряемой активной мощности P .

Для правильного включения ваттметра один из выводов токовой обмотки и один из выводов обмотки напряжения отмечают звездочками (*). Эти выводы, называемые генераторными, необходимо включать со стороны источника питания.

При сборке электрической схемы сначала соединяют все последовательные участки цепи: токовые обмотки счетчика, ваттметра, амперметр, потребители электроэнергии, а затем присоединяют параллельные ветви: обмотки напряжения счетчика и ваттметра, вольтметр.

Для определения числа оборотов счетчика за установленное время необходимо следить за появлением в окошке счетчика красной черты на боковой поверхности диска.

До начала проверки счетчика необходимо ознакомиться с устройством индукционного счетчика.

Измерительный механизм индукционного однофазного счетчика электрической энергии (электроизмерительный прибор индукционной системы) состоит из двух электромагнитов, расположенных под углом 90° друг к другу, в магнитном поле которых находится легкий алюминиевый диск. Схема устройства счетчика электрической энергии показана на рисунке 1.

Для включения счетчика в цепь его токовую обмотку соединяют с электроприемниками последовательно, а обмотку напряжения - параллельно. При прохождении по обмоткам индукционного счетчика переменного тока в сердечниках обмоток возникают переменные магнитные потоки, которые, пронизывая алюминиевый диск, индуцируют в нем вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с магнитными потоками электромагнитов создает усилие, под действием которого диск вращается. Последний связан со счетным механизмом, учитывающим частоту вращения диска, т.е. расход электрической энергии.

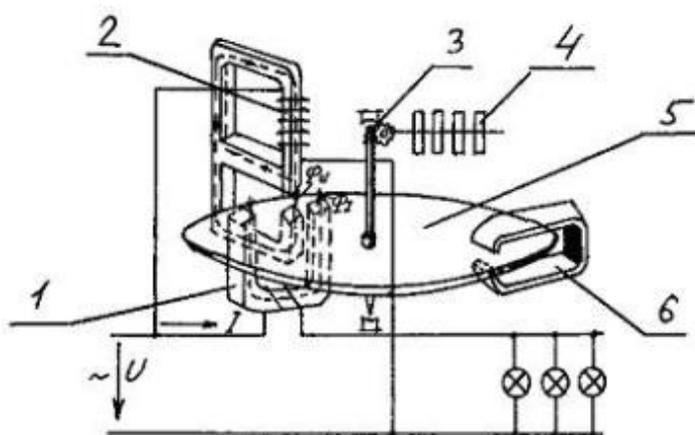


Рис. 1. Схема устройства счетчика электрической энергии: 1 - обмотка тока, 2 - обмотка напряжения, 3 - червячный механизм, 4 - счетный механизм, 5 - алюминиевый диск, б - магнит для притормаживания диска.

Последовательность выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему.
2. Записать основные технические данные приборов.
3. Включить собранную схему при отключенных лампах и убедиться в отсутствии у счетчика холостого хода.
4. Установить нагрузку счетчика порядка 10% номинальной и отсчитать целое число оборотов диска за 100 или 150 секунд. Записать показания ваттметра, амперметра, вольтметра и секундомера.
5. Определить действующую постоянную счетчика.
6. Определить погрешность счетчика
7. Повторить наблюдения и расчеты для нагрузок 25, 50, 75, 100% номинальной нагрузки счетчика.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. В чем особенность однофазной электрической цепи?
2. Как определить мгновенную и среднюю мощность в цепях с активным сопротивлением?
3. Чему равна реактивная мощность в цепях с индуктивностью?
4. Как определить полную мощность в цепях с активным сопротивлением и индуктивностью?
5. Чему равны энергетические характеристики в цепях с емкостью?
6. Что понимают под резонансным режимом работы цепи?
7. Что называют резонансом напряжений?
8. Что называют резонансом токов?
9. Что характеризует коэффициент мощности и как его определить?

Тема: Составление цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением;

Цель: Изучение физических процессов в неразветвленных цепях переменного тока, обладающих индуктивностью и емкостью;

Приобретение навыков в сборке электрических схем с применением электроизмерительных приборов.

Оборудование:

тетрадь для практических работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 3

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1.Название работы.

2.Цель работы.

3.Оборудование.

4.Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).

5.Расчеты – окончательная запись результатов работы.

6.Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1.разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;

2.пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

3.сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

При выполнении работы следует помнить, что последовательном соединении катушки с активным сопротивлением R и индуктивностью L и конденсатора емкостью C (рис.) в схеме протекает синусоидальный ток

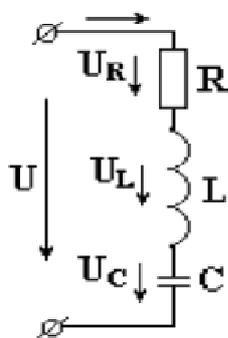
$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

Определим напряжение на входе схемы.

В соответствии со вторым законом Кирхгофа,

$$u = u_R + u_L + u_C$$

$$u_R = i \cdot R, \quad u_L = L \cdot \frac{di}{dt}, \quad u_C = \frac{1}{C} \int i \cdot dt.$$



Подставим эти формулы в уравнение ,

$$\begin{aligned} u_R &= i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i \cdot dt = R \cdot I_m \cdot \sin \omega t + \\ &+ L \cdot \omega \cdot I_m \cdot \cos \omega t - \frac{1}{\omega C} \cdot I_m \cdot \cos \omega t = R \cdot I_m \cdot \sin \omega t + \\ &+ X_L \cdot I_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) + X_C \cdot I_m \cdot \sin(\omega t - 90^\circ). \end{aligned}$$

Из выражения видно: напряжение в активном сопротивлении совпадает по фазе с током, напряжение на индуктивности опережает по фазе ток на 90° , напряжение по емкости отстает по фазе от тока на 90° . Запишем уравнение

(6.16) в комплексной форме:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \dot{U}_m = (R \cdot \dot{I}_m + X_L \cdot \dot{I}_m \cdot e^{j90^\circ} + X_C \cdot \dot{I}_m \cdot e^{-j90^\circ}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} =$$

$$= (R \cdot \dot{I}_m + j \cdot X_L \cdot \dot{I}_m - j \cdot X_C \cdot \dot{I}_m) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Поделим левую и правую части уравнения на $\sqrt{2}$. Получим уравнение для комплексов действующих значений токов и напряжений

$$\dot{U}_m = \dot{I} [R + j(X_L - X_C)] = \dot{I} \cdot Z = \dot{I} \cdot z \cdot e^{-j\varphi}$$

где $Z = R + j(X_L - X_C)$ - комплексное сопротивление цепи;
 $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ - модуль комплексного сопротивления, или полное

сопротивление цепи;
 $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$ - начальная фаза комплексного сопротивления.

При построении векторных диаграмм цепи рассмотрим три случая.

$X_L > X_C$, цепь носит индуктивный характер. Векторы напряжений на индуктивности и емкости направлены в противоположные стороны, частично компенсируют друг друга. Вектор напряжения на входе схемы опережает вектор тока (рис.1)

Индуктивное сопротивление меньше емкостного. Вектор напряжения на входе схемы отстает от вектора тока. Цепь носит емкостный характер (рис.2)

Индуктивное и емкостное сопротивления одинаковы. Напряжения на индуктивности и емкости полностью компенсируют друг друга. Ток в цепи совпадает по фазе с входным напряжением. В электрической цепи наступает режим резонансного напряжения (рис.3) Ток в резонансном режиме достигает максимума, так как полное сопротивление цепи имеет минимальное значение.

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{R}$$

$$\omega_0 \cdot L = \frac{1}{\omega_0 \cdot C}$$

Условие возникновения резонанса: $\omega_0 \cdot L = \frac{1}{\omega_0 \cdot C}$, отсюда резонансная частота равна

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Из формулы следует, что режима резонанса можно добиться следующими

способами:

1. изменением частоты;
2. изменением индуктивности;
3. изменением емкости.

В резонансном режиме входное напряжение равно падению напряжения в активном сопротивлении. На индуктивности и емкости схемы могут возникнуть напряжения, во много раз превышающие напряжение на входе цепи. Это объясняется тем, что каждое напряжение равно произведению тока I_0 (а он наибольший), на соответствующее индуктивное или емкостное сопротивление (а они могут быть большими).

$$U = R \cdot I_0 \ll X_L \cdot I_0 = X_C \cdot I_0.$$

1. $X_L > X_C$

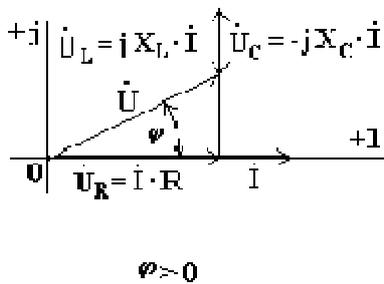


Рис. 1

2. $X_L < X_C$

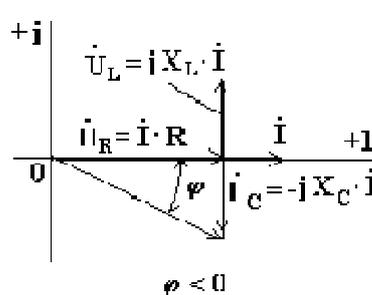


Рис. 2

3. $X_L = X_C$

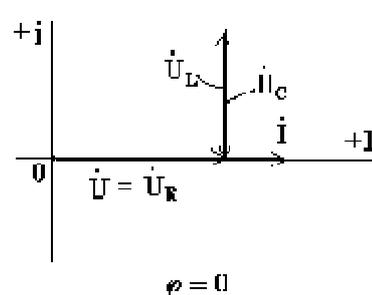


Рис. 3

Последовательность выполнения работы:

1. Собрать схему и после проверки включить установку под напряжение.
2. Измерить силу тока, напряжение и мощность.
3. Вычислить активное сопротивление катушки индуктивности, индуктивность, полную и реактивную мощность, косинус угла и угол сдвига фаз между током и напряжением.
4. Построить в масштабе треугольник напряжений для данной цепи.
5. Вычислить емкостное сопротивление батареи конденсаторов и ее электрическую емкость.
6. Построить для всех случаев векторные диаграммы напряжений и токов.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. Какие существуют схемы соединения трехфазных цепей?
2. Что называют трехфазной цепью?
3. В чем заключается принцип получения трехфазной ЭДС?
4. Назначение нулевого провода в четырехпроводной цепи?
5. Как определить активную, реактивную, полную мощность трехфазной цепи?
6. Как выбрать схему соединения осветительной и силовой нагрузок при включении их в трехфазную сеть?

Лабораторная работа № 4 тема 1.4.

Тема: Составление неразветвленной цепи переменного тока;

Цель: Исследование свойств электрических цепей переменного тока;

Определение параметров активного, реактивного и полного сопротивлений неразветвленной электрической цепи переменного тока;

Исследование явления резонанса напряжений; построение векторных диаграмм тока и напряжений.

Оборудование:

тетрадь для практических работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 4

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1.Название работы.

2.Цель работы.

3.Оборудование.

4.Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).

5.Расчеты – окончательная запись результатов работы.

6.Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1.разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;

2.пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

3.сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма. При выполнении работы следует помнить, что активное сопротивление R – это параметр электрической цепи,

характеризующий электромагнитную энергию W_T , которая необратимо преобразуется в тепловую или механическую энергию. Величина сопротивления определяется

$$R = \frac{W_T}{I^2 T}$$

как

Таким образом, в активном сопротивлении напряжение и ток совпадают по фазе,

их начальные фазы одинаковы, угол сдвига фаз равен нулю.

Векторы на векторной диаграмме направлены в одну сторону.

Напряжение и ток в активном сопротивлении связаны законом Ома: $U_R = R \cdot I$

$$I = \frac{U_R}{R} = G \cdot U_R$$

При всяком изменении тока в проводнике электрической цепи магнитное

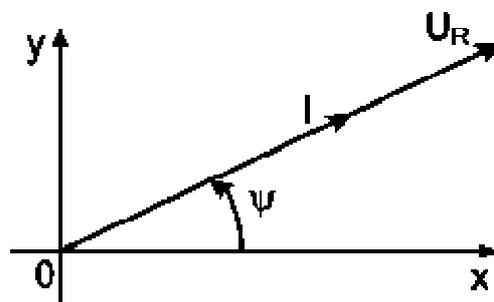


Рис. 6.1. Векторная диаграмма для активного сопротивления

поле, окружающее проводник, будет изменяться.

При пересечении проводника своим же собственным магнитным полем в нем возникает эдс, называемая эдс самоиндукции. Она имеет реактивный характер.

Магнитное поле в катушке создается током i и характеризуется магнитным потоком Φ_L , который называют потоком самоиндукции. Индуцируемая в катушке эдс e_L определяется по формуле

$$e_L = - \frac{d\Psi}{dt} = -L \frac{di}{dt},$$

где Ψ – потокосцепление самоиндукции $\Psi = \sum_{k=1}^w \Phi_k = w\Phi$, Вб; w – количество витков катушки; L – индуктивность катушки, коэффициент пропорциональности между Ψ и i , Гн.

Знак «минус» в правой части обусловлен законом Ленца, определяющим направление индуктивной эдс: «эдс самоиндукции направлена так, что своим действием препятствует причине, вызвавшей ее появление (т. е. току i)».

Препятствуя изменению тока, эдс самоиндукции e_L оказывает ему сопротивление, которое называется индуктивным и обозначается X_L . Формула, определяющая индуктивное сопротивление, Ом, имеет вид $X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L$. Напряжение на зажимах катушки при протекании по ней тока $U_L = I\omega L = IX_L$, откуда

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega L} = B_L U, \quad \text{где } B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L}, \text{ См.}$$

На рис. 6.2 представлены векторные диаграммы токов и напряжений в индуктивности на обычной координатной плоскости без Ψ_i (рис. 6.2, а) и при его наличии (рис. 6.2, б). Начальная фаза напряжения больше начальной фазы тока на 90° . Таким образом, в индуктивности ток отстает от напряжения на 90° .

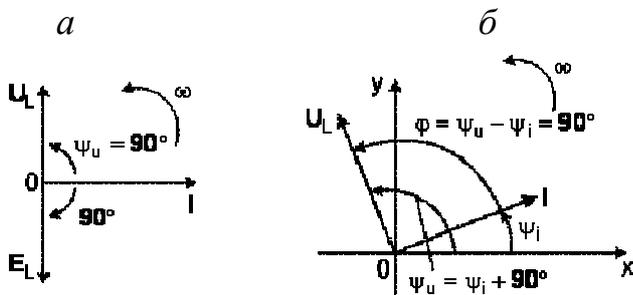


Рис. 6.2. Векторные диаграммы токов и напряжений в индуктивности: а – на координатной плоскости без Ψ_i ; б – при его наличии

Система из двух проводящих тел, разделенных диэлектриком, образует

конденсатор. Эти проводящие тела называются обкладками конденсатора. Если к ним подключить источник энергии, то на них будет накапливаться заряд q , пропорциональный напряжению на конденсаторе: $u_C: q = C \cdot u_C$. Коэффициент пропорциональности C между q и u_C называется емкостью конденсатора.

Емкостная проводимость $B_C = \omega C = 2\pi f \cdot C$. Величина, обратная емкостной проводимости, называется емкостным сопротивлением $X_C = \frac{1}{B_C} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$.

Величина тока $I = \omega C U_C = B_C U_C$, отсюда $U_C = I \frac{1}{\omega C} = I X_C$.

На рис. 6.3 представлены векторные диаграммы токов и напряжений в емкости на координатной плоскости без ψ_u (рис. 6.3, а) и при его наличии (рис. 6.3, б). Таким образом, в емкости ток опережает напряжение на 90° .

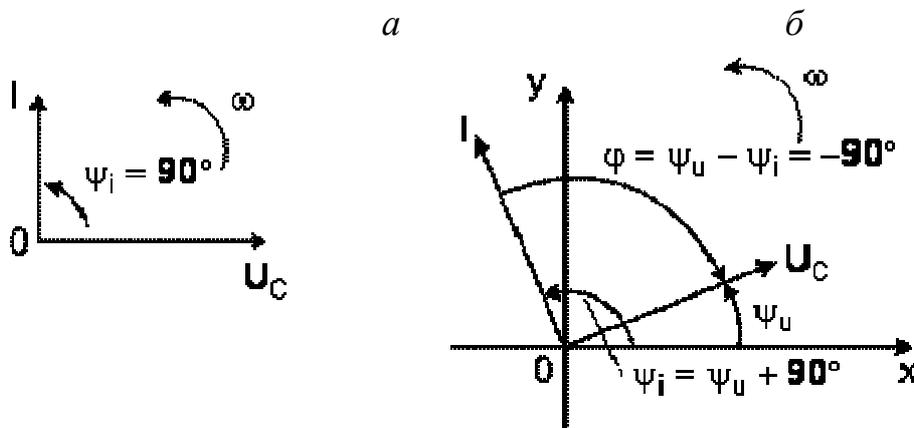


Рис. 6.3. Векторные диаграммы токов и напряжений в емкости: а – на координатной плоскости без ψ_u ; б – при его наличии

Определение тока в цепи и напряжений на ее элементах можно выполнить на основе векторной диаграммы.

В последовательной цепи (рис. 6.4, а) общим для всех элементов является протекающий по ним ток. С него начинаем построение векторной диаграммы последовательной электрической цепи. На рис. 6.4, б изображается вектор тока горизонтально. Далее строятся векторы напряжений на всех элементах. В соответствии со вторым законом Кирхгофа вектор входного напряжения $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$. Сложение векторов выполняется по правилу многоугольника, когда каждый последующий вектор пристраивается к концу предыдущего.

а

б

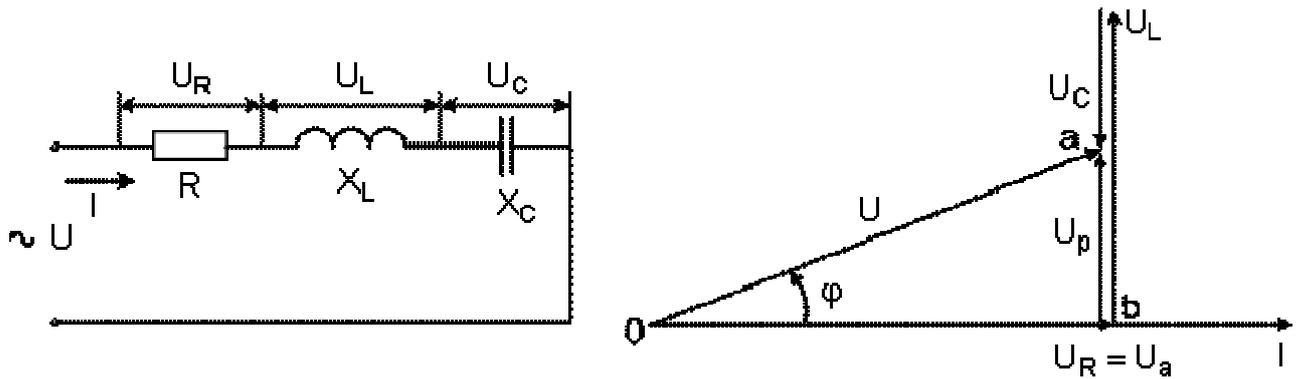


Рис. 6.4. Неразветвленная электрическая цепь переменного тока: *a* – схема последовательного соединения *R*, *L* и *C* элементов; *b* – векторная диаграмма

Известно, что напряжение на активном сопротивлении **R** совпадает по фазе с током, поэтому вектор \vec{U}_R направлен по вектору тока \vec{I} . К его концу пристраиваем вектор \vec{U}_L и направляем его вверх под углом 90° , так как напряжение на индуктивности U_L опережает ток на 90° . Напряжение на емкости U_C находится в противофазе с U_L , т. е. отстает от тока на 90° , поэтому вектор \vec{U}_C , пристроенный к концу вектора \vec{U}_L , направлен вниз. Сумма векторов $\vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ дает вектор напряжения \vec{U} .

Величины напряжений на отдельных элементах цепи определяются по закону Ома: $U_R = IR$, $U_L = IX_L$, $U_C = IX_C$.

Согласно теореме Пифагора из треугольника *oab* определяется

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = IZ$$

где $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ – полное сопротивление цепи, Ом; $X = X_L - X_C$ – общее реактивное сопротивление, Ом.

Закон Ома для всей цепи: $I = \frac{U}{Z} = U \cdot Y$, где $Y = \frac{1}{Z}$ – полная проводимость цепи, См.

Угол сдвига фаз φ между напряжением **U** и током **I** определяется из треугольника напряжений *oab* или треугольника сопротивлений:

$$\varphi = \arctg \frac{ab}{ob} = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R} = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{X}{R}$$

Для вычисления мощностей, потребляемых цепью из сети, используем

формулы, выведенные из закона Джоуля–Ленца: $P = I^2 R$ – активная мощность, Вт; $Q_L = I^2 X_L$ – реактивная индуктивная мощность, вар; $Q_C = I^2 X_C$ – реактивная емкостная мощность, вар; $Q = Q_L - Q_C$ – общая реактивная мощность, вар; $S = I^2 Z = \sqrt{P^2 + Q^2}$ – полная мощность электрической цепи переменного тока, ВА.

Режим, когда в цепи, содержащей последовательно соединенные активное сопротивление, индуктивность и емкость, ток совпадает по фазе с напряжением, называют резонансом напряжения. Это означает, что входное реактивное сопротивление в цепи равно нулю: $X = X_L - X_C = 0$, или $X_L = X_C$. В этом случае $U_L = U_C$, и цепь носит чисто активный характер, т. е. $Z = R$, и сдвиг фаз отсутствует ($\varphi = 0$).

Так как при резонансе $X_L = X_C$, то соответственно $\omega L = \frac{1}{\omega C}$.

Напряжение на индуктивности и емкости может значительно превышать напряжение на входе цепи.

Их отношение, называемое добротностью контура Q , определяется величинами индуктивного (или емкостного) и активного сопротивлений:

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{X_{L \text{ рез}}}{R} = \frac{X_{C \text{ рез}}}{R}$$

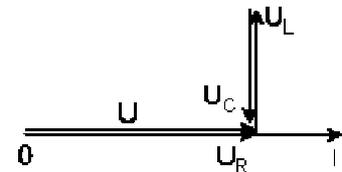


Рис. 6.5. Векторная диаграмма при резонансе напряжения

Емкость C_0 , при которой наступает резонанс, можно определить из формулы

$$C_0 = \frac{1}{\omega^2 L}$$

При резонансе $X_L = X_C$, или $2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$, откуда $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = f_0$, где f_0 – собственная частота колебания контура. Таким образом, при резонансе напряжений частота f источника напряжения равна собственной частоте f_0 колебания контура.

При резонансе напряжения $X_L = 2\pi f_0 L = 2\pi \cdot \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \cdot L = \sqrt{\frac{L}{C}}$. Величина $X_L = \sqrt{\frac{L}{C}} = Z_B$ называется волновым сопротивлением контура. Тогда добротность $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{Z_B}{R}$.

Последовательность выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему.
2. Включить установку под напряжение при разомкнутых рубильниках.
3. Путем измерения емкости батареи конденсаторов произвести измерения для четырех режимов цепи.

4. Построить график зависимости силы тока в цепи питания данной электроустановки и значения от силы емкостного тока в цепи батареи конденсаторов.
5. Построить векторные диаграммы токов.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. Какие существуют схемы соединения трехфазных цепей?
2. Что называют трехфазной цепью?
3. В чем заключается принцип получения трехфазной ЭДС?
4. Назначение нулевого провода в четырехпроводной цепи?
5. Как определить активную, реактивную, полную мощность трехфазной цепи?
6. Как выбрать схему соединения осветительной и силовой нагрузок при включении их в трехфазную сеть?

Тема: Исследование режимов однофазного трансформатора;

Цель: Определение опытным путем основных параметров трансформатора, а также значение его КПД при различных режимах работы.

Оборудование:

тетрадь для практических работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 5

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1.Название работы.

2.Цель работы.

3.Оборудование.

4.Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).

5.Расчеты – окончательная запись результатов работы.

6.Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1.разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;

2.пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

3.сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

При выполнении работы следует помнить, что в зависимости от величины сопротивления нагрузки трансформатор может работать в трех режимах:

1. Холостой ход при сопротивлении нагрузки $Z_n = \infty$.

2. Короткое замыкание при $Z_n = 0$.

3. Нагрузочный режим при $0 < Z_n < \infty$.

Имея параметры схемы замещения, можно анализировать любой режим работы трансформатора. Сами параметры определяют на основе опытов холостого хода и короткого замыкания. При холостом ходе вторичная обмотка трансформатора является разомкнутой.

Опыт холостого хода трансформатора проводят для определения коэффициента трансформации, мощности потерь в стали и параметров намагничивающей ветви схемы замещения, проводят его обычно при номинальном напряжении первичной обмотки.

Для однофазного трансформатора на основе данных опыта холостого хода можно рассчитать:

– коэффициент трансформации

$$k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

– процентное значение тока холостого хода

$$i_0 = \left(\frac{I_0}{I_{1н}} \right) \cdot 100 \%$$

– активное сопротивление ветви намагничивания r_0 , определяемое из

условия

$$P_0 = I_0^2 r_0 \quad r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}$$

– полное сопротивление ветви намагничивания

$$z_0 = \frac{U_{1н}}{I_0}$$

– индуктивное сопротивление ветви намагничивания

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}$$

Часто определяют также коэффициент мощности холостого хода:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{(U_{1н} I_0)}$$

В некоторых случаях опыт холостого хода проводят для нескольких значений напряжения первичной обмотки: от $U_1 \approx 0,3U_{1н}$ до $U_1 \approx 1,1U_{1н}$. По полученным данным строят характеристики холостого хода, которые представляют собой зависимость P_0 , z_0 , r_0 и $\cos \varphi$ в функции от напряжения U_1 . Пользуясь характеристиками холостого хода, можно установить значения определяемых величин при любом значении напряжения U_1 .

Для определения напряжения короткого замыкания, потерь в обмотках и сопротивлений r_k и x_k проводят опыт короткого замыкания. При этом к первичной обмотке подводят такое пониженное напряжение, чтобы токи обмоток короткозамкнутого трансформатора были равны своим номинальным величинам, т. е. $I_{1к} = I_{1н}$, $I_{2к} = I_{2н}$. Напряжение на первичной обмотке, при котором отмеченные условия выполняются, называется номинальным напряжением короткого замыкания $U_{кн}$.

Учитывая, что $U_{кн}$ обычно составляет всего 5–10 % от $U_{1н}$, поток взаимной индукции сердечника трансформатора при опыте короткого замыкания в десятки раз меньше, чем в номинальном режиме, и сталь трансформатора ненасыщена. Поэтому потерями в стали пренебрегают и считают, что вся подводимая к первичной обмотке мощность $P_{кн}$ расходуется на нагрев обмоток и определяет величину активного сопротивления короткого замыкания r_k .

Во время проведения опыта измеряют напряжение $U_{кн}$, ток $I_{1к} = I_{1н}$ и

мощность $P_{кн}$ первичной обмотки. По этим данным можно определить:

– процентное напряжение короткого замыкания

$$u_k = \frac{U_{кн}}{U_{нн}} \cdot 100 \%$$

– активное сопротивление короткого замыкания

$$r_k = \frac{P_{кн}}{I_{нн}^2}$$

– активные сопротивления первичной и приведенной вторичной обмоток, приблизительно равные половине сопротивления короткого замыкания

$$r_1 \approx r_2' \approx \frac{r_k}{2}$$

– полное сопротивление короткого замыкания

$$z_k = \frac{U_{кн}}{I_{нн}}$$

– индуктивное сопротивление короткого замыкания

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}$$

– индуктивное сопротивление первичной и приведенной вторичной обмоток, приблизительно равны половине индуктивного сопротивления короткого замыкания

$$x_1 \approx x_2' \approx \frac{x_k}{2}$$

– сопротивления вторичной обмотки реального трансформатора:

$$r_2 = \frac{r_2'}{k^2} \quad x_2 = \frac{x_2'}{k^2}$$

– индуктивное, активное и полное процентные напряжения короткого замыкания:

$$u_{\text{кв}} = \frac{I_{1\text{н}} r_{\text{к}}}{U_{1\text{н}}} \cdot 100 \%$$

$$u_{\text{кx}} = \frac{I_{1\text{н}} x_{\text{к}}}{U_{1\text{н}}} \cdot 100 \%$$

$$u_{\text{кz}} = \frac{I_{1\text{н}} z_{\text{к}}}{U_{1\text{н}}} \cdot 100 \%$$

В нагрузочном режиме очень важно знать, как влияют параметры нагрузки на КПД и изменение напряжения на зажимах вторичной обмотки.

Коэффициентом полезного действия трансформатора называется отношение активной мощности, передаваемой нагрузке, к активной мощности, подводимой к трансформатору.

КПД трансформатора имеет высокое значение. У силовых трансформаторов небольшой мощности он составляет примерно 0,95, а у трансформаторов мощностью в несколько десятков тысяч киловольт-ампер доходит до 0,995.

Определение КПД по формуле с использованием непосредственно измеренных мощностей P_1 и P_2 даёт большую погрешность. Удобнее эту формулу представить в другом виде:

$$\eta = \frac{P_2}{(P_2 + \sum \Delta P)}$$

где $\sum \Delta P$ – сумма потерь в трансформаторе.

В трансформаторе имеются два вида потерь: магнитные потери, вызванные прохождением магнитного потока по магнитопроводу, и электрические потери, возникающие при протекании тока по обмоткам.

Так как магнитный поток трансформатора при $U_1 = \text{const}$ и изменении вторичного тока от нуля до номинального практически остаётся постоянным, то и магнитные потери в этом диапазоне нагрузок также можно принять постоянными и равными потерям холостого хода.

Электрические потери в меди обмоток $\Delta P_{\text{м}}$ пропорциональны квадрату тока. Их удобно выразить через потери короткого замыкания $P_{\text{кз}}$, полученные при номинальном токе,

$$\Delta P_{\text{м}} = I_1^2 r_{\text{к}} = \beta^2 (I_{1\text{н}}^2 r_{\text{к}}) = \beta^2 P_{\text{кз}}$$

где β – коэффициент нагрузки,

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2н}} \approx \frac{I_1}{I_{1н}}$$

Расчетная формула для определения КПД трансформатора:

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{кз}}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{кз}}$$

где S_n – номинальная полная мощность трансформатора; φ_2 – угол сдвига фаз между напряжением и током в нагрузке.

Максимум КПД можно найти, приравняв первую производную к нулю. При этом получим, что КПД имеет максимальные значения при такой нагрузке, когда постоянные (не зависящие от тока) потери P_0 равны переменным (зависящим от тока), откуда

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{кз}}}$$

У современных силовых масляных трансформаторов $\beta_{\text{опт}} = 0,5 - 0,7$. С такой нагрузкой трансформатор наиболее часто работает в процессе эксплуатации.

График зависимости $\eta = f(\beta)$ изображен на рисунке 1.

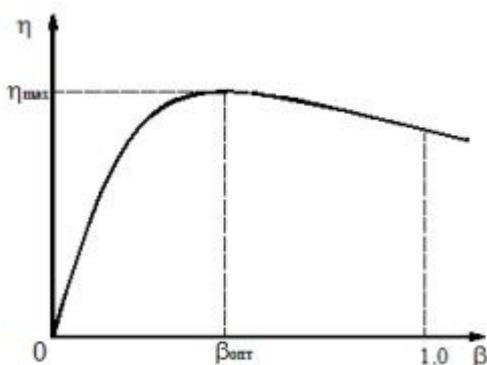


Рисунок 1. Кривая изменения КПД трансформатора в зависимости от коэффициента нагрузки

Для определения процентного изменения напряжения на вторичной обмотке однофазного трансформатора используют уравнение

$$\Delta u \% = \beta (u_{кА} \cos \varphi_2 + u_{кВ} \sin \varphi_2)$$

где $u_{КА}$ и $u_{КР}$ – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания, выраженные в процентах.

Изменение напряжения трансформатора зависит от коэффициента нагрузки (β), её характера (угла φ_2) и составляющих напряжения короткого замыкания ($u_{КА}$ и $u_{КР}$).

Внешней характеристикой трансформатора является зависимость при $U_1 = \text{const}$ и $\cos\varphi_2 = \text{const}$ (рисунок 2).

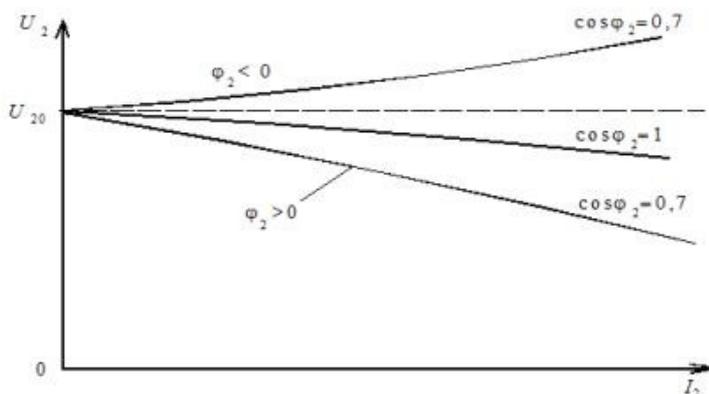


Рисунок 2. Внешние характеристики трансформаторов средней и большой мощностей при различных характерах нагрузки

Последовательность выполнения работы:

1. Записать паспортные данные трансформатора и применяемых в работе электроизмерительных приборов.
2. Собрать электрическую схему согласно инструкционной карте и после ее проверки включить трансформатор в сеть при разомкнутой вторичной обмотке (холостой ход).
3. Провести опыт работы трансформатора под нагрузкой. По данным опыта рассчитать величину коэффициента загрузки и КПД трансформатора.
4. Провести опыт короткого замыкания трансформатора.
5. Определить КПД трансформатора расчетным путем для нескольких значений коэффициента загрузки и сравнить с КПД, определенным по данным опытов работы под нагрузкой.
6. Построить график зависимости КПД трансформатора от коэффициента загрузки или вторичного тока.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. Что вводят в материал магнитопровода для уменьшения потерь на вихревые токи?
2. Как определить трансформаторную ЭДС ?
3. Что характеризует коэффициент трансформации и как его определить?
4. Что является особенностью трехфазного трансформатора?
5. Способы соединения обмоток трехфазного трансформатора?

Лабораторная работа № 6 тема 5.3.

Тема: Определение потерь напряжения и мощности в проводах линий электропередач

Цель: Опытным путем установить зависимость потери напряжения и потери мощности в проводах линии;

Определение КПД линии.

Оборудование:

тетрадь для практических работ, калькулятор, инструкционная карта, чертежные принадлежности.

Основные умения и навыки: применение полученных знаний для решения практических задач.

Время на выполнение работы: 2 часа

Используемая литература:

1.Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2.Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 6

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

Теоретическая подготовка

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1.Название работы.

2.Цель работы.

3.Оборудование.

4.Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).

5.Расчеты – окончательная запись результатов работы.

6.Вывод.

Ознакомление с приборами, сборка схем

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1.разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;

2.пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;

3.сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

При выполнении работы следует помнить, что каждый приёмник электрической энергии рассчитан на определённое номинальное напряжение. Так как приёмники могут находиться на значительных расстояниях от питающих их электростанций, то потери напряжения в проводах имеют важное значение. Допустимые потери напряжения в проводах для различных установок не одинаковы, но не превышают 4-6% номинального напряжения.

Уменьшение напряжения в линии по мере удаления от источника вызвано потерями напряжения в проводах линии $\Delta U^i = U_1 - U_2$ и численно равно падению напряжения. Согласно закону Ома, падение напряжения в проводах линии равно произведению тока в ней на сопротивление проводов: $\Delta U^{ii} = I \cdot R$ тогда Δ

$U^i = U_1 - U_2 = \Delta U^{ii} = \frac{2I\rho l}{S}$ - сопротивление проводов линии.

Мощность потерь в линии можно определить двумя способами:

$$P^i = \Delta U^i \cdot I = (U_1 - U_2) \cdot I \text{ или } P^{ii} = I^2 \cdot R$$

Уменьшить потери напряжения и потери мощности в линии электропередачи можно уменьшая силу тока в проводах либо увеличивая сечение проводов с целью уменьшения их сопротивления. Силу тока в проводах можно уменьшить увеличивая напряжение в начале линии.

КПД линии электропередачи определяется отношением мощности, отдаваемой электроприёмнику, к мощности, поступающей в линию, или отношением напряжения в конце линии к напряжению в её начале:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

Последовательность выполнения работы:

1. Записать технические данные испытываемой линии электропередачи (длину, поперечное сечение проводов, металл проводов и его удельное сопротивление), данные электроприемников и электроизмерительных приборов.

2. Рассчитать сопротивление проводов линии.

3. Собрать схему согласно инструкционной карты и после проверки включить ее под напряжение и, изменяя нагрузку для 6-7 случаев, записать показания электроизмерительных приборов.

4. Вычислить потери напряжения, потери мощности и КПД линии для каждого случая нагрузки.

5. Определить возможную длину линии, если провода будут не из сплава с большим удельным сопротивлением (никелин, нихром), а из меди или алюминия, но при тех же потерях напряжения и мощности.

После оформления работы подготовьтесь к устному опросу по вопросам:

1. Для чего необходимо правильно определять электрические нагрузки?

2. Что называется коэффициентом спроса?

3. Как определить полную расчетную мощность силовой нагрузки?

4. Как определить потерю электроэнергии при передаче по проводам трехфазной линии?

Перечень рекомендуемой литературы

Основные источники:

1. Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для СПО. – М.: Академия, 2009.

2. Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учеб. для СПО.- М.: Академия, 2010

Дополнительные источники:

1. Глушков Г.Н., Крайцберг М. И. Электропривод и электроснабжение строительных машин и оборудования предприятий строительной индустрии: Учебное пособие – М.: «Сторйиздат», 2006. – 288с.

2. Данилов И.А., Иванов П. М. Общая электротехника с основами электроники: Учебник для средних специальных учебных заведений. – М.: «Высшая школа», 2005. – 752с.

3. Зимин Е.Н. Электрооборудование строительных площадок: Учебник для средних специальных учебных заведений. – М.: «Стройиздат», 2006. – 286с.

4. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам: Учеб. пособие для студ. учрежд. сред.проф. образовании. - М.: Академия, 2003

5. Константинов В. И. Сборник практических примеров и задач по общей электротехнике – М.: «Высшая школа», 2007. – 227 с.

Учебное издание

Е.Г. Чапурина

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 14.07.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,20. Тираж 100 экз. Изд. № 3099.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ