

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра электроснабжения

Д.М. ОЛИН, А.А. КИРИЛЛИН

ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Лабораторный практикум
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроснабжение»
очной и заочной форм обучения

КАРАВАЕВО
Костромская ГСХА
2015

УДК 621.311
ББК 40.76
О 54

Авторы: сотрудники кафедры электроснабжения Костромской ГСХА к.т.н.,
доцент, зав. кафедрой *Д.М. Олин*, ассистент *А.А. Кирилин*.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры информационных технологий в электроэнергетике Костромской ГСХА *Н.А. Климов*.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией
факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства,
протокол № 5 от 09.06.2015 г.*

О 54 **Олин, Д.М.** Основы энергетики : лабораторный практикум для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» очной и заочной форм обучения / Д.М. Олин, А.А. Кирилин. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 41 с.

В издании приводятся краткие теоретические сведения, порядок выполнения лабораторных и практических работ, перечень контрольных вопросов для самопроверки.

Лабораторный практикум по дисциплине «История электроэнергетики и электротехники» предназначен для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» очной и заочной форм обучения.

УДК 621.311
ББК 40.76

Оглавление

Введение.....	4
Правила безопасности.....	5
1. Изучение измерительных приборов электрических величин.....	6
2. Изучение лабораторного стенда.....	14
3. Изучение лампы накаливания.....	20
4. Изучение схем соединения потребителей.....	26
5. Изучение силового однофазного трансформатора.....	31
6. Управление электроприёмниками в сетях 0,4 кВ.....	36

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире энергетика является основой всех отраслей промышленности и сельского хозяйства. Во всех развитых странах темпы развития энергетики опережают темпы развития других отраслей.

В то же время энергетика — один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. По этой причине энергетическая политика всех государств должна основываться на повышении эффективности использования энергии и всемерной её экономии.

Чтобы овладеть основами энергетики необходимо помнить, что это инженерная наука, для изучения которой надо знать единицы измерения и соотношение физических величин. Уметь пользоваться измерительными приборами и хорошо представлять явления происходящие в электрических машинах и аппаратах. Обладать навыками сборки электротехнических схем, уметь проводить измерения и оценивать результаты измерений.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Приступать к выполнению лабораторных работ разрешается только после ознакомления с работой стендов.
2. Приступая к работе, необходимо внимательно ознакомиться с заданием, правилами безопасности выполнения работ, используемым оборудованием и приборами.
3. Рабочее место запрещается загромождать сумками, лишними проводами, оборудованием, не относящимся к выполняемой работе, так как это может явиться причиной несчастного случая.
4. Перед началом сборки схемы необходимо убедиться в том, что вводной автоматический выключатель стенда находится в выключенном положении.
5. После сборки схемы необходимо представить её на проверку преподавателю. Включать стенд без проверки схемы преподавателем запрещается.
6. При появлении во время работы искр, треска, дыма или других признаков сбоев в работе оборудования немедленно выключить вводной автоматический выключатель стенда и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.
7. При возникновении несчастного случая в лаборатории следует выключить главный автоматический выключатель, сообщить преподавателю или лаборанту для выяснения и устранения его причин и оказать первую помощь пострадавшему.
8. Разбирать схему разрешается только в обесточенном состоянии после проверки преподавателем результатов лабораторных измерений.
9. После окончания работы необходимо выключить лабораторные стенды и главный автоматический выключатель лаборатории. Привести в порядок рабочее место, установить приборы и оборудование на исходные места.

ВНИМАНИЕ! При сборке схемы корпус лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) должен быть подключен к нулевому защитному проводнику (РЕ) стенда.

1. ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Цель работы: ознакомиться с принципом работы различных приборов измерения электрических величин, их устройством, назначением и правилами использования.

1.1. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип действия вольтметра, амперметра, мультиметра, токовых клещей.
2. Изучить паспорта мультиметра и токовых клещей.
3. Провести измерение напряжения электрохимического источника тока.
4. Определить начала и концы проводов в многожильном кабеле.

1.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные мультиметра и токовых клещей.

1.3. Общие сведения

За последние годы промышленностью выпущено большое количество электротехнических устройств, имеющих в своем составе полупроводниковые и другие элементы, применявшиеся ранее преимущественно в радиотехнических устройствах. В связи с этим персонал электротехнических служб столкнулся с проблемой поиска неисправностей, выявлением причин отказов и контролем технического состояния данного класса элементов и устройств на их основе. Примерами таких устройств могут служить системы управления и защиты погружных насосных агрегатов, систем теплоавтоматики, устройства электробезопасности (ЗОУП-25, УЗО и др.), устройства встроенной температурной защиты, фазочувствительные устройства защиты, бесконтактные системы управления электроприводами и т.п.

Как показывает опыт эксплуатации, контроль технического состояния почти всех радиотехнических элементов может быть проведен путем измерения напряжения, тока и сопротивления в контрольных точках устройства. Потому в данной работе проверка радиоэлементов с использованием только одного прибора – вольтамперомметра (тестера, мультиметра).

Поскольку подключение измерительного прибора к контролируемым цепям не должно вызывать изменений в их работе, то входное сопротивление вольтамперомметра должно быть 20...100 кОм/В на постоянном токе и 3...5 кОм/В – на переменном. Это объясняется тем, что при измерениях в транзисторных схемах часто приходится пользоваться шкалой, у которой полное отклонение стрелки соответствует 1В. В этом случае измерительные приборы с низким входным сопротивлением шунтируют цепи и вносят дополнительные искажения. Входное

сопротивление любого прибора равно удельному внутреннему сопротивлению в Омах на вольт, умноженному на величину максимального напряжения той шкалы, на которую включен вольтметр.

При проверке работоспособности большинства электротехнических схем с полупроводниковыми элементами измерение токов можно заменить измерением падения напряжения на соответствующем сопротивлении. В связи с тем, что некоторые радиоэлементы обладают разными сопротивлениями постоянному току в зависимости от полярности приложенного напряжения, для грамотного использования омметра необходимо знать, какая из клемм омметра соединена с плюсом источника тока, а какая с минусом. Это можно сделать с помощью исправного диода: при подключении плюса щупа прибора к аноду, а минуса щупа прибора к катоду диода показания прибора будут меньше по сравнению с подключением диода в обратной полярности.

1.4. Измерительные приборы

Электроизмерительные приборы чаще всего измеряют мгновенные значения либо электрических величин, либо неэлектрических, преобразованных в электрические. Все приборы делятся на аналоговые и цифровые. Первые обычно показывают значение измеряемой величины посредством стрелки, перемещающейся по шкале с делениями. Вторые снабжены цифровым дисплеем, который показывает измеренное значение величины в виде числа. Цифровые приборы в большинстве измерений более предпочтительны, так как они более точны, более удобны при снятии показаний и, в общем, более универсальны. Цифровые универсальные измерительные приборы («мультиметры») и цифровые вольтметры применяются для измерения со средней и высокой точностью сопротивления постоянному току, а также напряжения и силы переменного тока. Аналоговые приборы постепенно вытесняются цифровыми, хотя они еще находят применение там, где важна низкая стоимость и не нужна высокая точность. Для самых точных измерений сопротивления и полного сопротивления (импеданса) существуют измерительные мосты и другие специализированные измерители. Для регистрации хода изменения измеряемой величины во времени применяются регистрирующие приборы - ленточные самописцы и электронные осциллографы, аналоговые и цифровые.

Аналоговые приборы

Для измерения напряжения, силы тока и сопротивления на постоянном токе применяются аналоговые магнитоэлектрические приборы с постоянным магнитом и многовитковой подвижной частью. Такие приборы стрелочного типа характеризуются погрешностью от 0,5 до 5%. Они просты и недороги (пример - автомобильные приборы, показывающие ток и температуру), но не применяются там, где требуется сколько-нибудь значительная точность.

Магнитоэлектрические приборы. В таких приборах используется сила взаимодействия магнитного поля с током в витках обмотки подвижной части, стре-

мящаяся повернуть последнюю. Момент этой силы уравнивается моментом, создаваемым противодействующей пружиной, так что каждому значению тока соответствует определенное положение стрелки на шкале. Подвижная часть имеет форму многовитковой проволочной рамки с размерами от 3-5 до 25-35 мм и делается как можно более легкой. Подвижная часть, установленная на каменных подшипниках или подвешенная на металлической ленточке, помещается между полюсами сильного постоянного магнита. Две спиральные пружинки, уравнивающие крутящий момент, служат также токопроводами обмотки подвижной части.

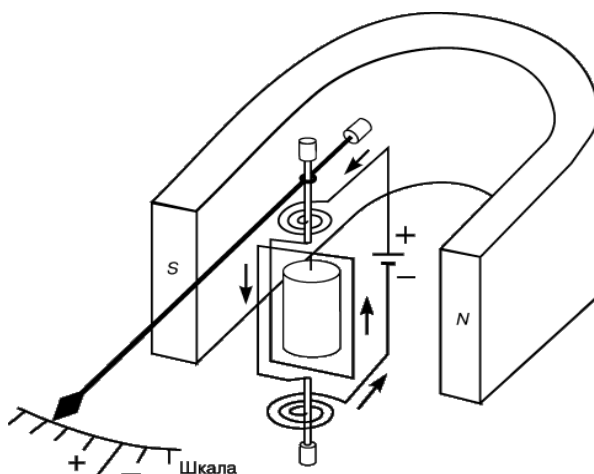


Рис. 1.1 - Устройство прибора магнитоэлектрической системы

Магнитоэлектрический прибор реагирует на ток, проходящий по обмотке его подвижной части, а потому представляет собой амперметр или, точнее, миллиамперметр (так как верхний предел диапазона измерений не превышает примерно 50 мА). Его можно приспособить для измерения токов большей силы, присоединив параллельно обмотке подвижной части шунтирующий резистор с малым сопротивлением, чтобы в обмотку подвижной части ответвлялась лишь малая доля полного измеряемого тока. Такое устройство пригодно для токов, измеряемых многими тысячами ампер. Если последовательно с обмоткой присоединить добавочный резистор, то прибор превратится в вольтметр. Падение напряжения на таком последовательном соединении равно произведению сопротивления резистора на ток, показываемый прибором, так что его шкалу можно градуировать в вольтах. Чтобы сделать из магнитоэлектрического миллиамперметра омметр, нужно присоединять к нему последовательно измеряемые резисторы и подавать на это последовательное соединение постоянное напряжение, например от батареи питания. Ток в такой схеме не будет пропорционален сопротивлению, а потому необходима специальная шкала, корректирующая нелинейность. Тогда можно будет производить по шкале прямой отсчет сопротивления, хотя и с не очень высокой точностью.

Гальванометры. К магнитоэлектрическим приборам относятся и гальвано-

метры - высокочувствительные приборы для измерения крайне малых токов. В гальванометрах нет подшипников, их подвижная часть подвешена на тонкой ленточке или нити, используется более сильное магнитное поле, а стрелка заменена зеркальцем, приклеенным к нити подвеса (рис. 1.2).

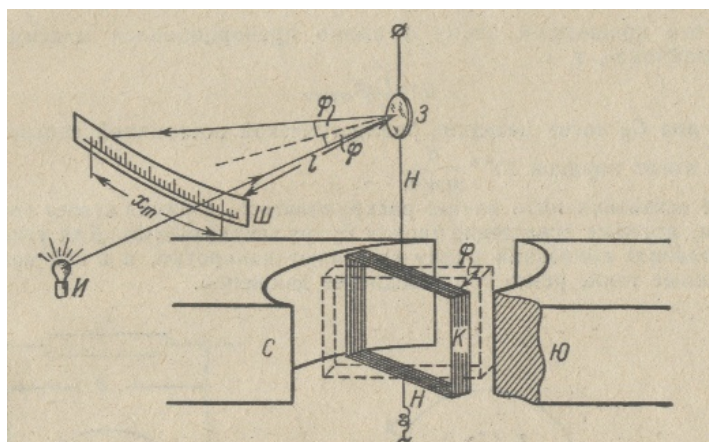


Рис. 1.2 - Устройство зеркального гальванометра

Зеркальце поворачивается вместе с подвижной частью, а угол его поворота оценивается по смещению отбрасываемого им светового зайчика на шкале, установленной на расстоянии около 1 мм. Самые чувствительные гальванометры способны давать отклонение по шкале, равное 1 мм, при изменении тока всего лишь на 0,00001 мкА.

Электромагнитные приборы. Принцип работы приборов этой системы основан на взаимодействии магнитного поля, создаваемого катушкой 1 со стальным сердечником 2, помещенным в поле этой катушки (рис. 1.3).

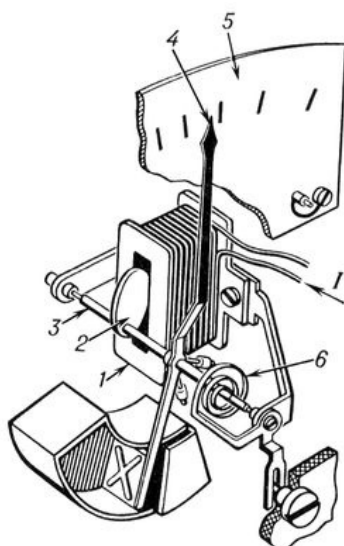


Рис. 1.3 - Принцип работы прибора электромагнитной системы

1 — катушка электромагнита; 2 — сердечник; 3 — ось; 4 — стрелка; 5 — шкала; 6 — противодействующая пружина.

Вращающий момент, действующий на подвижную часть прибора, пропорционален силе притяжения F электромагнита, под действием которой сердечник втягивается в катушку. Сила притяжения F пропорциональна квадрату индукции B , создаваемой магнитным полем катушки; следовательно, она пропорциональна квадрату тока I в катушке.

Следовательно, в приборах с электромагнитным измерительным механизмом угол поворота подвижной части и стрелки пропорционален квадрату тока, проходящего по катушке. Поэтому такой прибор имеет неравномерную (квадратичную) шкалу. Для сглаживания этой неравномерности сердечнику придается особая лепесткообразная форма, вследствие чего форма магнитного поля и усилие, создаваемое катушкой, изменяются по мере втягивания сердечника.

Устранение колебаний подвижной системы прибора при переходе стрелки из одного положения в другое осуществляется демпфером.

Ц и ф р о в ы е п р и б о р ы

Во всех цифровых измерительных приборах (кроме простейших) используются усилители и другие электронные блоки для преобразования входного сигнала в сигнал напряжения, который затем преобразуется в цифровую форму аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Число, выражающее измеренное значение, выводится на светодиодный (СИД), вакуумный люминесцентный или жидкокристаллический (ЖК) индикатор (дисплей). Прибор обычно работает под управлением встроенного микропроцессора, причем в простых приборах микропроцессор объединяется с АЦП на одной интегральной схеме. Цифровые приборы хорошо подходят для работы с подключением к внешнему компьютеру. В некоторых видах измерений такой компьютер переключает измерительные функции прибора и дает команды передачи данных для их обработки.

Цифровые вольтметры и мультиметры. Цифровые вольтметры и мультиметры измеряют квазистатическое значение величины и указывают его в цифровой форме. Вольтметры непосредственно измеряют только напряжение, обычно постоянного тока, а мультиметры могут измерять напряжение постоянного и переменного тока, силу тока, сопротивление постоянному току и иногда температуру. Эти самые распространенные контрольно-измерительные приборы общего назначения с погрешностью измерения от 0,2 до 0,001% могут иметь 3,5- или 4,5-значный цифровой дисплей. «Полуцелый» знак (разряд) - это условное указание на то, что дисплей может показывать числа, выходящие за пределы номинального числа знаков. Например, 3,5-значный (3,5-разрядный) дисплей в диапазоне 1-2 В может показывать напряжение до 1,999 В.

Измерители полных сопротивлений. Это специализированные приборы, измеряющие и показывающие ёмкость конденсатора, сопротивление резистора, индуктивность катушки индуктивности или полное сопротивление (импеданс) соединения конденсатора или катушки индуктивности с резистором. Имеются приборы такого типа для измерения емкости от 0,00001 пФ до 99,999 мкФ, сопротивления от 0,00001 Ом до 99,999 кОм и индуктивности от 0,0001 мГ до

99,999 Г. Измерения могут проводиться на частотах от 5 Гц до 100 МГц, хотя ни один прибор не перекрывает всего диапазона частот. На частотах, близких к 1 кГц, погрешность может составлять лишь 0,02%, но точность снижается вблизи границ диапазонов частоты и измеряемых значений. Большинство приборов могут показывать также производные величины, такие, как добротность катушки индуктивности или величину диэлектрических потерь конденсатора, вычисляемые по основным измеренным значениям.

Регистрирующие приборы

Регистрирующие приборы записывают «историю» изменения значения измеряемой величины. К таким приборам наиболее распространенных типов относятся ленточные самописцы, записывающие пером кривую изменения величины на диаграммной бумажной ленте, аналоговые электронные осциллографы, развертывающие кривую процесса на экране электронно-лучевой трубки, и цифровые осциллографы, запоминаящие однократные или редко повторяющиеся сигналы. Основное различие между этими приборами - в скорости записи. Ленточные самописцы с их движущимися механическими частями наиболее подходят для регистрации сигналов, изменяющихся за секунды, минуты и еще медленнее. Электронные осциллографы же способны регистрировать сигналы, изменяющиеся за время от миллионных долей секунды до нескольких секунд.

Измерительные мосты

Измерительный мост - это обычно четырехплечая электрическая цепь, составленная из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности, предназначенная для определения отношения параметров этих компонентов. К одной паре противоположных полюсов цепи подключается источник питания, а к другой - нуль-детектор. Измерительные мосты применяются только в тех случаях, когда требуется наивысшая точность измерения. (Для измерений со средней точностью лучше пользоваться цифровыми приборами, поскольку они проще в обращении.) Наилучшие трансформаторные измерительные мосты переменного тока характеризуются погрешностью (измерения отношения) порядка 0,0000001%. Простейший мост для измерения сопротивления носит имя своего изобретателя Ч. Уитстона.

Индикаторы и указатели напряжения.

Приборы, которые позволяют определить наличие или отсутствие напряжения на электроустановке. Чаще для таких целей применяется различные указатели напряжения, например распространенный указатель УВН-90 для сетей 35 кВ и выше. В сетях 0,38 кВ распространены двухполюсные указатели напряжения типа ПИН-90М. Принцип действия данных приборов состоит в преобразовании электрических сигналов в световые. На аппаратах есть светоиндикатор и шкала с данными, при помощи которых легко понять, наличие или отсутствие напряжения на электроустановке. Также некоторые индикаторы могут определить наличие «фазы» переменного тока и полярности постоянного тока.

Токовые клещи

Токовые клещи позволяют измерять электрический ток в цепи без её разрыва. Принцип их действия основан на измерении напряжённости электрического или магнитного поля.

Клещеобразные токовые датчики разработаны для расширения возможностей измерения цифровых мультиметров, измерителей параметров мощности, осциллографов, портативных осциллографов, регистраторов или самописцев и других разнотипных инструментов.

При измерении тока клещи смыкаются вокруг проводника тока для проведения бесконтактного измерения тока без его разрыва. Выходные значения в виде напряжения или тока прямо пропорциональны измеряемому току. Это даёт возможность проводить измерения и выводить значения на дисплей приборов с небольшим диапазоном входных значений напряжения и тока (рис. 1.4).

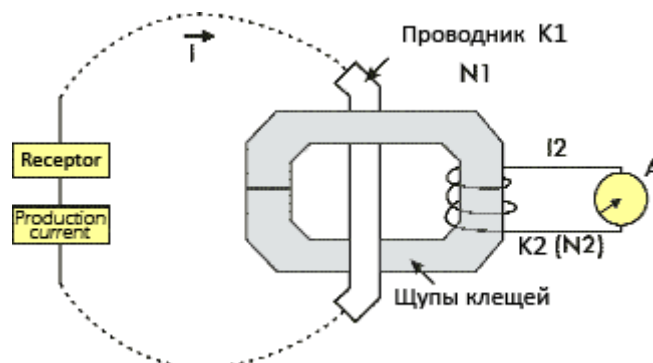


Рис. 1.4 - Измерение тока без разрыва проводника

Когда токовые клещи замкнуты вокруг двух проводников с различным направлением или величиной тока, прибор будет показывать разницу значений тока двух проводников. Если значения равны, прибор будет показывать нулевое значение. Если прибор показывает значение отличное от «0», то это может указывать на наличие тока утечки для данной цепи.

Если измеряемое значение слишком мало, то для увеличения точности измерения можно замкнуть клещами несколько петель проводника тока. Значение тока определяется отношением показания прибора к количеству витков проводника, охваченных токовыми клещами. Для того чтобы узнать реальный ток, показания прибора необходимо разделить на количество витков замкнутых клещами.

1.5. Вопросы для самопроверки

1. Поясните принцип действия магнитоэлектрических приборов.
2. Поясните отличие гальванометра от других приборов магнитоэлектрической системы.
3. Поясните принцип действия приборов электромагнитной системы.
4. Какие электрические величины позволяет измерять мультиметр?

5. Поясните измерение тока токовыми клещами.
6. Как увеличить чувствительность токовых клещей при измерении малых токов?

2. ИЗУЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Цель работы: Изучить устройство и назначение модульных блоков лабораторного стенда, схемы регулирования тока и напряжения.

2.1. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и назначение модульных блоков.
2. Изучить схемы регулирования тока и напряжения.
3. Собрать схему регулирования напряжения и произвести необходимые измерения.

2.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Назначение основных блоков стенда и их условно-графическое обозначение.
3. Принципиальные электрические схемы измерения тока и напряжения.
4. Таблицы с результатами измерений.
5. Паспортные данные приборов измерения.
6. Выводы по результатам измерений.

2.3. Устройство и назначение модульных блоков

Лабораторные учебные стенды предназначены для изучения электрических схем и происходящих в них процессов. Стенды организованы по модульному принципу, где каждый модульный блок имеет своё функциональное назначение.

Основные блоки стенда:

- вводной блок;
- источник оперативного тока;
- источник постоянного тока;
- трансформаторы тока;
- блок нагрузки.

Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) является отдельным устройством, подключающимся к модульным блокам.

Остальные модульные блоки являются специализированными и не несут общего функционального назначения. Количество блоков на стенде может меняться в зависимости от выполняемой работы.

Для более глубокого понимания работы модульных блоков необходимо ознакомиться с их паспортами, находящимися в лаборатории.

Вводной блок предназначен для подачи к исследуемой схеме трехфазного (380В) или однофазного (220В) напряжения с клемм, обозначенных L1, L2, L3, N, PE или с розеток. Защита от тока перегрузки и коротких замыканий обеспе-

чивается дифференциальным автоматическим выключателем. К блоку подводится напряжение посредством гибких кабелей от штепсельных разъёмов, установленных на стенах лаборатории.

При черчении схем соединений рекомендуется использовать одно из трёх условно-графических изображений блока (рис. 2.1).

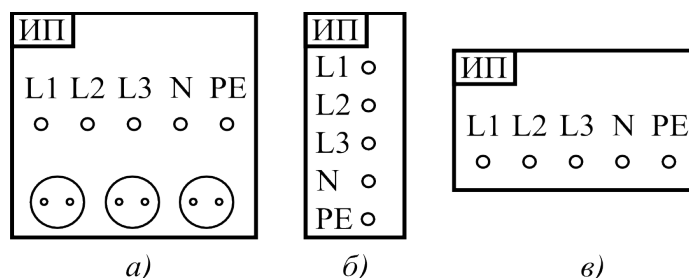


Рис. 2.1 - Условно-графическое обозначение вводного блока

Для подачи напряжения с водного блока на исследуемую схему необходимо включить автоматический выключатель QF, при этом подается напряжение на розетки, а при нажатии на кнопки «ПУСК», кнопочной станции блока, подаётся напряжение на клеммы L1, L2, L3, N.

Для отключения напряжения на клеммах L1, L2, L3, N необходимо нажать кнопку «СТОП», а для полного обесточивания стенда выключить автоматический выключатель QF.

⚠ ВНИМАНИЕ: после нажатия кнопки «ПУСК» на клеммах L1, L2, L3, N и оголенных частях исследуемой схемы появляется напряжение опасное для жизни!

Источник оперативного тока предназначен для питания исследуемой нагрузки оперативным током от 0 до 30 ампер. Защита от перегрузки реализована на реле тока. Для подачи питания к блоку используются клеммы: L1; L2, N, а для подключения блока к исследуемой схеме используются клеммы a, x. Значение выходного тока регулируется посредством изменения напряжения на вводе блока.

При выполнении лабораторных работ рекомендуется использовать следующее условно-графическое обозначение (рис. 2.3).

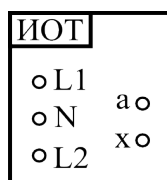


Рис. 2.2 - Условно-графическое обозначение источника оперативного тока

Источник постоянного тока предназначен для преобразования переменного тока в постоянный. Он оборудован диодным мостом и четырьмя диодами, для подключения диодного моста к источнику напряжения используются клеммы, обозначенные ~0...220 В, для подключения к исследуемой схеме клеммы «+» и

«-».

При выполнении лабораторных работ рекомендуется использовать представленное условно-графическое обозначение (рис. 2.7, а) или обозначение диодного моста и диода согласно ГОСТ (рис. 2.7, б).

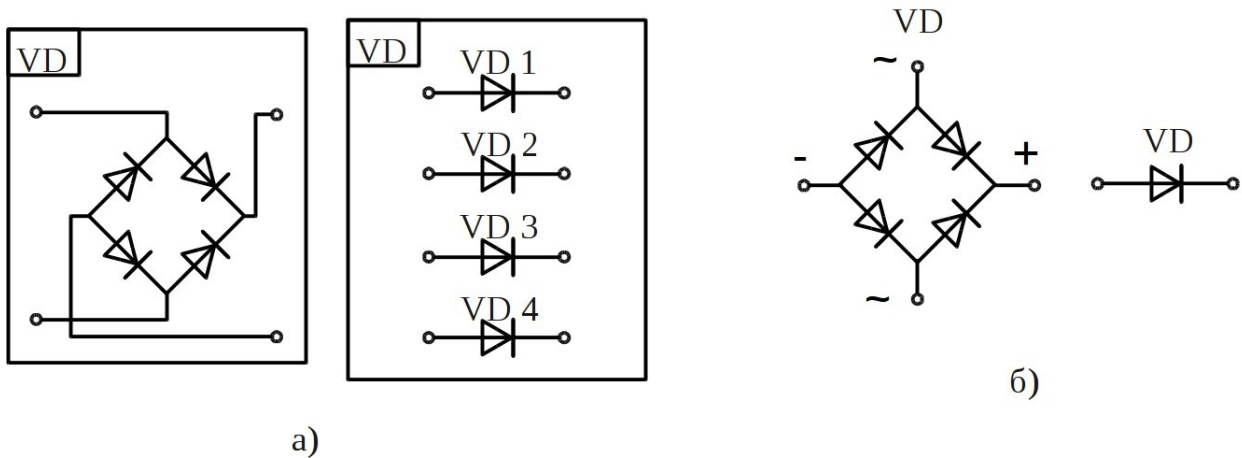


Рис. 2.3 - Условно-графическое обозначение источника постоянного тока

Трансформаторы тока предназначены для пропорционального снижения тока с целью подключения измерительных устройств (амперметров) и органов РЗиА. Максимальный ток первичной обмотки – 20А, вторичной – 5А. Для подключения к исследуемой схеме используются клеммы Л1, Л2, для подключения к измерительным приборам используются клеммы И1, И2. Трансформаторы тока работают в режиме короткого замыкания, при отсутствии во вторичной цепи измерительных приборов или токовых реле, клеммы И1, И2 должны быть замкнуты накоротко.

При выполнении лабораторных работ рекомендуется использовать представленное условно-графическое обозначение блока (рис. 2.4, а) или отдельного трансформатора тока (рис. 2.4, б).

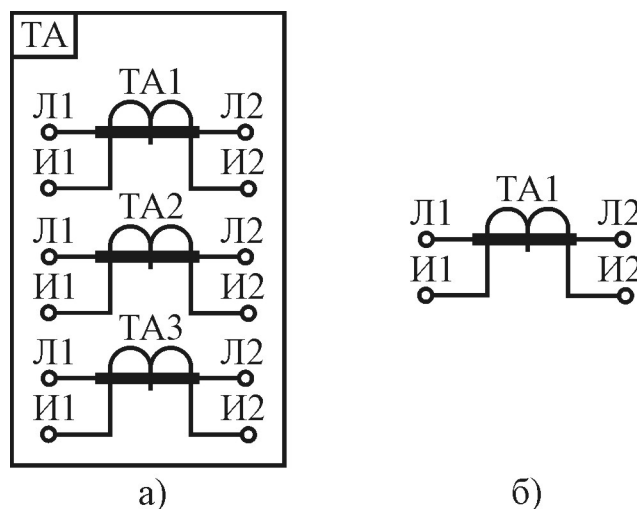


Рис. 2.4 - Условно-графическое обозначение трансформаторов тока

Блок нагрузки предназначен для подключения электрической нагрузки, в качестве которой применяются лампы накаливания разной мощности с номинальным напряжением 220 В.

При черчении схем соединений рекомендуется использовать представленное условно-графическое изображение блока (рис. 2.5, а), при этом допускается на чертеже указывать только лампы, используемые в исследуемой схеме (рис. 2.5, б).

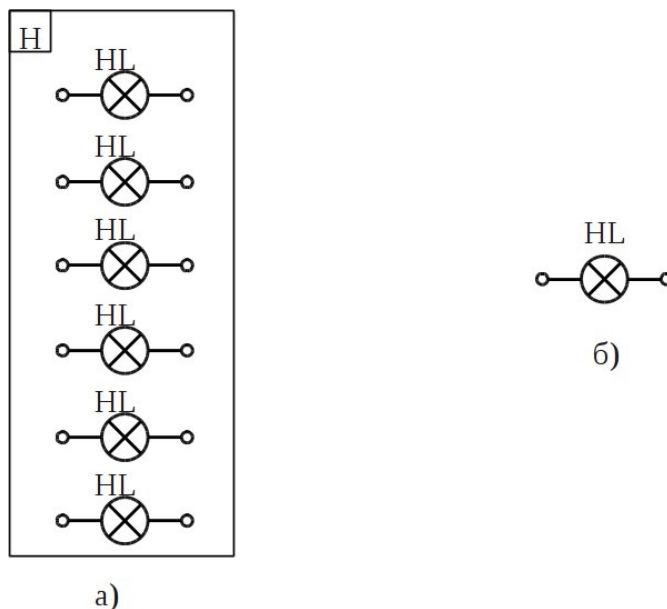


Рис. 2.5 - Условно-графическое обозначение блока нагрузки

Лабораторный автотрансформатор (ЛАТРа) предназначен для регулирования величины напряжения в пределах от 0 до 250В. Схема подключения обозначена на клемной колодке ЛАТРа. Клеммы обозначенные «СЕТЬ» подключаются на фазное напряжение (220В) вводного блока, клеммы обозначенные «НАГРУЗКА» подключаются к исследуемой схеме.

Перед подачей напряжения ручку ЛАТРа необходимо установить в крайнее левое положение. Для регулирования напряжения плавно вращать ручку ЛАТРа до необходимого значения. При выполнении лабораторных работ рекомендуется использовать условно-графическое обозначение ЛАТРа (рис. 2.6).

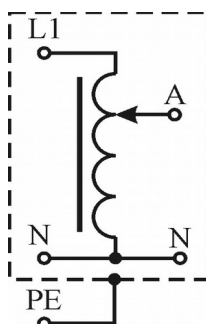


Рис. 2.6 - Условно-графическое обозначение ЛАТРа

2.4. Схемы регулирования тока и напряжения

Регулирование напряжения

Регулирование напряжения осуществляется посредством вращения ручки ЛАТРа. Перед подачей питания на схему необходимо убедиться, что ручка ЛАТРа находится в крайнем левом положении.

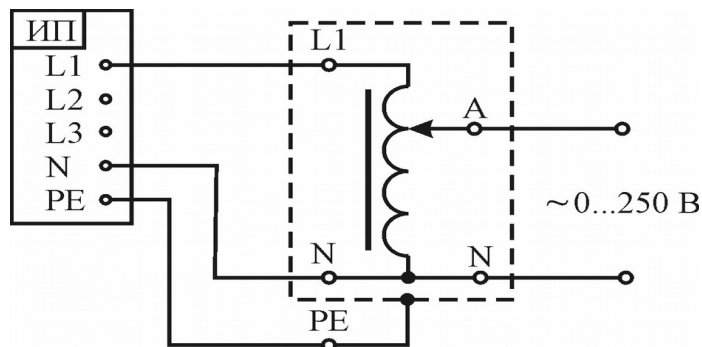


Рис. 2.7 - Схема регулирования напряжения

Регулирование тока

Регулирование тока осуществляется посредством вращения ручки ЛАТРа. Перед подачей питания на схему необходимо убедиться, что ручка ЛАТРа находится в крайнем левом положении.

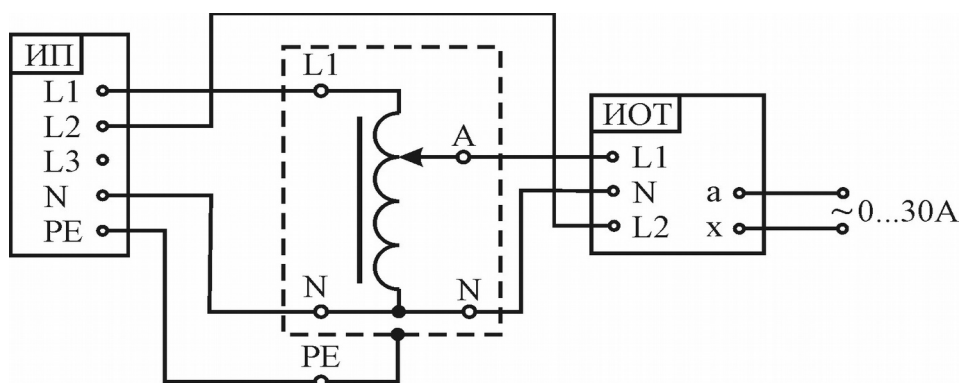


Рис. 2.8 - Схема регулирования тока

2.5. Методические указания по выполнению работы

Измерение напряжения

Собрать схему регулирования напряжения и после проверки её преподавателем произвести 3...4 измерения напряжений разной величины при помощи мультиметра.

Измерение тока

1. Собрать схему регулирования тока. На время проведения опыта клеммы a , x источника оперативного тока замкнуть накоротко при помощи провода-закоротки (закоротить).
2. После сборки схемы и проверки её преподавателем произвести 3...4 измерения тока в проводе-закоротке при помощи токовых клещей.
3. В процессе измерения тока произвести измерение падения напряжения на проводе-закоротке при помощи токовых клещей в режиме измерения напряжения. Измеренные данные отразить в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Измерение тока и напряжения

№ опыта	1	2	3	4
Величина тока I , А				
Величина падения напряжения ΔU , В				

4. При неизменном токе в цепи сделать 3...7 витков провода-закоротки вокруг магнитопровода токовых клещей и определить во сколько раз изменятся показания прибора. Измеренные и расчётные данные отразить в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Определение коэффициента трансформации

№ опыта	1	2	3	4
Величина тока без дополнительных витков, А				
Количество витков провода-закоротки				
Величина тока с дополнительными витками, А				
Коэффициент трансформации показаний прибора				

2.6. Вопросы для самопроверки

1. Поясните порядок подачи напряжения на исследуемую схему.
2. Поясните назначение основных блоков стенда.
3. Какие блоки необходимы для получения регулируемого однофазного напряжения?
4. Как получить на стенде регулируемую величину тока от 0 до 30 А?
5. С какой целью может потребоваться увеличение количества витков на магнитопроводе токовых клещей?
6. Как увеличить показания токовых клещей по току в 5 раз?
7. Как получить на стенде регулируемое напряжение от 220 до 380 В?

3. ИЗУЧЕНИЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Цель работы: изучить устройство, принцип действия и характеристики ламп накаливания.

3.1. Порядок выполнения работы

1. Оформить лабораторную работу.
2. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
3. Собрать схему исследования и произвести необходимые измерения.
4. Выполнить расчёты по результатам измерения и построить графики.
5. Сделать выводы по работе.

3.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Порядок выполнения работы.
3. Устройство лампы накаливания.
4. Схема исследования лампы накаливания, таблица для данных.
5. Формулы, расчёты, графические зависимости по результатам исследования ламп накаливания.

3.3. Основные теоретические сведения

Электрические лампы накаливания широко применялись ранее в установках внутреннего и наружного освещения из-за простоты их конструкции и лёгкости обслуживания. В основе их работы лежит явление излучения веществом электромагнитных волн при большой температуре. Это явление заключается в том, что любое тело, нагретое выше температуры абсолютного нуля, непрерывно излучает электромагнитные волны разной длины. Если тело нагрето незначительно, то оно излучает, в основном, волны инфракрасного диапазона, которые невидимы человеческому глазу. При повышении температуры излучение постепенно переходит в видимый диапазон длин волн.

Протекание электрического тока по проводнику с высоким сопротивлением приводит к выделению тепла. Под действием выделившегося тепла проводник нагревается, и если подведенной энергии достаточно, то он может начать светиться. Именно поэтому лампы накаливания имеют такое название, т.к. рабочее тело (нить накала) в них сильно нагревается (раскаляется). На световое излучение затрачивается лишь 3...8% от подводимой энергии. Остальная (большая) часть энергии выделяется в виде тепла. Этот вид энергии (тепловой) также используется в специальных обогревательных лампах. Лампы накаливания выпускаются на напряжение от 1 до 220 вольт.

Устройство ламп накаливания

Основной частью лампы накаливания (рис. 3.1) является нить накала 1, изготовленная из вольфрама. Электроды 2 подводят ток к нити накала и поддержи-

вают её концы в нужном положении. Для этих же целей применяются дополнительные держатели (крючки) 3, вставленные в утолщение стеклянного стержня 4 (штабика), который является частью ножки (состоящей так же из штангеля и тарелочки). В основании ножки располагается отверстие 5 для откачки воздуха в процессе изготовления лампы. Внутренние вводы 6 приварены внешним 7 точечной электросваркой. Внутренние детали лампы изолированы от внешней среды стеклянной колбой 8, горло которой сварено с фланцем тарелки ножки. Колбу лампы в процессе производства заполняют инертным газом или смесью газов 9, после чего изолируют от внешнего пространства, а ножку запаивают с образованием «носика». Для подвода питания и крепления лампы предназначен цоколь 10, скрепляемый с горлом лампы (колбы) специальной термостойкой мастикой 11. Выводы лампы 12 припаивают к соответствующим частям цоколя припоем, состав которого зависит от лампы.

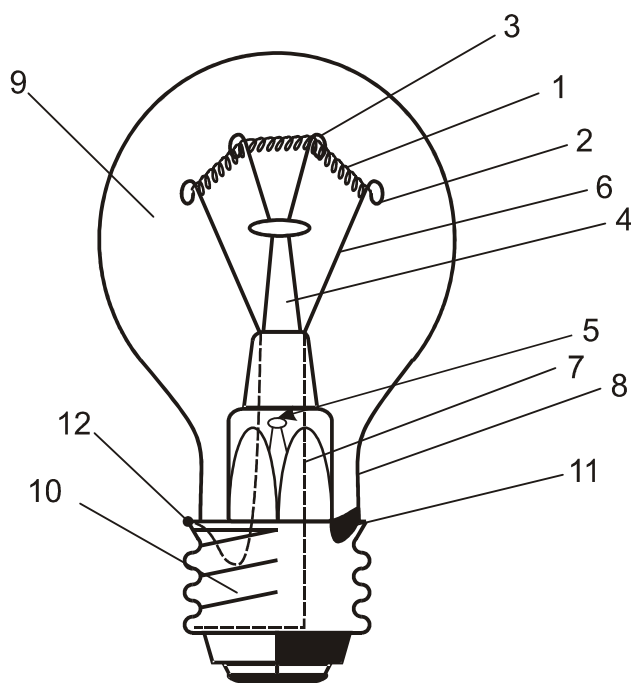


Рис. 3.1 - Устройство лампы накаливания

Тело накала современных ламп накаливания изготавливают из вольфрама с присадками, обладающего высокой температурой плавления (3663 К) и высокой пластичностью, позволяющей получать из него проволоки малых диаметров. Важным преимуществом вольфрама является так же низкая скорость испарения.

Для получения более концентрированного тела накала, уменьшения относительных потерь тепла в газе и скорости испарения вольфрама проволока закручивают в спираль и располагают в виде незамкнутого кольца в плоскости, перпендикулярной оси лампы. Для изготовления спиралей тела накала применяют также вольфрам с присадкой окиси кремния вместе со щелочными металлами

калием и натрием, а также вольфрам с присадкой окиси алюминия. Применение присадок обеспечивает большую механическую прочность тела накала при хорошей термостойкости.

Электроды в большинстве ламп изготовляют из чистого никеля, обладающего хорошими вакуумными свойствами, высокими токопроводящими свойствами, свариваемостью с вольфрамом и другими металлами. При монтаже ножки лампы часто используют ковкость никеля, позволяющую заменить сварку обжатием, обеспечивающим хорошую электро- и теплопроводность соединения. Вводы изготавливают из платинита – материала, температурный коэффициент расширения которого обеспечивает получение «согласованных спаев» с применяемыми для изготовления ламп накаливания стеклами. Держатели или крючки изготавливают из молибденовой проволоки, сохраняющей упругость при высокой температуре. Штабики, тарелочки, штангели, колбы и другие стеклянные детали, применяемые в одной лампе, изготавливают из силикатного стекла с одинаковым температурным коэффициентом расширения, что необходимо для обеспечения стойкости мест сварки деталей между собой.

Наполнение ламп накаливания газом дает возможность повысить рабочую температуру нити без уменьшения ее срока службы, вследствие снижения скорости распыления вольфрама в газовой среде по сравнению с распылением в вакууме. В последнее время все чаще для наполнения ламп накаливания применяют смесь криптона с азотом.

Х а р а к т е р и с т и к и л а м п н а к а л и в а н и я

Световой поток

Видимое излучение, оцениваемое по световому ощущению, которое оно вызывает у среднего человеческого глаза, называется световым излучением. Мощность этого излучения называется световым потоком. Световой поток измеряется в люменах (лм). Он распределяется в разных направлениях неодинаково. Поэтому для характеристики интенсивности излучения светового потока в том или ином направлении вводится понятие пространственной плотности светового потока. Освещенность поверхности измеряется в люксах (лк). Она зависит от расположения источника света по отношению к освещаемой поверхности.

Мощность и тип лампы

Мощность и напряжение лампы указывается на колбе лампы или на ее цоколе. Чем больше мощность лампы, тем большей диаметр имеет нить накала и тем меньше ее сопротивление. Мощность, потребляемая лампой, и ее накал существенно зависят от величины подведенного напряжения.

Лампы мощностью до 150 Вт изготавливают вакуумными, в их условном обозначении содержится буква В. Исключение составляют биспиральные лампы мощностью 40, 60 и 100 Вт, выпускаемые и с криптоновым наполнением (К). Лампы газонаполненные содержат в своём обозначении букву Г, с биспиральной нитью – букву Б. У ламп накаливания мощностью до 300 Вт используют цоколь Е-14 или Е-27 наружным диаметром 27 мм. При большей мощности

ламп применяют цоколь Е-40 («голиаф») наружным диаметром 40 мм.

Срок службы лампы

Температура плавления металла, из которого выполнено тело накала источника света, является основной характеристикой, определяющей светотехнические параметры лампы накаливания при заданных размерах тела накала и конструкции лампы. Для обеспечения заданного срока службы лампы накаливания эта температура несколько снижается – для вакуумных ламп она не превышает 2400 К, а в газонаполненных доходит до 2900 К.

В соответствии с номинальными напряжениями осветительных сетей лампы накаливания общего применения изготавливают на напряжение 215...225 В. Для увеличения срока службы ламп накаливания в последнее время стали изготавливать на более высокие напряжения до 245 В. Срок службы ламп зависит от интенсивности распыления вольфрама с тела накала, происходящего под действием высокой температуры, и составляет в среднем 1000 часов при напряжении 220 В. Лампы, изготовленные на напряжение 230...245 В имеют срок службы примерно 2500 часов. Испарение накаленного вольфрама в процессе работы лампы приводит к уменьшению её диаметра и, в конечном счете, к её перегоранию. Часто лампа перегорает в момент включения. Это связано с тем, что место с наименьшей площадью сечения нити, имеющей наибольшее сопротивление по сравнению с соседними участками, выделяется больше всего тепла. В момент включения, пока нить еще холодная, идет интенсивный её разогрев, особенно в месте наибольшего сопротивления. В этом месте температура нити повышается до таких значений, при которых материал нити начинает плавиться. В месте плавления нить обрывается, и в этом случае говорят, что она перегорела.

В процессе работы частицы вольфрама, испаряясь, попадают на внутреннюю поверхность колбы, образуя на ней темный налет, который сигнализирует о необходимости её скорой замены. Если напряжение на лампе повышается на 5%, то срок её службы сокращается в 2 раза. Если напряжение возрастает на 10%, то срок службы сокращается в 10 раз. Уменьшение напряжения на 15% увеличивает срок службы в 10 раз, но при этом уменьшается световой поток почти в 2 раза.

Для увеличения срока службы ламп накаливания и увеличения светового потока в колбы лампы закачиваются пары йода. Тогда в лампах проходит галогенный цикл. В этом цикле нагретые пары йода соединяются с вольфрамом на стенках колбы, образуя йодистый вольфрам. Йодистый вольфрам в парообразном состоянии диффундирует к нити накала и на поверхности разогретого вольфрама разлагается на вольфрам и йод. Частицы вольфрама осаждаются на нити накала, восстанавливая её толщину, а йод возвращается к поверхности колбы. На таком принципе работают галогенные лампы.

Определение сопротивления лампы

Определение сопротивления нити накаливания лампы в холодном состоянии производится омметром (вольтамперомметром) или с использованием вольтметра и амперметра, применив закон Ома. При этом напряжение должно быть

не более 10% номинального.

Сопротивление нити накаливания при номинальном напряжении может быть определено по паспортным данным лампы (напряжению и мощности) или экспериментально. Сопротивление нити накаливания при произвольном напряжении определяется экспериментально. Оно прямо пропорционально мощности, потребляемой лампой из сети (10% точность).

Температура нити накаливания из вольфрама при номинальном напряжении составляет 2500...2600 С°. С повышением температуры выше нормальных условий сопротивление почти всех металлов повышается. Приблизительно изменение сопротивления R_t описывается соотношением:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

где R_0 — сопротивление проводника при температуре 20 С°;

α — температурный коэффициент сопротивления. Для вольфрама $\alpha=0,0043$ 1/К, для меди $\alpha=0,0038$ 1/К, для алюминия $\alpha=0,0043$ 1/К;

t — температура нагрева проводника, К.

Из формулы видно, что сопротивление нити накаливания в нагретом состоянии намного больше чем в холодном. Это приводит к броску тока при включении лампы и является одной из причин перегорания лампы при ее включении.

3.4. Методические указания по выполнению работы

1. Выписать с колбы лампы номинальные данные (P , U).
2. Определить параметры лампы при номинальном напряжении (I , R_n).
3. Измерить сопротивление нити лампы в холодном состоянии (R_0).
4. Подключить лампу к источнику регулируемого напряжения (ЛАТРу) и снять её вольтамперную характеристику (ВАХ) (рис. 3.2). Результаты измерения занести в таблицу 3.1.
5. Вычислить на каждой ступени напряжения мощность, потребляемую лампой, сопротивление и температуру нити накала. Результаты расчётов занести в таблицу 3.1.
6. Построить графическую зависимость сопротивления, температуры и мощности, потребляемой лампой из сети, от приложенного напряжения ($f=R_t(U)$, $f=t(U)$, $f=P(U)$). По оси абсцисс (x) следует откладывать напряжение.

Таблица 3.1 - результаты исследования лампы накаливания

U, В	20	50	80	110	140	170	200	220
I, А								
$P_{потр}$, Вт								
R_t , Ом								
t, К								

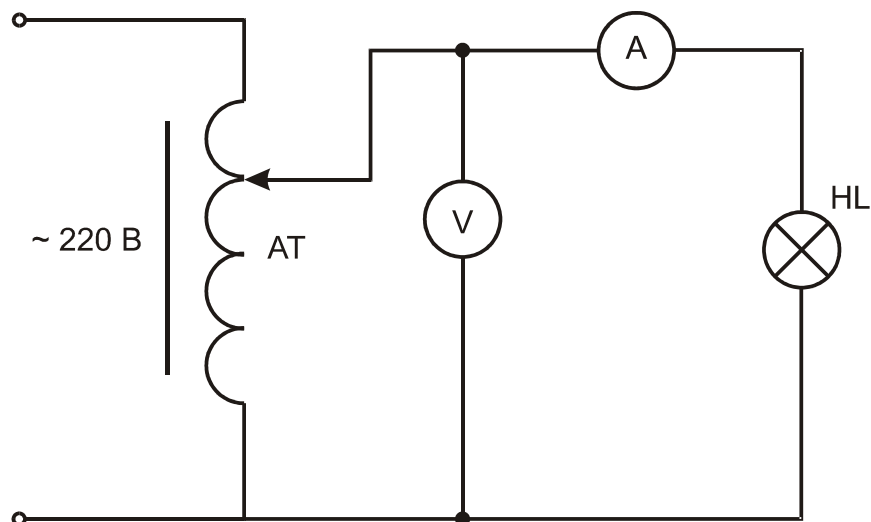


Рис. 3.2 - Схема лабораторной установки

3.5. Вопросы для самопроверки

1. Что означают номинальные данные, нанесенные на колбе лампы?
2. Как вычислить сопротивление лампы по паспортным данным?
3. Перечислите правила замены лапочки накаливания в светильнике.
4. Что представляет собой галогенный цикл в лампах накаливания?
5. Как определить сопротивление нити накаливания лампы при произвольном напряжении, подводимом к лампе?
6. Как расшифровываются буквенные обозначения в марке лампы?
7. Как устроена лампа накаливания?
8. От чего зависит срок службы лампы?
9. Почему лампы накаливания чаще всего выходят из строя при включении?
10. На какое напряжение изготавливаются автомобильные лампы накаливания и почему?
11. Как по внешнему виду определить старение лампы накаливания?
12. Предложите свой способ продления срока службы лампы.
13. Как по внешнему виду двух ламп сопоставить их мощность?
14. Как рассчитать температуру нагрева нити накаливания лампы при произвольном напряжении?

4. ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить схемы подключения однофазных потребителей в однофазной сети.

4.1. Порядок выполнения работы

1. Оформить лабораторную работу.
2. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
3. Собрать схему исследования и произвести необходимые измерения.
4. Выполнить расчёты по результатам измерения и построить графики.
5. Сделать выводы по работе.

4.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Принципиальные электрические схемы включения потребителей.
3. Таблицы и графики.
4. Паспортные данные приборов измерения и потребителей.
5. Выводы по работе.

4.3. Основные теоретические сведения

В электрических сетях используется различное подключение потребителей: последовательное, параллельное и смешанное.

При включении потребителей последовательно через каждое сопротивление нагрузки протекает одинаковая величина электрического тока. При этом на сопротивлении нагрузки каждого потребителя существует падение напряжения, обусловленное протекающим через него электрическим током. Если потребитель имеет только активное сопротивление то падение напряжения на нём определится:

$$\Delta U = IR, B.$$

Наибольшее применение получила схема включения потребителей в параллель, когда все потребители получают питание от одного источника. При этом через сопротивление нагрузки каждого потребителя протекает свой электрический ток. Величину электрического тока можно определить по закону Ома.

При смешанной схеме питания потребители имеют как параллельное, так и последовательное подключение к электрической сети.

Поскольку при различных схемах соединения, для одних и тех же потребителей, к ним может прикладываться разное напряжение и через их сопротивления могут протекать разные величины электрического тока, то мощность, потребляемая потребителем из сети, может не соответствовать указанной в паспорте или на бирке прибора (потребителя).

4.4. Методические указания по выполнению работы

Последовательное соединение потребителей

1. Собрать схему согласно рисунку 4.1. Произвести необходимые измерения, результаты измерений занести в таблицу 4.1.

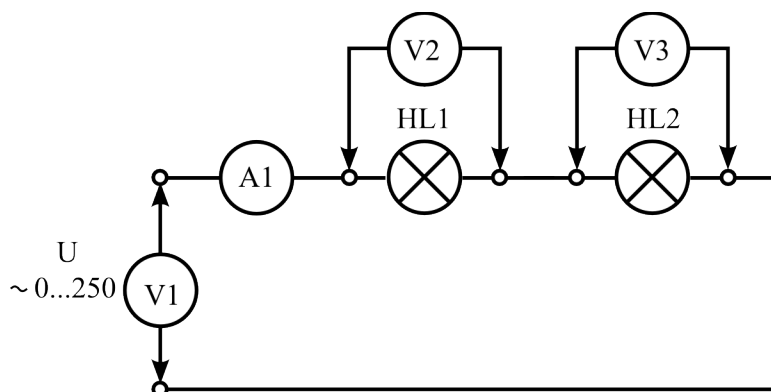


Рис. 4.1. - Схема последовательного соединения потребителей

2. По результатам измерений произвести расчёт мощности потребителей и их сопротивлений во включенном состоянии.

Таблица 4.1. - Результаты измерения и расчётов

$U_1, В$	50	100	150	200	230
$U_2, В$					
$U_3, В$					
$I_1, А$					
$P_1, Вт$					
$P_2, Вт$					
$P_{\Sigma}, Вт$					
$R_1, Ом$					
$R_2, Ом$					
$R_{\Sigma}, Ом$					

3. Построить график изменения тока и мощности потребителей в зависимости от приложенного напряжения $f=P(U), f=I(U)$.

Параллельное соединение потребителей

1. Собрать схему согласно рисунку 4.2. Произвести необходимые измерения, результаты измерений занести в таблицу 4.2.

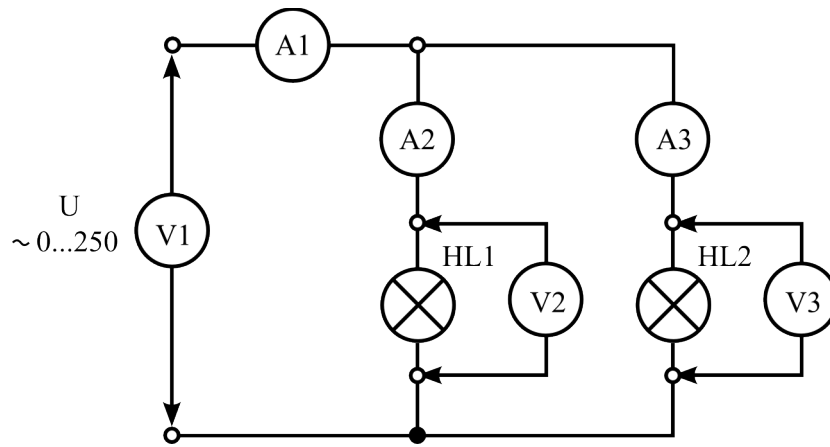


Рис. 4.2. - Схема параллельного соединения потребителей

2. По результатам измерений произвести расчёт мощности потребителей и их сопротивлений.

Таблица 4.2. - Расчётные и измеренные данные

$U_1, \text{В}$	50	100	150	200	230
$U_2, \text{В}$					
$U_3, \text{В}$					
$I_1, \text{А}$					
$I_2, \text{А}$					
$I_3, \text{А}$					
$P_1, \text{Вт}$					
$P_2, \text{Вт}$					
$P_{\Sigma}, \text{Вт}$					
$R_1, \text{Ом}$					
$R_2, \text{Ом}$					
$R_{\Sigma}, \text{Ом}$					

3. Построить график изменения тока и мощности потребителей в зависимости от приложенного напряжения $f=P(U)$, $f=I(U)$.

Смешанное соединение потребителей

1. Собрать схему согласно рисунку 4.3. Произвести необходимые измерения, результаты измерений занести в таблицу 4.3.

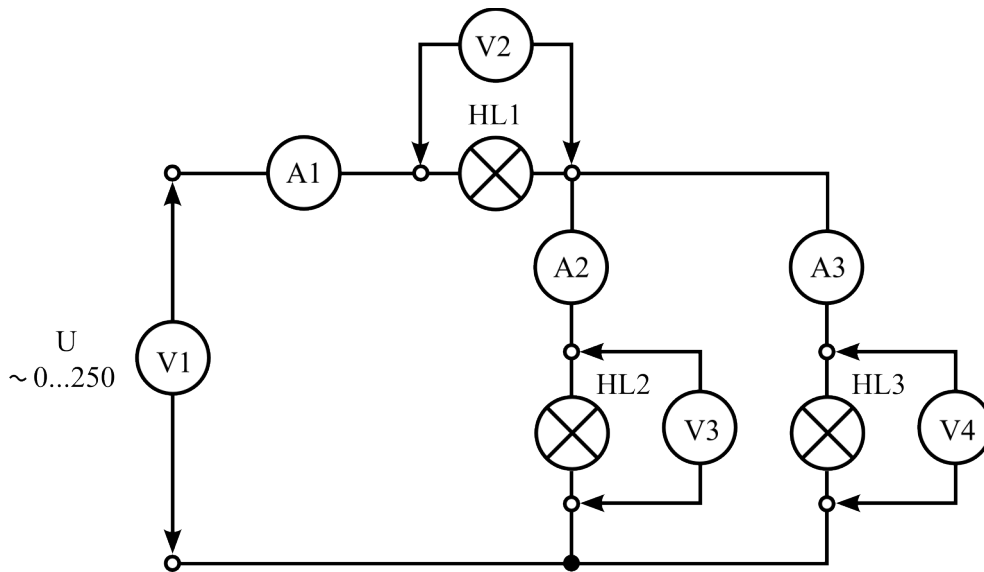


Рис. 4.3. - Схема смешанного соединения потребителей

Таблица 4.3. - Расчётные и измеренные данные

U ₁ , В	50	100	150	200	230
U ₂ , В					
U ₃ , В					
U ₄ , В					
I ₁ , А					
I ₂ , А					
I ₃ , А					
P ₁ , Вт					
P ₂ , Вт					
P ₃ , Вт					
P _Σ , Вт					
R ₁ , Ом					
R ₂ , Ом					
R ₃ , Ом					
R _Σ , Ом					

4.5. Вопросы для самопроверки

1. По какой схеме подключаются бытовые потребители к силовой сети и почему?
2. Как определить ток нескольких потребителей включенных параллельно?
3. Как определить силу тока потребляемую однофазным электрическим чайником?
4. Во сколько раз изменится мощность потребителя с неизменным сопротивлением, если напряжение уменьшить в 2 раза?
5. Почему изменяется сопротивление лампы накаливания в зависимости от приложенного напряжения?

5. ИЗУЧЕНИЕ СИЛОВОГО ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы: изучить устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Научиться определять коэффициент трансформации.

5.1. Порядок выполнения работы

1. Оформить лабораторную работу.
2. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
3. Собрать схему исследования и произвести необходимые измерения.
4. Выполнить расчёты по результатам измерения и построить графики.
5. Сделать выводы по работе.

5.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема проведения опыта.
3. Таблица с результатами измерений и расчётами.
4. Выводы по работе.

5.3. Основные теоретические сведения

К л а с с и ф и к а ц и я т р а н с ф о р м а т о р о в

Трансформаторы разделяют по назначению (силовые и специальные), по числу фаз (однофазные и трёхфазные). Силовые трансформаторы подразделяются на низковольтные и высоковольтные и предназначены для работы в соответствующих классах напряжений (до 1 кВ и выше 1 кВ). По способу охлаждения обмоток трансформаторы изготавливаются с воздушным и масляным охлаждением. Обеспечение нормированной температуры обмоток значительно повышает надёжность работы трансформаторов, увеличивает срок их службы.

Специальные трансформаторы: измерительные, лабораторные автотрансформаторы (ЛАТР), сварочные. Специальные трансформаторы предназначены для измерения в цепях различного уровня напряжений, работы в цепях вторичной коммутации, разделения первичной и вторичной цепей. Например, автотрансформаторы (ЛАТР) имеют одну обмотку и предназначены для плавного регулирования напряжения. Они широко используются при выполнении лабораторных работ и при пусконаладочных работах в цепях вторичной коммутации.

Классификационные особенности трансформаторов закодированы в их марках. Например ЛАТР – лабораторный автотрансформатор; ОСБ-0,160 – трансформатор однофазный с естественным воздушным охлаждением, для бытовых целей, мощностью 160 ВА; ТМ-63/10 – силовой трёхфазный трансформатор с масляным охлаждением обмоток и естественной циркуляцией масла в баке, мощностью 63 кВА и номинальным напряжением обмотки высшего напряжения 10 кВ.

Основными параметрами трансформаторов являются: номинальная мощ-

ность, напряжение обмоток высшего и низшего напряжений, напряжение и потери короткого замыкания, ток и потери холостого хода. Эти и другие параметры приводятся в электротехнических справочниках.

Трансформаторы рассчитываются на срок эксплуатации 25 лет. При соблюдении требований инструкции по эксплуатации реальный срок службы трансформаторов составляет 40 лет и более.

Устройство трансформатора

Трансформатор – это статический (без неподвижных частей) электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования уровня напряжения (повышения или понижения) в сетях переменного тока без изменения частоты преобразуемого напряжения. Однофазный трансформатор состоит из замкнутого П-образного или Ш-образного магнитопровода, на котором размещены обмотки (рис. 5.1).

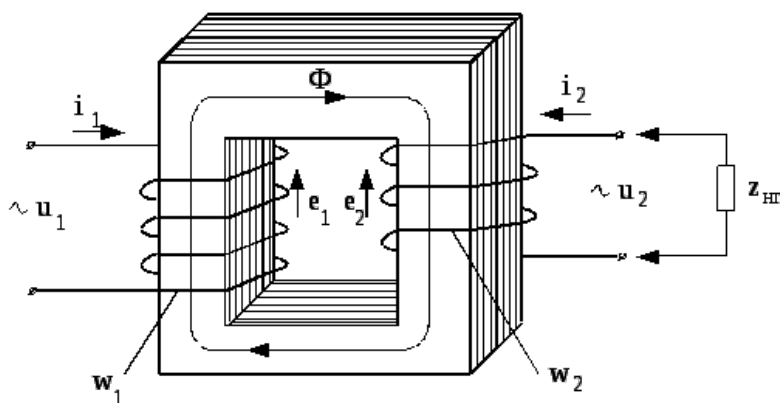


Рис. 5.1 - Конструкция однофазного трансформатора

Магнитопровод собирается из изолированных друг от друга листов электротехнической стали толщиной 0,5-0,5 мм. Части магнитопровода, на которых размещаются обмотки, называются стержнями. Стержни стягиваются ярмами. Обмотка высшего напряжения (ВН) маркируется A и X и имеет большее количество витков (w_1 , $w_{ВН}$). Обмотка низшего напряжения (НН) маркируется a и x и имеет меньшее количество витков (w_2 , $w_{НН}$). Трансформаторы могут иметь несколько вторичных обмоток, рассчитанных на различный уровень напряжения и токи. Для получения различных уровней напряжения обмотки могут соединяться последовательно (согласно и встречно). Для увеличения токовой нагрузки обмотки могут соединяться параллельно (только если они рассчитаны на одно напряжение). Сечение проводников обмоток зависит от мощности, на которую они рассчитаны.

Принцип действия трансформатора

Действие трансформатора основано на принципе электромагнитной индукции. Если к первичной обмотке трансформатора подключается источник переменного напряжения, то по ней протекает переменный ток (рис. 5.2). Этот ток

создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ_1 . Магнитный поток пронизывает первичную и вторичную обмотки и индуцирует в них электродвижущую силу (ЭДС). При разомкнутой вторичной обмотке напряжение на ней равно индуцированной ЭДС ($U_2=E_2$). В первичной обмотке поток Φ_1 индуцирует ЭДС самоиндукции, которая уравнивает подведенное напряжение $U_1=E_1$.

Для любого трансформатора при холостом ходе сохраняется отношение:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K_T,$$

где K_T – коэффициент трансформации.

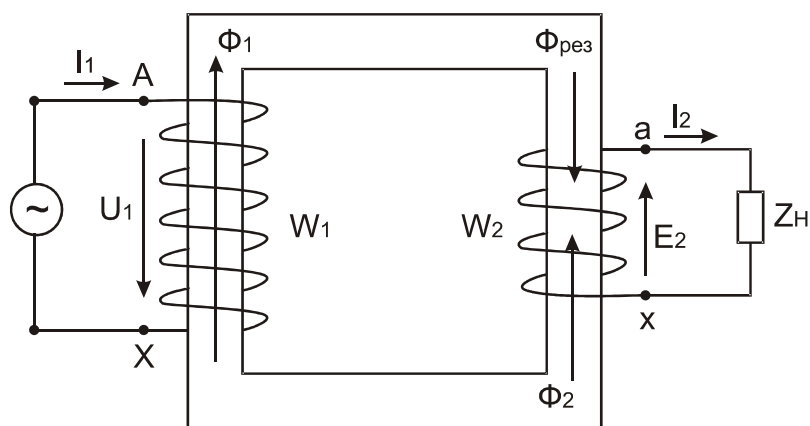


Рис. 5.2 - Принцип действия трансформатора

При подключении к вторичной обмотке нагрузки (Z_H) по ней протекает ток I_2 . Этот ток создает свой магнитный поток Φ_2 , который по правилу Ленца будет направлен против изменения основного магнитного потока Φ_1 (будет пытаться компенсировать его изменение). Проходящий по магнитопроводу магнитный поток будет изменяться медленнее и станет равен $\Phi_{рез}=\Phi_1-\Phi_2$. Это эквивалентно уменьшению индуктивного (и общего) сопротивления первичной обмотки, которое зависит от скорости изменения магнитного потока. В результате ток в первичной обмотке, I_1 , увеличится (по закону Ома, так как сопротивление уменьшилось при неизменном напряжении), увеличится и его магнитный поток до исходного значения. Поэтому говорят, что результирующий магнитный поток в силовом трансформаторе практически не изменяется в любом режиме работы.

Потери энергии в трансформаторе, связанные с выделением тепла в обмотках, с вихревыми токами (токами Фуко), потерями на гистерезис (перемагничивание), рассеянием магнитного потока малы по сравнению с его мощностью. Поэтому с небольшим приближением можно принимать, что потребляемая от вторичной обмотки мощность проходит через трансформатор и потребляется вторичной обмоткой из сети:

$$S_1 = S_2; \quad U_1 I_1 = U_2 I_2,$$

Разделим обе части на $U_2 I_1$ и получим:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Используя формулу для коэффициента трансформации, получим:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K_T$$

5.4. Методические указания по выполнению работы

1. Записать паспортные данные трансформатора.
2. Определить выводы обмоток и их номинальные напряжения.
3. Собрать схему исследования трансформатора (рис. 5.3). Обмотку высшего напряжения трансформатора подключить к источнику регулируемого напряжения.
4. Измерить напряжение на всех обмотках и рассчитать коэффициенты трансформации трансформатора. Измеренные и расчётные данные занести в таблицу 5.1.
5. Подключить к вторичной обмотке нагрузку и измерить токи в обмотках. Рассчитать коэффициент трансформации по току. Измеренные и расчётные данные занести в таблицу 5.1.
6. Соединить две вторичные обмотки последовательно (согласно и встречно) и записать величину результирующего напряжения.

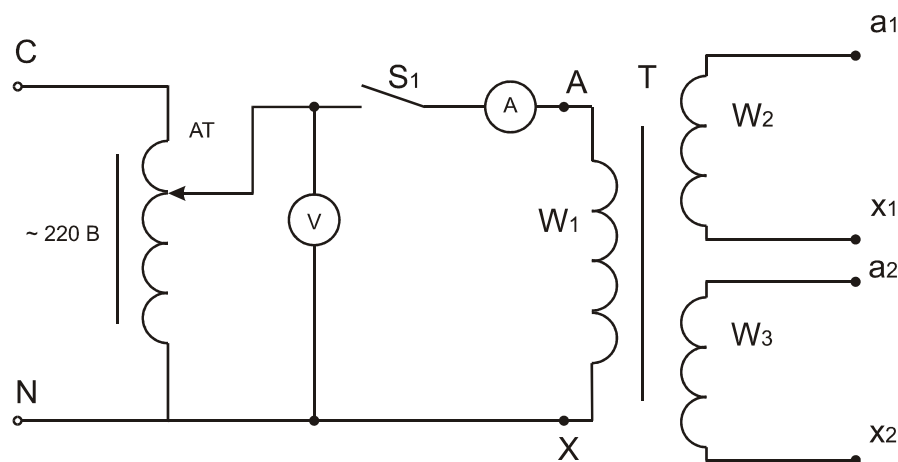


Рис. 5.3 - Схема исследования однофазного трансформатора

Таблица 5.1 - Результаты исследования трансформатора

№	Экспериментальные данные					Расчетные данные	
	U ₁ , В	I ₁ , А	U ₂ , В	I ₂ , А	U ₃ , В	K _{TU}	K _{TI}
1	50						
2	110						
3	220						

5.5. Вопросы для самопроверки

1. Назначение трансформатора.
2. Поясните конструкцию трансформатора.
3. Приведите пример маркировка трансформатора.
4. Сформулируйте закон Ленца.
5. Объясните принцип действия силового трансформатора.
6. По каким формулам определяется коэффициент трансформации.
7. Почему магнитопровод трансформатора собирается из листовой электро-технической стали?
8. От чего зависит срок службы трансформатора?
9. Как расшифровать марку трансформатора?

6. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКАМИ В СЕТЯХ 0,38 КВ

Цель работы: Познакомиться с назначением коммутационной аппаратуры. Изучить конструкцию и принцип действия магнитного пускателя. Изучить схемы управления трёхфазными и однофазными электроприёмниками по силовой сети.

6.1. Порядок выполнения работы

1. Оформить лабораторную работу.
2. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
3. Собрать схемы управления электроприёмниками.
4. Сделать выводы по работе о назначении схем управления.

6.2. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Принципиальные электрические схемы управления электроприёмниками.
3. Выводы по работе.

6.3. Основные теоретические сведения

Назначение коммутационной аппаратуры

Большинство технологических установок используют для своей работы трёхфазные электроприёмники, например, асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором (ТАД), трёхфазные трубчатые электронагреватели (ТЭН) и однофазные электроприёмники (источники освещения, нагреватели, бытовая аппаратура и т. д.). Управление этими электроприёмниками может быть ручным или дистанционным, автоматизированным и автоматическим. Для этих целей используются рубильники, пакетные выключатели, автоматические выключатели, магнитные пускатели и контакторы, кнопочные станции, переключатели и т.д. Через эти аппараты по силовым цепям протекают токи рабочего и пускового режимов (больше номинальных в 6...8 раз), а также токи короткого замыкания.

Каждый коммутационный аппарат имеет своё назначение.

Автоматические выключатели предназначены для нечастой коммутации электрической цепи и её защиты (автоматического отключения) от аварийных режимов - перегрузок и коротких замыканий. Автоматические выключатели (АВ) имеют два устойчивых положения: включено — контакты АВ замкнуты и выключено — контакты АВ разомкнуты. Удержание контактов в замкнутом состоянии осуществляется за счёт конструкции механической системы выключателя. При этом оператор должен находиться в непосредственной близости от автоматического выключателя для его переключения, т.е. этими выключателями осуществляется местное управление.

Рубильники и переключатели, кнопки с фиксацией положения имеют два

устойчивых положения, обеспечивающихся механикой коммутационного аппарата. Рубильники используют для силовых цепей, где протекают токи от десятков до сотен ампер, а переключатели и кнопки с фиксацией положения используются в цепях управления, где токи составляют не более несколько ампер (выключатели в сетях освещения). Данные коммутационные аппараты не имеют средств защиты сети от аварийных режимов. Кроме того рубильники запрещается отключать при протекании больших токов нагрузки.

Пакетные выключатели в отличие от переключателей имеют несколько положений включено-отключено, т. е. могут использоваться в цепях управления, где требуется переключение несколькими режимами работы одним коммутационным аппаратом.

Кнопки — коммутационные аппараты, имеющие одно устойчивое положение фиксируемое механикой — включено или выключено. Например, при нажатии такой кнопки цепь замыкается, а при её отпускании оператором цепь размыкается. Выпускаются как с замкнутыми контактами, так и с разомкнутыми контактами. Кнопки используются в цепях управления, где протекают токи от долей ампера до нескольких ампер.

Кнопочные станции — совмещают в одном корпусе две и более кнопок (контактов), например с двумя кнопками, одна из которых разомкнута, а другая замкнута.

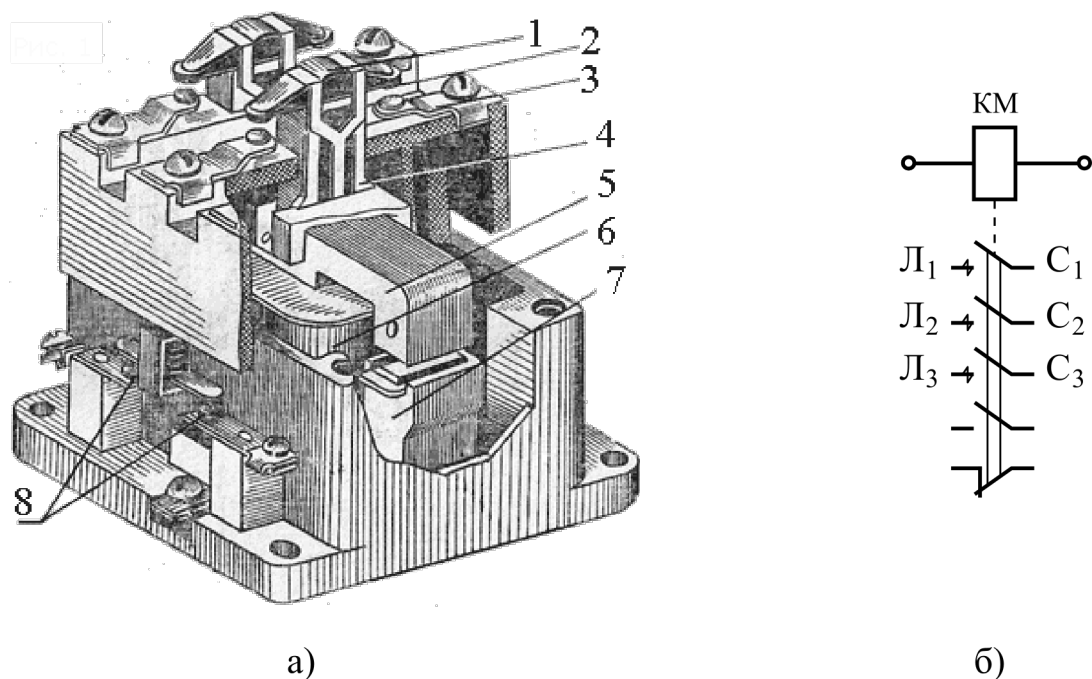
Электромагнитные пускатели — коммутационные аппараты контактная система которых удерживается в замкнутом состоянии посредством электромагнита. Магнитные пускатели предназначены для частых коммутаций электрической цепи при дистанционном управлении в цепях постоянного и переменного тока. Часто магнитный пускатель комплектуется дополнительным оборудованием: тепловым реле, дополнительной контактной группой или автоматом для пуска электродвигателя.

Контакторы — конструкция их аналогична электромагнитным пускателям, но контактная система усилена и снабжена дугогасительными камерами, позволяющими коммутировать большие токи нежели магнитные пускатели.

Устройство и принцип действия магнитного пускателя

Внутри корпуса пускателя (рис. 1) размещена электромагнитная система, включающая в себя неподвижную Ш-образную часть сердечника 7 и обмотку 6, намотанную на катушку. Сердечник набран из изолированных друг от друга (для уменьшения потерь от вихревых токов) листов электротехнической стали. Подвижная часть сердечника 5 (якорь) соединена с пластмассовой траверсой 4, на которой смонтированы контактные мостики 2 с подвижными контактами. Плавность замыкания контактов и необходимое усилие нажатия обеспечиваются контактными пружинами 1. Неподвижные контакты припаяны к контактными пластинам 3, снабженным винтовыми зажимами для присоединения проводов внешней цепи. Кроме главных контактов, пускатели имеют дополнительные (блокировочные) контакты 8, расположенные на боковых поверхностях аппа-

рата. Главные контакты закрыты крышкой, защищающей их от загрязнения, случайных прикосновений и междуфазных замыканий.



а) *Рис. 6.1 - Магнитный пускатель*
 а — конструкция; б — обозначение на схеме

Магнитопровод и катушки управления могут выполняться для работы на постоянном или переменном оперативном токе.

Силовые контакты предназначены для коммутации токов нагрузки. Они изготавливаются из специальных сплавов и рассчитываются на длительное протекание рабочего тока. Размеры и материал силовых контактов зависят от того, какой мощностью управляет магнитный пускатель.

Вспомогательные контакты предназначены для использования в цепях управления, автоматики и сигнализации. Они могут быть расположены рядом с силовыми контактами или сбоку аппарата. Новые типы магнитных пускателей ПМЛ имеют специальные контактные приставки ПКЛ и ПВЛ, которые закрепляются на магнитном пускателе при помощи пружинной защелки.

Принцип действия пускателя заключается в следующем: при включении пускателя по катушке проходит электрический ток, сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются.

При отключении магнитного пускателя вследствие перебоев в электроснабжении размыкаются все его контакты, в том числе и вспомогательные. При появлении напряжения в сети пускатель не включается до тех пор, пока не будет подано питание на катушку управления магнитного пускателя. То же происхо-

дит, если напряжение в сети снижается до 50-60% номинального.

Если, например, электродвигатель включается рубильником, пакетным выключателем или контроллером, то при перебое в электроснабжении и остановке двигателя схема не нарушится, при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в сеть. Такой самопроизвольный пуск двигателя может явиться причиной аварии или несчастного случая.

При выборе магнитных пускателей прежде всего необходимо обращать внимание на наибольшую допустимую мощность электроприёмника, работой которого будет управлять пускатель. Если магнитный пускатель управляет работой электроприёмника большей мощности, чем указано в паспорте пускателя, то контактная система пускателя быстро выйдет из строя. Кроме того, необходимо обращать внимание на напряжение, указанное на втягивающей катушке. Если подать напряжение большее, чем номинальное напряжение катушки, то последняя сгорит при первом же включении магнитного пускателя.

6.4. Методические указания по выполнению работы

Собрать схему управления трехфазным электроприёмником на примере нереверсивного управления трёхфазным асинхронным электродвигателем.

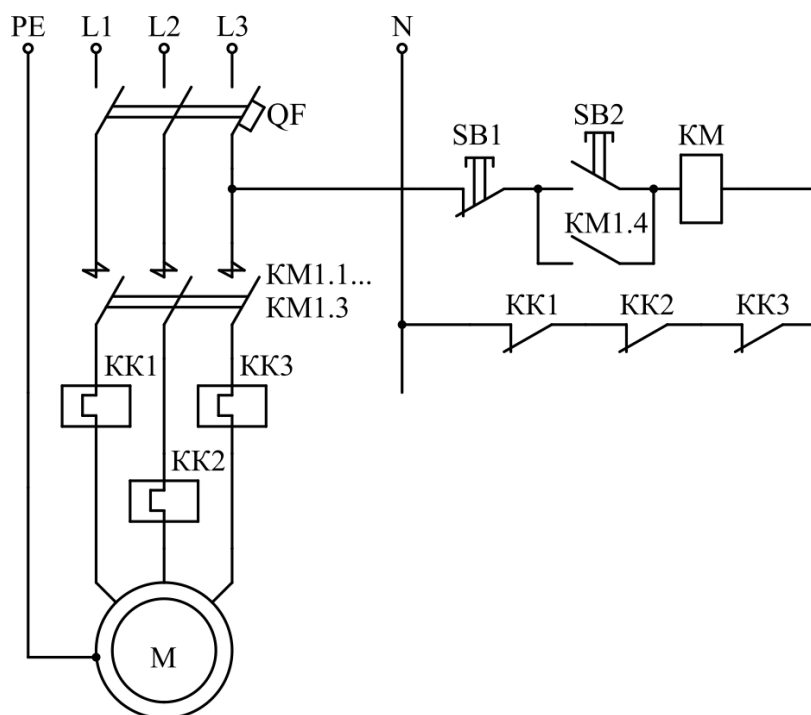


Рис. 6.2 - Нереверсивная схема управления электродвигателем

Перед пуском двигателя необходимо подготовить схему управления, включив автоматический выключатель QF. При нажатии на кнопку «ПУСК» SB2 подаётся фазное напряжение на катушку магнитного пускателя KM, который, срабатывая, обеспечивает замыкание своих силовых контактов KM1.1...KM1.3 и дополнительного контакта KM1.4. Замыкание контактов KM1.1...KM1.3 обеспечивает

питание электродвигателю М, а контакт КМ1.4 обеспечивает самопитание катушки магнитного пускателя КМ после отпущения кнопки пуск SB2. При перегрузке двигателя или при аварийном режиме срабатывают тепловые реле КК1...КК3. Любое сработавшее тепловое реле размыкает свой контакт в цепи управления электродвигателем, тем самым прерывая питание магнитного пускателя КМ, который, размыкая свои контакты отключает двигатель от сети. Отключение электродвигателя от сети можно осуществить вручную нажатием кнопки «СТОП» SB1.

6.5. Вопросы для самопроверки

1. Какие коммутационные аппараты применяются в сетях 0,38 кВ?
2. Из каких основных частей состоит магнитный пускатель?
3. Назначение и область применения магнитных пускателей.
4. Зачем на пускателе устанавливают вспомогательные контакты?
5. Изобразите схему управления магнитным пускателем.
6. Как работает схема управления?
7. Опишите работу схемы при нарушении цепи вспомогательного контакта.
8. Какие неисправности цепи управления могут привести к нарушению работы оборудования? Приведите несколько примеров.
9. В чём отличие автоматического выключателя от магнитного пускателя?
10. Приведите схему управления освещением из двух мест.

Учебно-практическое издание

Олин, Д.М. Основы энергетики : лабораторный практикум для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» очной и заочной форм обучения / Д.М. Олин, А.А. Кирилин. — Карваево : Костромская ГСХА, 2015. — 41 с.

Лабораторный практикум издаётся в авторской редакции.